Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов
Сибирского отделения Российской академии наук

ЭВОЛЮЦИЯ ФАНЕРОЗОЙСКОГО МАГМАТИЗМА И СОПУТСТВУЮЩЕГО ОРУДЕНЕНИЯ: ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ, ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУР ТУВЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ МОНГОЛИИ

(результаты фундаментальных исследований
по Базовому конкурсному проекту СО РАН VII.58.2.2)

ТувИКОПР СО РАН
Кызыл – 2013

УДК (470+571); (517.3); (64); (5–015+); 551.73/78; 551.2 : 552.3 : 553.2 : 551.7.03
ББК 26.31.34.451–1 (2 Рос. Тув + 5 Монг + 6 Мар)
Э 158

Э 158 **ЭВОЛЮЦИЯ ФАНЕРОЗОЙСКОГО МАГМАТИЗМА И СОПУТСТВУЮЩЕГО ОРУДЕНЕНИЯ: ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ, ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУР ТУВЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ МОНГОЛИИ (РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО БАЗОВОМУ КОНКУРСНОМУ ПРОЕКТУ СО РАН VII.58.2.2)** / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук В.И. Лебедев [Электрон. ресурс: май, 2013]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2013. – 68 с. – Режим доступа: http://ipc-publisher.ru/collections_1.aspx?id_sb=10, свободный.

ISBN 978–5–94897–058–5

Авторский коллектив: *докт. геол.-мин. наук В.И. Лебедев;*
кандидаты: геол.-мин. наук — А.А. Монгуш, А.М. Сугоракова, Ч.К. Ойдуп, С.Г. Прудников, К.М. Рычкова, К.С. Кужугет; геогр. наук — С.А. Чупикова;
М.Ф. Лебедева, Н.И. Лебедев, Р.В. Кужугет, Ч.М. Хураган, Ю.В. Бутанаев, Е.К. Дружкова, Д.П. Горбунов, Л.К. Горшкова, Л.И. Петрова, О.Д. Аюнова, С.-С.С. Монгуш, А.А. Черезов, О.С. Черезова, С.С. Лемешева, Л.А. Непомнящая;
при участии: акад. РАН В.В. Ярмолюка; докторов геол.-мин. наук — А.А. Борисенко, И.К. Козакова, Д.В. Коваленко, Ф.П. Леснова, Г.Г. Павловой, В.А. Симонова; кандидатов геол.-мин. наук — А.В. Никифорова, А.М. Козловского, Г. Энжин; Е.А. Кудряшовой, Ч. Эрдэнэжаргал

В работе приведены результаты комплексных геолого-металлогенических исследований ТувИКОПР СО РАН на территории Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии в 2010–2012 гг.: изотопно-геохимических и геохронологических исследований рудно-магматических систем месторождений редких, благородных и цветных металлов; изотопно-геохронологического и петролого-геохимического изучения вулкано-плутонических ассоциаций офиолитовых поясов и островодужных зон Тувы и Западной Монголии; изучения условий концентрирования благородных металлов в гипергенных условиях и россыпеобразования золота, серебра и платиноидов; оценки масштабов современного теплового потока и его взаимосвязей с процессами новейшей геодинамики, геотермики и проявлениями кайнозойского вулканизма.

Полученные результаты будут интересны для исследователей, работающих в соответствующих областях знаний, могут быть полезны для студентов старших курсов вузов и аспирантов.

Рис. 30. Фото 8. Табл. 1. Науч. публ. сотр 143 назв.

УДК (470+571); (517.3); (64); (5–015+); 551.73/78;
551.2 : 552.3 : 553.2 : 551.7.03

ББК 26.31.34.451–1 (2 Рос. Тув + 5 Монг + 6 Мар)

ISBN 978–5–94897–058–5 © ТувИКОПР СО РАН (TuvIENR SB RAS), 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. ГЕОЛОГИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СКЛАДЧАТО-БЛОКОВЫХ СТРУКТУР ТУВЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ 7

2. МАГМАТИЗМ ТУВЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ: АСПЕКТЫ ПЕТРОЛОГИИ, ГЕОХРОНОЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И ГЕОДИНАМИКИ 15

3. БЛАГОРОДНО-РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-РЕДКОЗЕМЕЛЬНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ 25

4. ПРОБЛЕМЫ НОВЕЙШЕЙ ГЕОДИНАМИКИ И ГЕОТЕРМИКИ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ТУВЫ И МОНГОЛИИ 42

5. ГЕОЛОГО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КОРОЛЕВСТВЕ МАРОККО 49

Заключение 56

Список публикаций по Базовому проекту VII.58.2.2 58

ВВЕДЕНИЕ

Главная цель научно-исследовательской деятельности лаборатории «Магматизм и рудообразование» заключается в проведении фундаментальных и прикладных исследований в области наук о Земле в рамках научного направления ТувИКОПР СО РАН: ***Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии***. Фундаментальные исследования проводятся в соответствии с Основными заданиями СО РАН к планам НИР Института, согласованным с Отделением наук о Земле РАН. Инициативные исследования выполняются по конкурсным интеграционным (междисциплинарным и партнёрским) проектам Президиума СО РАН, грантам РФФИ, РФГИ, INTAS и ряда других отечественных и зарубежных Фондов. Прикладные исследования региональной ориентации осуществляются в рамках Государственных заказов Республики Тыва, а также по научно-производственным контрактам и хозяйственным договорам о внедрении научных разработок на предприятиях Сибирского федерального округа, в первую очередь — на территории Тувы.

С целью проведения комплексных геолого-металлогенических исследований на территории Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии, подготовки специалистов высшей квалификации для Тувы и Монголии реализуются долгосрочные творческие контакты научного сотрудничества с коллегами из академических и отраслевых институтов, ВУЗов Кызыла, Красноярска, Новосибирска, Томска, Иркутска, Екатеринбурга, Барнаула, Кемерово, Миасса, Улан-Удэ, Читы, Москвы и Санкт-Петербурга. Сотрудники лаборатории проводят значительный объём исследований в рамках международного научного сотрудничества в сопредельных с Тувой регионах Монголии. Совместно с учёными Института геологии и минеральных ресурсов Академии наук Монголии (ИГМР АН, Улан-Батор) и Ховдского национального университета организуются ежегодные экспедиции для изучения состояния природных ресурсов и прогнозной оценки перспектив их освоения. Результаты исследований демонстрировались на международных, всероссийских и региональных научных форумах как в России, так и за рубежом (Монголии, Китае, Польше, Украине, Казахстане, Германии, Марокко и др.). Лаборатория неоднократно принимала учёных Монголии, Китая, Японии, США, Канады, Германии, Англии и Польши, обеспечивала возможность работы в исследовательских лабораториях и научно-технической библиотеке Института сотрудникам и аспирантам ИГМР АН Монголии и Ховдского национального университета.

Координация научных исследований осуществлялась Учёным советом Института, на заседаниях которого обсуждались важнейшие вопросы научной, научно-организационной и научно-производственной деятельности.

Базовый конкурсный проект СО РАН **VII.58.2.2** «**Эволюция фанерозойского магматизма и сопутствующего оруденения: геохронологические, изотопно-геохимические и металлогенические исследования структур Тувы и сопредельных регионов»** выполнен в 2010–2012 гг. под научным руководством докт. геол.-мин. наук В.И. Лебедева в рамках Программы 58.2 «Мантийно-коровые рудно-магматические системы крупных изверженных провинций и факторы их рудопродуктивности» по Приоритетному направлению фундаментальных исследований СО РАН № 58: «Геология месторождений полезных ископаемых; научно-методические основы минерально-сырьевой базы» при научно-методической координации ***чл.-кор. РАН Г.В. Полякова и докт. геол.-мин. наук А.С. Борисенко*.**

Исполнители: *докт. геол.-мин. наук В.И. Лебедев; кандидаты геол.-мин. наук — А.А. Монгуш, А.М. Сугоракова, Ч.К. Ойдуп, С.Г. Прудников, К.М. Рычкова, К.С. Кужугет; канд. геогр. наук С.А. Чупикова; сотрудники — О.Д. Аюнова, Н.В. Бурдин, Ю.В. Бутанаев, Д.П. Горбунов, Л.К. Горшкова, Е.К. Дружкова, Р.К. Кужугет, Н.И. Лебедев, М.Ф. Лебедева, С.-С.С. Монгуш, Л.И. Петрова, Ч.М. Хураган, А.А. Черезов, О.С. Черезова, С.С. Лемешева, Л.А. Непомнящая.*

Соисполнители: *акад. РАН В.В. Ярмолюк; доктора геол.-мин. наук — А.С. Борисенко, Д.В. Коваленко, И.К. Козаков, А.Б. Котов, Ф.П. Леснов, В.А. Симонов, Г.Г. Павлова; кандидаты геол.-мин. наук — А.В. Никифоров, А.М. Козловский, Д. Лыхин, Г. Энжин; Е.А. Кудряшова, Ч. Эрдэнэжаргал.*

Суммарный объём финансирования по Базовому проекту **VII.58.2.2** составил **63 848 тыс. р.,** в т. ч.: 2010 г. — **23 900 тыс. р.,** 2011 г. — **18 648 тыс. р.**, 2012 г. — **21 300 тыс. р.**

Основными заданиями ***первого (2010 г.)*** этапа предусматривались: 1) изотопно-геохимические и геохронологические исследования рудно-магматических систем месторождений редких, благородных и цветных металлов и редкоземельных элементов Тувы; 2) изотопно-геохронологическое изучение вулкано-плутонических ассоциаций офиолитовых поясов, островодужных зон, внутриплитных комплексов Тувы и Монголии; ***второго (2011 г.)*** этапа: 1) петролого-геохимические, изотопно-геохронологические и металлогенические исследования магматических ассоциаций раннего и среднего палеозоя для выявления главных закономерностей эволюции типовых магматических объектов в структурах складчатого обрамления Тувинского прогиба; 2) петролого-геохимическое изучение рудоносных вулкано-плутонических ассоциаций офиолитовых поясов и островодужных зон Тувы и Западной Монголии; 3) изучение минералого-геохимических особенностей минералов и их парагенетических ассоциаций с целью выявления главных рудноформационных факторов образования месторождений благородных, цветных и редких металлов Тувы; 4) изучение условий концентрирования благородных металлов в гипергенных условиях, способствующих возникновению россыпеобразующих индивидов и агрегатов минералов золота, серебра и платиноидов; 5) оценка масштабов современного теплового потока на территории региона и выявление его взаимосвязей с процессами новейшей геодинамики, геотермики и проявлениями кайнозойского вулканизма; ***третьего (2012 г.)*** этапа: 1) выявление роли корообразующих магматических процессов при формировании складчатых структур и образовании рудномагматических систем на территории Тувы и сопределеных регионов; 2) выявление закономерностей размещения и условий образования известных благородно- и редкометалльных проявлений и месторождений и перспектив обнаружения новых объектов; 3) расширение минерально-сырьевого потенциала коренного и россыпного золота, платиносодержащих проявлений; 4) выявление и прогнозирование геотермических аномалий, их взаимосвязей с кайнозойским вулканизмом и новейшей геодинамикой; 5) издание монографического обзора по минеральному сырью Тувы; 6) подготовка к изданию монографического обзора «Эволюция фанерозойского магматизма и сопутствующего оруденения: геохронологические, изотопно-геохимические и металлогенические исследования структур Тувы и сопредельных регионов».

Фундаментальные и прикладные исследования по Базовому проекту VII.58.2.2 сопровождались рядом параллельных проектов:

1) ***конкурсными интеграционными*** (междисциплинарными и партнёрскими) проектами СО РАН: **№ 23–2** «Высокопродуктивные этапы базитового и гранитоидного магматизма Северной Азии, оценка их ресурсного потенциала, научное обоснование критериев прогноза и поисков, крупных Cu-Ni-Pt, Co, Au, Ag и редкометалльных месторождений»; **№ 37** «Крупные магматические провинции Азии мантийные плюмы, металлогения, модели магмо- и рудообразования»; **№ 98** «Эволюция рудообразующих систем древних «Чёрных курильщиков» Сибири и Урала»; **№ 136** «Предпосылки, проблемы, геоинформационная основа формирования структур устойчивого природопользования в трансграничных регионах Азиатской России и сопредельных стран»; **№ 36** «Палеогидротермальные оазисы Сибири и Урала: геологические и биотические обстановки в зонах действия сульфидных рудообразующих систем на дне древних морских бассейнов»; **№ 23** «Трансграничные речные бассейны в азиатской части России: комплексный анализ состояния природно-антропогенной среды и перспективы межрегиональных взаимодействий»; **№ 110** «Гидроминеральные ресурсы Сибири и сопредельных территорий: рудогенерирующий потенциал, новые технологии комплексной переработки, экологическая безопасность».

2) ***грантами РФФИ:*** **№ 10–05–00444** «Состав, источники и особенности проявления магматизма и метаморфизма в разнородных блоках каледонского супертеррейна Центрально-Азиатского складчатого пояса (на примере Сангиленского и Сонгино-Тарбагатайского докембрийских блоков и их обрамления)»; **№ 10–05–00796** «Каахемский полиформационный батолит: состав, строение и геодинамическая позиция (Вост. Тува)»; **№ 11–05–98015–р** «Магматизм Юго-Зап. Тувы в геодинамическом развитии Палеоазиатского океана: петрология, состав, источники расплавов, металлогения, геодинамические реконструкции»; **№ 10–05–93161–Монг_а** «Особенности формирования и состав магматических комплексов западного и восточного флангов Тувино-Монгольского массива (Восточно-Тувинская и Дэлгэр-Морэнская зоны)»; **№ 08–05–98048–р** «Платиновая минерализация в титаноносных габброидах булкинского комплекса (Северная Тува)»; **№№ 10–05–10023–к, 11–05–10018–к и 12–05–10007–к** «Организация и проведение комплексной геологической экспедиции на территории Тувы» (10–05–00444, 08–05–98048, 08–05–00369, 09–05–00671, 09–05–00785, 10–05–00796, 10–05–00578, 10–05–00047, 10–05–00796, 10–05–00578, 11–05–98015, 11–05–98018, 11–05–00476); **11–05–01800 эб** «Экстренная поддержка транспортного обеспечения комплексных геолого-металлогенических исследований труднодоступных горно-таёжных водных бассейнов верховий Енисея и его крупных притоков» (10–05–00444, 10–05–00796, 11–05–98015, 11–05–98018, 11–05–98023, 11–05–10018).
3) ***международными проектами*** совместных исследований РАН и АН Монголии на период 2011–2015 гг. по темам: «Состав и эволюция континентальной коры подвижных поясов Центральной Азии и их связь с геодинамическим развитием Палеоазиатского океана: геологические, петрологические, геохронологические и изотопные данные»; «Мантийные плюмы в истории Центрально-Азиатского складчатого пояса: возрастные и структурные закономерности проявления, состав и источники магматизма, вклад в формирование континентальной коры и металлогению»; Проектом РФФИ с Национальным Фондом Монголии «Строение и закономерности формирования зон сочленения Тувино-Монгольского, Сонгин-Тарбагатайского и Дзабханского блоков докембрийской коры (к проблеме формирования супертеррейнов докембрийской коры в строении каледонид ЦАСП)»; Конкурсными проектами СО РАН — Организация и проведение исследований Тувино-Монгольской комплексной геолого-металлогенической экспедиции (**2010, 2011 и 2012 гг.**); Государственным контрактом с МЧС РФ № 7 // 3.4.2.1.–0314 от 14.04.2009 г. «Разработка и реализация пилотного проекта по оценке состояния и повышению защищённости критически важных объектов субъекта РФ от угроз сейсмического характера на примере РТ» в рамках реализации Федеральной целевой программы (ФЦП) «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в РФ до 2010 г.».

Научные исследования выполнены, главным образом, сотрудниками лаборатории «Магматизм и рудообразование» в соответствии с Основными заданиями к планам НИР ТувИКОПР СО РАН на 2010–2012 гг. при участии ведущих учёных Института геологии и минералогии СО РАН (ИГМ СО РАН, Новосибирск), Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН, Москва), Института геологии и геохронологии докембрия РАН (ИГГД РАН, Санкт-Петербург), Института земной коры СО РАН (ИЗК СО РАН, Иркутск) и Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (ИГХ СО РАН, Иркутск) и использовании материально-технической базы ТувИКОПР СО РАН (Кызыл).

Результаты фундаментальных и прикладных исследований по теме Базового проекта получили отражение в 143 опубликованных работах, среди которых 5 монографий, 34 статей в рецензируемых российских и зарубежных периодических изданиях, 16 статей — в тематических сборниках, 82 статьи — в материалах российских и международных конференций *(см. список публикаций)*.

1. ГЕОЛОГИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СКЛАДЧАТО-БЛОКОВЫХ СТРУКТУР ТУВЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ

Составлена геодинамическая схема Тувы и Западного Саяна *(рис. 1)*, **проведено структурно-формационное районирование Таннуольско-Хамсаринской островодужной системы (ТХОС).** Установлено, что внутриплитные океанические базальтовые комплексы Западной Тувы и Куртушибинской зоны по геологической позиции, геохимическому и Sm-Nd изотопному составу отличаются, что может быть обусловлено различиями в возрастной последовательности и геодинамических обстановках их формирования. ТХОС представляет собой крупный фрагмент существовавшей в Палеоазиатском океане планетарной сопряжённой структуры «островная дуга – задуговой бассейн». В мозаично-блоковом Центрально-Азиатском складчатом поясе (ЦАСП) ТХОС уникальна по сохранности первичных соотношений главных структурных элементов и их представительности. Протяжённость ТХОС ~ 550 км при ширине ~ 300 км, простирание северо-восточное. На северо-западе система контактирует с турбидитами Западного Саяна, на юго-востоке — с метаморфитами Сангилена. В её пределах с запада на восток выделяются Хемчикско-Куртушибинская преддуговая, Таннуольско-Хамсаринская островодужная и Восточно-Тувинская задуговая зоны. В Горном Алтае, северной части Западного Саяна и в Западной Монголии распространены раннекаледонские структурно-вещественные комплексы, аналогичные комплексам ТХОС, но более переработанные тектоническими процессами, а их первичная латеральная зональность и связи с сопряжёнными структурами в значительной мере утрачены. Представительность и хорошая сохранность первичных взаимоотношений главных структурных элементов ТХОС (преддуговой, островодужной, задуговой зон) в дальнейших исследованиях могут стать хорошей основой для реконструкции тектоно-магматических процессов, приведших к её образованию.

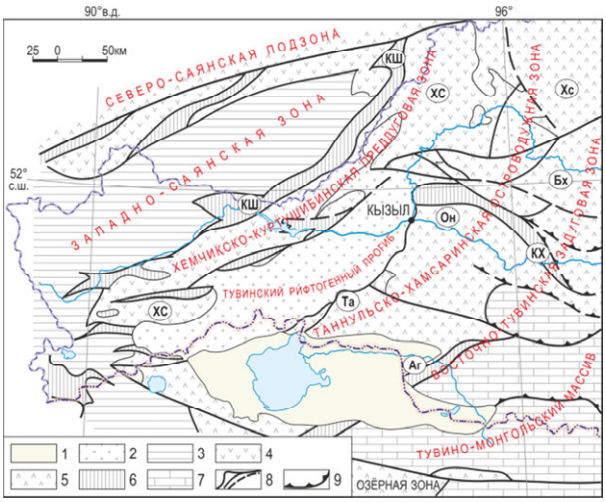


Рисунок 1. Геодинамическая схема Тувы и Западного Саяна и структурно-формационное районирование Таннуольско-Хамсаринской островодужной системы (ТХОС) (составлена А.А. Монгушем на основе данных: Берзин, Кургурцев, 1996; Berzin, 1999; Симонов и др., 2003)

1 — отложения Убсу-Нурской котловины (KZ); 2, 3 — постсилурийские ассоциации (D–C): наложенные рифтогенные комплексы (2) и турбидиты континентальной окраины (3); 4–6 — структурно-вещественные комплексы системы «островная дуга – задуговой бассейн»: 4 — преддуговые терригенные с выступами офиолитокластового фундамента (O–S), 5 — задуговые вулканогенные и терригенно-вулканогенные ($Є_{1-2}$), 6 — островодужные осадочно-вулканогенные и вулкано-плутонические, пред- и задуговые офиолитовые (V_2–$Є_1$); 7 — метаморфические комплексы Тувино-Монгольского массива; 8, 9 — главные постаккреционные разломы (8) и надвиги (9). Подзоны Хемчикско-Куртушибинской преддуговой зоны: Кш — Куртушибинская, ХС — Хемчикско-Сыстыгхемская; подзоны Таннуольско-Хамсаринской островодужной зоны: Та — Таннуольская, Он — Ондумская, Хс — Хамсаринская; подзоны Восточно-Тувинской задуговой зоны: Аг — Агардагская, Кх — Каахемская, Бх — Бийхемская.

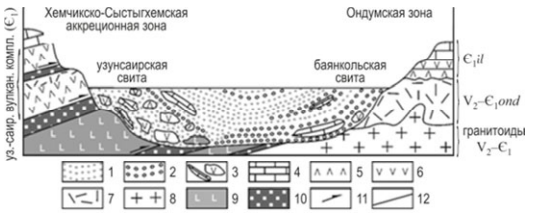


Рисунок 2. Условия формирования олистостромовых горизонтов в пределах узунсаирской и баянкольской свит ($Є_{1–2}$)

1 — песчаники, алевролиты, аргиллиты; 2 — гравелиты, конгломераты; 3 — олистолиты; 4 — известняки, 5 — туфы, 6 — базальты; 7 — кислые вулканиты; 8 — кварцевые диориты, тоналиты, плагиограниты; 9 — тектонические покровы и офиолитокластовые олистостромовые комплексы (эжимская олистострома); 10 — серпентинитовый меланж; 11 — направление перемещений тектонических пластин; 12 — надвиги.

В пределах узунсаирской и баянкольской свит Центральной Тувы выделены тектоно-гравитационные и гравитационные олистостромовые горизонты *(рис. 2).* Олистостромовые горизонты узунсаирской свиты формировались в конце раннего – среднем кембрии при разрушении фронтальных частей надвигающихся тектонических покровов коры переходного типа, образованной в раннем кембрии в надсубдукционной обстановке на гетерогенном, существенно офиолитокластовом. Тектонические покровы, сложенные корой переходного типа, формировались в пределах преддугового склона раннекаледонской Таннуольско-Хамсаринской островодужной структуры *(см. рис. 1)* в результате поперечного сокращения площади этого склона при аккреционных процессах, охвативших в целом ЦАСП. Баянкольские олистостромовые горизонты накапливались одновременно с узунсаирскими непосредственно под склоном островодужной зоны. Источниками сноса обломочного материала в баянкольской свите являются верхневендско-нижнекембрийские осадочные, вулканогенные и интрузивные ассоциации Ондумской зоны, что подтверждается находками единой ассоциации микрофитолитов, обнаруженных как в ильчирской свите, так и в известняковых обломках баянкольской свиты. Фронтальную часть Таннуольско-Хамсаринской островодужной зоны, обращённую в сторону океана, представляла Ондумская зона, а тыловую — Таннуольская зона. Баянкольская олистостромоподобная свита и её коренные источники сноса в раннем девоне были разделены Тувинским рифтогенным прогибом *(см. рис. 1).*

Осуществлено сравнительное изучение процессов корообразования в Хангайском блоке каледонид Северной Монголии *(рис. 3)* **и в герцинидах Южной Монголии** *(рис. 4)* — структурах, в истории формирования которых принимали участие раннедокембрийские, байкальский и каледонские тектонические события, а также процессы позднепалеозойской и мезо-кайнозойской тектономагматической переработки с образованием в герцинидах ювенильной континентальной коры. В процессе исследований определены: особенности строения и состава островодужных, окраинно-континентальных и рифтогенных комплексов Заалтайской части Южной Монголии; позднемезозойских – кайнозойских комплексов пород внутриплитной природы, участвовавших в преобразовании коры Южной и Центральной Монголии; метаморфических комплексов зоны «Хархиринского» структурного порога, определяющего восточную границу Хангайской группы террейнов; магматических комплексов, участвующих в строении Дзабхан-Мандалской части Тарбагатай-Сонгинского террейна.

Определены особенности строения и состава островодужных, окраинно-континентальных и рифтогенных комплексов Заалтайской части Южной Монголии. *Океанические и островодужные комплексы.* В пределах изученной территории *(см. рис. 3)* нижнюю позицию в разрезах герцинид занимают комплексы зеленокаменно изменённых подушечных базальтов и гиалокластитов. Наиболее крупный разрез комплекса изучен нами к югу от сомона Цэл, где его видимая мощность составляет не менее 1500 м. Толща слагает узкую гряду северо-западного простирания и представлена пакетами шаровых лав с гиалокластитовым цементом. Лавы являются пироксеновыми базальтами, которые, по-видимому, формировались в условиях больших глубин, т. к. миароловых и миндалекаменных разностей среди них не установлено. Терригенные или органогенные породы в строении комплекса не обнаружены, что также свидетельствует о формировании

лав на удалении от областей сноса ниже глубин карбонатной компенсации. Комплекс по разлому граничит с нижнекарбоновыми песчано-конгломератовыми отложениями.

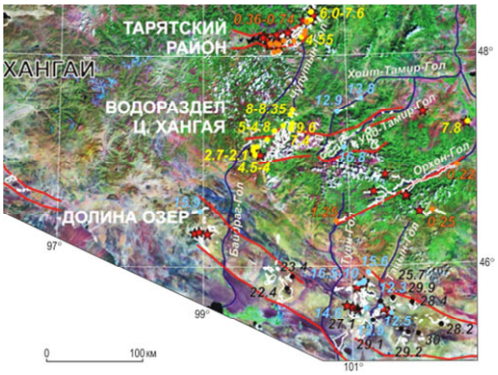
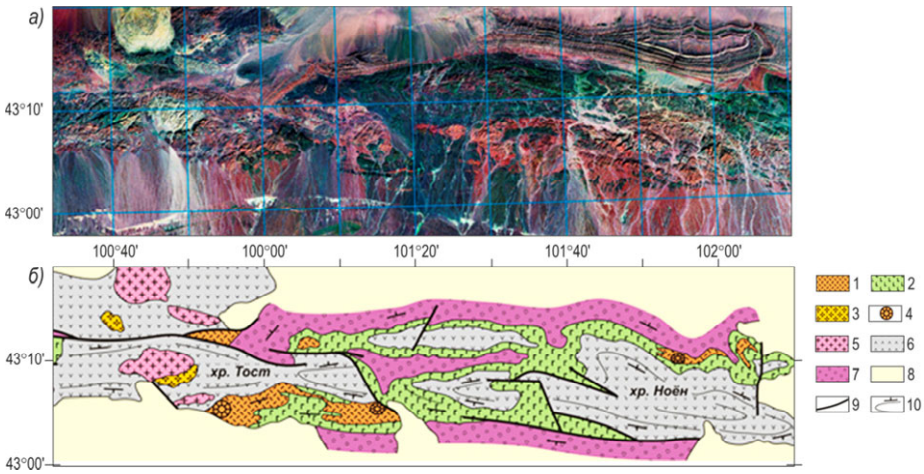


Рисунок 3. Миграции центров вулканизма по площади Хангайского ареала

Рисунок 4. Спектрозональный космоснимок Landsat–7 *(а)* и схема геологического строения *(б)* бимодальной вулкано-плутонической ассоциации грабена хребтов Ноён и Тост (по В.В. Ярмолюку и др., 1983)

1–4 — породы бимодальной ассоциации: 1 — щелочные риолиты, 2 — базальтоиды и андезиты, 3 — щелочные граниты, 4 — жерловые образования; 5 — биотитовые граниты; 6 — подстилающие каменноугольные вулканические породы комплекса активной континентальной окраины; 7 — перекрывающие конгломераты перми и триаса; 8 — рыхлые отложения; 9 — разрывные нарушения; 10 — границы покровов и толщ с элементами залегания.



Возраст собственно шаровых лав, заведомо докаменноугольных, поскольку они установлены в конгломератах нижнего карбона, традиционно определяется как раннедевонский, однако данных об их абсолютном возрасте нет. По-видимому, определённую информацию о верхней возрастной границе комплекса могут дать породы прорывающего его массива, в составе которого участвуют пикриты, габбро, габбро-монцониты, диориты и гранодиориты. Такие массивы характерны для фаз магматизма, завершающих островодужную стадию развития герцинид Южной Монголии. Подобная ассоциация океанических лав установлена нами на хр. Сумэн-Хайрхан среди выходов чёрных сланцев, соотношения с которыми не установлены, т. к. разные группы пород имеют разломные ограничения. Отличительной особенностью этих лав является интенсивная рассланцованность. Мощная толща шаровых лав и гиалокластитов обнаружена также значительно восточнее, в северном обрамлении Мандахского массива щелочных гранитов, где сложена чёрными пироксеновыми зеленокаменно изменёнными базальтами, сильно рассланцованными субширотным кливажем. Все эти выходы тяготеют к северной границе герцинид, что, очевидно, свидетельствует о ювенильном характере коры непосредственно к югу от этой границы.

Другой тип разреза девонских вулканических образований изучен нами в строении хр. Эдрэнгийн-Нуру. Здесь они представлены массивными лавами пироксеновых базальтов, андезибазальтов и андезитов, изливавшимися в подводных, но менее глубоководных условиях. Эти породы лишены краснокаменных изменений, типичных для субаэральных условий, но, как правило, в зонах верхнего контакта содержат миаролы.

Мощность вулканической серии здесь превышает 2,5 км. С вулканитами ассоциируют редкие маломощные прослои кремнистых сланцев, а также граувакковых песчаников, что, с учётом андезитовой составляющей толщи, предполагает их формирование в условиях расчленённого рельефа, скорее всего — в пределах достаточно зрелой островной дуги. Этот комплекс характеризуется широким распространением и прослеживается практически на всём протяжении хр. Эдрэнгийн-Нуру. Вулканические породы прорваны массивом биотит-роговообманковых монцодиоритов и кварцевых диоритов. Проба богатых амфиболом монцонитов отобрана для геохронологического датирования Ar-Ar методом.

Окраинно-континентальные комплексы, в соответствии с палеонтологическими и геолого-структурными данными, формировались на протяжении раннего и среднего карбона. К ним отнесены толщи двучленного строения, включающие как пачки базальтовых и андезитовых лав, так и пачки зеленовато-серых, бурых и серых стекловатых плагиоклазовых риодацитов и риолитов, их туфов и игнимбритов. Эти толщи широко распространены — установлены к северу от горного массива Аж-Богд и в его обрамлении, на хребтах Эдрэнгийн-Нуру и Суман-Хайрхан, в строении которых они со структурным несогласием перекрывают комплексы пород островодужной серии. Подобные же ассоциации изучены нами в восточной части Южной Монголии (районы Улугийн-Худаг, Цаган-Субурга, Манлай, Мандах). Индикаторной особенностью базитовых и андезитовых лав этих ассоциаций является субаэральный характер их излияний. Они выделяются хорошо развитыми шлаковыми зонами, окисленными в условиях прямого доступа кислорода. Для них обычны прослои песчаников, гравелитов и мелкогалечных конгломератов, как правило, граувакковаго состава. Среди кислых пород окраинно-континентальных ассоциаций преобладают плагиоклазсодержащие разновидности, что отличает их от кислых пород рифтогенных комплексов. Видимая мощность комплексов обычно превышает 1000 м, а сходство их разрезов предполагает их площадное развитие на большей части Южной Монголии.

К *рифтогенным комплексам* отнесены породы бимодальных базальт-комендитовых ассоциаций и щелочные граниты. Нами изучены и опробованы массивы щелочных гранитов, образующих протяжённую цепь вдоль Главного Монгольского линиамента: массивы горного кряжа Аж-Богд, г. Хатан-Хайрхан, хребтов Эдрэнгийн-Нуру и Суман-Хайрхан, а также района сомона Мандах (всего 6 массивов). Они прорывают породы как островодужных, так и окраинно-континентальных комплексов, а также ассоциирующие с последними гранитоиды. В рельефе массивы выделяются высоким скальным рельефом, а слагающие их породы представлены, главным образом, среднезернистыми моношпатовыми гранитами со щелочным амфиболом. В целом эти породы слабо дифференцированы, дополнительные фазы в виде мелкозернистых обогащённых амфиболом разновидностей установлены только в Мандахском массиве. В Ажбогдинском массиве наряду со щелочными гранитами развиты моношпатовые порфировидные биотитовые граносиениты и граниты, связанные между собой фациальными переходами.

В целом, проведённые исследования позволили охарактеризовать последовательные стадии формирования континентальной коры герцинид, начиная с наиболее ранней океанической и островодужной и заканчивая рифтогенной, отвечающей внутриплитной переработке сформированной континентальной коры.

Позднемезозойско-кайнозойские комплексы пород внутриплитной природы участвовали в преобразовании коры Южной и Центральной Монголии, подвергавшейся воздействию мантийных плюмов на протяжении позднего мезозоя и кайнозоя *(рис. 5)*. Проявления соответствующего магматизма в *западной части* региона связываются с активностью Южно-Хангайской горячей точки мантии. Ранние этапы этой активности представлены трахит-латитовыми комплексами с карбонатитами, вслед за которыми следовали излияния базальтов цаганцабской свиты, завершившиеся образованием небольших вулканов и экструзий трахириолитов. Более поздние этапы активности горячей точки привели к формированию многочисленных и разновозрастных проявлений базитового магматизма. В более *восточных районах* также наблюдаются аналогичные комплексы пород, однако их последовательность, взаимоотношения и возрастная позиция оста-

ются плохо изученными. Поэтому были выполнены соответствующие исследования в пределах районов Улугийн-Худаг, бр. Баян-Мунх (100 км к востоку от нас. пункта Сайншанд) и восточной части Среднегобийского аймака.

В районе Улугийн-Худаг установлено, что среди позднемезозойских проявлений магматизма наиболее ранней является вулканогенно-осадочная толща, нижнюю часть которой слагают базальные конгломераты с галькой базальтов и осадочных пород карбона и перми. Выше по разрезу появляются потоки трахибазальтов и трахиандезибазальтов, переслаивающихся с маломощными прослоями гравелитов и песчаников. Эта толща согласно надстраивается серией потоков трахитов с вкрапленниками санидина, биотита и апатита. Для ряда потоков характерно высокое насыщение карбонатами, участвующими в строении цемента пород. Собственно карбонатиты установлены в субвулканической фазе в строении сиенитового массива, являвшегося питающей камерой трахитовых излияний. Трахиты перекрыты толщей базальтовых лав, которые по облику, составу и наличию стяжений кремней и агатов сопоставляются с породами цаганцабской свиты. Более поздними являются трахириолиты и онгориолиты ряда экструзий, развитых в восточной части Улугийнского вулканического поля. Таким образом, общая последовательность вулканических проявлений этого района хорошо сопоставляется с последовательностью, наблюдаемой в районах активности Южно-Хангайской горячей точки, напр., в районе Мандалобинской гряды, что позволяет отнести Улугийнский вулканический район к Южно-Хангайской вулканической области.

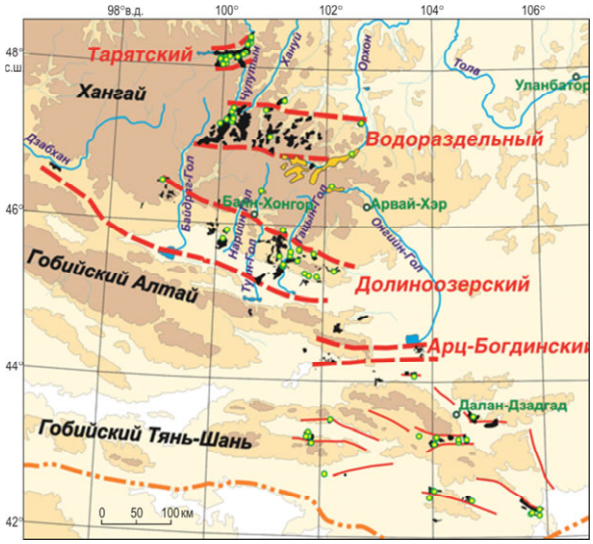


Рисунок 5. Мезозойско-кайнозойские вулканические поля Южного Хангая

В районе бр. Баян-Мунх изучены трахит-трахириолитовые комплексы и их соотношения с базальтами цаганцабской свиты. Трахит-трахириолитовый комплекс здесь связан с небольшим кальдерным вулканом. Вулкан сложен толщей трахитов, образующей кольцевой уступ вокруг центральной части размером 2 × 2 км, лишённой трахитов и, по-видимому, представляющей собой кальдеру, образование которой можно связать с пачкой лавобрекчий и бомбовых туфов, которые венчают разрез трахитовой толщи. В центральной (кальдерной) части вулкана установлены экструзии флюидальных трахириолитов, их витрофиров и сферолоидных лав. Остальное пространство кальдеры заполнено несортированными конгломератами, в составе которых преобладают трахириолиты экструзий и менее распространённые трахиты лавовой мантии вулкана. Трахиты и трахириолиты с размывом, зафиксированным пачкой мергелей и песчаников переменной мощности, перекрыты базальтами цаганцабской свиты. Подобные же соотношения базальтов с трахириолитами отмечались нами севернее — в районах сомонов Ундершил, Говь-Угтаал и Дэрэн (аймак Ундговь), что отличает эту последовательность вулканитов от вулканических полей Южно-Хангайской вулканической области. Однако здесь также известны более молодые проявления вулканизма, сосредоточенные в пределах сравнительно узкой полосы между сомоном Мандах и Мандал-Гоби. Представлены они в основном штоками, некками, лакколитами, дайками и силлами, прекрасно выраженными в рельефе. Их распространение имеет кластерный характер. Выявлено три кластера «вулканчиков», в каждом из которых насчитывается от 10 до 20 таких построек. Между кластерами также известны отдельные штоки и силлы. Каждый кластер контролируется грабеном, выполненным меловыми и

кайнозойскими отложениями. В пределах грабенов отдельные постройки образуют линейные цепочки, связанные, как правило, с разломами, диагональными по отношению к грабенам. Состав вулканических продуктов варьирует от базальтов до тефритов и тешенитов. Породы насыщены мегакристами пироксена, санидина, а также ксенолитами лерцолитов и пироксенитов. Степень насыщения последними столь велика, что на отдельных участках не позволяет отобрать пробы материнских пород. Геологические же соотношения позволяют говорить как о наиболее вероятном раннекайнозойском возрасте «вулканчиков», либо не древнее конца позднего мела.

Характеризуя в целом позднемезозойско-кайнозойский вулканизм восточной части Южной и Центральной Монголии, следует отметить его многоэтапность и значительную растянутость во времени — с верхней юры по ранний кайнозой. В этом отношении он сопоставляется с Южно-Хангайской вулканической областью и, возможно, также был связан с деятельностью автономного мантийного плюма.

Исследованы метаморфические комплексы зоны «Хархаринского структурного порога», определяющего восточную границу Хангайской группы террейнов. Территория Хангая со всех сторон ограничена выходами метаморфических образований: с юга — раннедокембрийских и байкальских комплексов Байдрагского, с запада — раннебайкальского Дзабхан-Мандалского, с севера — раннедокембрийского Тарбагатай-Сонгинского блоков; с востока — метаморфическими породами, возраст и структурная позиция которых остаются слабо изученными. Между сомонами Зуйлэ и Хашаат развиты черносланцевые толщи, похожие на позднерифейскую улзийтгольскую (или бурдгольскую) свиту Байдрагского блока. В составе этих толщ участвуют кристаллические сланцы полимиктового состава, местами отмечаются графитистые чёрные мраморы, аналогичные позднерифейским графитсодержащим мраморам Восточного Саяна. Между сомонами Цэнхэр и Угийнур в составе метаморфического комплекса участвуют кварциты, слагающие пачки мощностью до 100 м и более, а также кристаллические сланцы по породам граувакковoго состава. Подобные породы, прежде всего мощные пачки кварцитов, встречены нами только в составе раннебайкальских структур Дзабхан-Мандалского блока, где они включены в состав свиты шубун. В районе сомона Цэнхэр, на южном берегу р. Хойд-Тамир-Гол, вулканогенно-осадочные породы образуют мощную толщу красных, лиловых, бурых, сиреневых трахириолитов, их игнимбритов и туфов, а также пестроокрашенных песчаников и гравелитов. Поле распространения этих пород обрамляется выходами гнейсомигматитов, что позволяет предположить формирование толщи на древнем основании. С венд-кембрийскими породами карбонатной толщи она контактирует по крупному надвигу. По составу пород и их общему облику толща напоминает сархойскую серию Восточного Саяна возрастом 800 млн л.

Комплекс геологических исследований в пределах восточного и северо-восточного обрамления Хангайской горной области позволил сделать вывод о преобладании здесь позднедокембрийских образований. В южной части этой территории они подобны образованиям Байдрагского блока и его рифейского обрамления, в северной — обраруживают сходство с породами Дзабхан-Мандалского блока и Тувино-Монгольского микроконтинента.

Определены особенности строения и состава островодужных и постаккреционных (окраинно-континентальных и рифтогенных) комплексов Эдрэнгийннурийнской зоны герцинид Южной Монголии. Исследования проводились в районах хребтов Эдрэнгийн-Нуру и Суман-Хайрхан. Особенности строения этой территории определялись развитием зон дислокаций (рассланцевания) по внешним её границам. На хр. Эдрэнгийн-Нуру зона рассланцевания следует вдоль южного его склона, на хр. Суман-Хайрхана — вдоль северного. Во внутренней части территории подобные зоны отсутствуют и развитые здесь породы дислоцированы сравнительно полого. Важно подчеркнуть, что комплексы пород в зонах дислокаций и за их пределами различаются по составу. В зонах дислокаций преобладают зеленокаменно изменённые породы, прежде всего кремнисто-алевролитового и песчано-алевролитового состава. В нижних частях вскрываемых разрезов отмечаются также безшлаковые базальты, редко — миндалекаменные, а также их гиалокластиты. Породы сильно деформированы, но участками встречаются сохранившиеся структуры шаровых лав. В верхах лавовой части разреза появляются

прослои кремнистых пород, которые, в свою очередь, надстраиваются кремнистыми и обычными алевролитами. Они слагают крупные гряды сильно рассланцованных пород, определяющих облик зон дислокаций. В целом же фиксируемый здесь набор пород напоминает ассоциации, развитые на хр. Гурван-Сайханы-Нуру (комплекс шаровых лав и комплекс пород аккреционной призмы), а также в пределах южного подножия хр. Эдрэнгийн-Нуру. Отличия между ними определяются тем, что уровень экспозиции нижних горизонтов разреза коры в зонах дислокаций в пределах изученной территории меньше, чем в структурной зоне Гурван-Сайханы – Нэмэгт – Номингийн-Говь. Помимо названных пород, в краевых частях зон дислокаций встречаются блоки пород молассоидного облика (грауваковые песчаники и гравелиты), однако степень их изменений не достигает уровня зеленокаменной фации.

За пределами зон дислокаций во внутренней части Эдрэнгийннурийнской структурной зоны развиты комплексы пород преимущественно вулканического состава. Наиболее раннюю группу пород представляют моноклинально дислоцированные толщи базальт-андезитового и андезитового состава, которые бывают миндалекаменными, но практически без шлаков, иногда с шаровой отдельностью, что свидетельствует о субаквальном характере излияний. Характерной их особенностью является наличие вкрапленников пироксена. Местами с лавами ассоциируют внутриформационные гравелиты и конгломераты. На геологических картах последних лет эти толщи отнесены к девонской группе. Однако по отобранным в 2010–2011 гг. пробам из пород комплекса по амфиболу нами получен возраст в 350 млн л. (Ar-Ar метод). В восточной части хр. Эдрэнгийн-Нуру подобные породы структурно согласно и с переслаиванием перекрываются зелёными и серыми витрокластическими туфами дацитового и риодацитового состава. В составе толщи участвуют экструзии флюидальных дацитов и риолитов. В целом кислая толща является полным аналогом ранне-среднекарбоновых вулканических толщ, развитых на хребтах Ноён и Тост.

Представленные сведения позволяют отнести базальт-андезитовую и дацит-риолитовую туфовую толщи к раннему – среднему карбону, сопоставляя их с комплексами активной континентальной окраины, режим которой в герцинидах возник на рубеже девона и карбона после их аккреции к краю каледонского супертеррейна (Моссаковский, 1975; Ярмолюк, 1983). Фрагменты этих толщ распространены по всей площади Эдрэнгийннурийнской зоны, что позволяет утверждать, что они образуют сплошной чехол для всей рассматриваемой территории. Наиболее позднюю вулканическую группу здесь представляет толща практически недеформированных оливиновых базальтов, обладающих хорошо выраженными шлаковыми зонами с миндалинами, выполненными кремнистым и карбонатным веществом. Эта толща установлена на хр. Суман-Хайрхан в пределах узкого приразломного грабена. Базальты залегают со структурным несогласием и корой выветривания в основании на породах дацит-риолитовой толщи. Эти базальты близки по своему облику к породам позднепалеозойских рифтогенных ассоциаций других участков Южной Монголии. О проявлении рифтогенных процессов на хр. Суман-Хайрхан свидетельствует группа массивов щелочных гранитов, прослеживающихся здесь в ареале протяжённостью $>$ 100 км.

Таким образом, нами получены данные, позволяющие реконструировать последовательность корообразующих процессов в герцинидах Монголии:

1) на доакреционной стадии кора Заалтайской части герцинид формировалась в условиях островной дуги и аккреционной призмы. В ходе аккреции Эдрэнгийннурийнская структурная зона была выжата к северо-западу вдоль границы с Гобийским Алтаем. Вдоль сдвиговых зон, выраженных сланцевыми комплексами, были экспонированы наиболее глубокие уровни коры, представленные её островодужным основанием. Сдвиги, по-видимому, продолжались и в начале орогенной стадии, о чём свидетельствуют сдвиговые дислокации в породах молассового комплекса;
2) начиная примерно с 350 млн л. н., аккретированный к каледонидам герцинский террейн был вовлечён в режим активной континентальной окраины, которому соответствует вулканический чехол, представленный ранне-среднекарбоновыми базальт-андезитовой и дацит-риолитовой туфовой толщами;
3) в начале перми ($\sim$ 290 млн л. н.) вдоль северной границы зоны проявились рифтогенные процессы, сопровождавшиеся излияниями оливиновых базальтов.

Стратифицированные комплексы Эдрэнгийннурийнской зоны пронизаны разнообразными гранитоидами, в основном сформированными в постаккреционный этап развития территории. Наиболее ранние из них представлены породами габбро-плагиогранитного комплекса, а наиболее поздние — щелочными гранитами, которые возникли в ходе рифтогенных процессов, происходивших, по аналогии со смежными территориями, ~ 290 млн л. н. Помимо них выявлены массивы монцонит-гранодиоритовых и нормальных гранитоидов. Для определения их возраста, а также вещественной характеристики нами отобраны геохронологические пробы. Такие же пробы отобраны из вулканических пород разных толщ по всей площади структурной зоны.

В районе *Хануй-Чулутынского междуречья* на новейших среднемасштабных (1 : 200 000, 1 : 500 000) геологических картах показаны поля пермских, раннемезозойских и позднемезозойских вулканических пород. *Вулканические комплексы перми* в соответствии с их составом подразделяются на ряд свит, нормальные соотношения между которыми нигде не наблюдались. Нами изучены разрезы различных свит и толщ пермского возраста, что позволило обосновать их принадлежность к трём комплексам пород. *Первый* из них представлен трахиандезибазальтами и андезитами с подчинённым участием туфов и туфогравелитов кислого состава, строение *второго* определяют трахидациты, трахириолиты и риолиты, их туфы и туфогравелиты, среди которых отмечаются породы среднего состава, но они редки, причём оба комплекса характеризуются фациальной неоднородностью как в латеральном, так и в вертикальном направлениях, что, по-видимому, стало основанием для отнесения отдельных их фрагментов к разным свитам. *Третий* комплекс не имеет широкого распространения и тяготеет к отдельным грабенам и наложен на вулканиты андезитового и риолитового комплексов или прорывает их, для него характерен бимодальный состава пород, среди которых преобладают оливиновые базальты, слагающие разрезы мощностью до 500 м и более. В верхних частях разрезов этого комплекса в переслаивании с базальтами появляются лавы, игнимбриты и туфы пантеллеритов, которые выделяются специфической синей окраской. Подобная ассоциация пород локализована в грабене, который прослежен от слияния Хунуй-Гола с Хануйн-Голом в северо-западном направлении на 40 км. Накопление пород этой ассоциации при формировании грабена определяется по наличию в составе лавовых покровов достаточно мощных горизонтов (до 30–40 м) конгломератов и гравелитов, что свидетельствует о вулканических излияниях в пределах структурной депрессии. К этой же ассоциации мы относим субширотный дайковый пояс пантеллеритов, выявленный к югу от сомона Рашаант. В других частях Северной Монголии подобные ассоциации пород связываются с проявлениями позднепермского рифтогенеза.

Комплексы раннемезозойских и позднемезозойских вулканических пород образуют два рядом расположенных крупных вулканических поля. В отличие от вулканических толщ пермского возраста, которые обычно дислоцированы в пологие складки с углами наклона крыльев ~ 30°, эти комплексы образуют куэсты с наклоном стратифицированных толщ под углами 5–10°. Раннемезозойская ассоциация связана со структурной депрессией, на что указывают внутриформационные конгломераты, переслаивающиеся с вулканитами. За пределами депрессии такие конгломераты неизвестны. Вулканическая составляющая ассоциации представлена базальтами и трахибазальтами, тяготеющими к низам разрезов, а также латитами и трахитами, слагающими всю верхнюю часть вулканического поля. Породы этой ассоциации по облику близки к породам батцэнгэлской свиты и на этом основании отнесены к раннему мезозою. Строение позднемезозойской ассоциации определяют (снизу вверх): 1) толща массивных серых биотитовых трахидацитов мощностью > 200 м; 2) конгломераты с крупной галькой трахидацитов — до 2 м; 3) белые и розовато-серые игнимбриты трахириолитов — 10–20 м; 4) белые трахириолиты с вкрапленниками гороховидного кварца — 30 м; 5) тёмно-серые афировые базальты — потоки с шлаковыми зонами мощностью до 20 м; 6) серые и голубовато-серые трахиты и трахидациты — 20 м; 7) серия (общей мощностью > 50 м) потоков базальтов, перемежаемых с линзами лапилей и мелких вулканических бомб, что свидетельствует о их близости к вулканическому центру.

Следует отметить, что возрастное расчленение пород Хануй-Чулутынского междуречья не имеет ни геохронологического, ни палеонтологического (палеоботанического)

обоснования. Поэтому помимо геохимических и изотопных проб нами отобраны в этом районе пробы амфиболсодержащих пород для их датирования Ar-Ar методом.

Определены особенности строения и состава базитовых комплексов Дзабхан-Мандалской части Хангайской группы террейнов. Основное внимание нами уделено характеристике пород габброидного состава, участвующих в строении Дзабхан-Мандалского блока развития байкальских структур. Блок выделен академиком О. Томуртогоо, впервые обосновавшим наличие в регионе позднерифейских гранитоидов. При геологической съёмке масштаба 1 : 200 000 в пределах блока закартирована большая группа базитовых интрузий, отнесённых к одной возрастной группе. В ходе наших исследований установлено, что массивы, расположенные в водосборной части южного борта р. Хануйн-Гол, вовлекаются в складчатость, метаморфизм, мигматизацию и прорываются гранитоидами возрастом ~ 850 млн л. (Козаков и др., 2012). Крупный массив на водоразделе Дзабхан – Хануйн не несёт следов метаморфических воздействий. Его Ar-Ar возраст составляет 650 млн л. (Ярмолюк и др., 2008), что согласуется с его образованием в посторогенный этап развития территории. Дополнительные исследования показали, что в составе массива помимо габброидов присутствуют плагиограниты, что позволяет отнести его к габбро-гранитной формации. Ещё один массив сложного состава изучен в южной части Дзабхан-Мандалского блока, к северу от сомона Дурвелжин. В его строении участвуют пироксениты, габброиды, тоналиты и гранодиориты, соотношения между которыми свидетельствуют об их очень близком возрастном формировании. Так, в пределах фрагмента массива размером 30 × 30 м наблюдаются следующие соотношения: ксенолиты пироксенитов и габброидов присутствуют в гранитоидах, прорванных пироксенитами, которые, в свою очередь, прорваны аплитами; заключительными на этом участке стали дайки мелкозернистых меланогаббро, прорывающие все вышеперечисленные породы. Этот пироксенит-габбро-плагиогранитный массив по набору пород отличается от водораздельного массива и, возможно, относится к иной возрастной группе.

Проведены рекогносцировочные исследования в южной части Дзабхан-Мандалского блока (район сомона Дурвелжин). Их результаты позволяют предположить, что здесь, по-видимому, происходило сочленение структур блока с каледонидами Озёрной зоны. В пределах территории картируется крупный тектонический надвиг пород цаганоломской серии на породы предположительно каледонской группы. Последние существенно отличаются от пород Дзабхан-Мандалской зоны. Прежде всего, степень их метаморфизма не достигает даже зеленосланцевой фации. Они представлены вулканической базальт-андезит-риолитовой серией, ассоциирующей с чёрными сланцами, а также с кремнисто-вулканогенной серией, в составе которой преобладают зеленовато-серые кремни, яшмы и кремнистые алевролиты, но участвуют и шаровые базальты. Подобные породы являются типичными для Озёрной зоны и, в частности, для пород вулканического хр. Сэрийн-Нуру. Это может свидетельствовать о том, что охарактеризованные выше комплексы пород принадлежат структурам Озёрной зоны.

2. МАГМАТИЗМ ТУВЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ: АСПЕКТЫ ПЕТРОЛОГИИ, ГЕОХРОНОЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И ГЕОДИНАМИКИ

Изотопно-геохронологические исследования проб, отобранных из Шивейского и Улуг-Танзекского щёлочногранитоидных массивов Каахемского магматического ареала в пределах Восточно-Саянской позднепалеозойской металлогенической зоны *(рис. 6)*, позволили

определить возрастной интервал образования пород бимодальной базит-щёлочногранитоидной ассоциации. Абсолютный возраст пород ассоциации из Шивейского массива *(рис. 7)* U-Pb методом оценивается в 293,8 ± 3,8, Ar-Ar методом — в 297,1 ± 3,8 млн л., пород Улуг-Танзекского массива, соответственно, — в 296 ± 2 и 301 ± 3 млн л. ($\varepsilon Nd(T) = +3{,}4$ ‰). Полученные характеристики свидетельствуют о позднепалеозойском периоде становления Каахемского магматического ареала в связи с внутриплитными геодинамическими процессами.

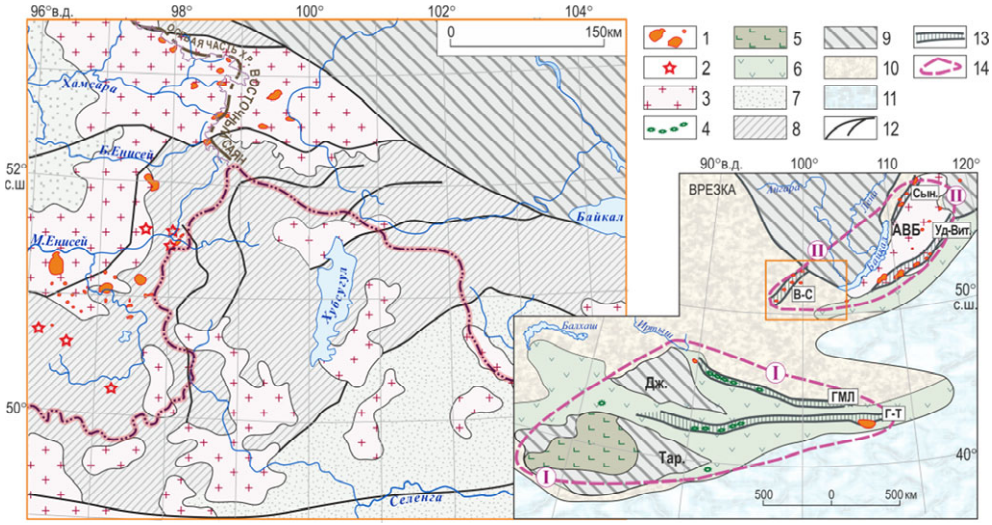


Рисунок 6. Схема размещения массивов позднепалеозойских базит-щёлочногранитоидных ассоциаций Вост.-Саянской зоны и Каахемского магматического ареала

1 — массивы базит-щёлочногранитоидных ассоциаций; 2 — гранитоиды улуг-танзекского комплекса; 3 — разновозрастные гранитоиды известково-щелочной серии; 4 — расслоенные габброидные массивы Тарим-Южномонгольской провинции; 5 — траппы Тарима; 6 — краевые вулканические пояса; 7 — структуры каледонид; 8 — Тувино-Монгольский микроконтинент; 9 — кратоны; 10 — континент; 11 — океанический бассейн; 12 — разломы; 13 — рифтовые зоны; 14 — проекции мантийных плюмов в основании крупных магматических провинций: I — Тарим-Южномонгольской и II — Баргузинской.

На врезке показано положение Восточно-Саянской зоны в системе одновозрастных магматических проявлений в пределах южного обрамления Сибирской платформы в позднепалеозойское время. Буквенные обозначения: АВБ — Ангаро-Витимский батолит; рифтовые зоны: Сын. — Сыннырская, Уд-Вит. — Удинско-Витимская, В-С — Восточно-Саянская, ГМЛ — Главного Монгольского линиамента, Г-Т — Гоби-Тяньшаньская; дорифейские микроконтиненты: Дж — Джунгарский, Тар — Таримский.

В Восточной Туве насчитывается > 30-ти массивов, подобных Шивейскому. Аналогичные массивы такого же возраста (295–305 млн л.) площадью от 2–3 до 500 км^2 широко распространены в Восточном Саяне и севернее от него. Для них характерно разнообразие форм и обилие даек основного состава пикритоидного облика с минглинговыми соотношениями пород *(см. рис. 7)*.

Массивы базит-щёлочногранитоидного состава образуют ориентированный в северо-восточном направлении *Восточно-Саянский позднепалеозойский щёлочно-гранитоидный ареал, для которого характерна* Nb-Ta-Be-Li-Zr-U-Th-REE *металлогеническая специализация.* Определённый нами абсолютный возраст бериллиевой минерализации месторождения Снежное, расположенного на хр. Восточный Саян (305–306 млн л. при первичном изотопном отношении стронция ($^{87}Sr/^{86}Sr)t = 0{,}7065$) хорошо синхронизируется с периодом становления редкометалльных щелочных гранитоидов Восточной Тувы, включая Улуг-Танзекский и Шивейский массивы.

Обосновано, что Восточно-Саянская позднепалеозойская металлогеническая зона по составу магматических ассоциаций и металлогенической специализации подобна другим периферическим зонам Баргузинской магматической провинции, образование которой связывается с мантийным плюмом, перекрытым в конце карбона – начале

перми южным (в современных координатах) краем Сибирского палеоконтинента. Плюмовая природа магматизма предопределила его щёлочногранитную и редкометалльно-редкоземельную специфику, особенно в периферических зонах провинции, типичных для рифтов и областей, связанных с горячими точками мантии.

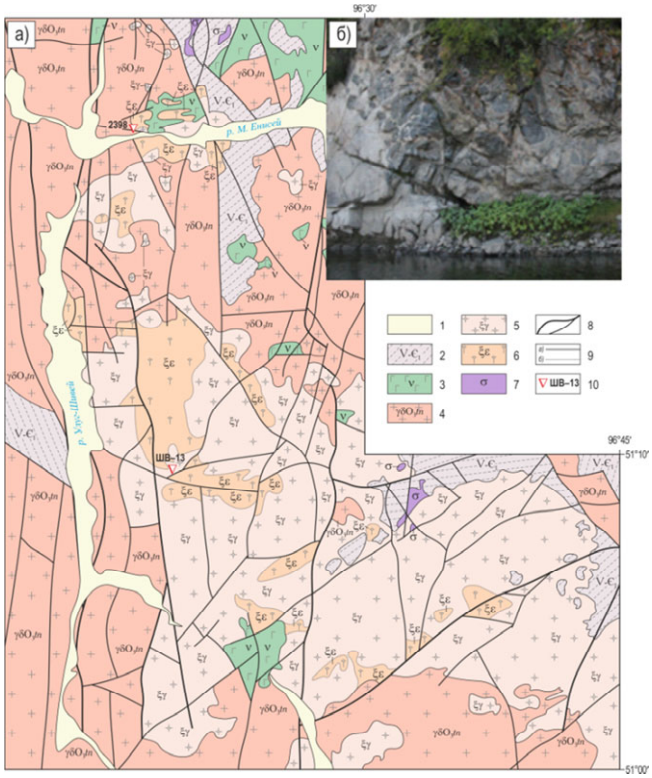


Рисунок 7. Схема геологического строения Шивейского щелочного гранит-кварцевосиенитового массива

а): 1 — рыхлые отложения; 2 — венд-нижнекембрийские вулканогенно-терригенно-карбонатные образования; 3 — габброиды (Чадалский массив); 4 — позднеордовикские меланогранитоиды таннуольского комплекса (~ 451 млн л.) и двуполевошпатовые гранитоиды бреньского комплекса (~ 450 млн л.); 5 — щелочные и субщелочные граниты Шивейского массива; 6 — щелочные и субщелочные кварцевые сиениты Шивейского массива; 7 — гипербазиты; 8 — разломы; 9 — границы геологические *(а)* и фациальных переходов *(б)*; 10 — место отбора и номер пробы.

б) — минглинговые соотношения кварцевых сиенитов Шивейского массива с одновозрастными габброидами.

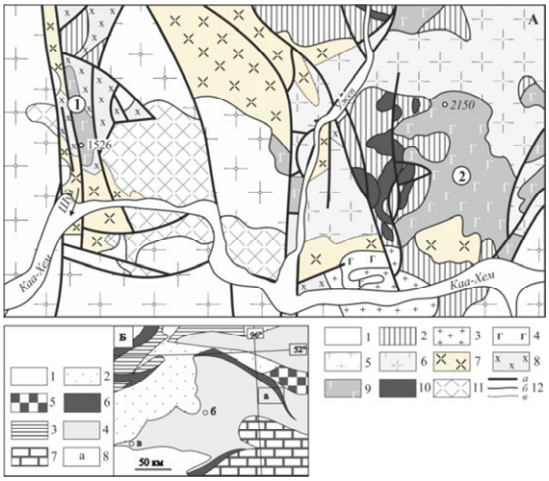


Рисунок 8. Геологическая карта района Шуйского и Майского габброидных массивов

А: 1 — четвертичные отложения; 2 — вендские (?) метапорфириты, кремнистые сланцы и мраморы харальской серии; 3 — щёлочногранитоидная ассоциация (297–293 млн л.); 4 — пикритоидные габброиды (~ 300 млн л.); 5 — двуполевошпатовые гранитоиды бреньского комплекса (450 млн л.); 6–8 — гранитоиды таннуольского комплекса: 6 — плагиограниты, 7 — тоналиты, 8 — кварцевые диориты; 9 — позднеордовикские габброиды (~ 450 млн л.); 10 — габброиды и гипербазиты офиолитового комплекса; 11 — тесхемский метаморфический комплекс (гнейсы, гнейсо-мигматиты, мигматиты); 12 — разломы (а), интрузивные контакты (б), фациальные или переходные зоны (в). Цифры в кружках — массивы: 1 — Шуйский, 2 — Майский. 1526, 2150 — точки отбора образцов.

Б — Положение массивов на тектонической схеме Восточной Тувы: 1 — рыхлые отложения Убсу-Нурской котловины; 2 — постсилурийские наложенные ассоциации; 3 — поздние каледониды; 4 — ранние каледониды; 5 — Агойский метаморфический блок; 6 — офиолитокластовые олистостромы; 7 — Тувино-Монгольский массив; 8 — район Шуйского и Майского габброидных массивов (а); Мажалыкский (б) и Ирбитейский (в) массивы.

Получены новые Sm-Nd изотопные данные по синплутоническим габброидам Шуйского массива (449±4,2 млн л. по Ar-Ar), локализованным в кварцевых диоритах и тоналитах таннуольского комплекса с возрастом 450–451 млн л. *(рис. 8)*. Амфиболовый габбронорит Шуйского массива *(обр. 1526)* имеет весьма низкое положительное значение параметра εNd(T) = +2,7 (ниже, чем в кварцевых диоритах таннуольского комплекса, в которых εNd(T) = +3,4). Установлено, что в пределах Тувы значение εNd(T) последовательно возрастает к более древним габброидам. Так, в раннеордовикских габброидах Мажалыкского массива, образование которых обусловлено тепловым воздействием мантийного плюма на метасоматизированную предшествующими субдукционными процессами деплетированную мантию, εNd(T) = +4,8… +5,7, а в раннекембрийских надсубдукционных габброидах Ирбитейского массива εNd(T) = +7,8.

Обосновано, что исходные магмы исследованных габброидов возникли при смешении расплавов, образовавшихся в результате плавления обогащённого и деплетированного мантийных источников. По-видимому, ~451 млн л. н., при участии повышенного теплового потока, связанного с внедрением мантийных расплавов, образовались магмы кислого состава, при внедрении которых сначала формировались массивы таннуольского (~451 млн л.), затем бреньского (~450 млн л.) комплексов.

Изучены петрологические особенности субщелочных и щелочных интрузивов Тувы, в т. ч. Шапшальского гранитоидного массива в Юго-Западной Туве. Шапшальский массив расположен на стыке Горного Алтая и Тувинского прогиба. Несмотря на крупный размер (>2000 км^2) и непростое внутреннее строение, он крайне слабо изучен из-за труднодоступности. Северная краевая часть массива сложена мелкозернистыми биотитовыми гранит-порфирами (размер порфировых выделений калиевого полевого шпата до 1,5 см, тёмно-серого кварца — до 8 мм), постепенно переходящими к центру массива в средне-, крупно- и гигантозернистые граниты с переменным количеством крупных (до 3 см) порфировых выделений овоидного облика. Темноцветные минералы представлены скоплениями чёрного биотита, часто образующими директивные направления, придающими породам гнейсовидный облик *(фото 1 а)*. Граниты характеризуются равномерной разнозернистостью — кристаллы размерами от 1 мм до 1,5–2 см и присутствием овоидов до 3 см. Кварц-морион часто имеет дымчатую, ясно голубоватую окраску *(фото 1 б)*. Проведён отбор проб и образцов для петрографических, минералогических, изотопно-геохимических и геохронологических исследований.

Фото 1. Граниты Шапшальского массива

а) — гнейсоватые рапакивиподобные; *б)* — рапакивиподобные, в центральной части фотографии виден овоид голубоватого кварца размером 2 см.

Продолжено изучение центральных и восточных частей Каахемского магматического ареала. Изучались преимущественно породы собственно позднеколлизионного Каахем-

ского батолита (типа таннуольского комплекса). Установлено, что в восточном направлении от центральной части батолита начинают преобладать базитовые разности пород, при этом диориты и габбро перемежаются в виде пятен и линзования *(фото 2 а)*. И те и другие прорываются гранитоидами *(фото 2 б)* и более поздними дайками базитов *(фото 2 в)*. Нередко наблюдаются и минглинговые соотношения гранитоидов и базитов *(фото 2 г)*. Выше устья р. Балыктыг-Хем, вблизи метаморфической толщи Агойской глыбы, в плагиогранитах Каахемского батолита встречаются ксенолиты амфиболовых сланцев, мраморов и гнейсов. Для всестороннего изучения сложных взаимоотношений пород батолита и установления этапов их формирования отобраны пробы.

Фото 2. Взаимоотношения пород Каахемского батолита

а) — линзующиеся габбро и диориты; *б)* — линзующиеся габбро и диориты, прорванные гранитоидами; *в)* — дайка базитов в габбро; *г)* — минглинг габбро и гранитов.

Проведено дополнительное изучение и опробование щелочных и щёлочно-ультраосновных массивов Центрального Сангилена. Необходимость в дополнительных исследованиях вызвана тем, что по ранее отобранным пробам не удалось осуществить датирование пород из-за отсутствия циркона. Однако в пробах был обнаружен бадделеит, но в недостаточных для датирования количествах. Для повторных исследований переопробованы Нарынский, Чикский, Баянкольский и Дахунурский массивы. Примерно в километре к северу от Дахунурского массива среди мраморов обнаружена гигантокристаллическая пегматитовая жила мощностью до нескольких метров с кристаллами канкринита и полевого шпата размером до 30–40 см.

Изотопно-геохимическими методами (Nd-изотопные, ^{40}Ar-^{39}Ar) определён абсолютный возраст пород Шатского массива (Западная Тува). Массив является составной частью офиолитового комплекса, слагающего аллохтон и ассоциирующего с меланжево-олистостромовым комплексом Хемчикско-Сыстыгхемской аккреционной зоны *(рис. 9)*.

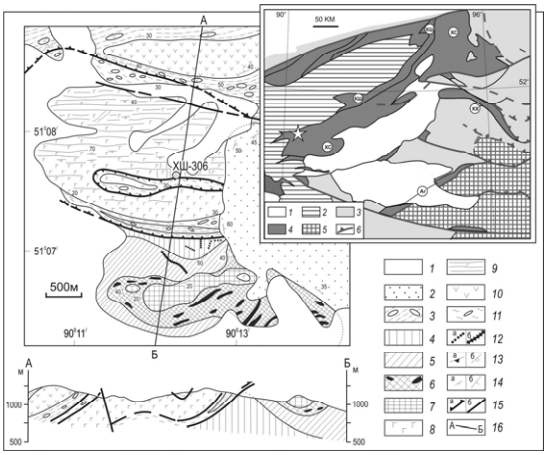


Рисунок 9. Геологическая карта Шатского офиолитового массива (по С.А. Щербакову, 1991 с дополнениями)

1 — рыхлые отложения (Q); 2 — среднеордовикские терригенные породы (O_2); 3 — венд-нижнекембрийская олистострома (V–$Є_1$); 4 — гарцбургиты с жилами дунитов; 5 — дуниты; 6 — верлиты, дуниты с линзами клинопироксенитов; 7 — клинопироксениты; 8 — габбро; 9 — диабазы комплекса «дайка в дайке»; 10 — базальты; 11 — серпентинитовый меланж; 12 — жилы ортопироксенитов *(а)* и секущие дайки габбро-диабазов *(б)*; 13, 14 — элементы залегания: полосчатости ультрабазитов *(13 а)*, даек диабазов *(13 б)*, сланцеватости серпентинитов *(14 а)*, слоистости осадочных пород *(14 б)*; 15 — надвиги *(а)* и прочие разрывные нарушения *(б)*; 16 — геологический разрез по линии АБ.

На врезке: Тектоническая схема Тувы и Западного Саяна: 1 — постордовикские наложенные ассоциации; 2 — турбидиты континентальной окраины; 3 — поздневендско-раннекембрийские островодужные и задуговые ассоциации; 4 — поздневендско-кембрийские аккреционные образования; 5 — глубокометаморфизованные образования; 6 — главные разломы и надвиги. Аккреционные зоны (букв. обозначения): ХС — Хемчикско-Сыстыгхемская, КХ — Каахемская, АГ — Агардагская, КШ — Куртушибинская. Звездочка — положение Шатского массива.

По роговой обманке из габбро Шатского массива ^{40}Ar-^{39}Ar методом определён абсолютный возраст пород — 578,1 ± 5,6 млн л. *(рис. 10)*. Эту возрастную характеристику можно принять за возраст формирования не только габбро, но и в целом офиолитов Хемчикско-Сыстыгхемской аккреционной зоны.

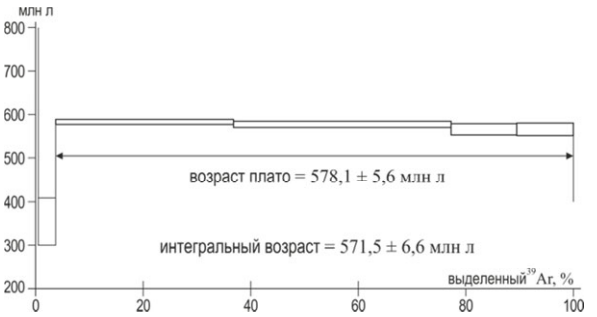


Рисунок 10. ^{40}Ar / ^{39}Ar возрастные спектры роговой обманки из габбро Шатского массива (обр. ХШ–306)

Предполагается, что формирование офиолитов происходило на стадии зарождения примитивной энсиматической островной дуги. Фрагменты офиолитов этого возраста и близкой геодинамической природы присутствуют и в других аккреционных зонах Тувы и Западного Саяна. По возрасту (~ 570 млн л.), особенностям геолого-тектонического положения, строения и вещественного состава эти офиолиты между собой не имеют принципиальных различий и являются фрагментами единой примитивной островной дуги Палеоазиатского океана, к которой были аккретированы океанические поднятия, сложенные главным образом высокотитанистыми базальтами OIB и OPB (T-MORB и E-MORB) типов.

Определён абсолютный возраст Дахунурского щёлочноультраосновного массива Ar-Ar методом (328 ± 3 млн л.) по пироксену из ийолитов (Центральный Сангилен, Вост. Тува), получены его изотопно-геохимические характеристики, изучены особенности строения и вещественного состава. Дахунурский массив расположен на левобережье р. Балыктыг-Хем в 4–5 км к северо-востоку от оз. Дахунур и представлен фоидолитами *(фото 3)*.

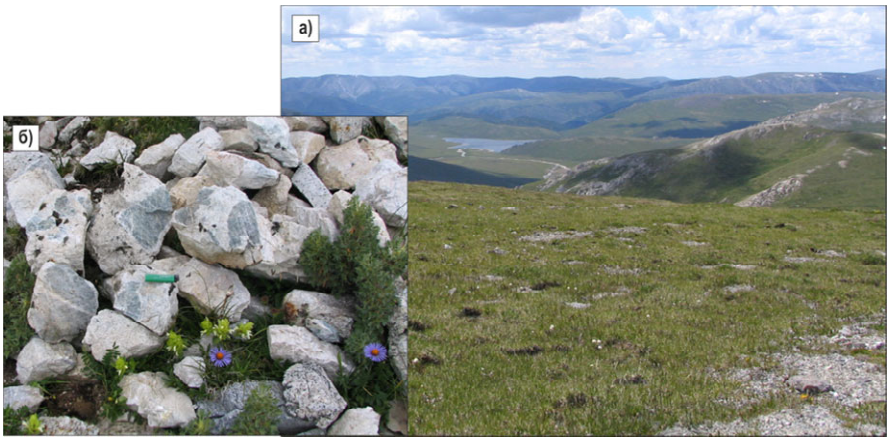


Фото 3. Дахунурский массив (Центральный Сангилен)

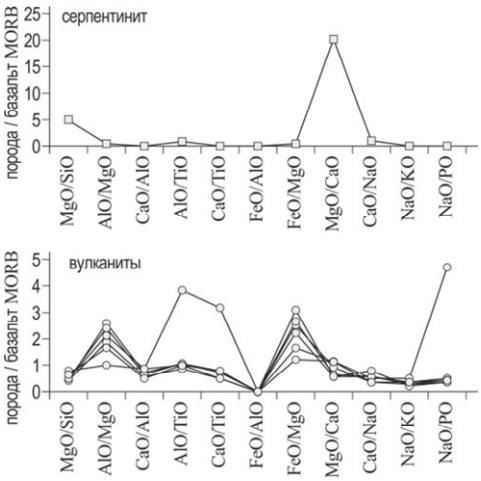
а) — вид с массива на оз. Даху-Нур; *б)* — свалы пород массива (йолитов, уртитов, нефелиновых сиенитов) с кристаллами нефелина.

Массив сложен переходными разновидностями пород, в которых преобладают пироксен и нефелин: мельтейгиты среднезернистые; ийолиты; ийолит-уртиты крупнозернистые; уртиты гигантозернистые; нефелиновые сиениты, содержащие иногда биотит. Преобладают (> 50 %) ийолит-уртиты и ийолиты, для которых обычен прозрачный коричневый гранат размерностью до 5 мм. Встречаются пегматоидные, порфировидные, трахитоидные, шлировые, полосчатые и массивные текстурные разновидности, переходящие друг в друга без видимых признаков рвущих контактов и отличающиеся количественным соотношением породообразующих минералов.

На северо-востоке Тувы в бассейне рек Хамсыра и Ий-Хем изучены стратифицированные образования хамсаринского островодужного комплекса венд-раннекембрийского(?) возраста и базит-ультрабазитовые залежи в северо-восточном крыле Буланбулукской антиклинали, прорванной гранитоидами пёстрого состава. На значительной части исследуемого района распространены различные по составу интрузивные тела, среди которых преобладают раннепалеозойские гранитоиды таннуольского комплекса. Изучены сравнительно небольшие, но многочисленные массивы ультрабазит-базитового состава, относимые ранее к кембрийско-ордовикским — казырскому, булкинскому и остюренскому комплексам, становление которых происходило с раннего кембрия до ордовика (Шелковников, 1958, 1961; Пинус, 1961; Иванова, 1963; Лисицын и др., 1976). В бассейнах рек Хамсыра и Ий-Хем закартировано несколько массивов, объединённых в Бедийскую, Кара-Ойскую и Шивилигскую группы. Установлено, что слагающие эти массивы габброиды визуально очень похожи, однако обнаруживают некоторые различия по микроструктурным особенностям и химическому составу. Наиболее разнообразны по размеру выходов и петрографическому составу массивы Кара-Ойской и Бедийской групп. Сложены они преобладающими габбро, габбро-норитами и габбро-диоритами, а также резко подчинёнными ультрамафитами, обычно в виде полосовидных обособлений незначительной протяжённости.

Габброидные массивы Шивилигской группы обследованы нами на 3-х участках. На первом из них, расположенном у северо-восточного побережья оз. Шурам-Холь, массивы обнажаются в виде одиночных скальных выходов биотит-роговообманковых габбро в обоих бортах долины р. Шивилиг-Хем. Здесь же обнаружены выходы серпентинитов в виде различных по размеру тектонических блоков-будин среди мраморов, датируемых поздним протерозоем. Серпентиниты характеризуются мелко-тонкозернистой структурой, сменяясь по периферии блоков сильно рассланцованными разностями. В мелкозернистых серпентинитах присутствуют более тёмные обособления с крупнозернистой структурой. Второй участок расположен к северо-

западу от предыдущего у небольшого оз. Тучетиг-Холь, где обнажены выходы габбро, которые, как и массивы северо-восточного побережья оз. Шурам-Холь, структурно приурочены к Кужюкскому разлому. Третий участок находится на северном берегу оз. Шурам-Холь на обособленной возвышенности. Здесь туфы и туфопесчаники сайлыгской свиты (D_1?) прорваны интрузивом, сложенным роговообманковым габбро, габбро-диоритами, лейкогаббро, кварц-биотит-роговообманковыми диоритами и кварц-биотитовыми монцонитами. По данным рентгенофазового анализа (РФА), в габброидах содержание SiO_2 варьирует от 47,76 до 56,97 мас. %, в кварц-биотитовом монцоните достигает 64,54 мас. %. Сумма щелочей в нормальном габбро (обр. 225) составила 2,88 мас. %, в биотит-роговообманковых габбро — 3,43–5,01 мас. %, в монцонитах — 6,93 мас. %. При этом в монцонитах K преобладает над Na, что обусловлено присутствием калишпата и биотита.



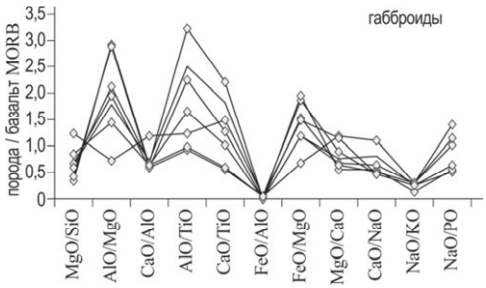


Рисунок 11. Петрохимические тренды пород Шивилигской группы массивов

Во внешней зоне серпентинитовых будин первого участка содержание SiO_2 составляет 34,82, MgO — 26,86; Na_2O+K_2O — 1,82 мас. %. На диаграмме в координатах $SiO_2 - (Na_2O+K_2O)$ фигуративные точки состава габброидов располагаются в поле базальтов и андезито-базальтов. В этом же поле расположены и фигуративные точки состава вулканитов из нижнекембрийской вулканогенно-осадочной толщи, среди которой залегают тела габброидов, что свидетельствует о их сингенетичности. О подобной связи габброидов и вулканитов говорят и кривые изменения петрохимических параметров, нормированных на их значения для базальтов MORB *(рис. 11)*. На графиках и тех, и других пород наблюдаются максимумы значений параметров Al_2O_3/MgO, Al_2O_3/TiO_2, FeO/MgO. Всё это позволяет предположить, что появление в составе изученных габброидных массивов пород с повышенными содержаниями кремния, алюминия и щелочей (роговообманковые габбро, габбро-диориты, монцониты), было обусловлено процессами переплавления и контаминации родоначальных мафитовых магм веществом вулканогенно-терригенной толщи, в которую они внедрились.

Получены дополнительные данные о возрасте ультрамафит-мафитовых массивов Юго-Западной Тувы на основе изотопно-геохимических исследований цирконов из дайки плагиогранитов, секущей габброиды Бирдагского массива. Плагиограниты имеют мелко-среднезернистую структуру и сложены кварцем (25–30 %), плагиоклазом (55–60 %), биотитом (10–12 %), мусковитом (< 12 %) и акцессориями — тонкоигольчатым цирконом, таблитчатыми кристаллами апатита размером до 0,3 мм и турмалином в виде включений в зёрнах плагиоклаза и кварца. По химическому составу плагиограниты низкокалиевые известково-щелочной (Na_2O+K_2O = 5,70 мас. %) и высокоглинозёмистой (Al_2O_3 = 14,67 мас. %) серий. В пробе плагиогранитов (М–44) преобладали длиннопризматические, призматические субидиоморфные прозрачные кристаллы циркона

бледно-коричневого цвета с зональным внутренним строением. Различные датировки их изотопного возраста варьируют от 450 ± 5 до 525–553 млн л., что объясняется присутствием древнего компонента радиогенного свинца в унаследованных ядрах, не обнаруживающихся под микроскопом.

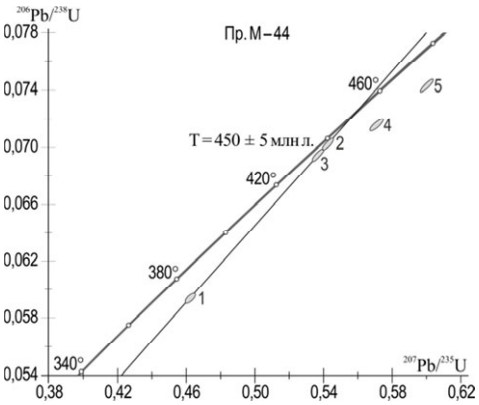


Рисунок 12. Диаграмма с конкордией для цирконов из дайки плагиогранитов

Принимая во внимание магматический генезис изученных цирконов из дайки плагиогранитов и полученный возраст в 450 ± 5 млн л. *(рис. 12)*, можно её рассматривать в качестве верхнего возрастного рубежа становления Бирдагского массива. Полученные датировки абсолютного возраста подтверждают вероятность двух этапов проявления базитового магматизма на юго-западе Тувы. Первый из них, более ранний (494,2 ± 16,2 млн л., $Є_3$), представлен гибридными породами переходного состава, находящимися в виде частично преобразованных ксеногенных блоков среди габброидов Хаялыгского и Бирдагского массивов. Он соответствует времени раннекаледонской аккреции в герцинидах Центральной Азии и синхронен формированию меланжированных магматических комплексов вдоль структурных границ. Второй, более поздний этап базитового магматизма (~ 447–450 млн л., O_3), связан с образованием габброидов вышеназванных массивов и коррелирует с эпохой проявления внутриплитного мафитового магматизма в пределах Тувинского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Проведены петролого-геохимические исследования даек субщелочных базальтоидов и пространственно ассоциирующих с ними сульфоарсенидного Ag-Bi-Cu-Co (Могенбуренского), арсенидного Au-Ag-Co-Bi (Асхатингольского) и благородно-редкометалльного (Беладырского) проявлений на крайнем юго-западе Тувы. Дайковый комплекс распространён в среднем течении р. Моген-Бурен: в нижнем течении его левого притока р. Чарыс и на правобережье Моген-Бурена против устья р. Чарыс. В нижнем течении р. Чарыс в обоих его бортах дайками базальтоидов прорваны протерозойские образования, а отдельными из них — и розовые порфировидные микроклиновые граниты. В рудном поле Могенбуренского рудопроявления площадью 2,5 км^2 дайки пересекают метаморфизованные образования чингинской свиты $Є_3$. Подавляющее большинство даек ориентировано в северо-западном направлении, по простиранию они прослеживаются на десятки метров при мощности 0,3–1,5 м, реже до 2–2,5 м. Контакты с вмещающими породами отчётливо рвущие, интрузивные. Контактовые изменения выражены слабо, распространяются от контактов не более чем на 3–5 см и выражены хлоритизацией и зонами закалки. На классификационной диаграмме SiO_2 — (Na_2O+K_2O) базальтоиды попадают в поле базальтов и трахибазальтов, лампрофиры — в поле базальтов и трахиандезит-базальтов, диориты — в поле андезито-базальтов, кварцевые диориты — в поле трахитов. Химическим анализом установлено, что в дайках базальтоидов Na_2O преобладает над K_2O более чем в 2 раза; содержания Ti, Fe и Al весьма изменчивы, что позволило выделить относительно высоко- и умереннотитанистые разновидности. К умереннотитанистым разностям отнесены диориты. Все породы характеризуются низким содержанием MgO (до 8 мас. %) и не могут рассматриваться как недифференцированные выплавки из мантии.

Определены особенности строения магматических комплексов Дзабхан-Мандалской части Тарбагатай-Сонгинского террейна. Исследования ориентировались главным образом на

изучение состава и строения магматических комплексов, развитых к югу от р. Хунуй-Гол. В строении этой территории выделяются гнейсово-мигматитовые толщи, комплекс апобазальтовых амфиболитов, переслаивающихся с кристаллическими сланцами и кварцитами (или мраморами), выделяемый как свита Шубун; массивы габброидов с элементами расслоенности; имеющие площадное распространение породы тоналит-гранодиорит-гранитного комплекса, объединяемые в Дзабханский батолит. Породы свиты Шубун легко распознаются благодаря широкому развитию апобазальтовых амфиболитов, чередующихся с горизонтами осадочных пород. Выделяется два типа разрезов. Для одного из них характерно чередование амфиболитов с кремнями и кристаллическими сланцами. Этот тип разреза с участием небольших линз и прослоев мраморов распространён также в северном борту р. Хунуй-Гол. Второй тип разреза установлен в юго-западной части территории, где приурочен к складчатой гряде субмеридионального простирания. Здесь апобазальтовые сланцы переслаиваются с прослоями карбонатов при резко подчинённом участии апотерригенных пород. Мощность толщи превышает 1,5 км. В западном направлении без промежуточных переходов она сменяется мощной (> 1 км) толщей однородных кварцитов с небольшой примесью терригенного (слюдистого) материала. Доля терригенной составляющей в кварцитах возрастает в западном направлении. Здесь же появляются отдельные тела амфиболитов, положение которых секущее по отношению к сланцеватости кварцитов, что послужило основанием для отнесения их к субвулканическим телам. Как уже отмечалось выше, кварциты по своему внешнему облику и характеру строения толщи близки кварцитам района сомонов Цэнхэр–Угийнуур. В южной части Дзабхан-Хунуйского междуречья из состава свиты Шубун был вычленен вулканический комплекс, типичный для развитых островных дуг. Его строение определяют в нижней части — тонко рассланцованные туфы и туфопесчаники, в средней части — зеленокаменно изменённые андезиты и андезито-базальты, в верхней — сильно рассланцованные туфоалевролиты, туфы и игнимбриты риолитов, а также отдельные тела риолитов с крупными вкрапленниками кварца. Наблюдаемая мощность вулканического комплекса > 2000 м.

Комплекс расслоенных ультраосновных-основных пород изучался нами в окрестностях г. Онц-Ула. Сложен он породами, варьирующими по составу от пироксенитов и меланогаббро до анортозитов. Породы комплекса прорывают вулканическую толщу Шубун и разделены перемычками последней на ряд более или менее параллельных тел. В составе габброидных тел от северной оконечности их выходов на поверхность к южной отмечается смена породных ассоциаций. В северном наиболее крупном теле преобладают пироксениты и меланогаббро, изредка расслоенность разностей доходит до лейкогаббро. В южных, менее мощных, телах отмечается преобладание лейкократового компонента и именно здесь отмечается широкое развитие анортозитов. Однако практически повсеместно в габброидах присутствуют маломощные прослои пироксенитов и меланогаббро. Подобное строение комплекса позволяет рассматривать его как многоэтажное пластовое тело, в строении которого более мафитовые породы преобладают в нижней части серии, а лейкократовые — в верхней. Вероятная последовательность магматических комплексов Дзабхан-Хунуйского междуречья может выглядеть так: 1 — образование в условиях открытого океана базальтового комплекса OIB-типа в районе оз. Баян-Нур и свиты Шубун, вулканические породы которой отвечают базальтам OIB и E-MORB типов; 2 — в обстановках островных дуг формирование андезит-риолитового комплекса в южной части Дзабхан-Хунуйского междуречья, тоналит-гранодиоритового комплекса в районе оз. Баян-Нур (859 млн л.) и терригенно-вулканогенного комплекса с валунами тоналитов-гранодиоритов, прорываемого гранитами с возрастом 795 млн л.; 3 — становление постколлизионных магматических комплексов: гранодиорит гранитного на восточном берегу оз. Баян-Нур (795 млн л.) и расслоенного пироксенит-габбро-анортозитового г. Онц-Ула (785 млн л.).

Изучены позднепалеозойские и раннемезозойские внутриплитные магматические комплексы юго-восточного (г. Ахарын в низовьях р. Онгийн-Гол) и северо-западного (Хануйн-Чулутынского междуречья) флангов Хангайского блока. В окрестностях г. Ахарын (в 50-ти км на юг-юго-запад от сомона Сайхан-Овоо) выделено три раннемезозойских суб-

широтных грабена, выполненных бимодальными базальт-трахитовыми, базальт-пантеллеритовыми ассоциациями пород. Первый (северный) грабен прослеживается вдоль долины, ограничивающей горный массив Ахарын с севера. В его пределах преобладают трахидациты-пантеллериты, слагающие крупные тела типа экструзий, среди которых отмечаются маломощные (до 30–50 м) пачки сильно зашлакованных базальтов. Вулканический комплекс с размывом залегает на магматических породах перми. Ширина выходов вулканической толщи ~5 км, протяжённость >20 км. Второй грабен контролируется долиной, протягивающейся между горными массивами г. Ахарын и Онгийн-Худук. Вулканические толщи прослеживаются в обоих бортах долины, но в центре перекрыты более молодыми мел-палеогеновыми отложениями. В строении этого грабена преобладают базальты, характеризующиеся хорошо развитыми шлаковыми зонами с миндалинами, выполненными халцедоном. Общая мощность вулканического разреза составляет несколько сотен метров. К верхам толщи приурочены туфы и лавы серых и буровато-серых трахидацитов, для которых нами получен K-Ar возраст в 210 млн л. Третий грабен тяготеет к юго-восточному и южному обрамлению горного массива Онгийн-Худук. Здесь распространены трахиты и трахидациты, залегающие практически горизонтально. Ранее для этих пород В.С. Самойловым получен K-Ar возраст в 205 млн л. Трахиты слагают отдельные купола и лавовые постройки. В пределах грабена встречаются базальты, но имеют ограниченное распространение.

Таким образом, на юго-восточном фланге Хангая раннемезозойская внутриплитная активизация привела к формированию серии субпараллельных широтно ориентированных грабенов, наложенных на структуры с позднедокембрийским основанием. Для магматизма грабенов типичны базальт-трахит-трахидацитовые ассоциации, количественные соотношения которых от грабена к грабену заметно различаются.

3. БЛАГОРОДНО-РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-РЕДКОЗЕМЕЛЬНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ

Исследован флюидный режим и металлоносность гидротермальных растворов собственно кобальтовых и кобальтсодержащих месторождений Тувы и сопредельных территорий Центральной Азии *(рис. 13)*, **а также металлогенических провинций Средней Азии и Северной Африки.** ***Выявлены особенности распределения благородных металлов (Au, Ag, Pt, Pd) в рудах разных типов кобальтовых месторождений: Co-S-As, Ni-Co-As, Cu-Co-As.*** Методами атомной абсорбции (ИГМ СО РАН, Новосибирск), пробирного анализа (ИРГИРЕДМЕТ, Иркутск), вольтамперометрического (ТПУ, Томск) и сцинтилляционного атомно-эмиссионного анализов (ИГХ, Иркутск) изучено содержание Pt, Pd, Rh, а также Au и Ag в кобальтовых рудах всех выявленных типов месторождений. Проведён рентгеноспектральный микроанализ рудных минералов изученных месторождений на содержание Ag и Au и других рудных элементов (ИГМ СО РАН, Новосибирск).

Исследованием состава растворов флюидных включений методом LA–ICP–MS установлено присутствие Ag в рудообразующих флюидах никель-кобальт-мышьякового месторождения Бу-Аззер. Определены минеральные формы нахождения золота и серебра в рудных жилах никель-кобальтовых месторождений. Установлено высокопробное самородное золото в кварце дорудной стадии месторождений Бу-Аззер, Асхатиин-Гол и в шлихе медно-кобальт-мышьякового месторождения Хараджуль, а также самородное золото с примесью серебра (до 15 мас. %) в никель-кобальт-арсенидной минеральной ассоциации месторождения Бу-Аззер и в зёрнах из шлихов (Хараджуль) с примесью Ag до 20 мас. %. Высокие содержания золота отмечаются как в рудах высокотемпературных, так и низкотемпературных месторождений.

Обобщены данные по термобарогеохимическому изучению флюидных включений в минералах кобальтовых руд для разных типов кобальтовых

месторождений. *Золотосодержащие высокотемпературные Co-сульфоарсенидные (Co-As)* руды формировались в связи со становлением и развитием корово-мантийных габбро-гранитных либо субщелочных базит-гранитных рудно-магматических систем коллизионного этапа.

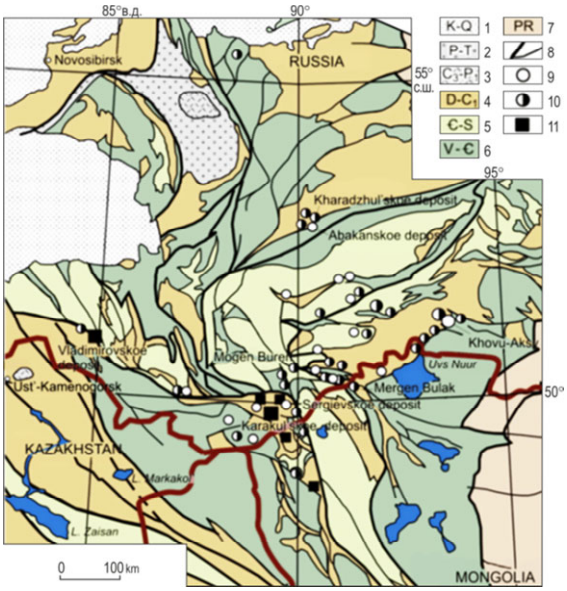


Рисунок 13. Схема размещения Co оруденения в пределах Алтае-Саянской складчатой области

1 — мезозойско-кайнозойский чехол Западно-Сибирской плиты; 2 — верхнепалеозойско-триасовая континентальная моласса Кузнецкого прогиба *(pull-apartbasin)*; 3 — верхнепалеозойские вулканические породы; 4 — верхнедевонско-нижнекаменноугольные комплексы; 5 — верхнекембрийско-ордовикско-силурийские морские отложения; 6 — венд-кембрийские отложения; 7 — архейско-протерозойские метаморфические толщи; 8 — тектонические нарушения и геологические границы; 9–11 — месторождения и рудопроявления: 9 — Ni-Co-As, 10 — Cu-Co-As, 11 — Co-As.

Для Au-содержащих сульфоарсенидных руд установлен контроль рудоотложения зонами предшествующих контактово-метасоматических изменений пород в экзоконтакте гранитоидов. Специфика рудно-магматических систем, заключающаяся в синхронности проявления базитового и гранитоидного магматизма, является причиной присутствия золота в Co-сульфоарсенидных рудах, вольфрама (шеелита) и повышенных содержаний олова (месторождение Каракуль), а также приуроченности золотосодержащего кобальтового оруденения к зонам метасоматитов. Однако процесс формирования Co-S-As минерализации оторван во времени от формирования скарнов внедрением даек основного и среднего состава на Владимировском и Акджилге и характеризуется более низкими температурами (от 280 до 50°C) гомогенизации включений в кварце и кальците по сравнению с температурами образования скарнов (~ 350°C). Тем не менее, рудообразующие флюиды Co-S-As месторождений отличаются наиболее высокими температурами гомогенизации флюидных включений среди всех известных типов никель-кобальтовых месторождений. На месторождении Акджилга (Южная Киргизия) наиболее высокие температуры установлены в крупнокристаллическом кальците, выполняющем пустоты среди дроблёных и сцементированных кварцем, арсенопиритом, аксинитом и кальцитом скарнов. Температуры гомогенизации двухфазных и трёхфазных с галитом включений укладываются в интервал 165÷50°C, причём жильные и вкрапленные руды отлагались при близких физико-химических параметрах. Двухфазные и трёхфазные с галитом включения в кварце месторождения Кара-Куль показывают температуры гомогенизации ($T_{гом.}$) от 280 до 180°C. Концентрации солей в рудообразующих растворах варьируют от 27 до 18 мас. % на Владимировском месторождении и от 32,5 до 20 мас. % — на Акджилге при соотношении $CaCl_2$ и NaCl ~ 1 : 1. Наиболее высокие содержания Au в Co-S-As рудах (до 226 ppm) установлены на месторождении Акджилга и объясняются наличием мощных зон гидротермально и метасоматически изменённых пород вокруг крупных интрузивов базитового и гранитоидного состава и глубоким эрозионным срезом гидротермальной рудообразующей системы. Самородное золото без примеси серебра отлагается при относительно высоких температурах (Павлова, Боровиков, 2008), чем и объясняется его присутствие в наиболее высокотемпературных Co-S-As рудах.

Золотосодержащие низкотемпературные Ni-Co-As месторождения, представленные карбонатными жилами с арсенидами Ni и Co, генетически связаны с коллизионными и рифтогенными зонами, становление которых сопровождалось проявлением базитового магматизма (даек пермских долеритов возрастом 270 млн л.), наложенным на древние офиолиты (Бу-Аззер), или более ранний базитовый и последующий щёлочно-базитовый с одновременным граносиенит-порфировым магматизмом (Асхатиин-Гол). Специфика появления золота в рудах этих месторождений в составе кварц-золото-молибденит-гематит-сульфидного минерального парагенезиса с браннеритом пермского возраста, предшествовавшего формированию собственно арсенидных руд, но близко одновременного с ними (Лебедев, 1995, 1998). Присутствие самородного золота в арсенидных жилах и золота с примесью Ag до 15 мас. % в ассоциации с кобальтином и арсенидами Ni, Co и Fe на месторождении Бу-Аззер подтверждает, что Ni, Co и Au частично были выщелочены более поздними гидротермальными растворами из неопротерозойских серпентинизированных мантийных перидотитов, а также привнесены в зону рудоотложения флюидами, отделявшимися от базитового мантийного расплава. Наложенные на серпентиниты гидротермальные изменения лиственит-березитовой формации свидетельствуют о близнейтральном слабокислом характере гидротермальных растворов.

На месторождении Бу-Аззер температуры гомогенизации флюидных включений в дорудном кварце менялись от 250 до 120°С, а в период отложения минералов арсенидной стадии $T_{гом.}$ постепенно повышались в начале процесса рудоотложения от 200 до 270°С, а затем, на заключительных стадиях, снижались до 40÷50°С. Вертикальный градиент составлял 8,4÷11,6°С на 100 м, давление менялось от 30 до 12 МПа. Результаты криометрического изучения флюидных включений месторождения Бу-Аззер показывают, что гидротермальные высококонцентрированные (39–15 мас. % NaCl-экв.) растворы содержали NaCl (12–26 мас. %) и $CaCl_2$ (5–25 мас. % NaCl-экв.). Низкие температуры их эвтектики (Лебедев и др., 1999; Лебедев, 1998) говорят о присутствии хлоридов Fe, что подтверждается наличием гематита в составе отлагающейся из этого раствора минеральной ассоциации. По результатам микрорентгеноспектрального анализа солевых остатков флюидных включений рудообразующие растворы Ni-Co-арсенидной стадии содержали, кроме преобладающих NaCl (8–18 мас. %) и $CaCl_2$ (15–30 мас. %), ещё и KCl (1–5 мас. %), $BaCl_2$ (1,8 мас. %), $MnCl_2$ (до 1,4 мас. %), Fe, Mg, Br. Анализ индивидуальных включений лазерно-спектральным методом показал присутствие в хлоридных растворах следующих рудных элементов (ppm): Ni (до 0,87), Cu (до 1,2), As (до 1,30), а также Co и Mg.

С помощью LA–ICP–MS анализа в составе флюидов включений установлены высокие содержания рудных элементов в рудообразующем флюиде арсенидной стадии: Ni (до 0,2 %), Co (0,03 %), As (до 0,15 %), Mn (до 1 %), Fe (8,6–1,8%), Cu (до 700 ppm), Zn (0,9 %), Ag (300 ppm). Такой слабокислый раствор мог переносить и Au при соответствующих значениях pH. Золото в составе раствора не определено, возможно, в связи с низкой его концентрацией в растворе — ниже предела обнаружения, поэтому пока остаётся нерешённым вопрос, было ли золото в составе флюидов арсенидной стадии или в течение этой стадии оно только переотлагалось.

Газовая фаза включений по составу преимущественно азотная, с содержанием метана, снижающимся с глубиной, и углекислотой, которая появляется ближе к поверхности. Метан мог заимствоваться из вмещающих докембрийских метаморфизованных черносланцевых пород. Присутствие аммиака установлено по наличию аммония в водных вытяжках. Значения $d^{18}O$ рудообразующего раствора отвечают значениям кислорода смешанного источника (магматогенный флюид + экзогенные воды) для месторождения Бу-Аззер и составляют от -6,3 до +5,9 ‰, что, в совокупности с высокими концентрациями рудообразующего флюида (30–40 мас. % NaCl-экв.), свидетельствует о смешении магматогенного флюида с экзогенными водами эвапоритового бассейна (Борисенко и др., 1971; Лебедев, 1998, 2003).

Температуры гомогенизации трёхфазных включений в кварце арсенидной стадии месторождения Асхатиин-Гол составляют 180÷90°С, двухфазных включений — 140÷60°С. Температуры на период формирования Ni-Co-As руд сначала поднимались от 160 до 180°С, а потом постепенно снижались. Установлено, что основным фактором формирования руд месторождения было постепенное снижение температуры без

существенного разбавления рудообразующего флюида, поскольку концентрация растворов включений варьирует от 31,5 до 18 мас. % NaCl-экв. Гидротермальные изменения пород гидрослюдистой фации говорят о кислом или слабокислом характере гидротермальных растворов. В отличие от восстановительной газовой фазы месторождения Бу-Аззер, окисленная высокоплотная газовая фаза включений в кварце месторождения Асхатиин-Гол состояла преимущественно из углекислоты (при охлаждении появлялась её жидкая фаза), причём определение изотопного состава углерода CO_2 из включений в кварце показывает $d^{13}C$ = -6,5 ‰, что указывает на мантийный источник углерода. Преобладание CO_2 в газовой фазе коррелирует с существенно сидеритовым составом жил. Высокая доля мантийного гелия $^3He/^4He = (1,75 \div 6,17) \times 10^{-6}$ также свидетельствует о вкладе мантийного источника в формирование оруденения на месторождении Бу-Аззер.

Из полученных данных по составу рудообразующих флюидов и расплавов в минералах лампрофиров (апатите, ксеногенном кварце и др. — Борисенко и др., 2010; Borisenko et al., 2010) следует, что высококонцентрированные умереннокислые (pH ~ 4) рассолы водно-углекислотного флюида, отделяющегося от щелочнобазитового очага, значения redox-потенциала которых отвечало сульфид-сульфатному равновесию, могли выщелачивать дополнительно Ni и Co в зоне транзита из ранее образованных подстилающих базитовых пород на месторождении Асхатиин-Гол. Полученный возраст Ni-Co-As оруденения месторождения Асхатиин-Гол (250 млн л., Ar-Ar) свидетельствует о том, что исходные рудообразующие флюиды отделялись от существующего на пермо-триасовом рубеже очага щёлочнобазитового расплава и кристаллизующихся A-гранитов. Окисленный флюид, отделяющийся от щёлочнобазитового расплава, хорошо растворяет и переносит Au, Mo и U, которые при поступлении флюида во вмещающие толщи и изменении его redox-потенциала со снижением температуры первыми отлагаются из рудообразующего раствора (Асхатиин-Гол).

Таким образом, присутствие золота на низкотемпературных Ni-Co-As месторождениях объясняется его заимствованием из вмещающих пород, а также составом и свойствами флюидной фазы, отделяющейся от базитового или щёлочнобазитового расплава и могла переносить золото.

Обосновано, что повышенные концентрации элементов платиновой группы** (0,1–0,2 ppm Pt и 1–1,5 ppm Pd), **а также** Au (до 1 ppm) **на месторождениях Владимировское, Куру-Тегерек, Акджилга, Абаканское, Хараджуль и Бутрахта, установленные разными аналитическими методами (атомно-абсорбционный, пробирный, вольтамперометрический и сцинтилляционный), убедительно демонстрируют участие базитового мантийного источника в формировании как Co-S-As (Владимировское), Ni-Co-As (арсенидная стадия Абаканского месторождения), так и Cu-Co-As (Хараджуль) оруденения. Впервые установлено присутствие Pt, Pd и Rh в рудах разных типов кобальтовых месторождений. Их содержания достигают Pt — 1,0; Pd — 1,65; Rh — 0,014 г/т при размерах частиц Pt и Pd до 15 мкм. В рудах большинства изученных месторождений преобладает Pd. В наибольших количествах он присутствует в высокотемпературных Co-S-As рудах (до 1,08–1,65 г/т), отличающихся повышенными содержаниями Cu, Mo, Au (Владимировское, Акджилга и др.). В Cu-Co-As рудах Pt и Pd присутствуют в количествах нескольких десятых ppm, и только на месторождении Хараджуль в Хакасии содержание Pd достигает 0,96 ppm, Pt — 0,12 ppm. Для руд Ni-Co-As месторождений платина и палладий отмечаются в невысоких и примерно равных количествах — до 0,24 и 0,23 ppm соответственно.

В рудах Cu-Co-As месторождений кроме элементов платиновой группы присутствуют золото и серебро. Самородное серебро в виде микроскопических зёрен установлено в минеральной ассоциации с арсенидами Fe и Co; в виде изиоморфной примеси — в состав блёклых руд, глаукодота и халькопирита. Содержания золота в рудах составляют ~ 1 ppm.

В рудах Co-S-As месторождений присутствуют элементы платиновой группы (ЭПГ) и золото. Co-сульфоарсенидное оруденение Владимировского месторождения близкó по времени формирования с дайками основного и среднего состава. Установлена возрастная корреляция арсенидных жил Абаканского месторождения с дайками долеритов раннедевонского возраста и Cu-Co-As оруденения с базальтами и трахитами среднего девона. Таким образом, специфика этих месторождений и причина высоких

содержаний ЭПГ в Co-S-As и Cu-Co-As рудах заключается в связи оруденения с коровомантийными габбро-гранитными или базальт-риолитовыми рудномагматическими системами. Повышенные содержания в рудах элементов платиновой группы являются важным показателем связи кобальтового оруденения с базитовым магматизмом.

Руды ЭПГ-содержащих месторождений формировались в общем температурном интервале от 185 до 60°С при постепенном снижении температуры к концу процесса. Для Владимировского месторождения установлены температуры гомогенизации ($T_{гом.}$) двухфазных флюидных включений от 185 до 100°С. Трёхфазные включения в кварце Cu-Co-As месторождений Хараджуль и Бутрахта содержат кубики галита, гомогенизирующегося при 145–105 и 115–60°С соответственно. Такими же значениями $T_{гом.}$ характеризуются двухфазные включения. Концентрации рудообразующих флюидов при этом снижались на Владимировском месторождении с 27 до 18 мас. %, на Хараджуле — с 29 до 18 и Бутрахте — с 28 до 15 мас. % NaCl-экв. Концентрации рудообразующих флюидов и характер изменения PT-параметров свидетельствуют о том, что на месторождениях не происходило резкого снижения температуры и существенного разбавления магматогенных флюидов. Флюидные включения в кварце месторождения Хараджуль содержали высокоплотную углекислоту. Присутствие гематита в кварц-кобальтин-арсенопиритовой минеральной ассоциации Владимировского месторождения и предрудные гидротермальные изменения вмещающих пород (березитизация) говорят об относительно окисленном характере слабокислых рудообразующих растворов, так же как и кварц-гидрослюдистый состав метасоматитов на месторождении Хараджуль.

Золото и серебро входили в состав рудообразующего флюида, а поскольку резкого разбавления растворов не происходило, они кристаллизовались из раствора при снижении температуры за счёт естественного постепенного охлаждения флюидов. Благороднометалльная минерализация отлагалась в небольшом количестве в виде микроскопических зёрен самородного Ag и самородного Au, иногда Ag-содержащего золота в ассоциации с арсенидами и в виде изоморфной примеси в рудных минералах. Уран также входил в состав рудообразующего флюида и отлагался в виде мелких зёрен браннерита в саффлорите. Судя по ассоциации рудных элементов окисленного флюида, он мог отделяться от щёлочнобазитового расплава, доказательством существования которого служат трахиты, базальты и риолиты, и переносить все рудные элементы, включая Ag, Au, Co, Ni и ЭПГ.

Существенно серебряные (Ag-Ni-Co-As) месторождения, такие как Актепе в Узбекистане, Яхимов и Залеси в Чехии, Хову-Аксы в Туве, являются аналогами крупных известных месторождений Silver Century и Silverfields в районе Кобальт-Гоуганда (Канада) и Конгсберг (Норвегия). Характерной особенностью никель-кобальт-мышьяк-висмут-серебро-урановых месторождений этой группы является специфика проявленного в названных рудных районах щёлочнобазитового магматизма и связь с габбро-монцогаббро-сиенитовым рядом магматических пород.

Руды месторождения Актепе (Ag-Ni-Co-As) формировались в температурном интервале 280÷50°С, месторождений Яхимов и Залеси (Чехия) — 210÷70 и 130÷80°С соответственно (Борисенко, 1999; Dolnichek et al., 2009); гомогенизация флюидных включений в кварце Ni-Co-As-Ag-Bi-U месторождений Силверфилд и Сильверсенчури района Кобальт-Гоуганда — при 275÷127°С (Scott, O'Connor, 1971); в кальците месторождения Хову-Аксы (Тува) — при 220÷85°С (Лебедев, Борисенко, 1984).

Для существенно серебряных никель-кобальтовых месторождений характерны широкие вариации концентраций растворов флюидных включений — от 40 до 0 мас. %: Актепе — от 22 до 1,9 мас. %, Яхимов и Залеси — от 38 до 2,5 и от 28,5 до 0 мас. % соответственно, Силверсенчури — от 40 до 1,5 мас. % (Kerrich et al., 1986), Хову-Аксы — от 38 до 1,7 мас. %. Резкое снижение концентраций рудообразующих флюидов наряду со значительным снижением температур свидетельствует о разбавлении исходных магматогенных флюидов холодными метеорными водами. При этом отлагается самородное серебро в виде крупных самородков — самых крупных из известных в мире: пластина весом 612 кг и самородок «Серебряный тротуар» весом 20 т с месторождений района Кобальт в Канаде; самородок весом 254 кг с месторождения Конгсберг в Норвегии.

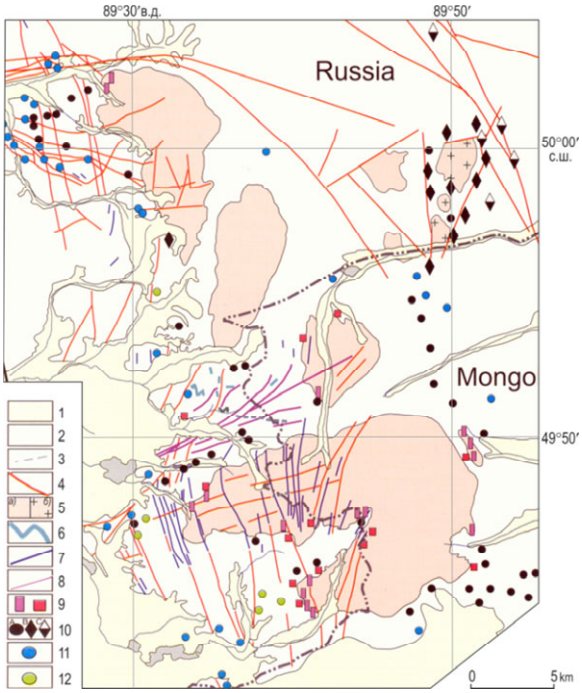


Рисунок 14. Схема размещения оруденения и гранитоидов девонского и триасового возраста в Юстыдском рудном узле

1 — четвертичные отложения; 2 — терригенные породы (D_{2-3}); 3 — дайки чуйского комплекса ($\xi P–T$); 4 — разломы; 5 — гранитоиды: *а)* — юстыдского комплекса (γD_3), *б)* — мезозойские (T_1); 6 — диабазы караоюкского комплекса ($D_3–C_1$); 7 — долериты (C_1); 8 — лампрофиры чуйского комплекса; 9 — зоны с Ag-Sb оруденением; 10 — Sn-W и Be оруденение; 11 — Co-As *(а)*, Ni-Co-As *(б)* и Cu-Co-As *(в)* оруденение; 12 — Pb-Zn минерализация; 13 — Cu минерализация.

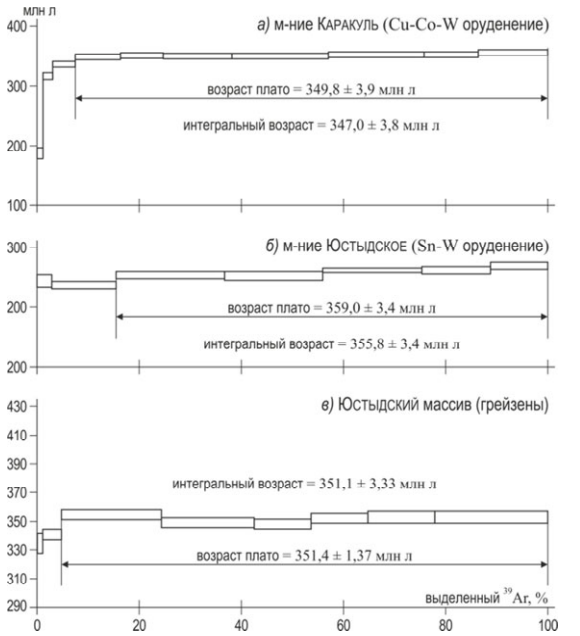


Рисунок 15. Возрастные спектры серицита из руд кобальтовых и редкометалльных месторождений Юстыдского рудного узла

Высокие содержания Hg отмечены нами в составе самородного серебра (Грант РФФИ № 06–05–64789), что наряду с установленной высокой долей мантийного He во флюидных включениях в кварце месторождения Актепе ($^3He/^4He = (4{,}65 \div 2{,}84) \times 10^{-6}$) (Грант РФФИ № 07–05–00803) подтверждает участие мантийного источника в формировании Ni-Co-As-Ag-Bi-U месторождений. Золото менее характерно для руд этих месторождений.

На основе изотопно-геохимических исследований определён изотопный состав He из флюидных включений в кварце месторождений Бу-Аззер и Актепе *(ГИ КНЦ РАН, Апатиты)*, ***Sr и Pb в минералах руд серебро-арсенидных, золотосодержащих Co-S-As и ЭПГ-содержащих кобальтовых месторождений.*** Пермо-триасовое Co-оруденение на Юго-Восточном Алтае и в Северо-Западной Монголии по возрасту сближено с позднепермскими долеритами, раннетриасовыми лампрофирами, сиенитами и субщелочными гранитами и локализовано в двух ареалах — Юстыдском и Южно-Чуйском, где оно ассоциирует с Ag-Sb, Ag-Pb-Zn, Cu-Sb-Hg и Sb-Hg оруденением *(рис. 14, 15)*.

Изотопный состав рудного Pb месторождений названных типов в этих ареалах существенно различается. Так, в Южно-Чуйском ареале в кобальтовых и вольфрамовых месторождениях с абсолютным возрастом 355–347 млн л. *(см. рис. 15)*, сопровождающихся роговиками и грейзенами, изотопный состав Pb образует узкий тренд от мантийных значений, близких к составу породного свинца лампрофиров, до коровых значений, а его модельный возраст составляет 245 ± 10 млн л. Тренд состава рудного Pb Юстыдского ареала имеет более сложную конфигурацию: от значений, близких к лампрофирам и вмещающим чёрным сланцам (~ 250 млн л.), до аномальных значений, характерных для среднепалеозойского (D_3–C_1) Co-S-As и Pb-Zn оруденения, связанного с гранитами, поэтому его модельный возраст колеблется от 254–224 млн л. до отрицательных значений (от -42 до -36 млн л.).

Такие существенные различия в изотопном составе Pb однотипного и одновозрастного оруденения в разных ареалах явно связаны со спецификой состава вмещающих его пород: метаморфические породы в Южно-Чуйском ареале и контактово-метаморфизованные сульфидизированные черносланцевые отложения в Юстыдском рудном узле. При том, что вариации изотопного состава Pb изученных проявлений Ag-Sb и Co минерализации Юстыдского ареала неплохо увязываются с их положением относительно зон контактового метаморфизма. Рудный Pb проявлений, локализованных среди интенсивно контактово-метаморфизованных пород вблизи позднегерцинских гранитоидов, существенно более обогащён радиогенными изотопами по отношению к Pb аналогичных проявлений среди слабометаморфизованных пород или за пределами зоны контактового метаморфизма. Свинец рудопроявлений Юстыдского ареала близок по изотопным отношениям к Pb неизменённых терригенных девонских пород, что позволяет рассматривать их в качестве возможного источника этого элемента. В то же время, более радиогенный состав Pb из проявлений, локализованных в контактово-метаморфизованных породах, также может быть связан с его заимствованием из вмещающих углистых сланцев, испытавших при контактовом метаморфизме изменения изотопного состава Pb за счёт привноса радиогенной составляющей из юстыдских гранитов. Следует отметить, что тренды значений рудного свинца в обоих ареалах охватывают и составы «мантийного» свинца близкого к породному Pb лампрофиров. Это связано, вероятно, с его привносом магматогенным флюидом из очагов базитового или щёлочнобазитового расплава в зону рудоотложения.

Близкие результаты получены и по изотопному составу Sr в барите и флюорите месторождений Co. Отношение $^{87}Sr/^{86}Sr$ в них охватывает довольно широкий интервал значений — от 0,7035 до 0,7140. Самые низкие значения характерны для барита и флюорита из кобальтовых проявлений Южно-Чуйского ареала (0,7035–0,7065), для барита месторождений Владимировского (0,7051–0,7072) и Хову-Аксынского (0,7042–0,7057), абсолютный возраст которого определён в 383,3 ± 4,7 млн л. *(рис. 16)*, где проявляются отчётливые связи с базитовым и щёлочнобазитовым магматизмом.

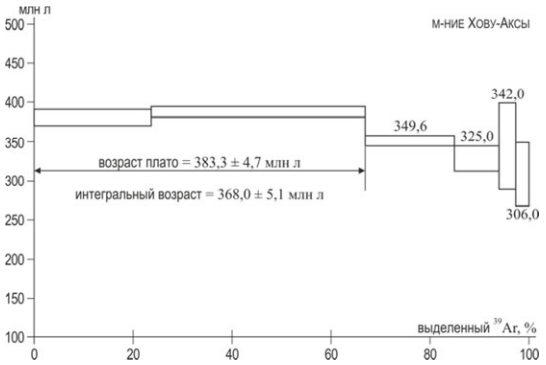


Рисунок 16. Возрастные спектры серицита из кобальтовых руд Хову-Аксынского месторождения

Для других месторождений, локализованных в карбонатных (Асхатиин-Гол) или терригенных (Кара-Куль) толщах, отношение $^{87}Sr/^{86}Sr$ колеблется от 0,7069 до 0,7140.

Таким образом, впервые установлено присутствие Pt, Pd и Rh в рудах разных типов кобальтовых месторождений и обобщены данные о составе их рудообразующих флюидов для решения вопроса о роли физико-химических факторов в повышенных содержаниях в них благородных металлов. Установлено, что, поскольку Ni-Co оруденение крупных месторождений формировалось в возрастном интервале 400–250 млн л. н.

в несколько этапов *(рис. 17)*, флюиды разных стадий в большинстве месторождений отличаются по составу и свойствам.

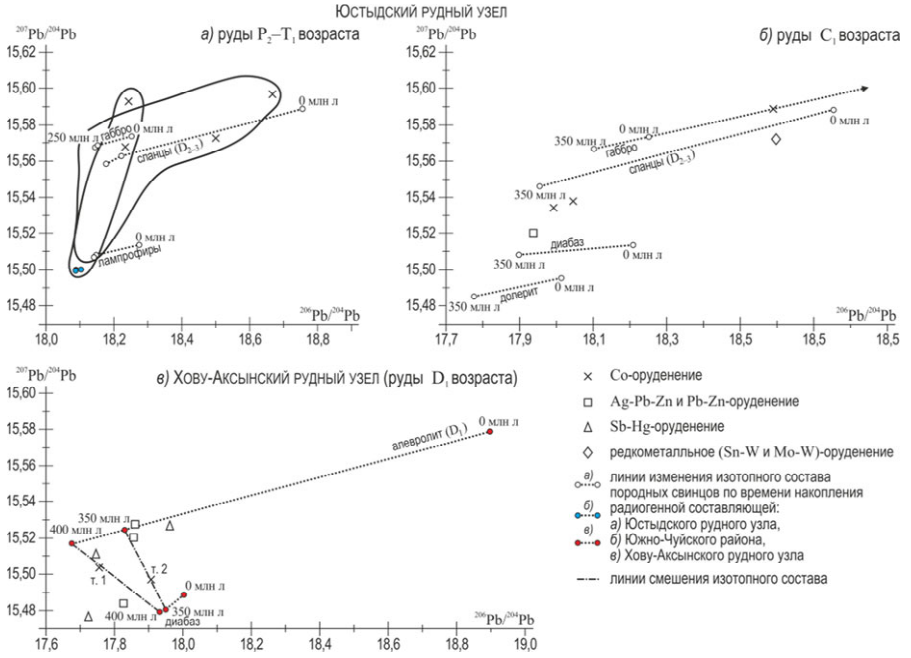


Рисунок. 17. Изотопный состав Pb пород и руд позднепермско-раннетриасового *(а)*, раннекарбонового *(б)* и раннедевонского *(в)* оруденения в Юстыдском *(а, б)* и Хову-Аксынском *(в)* рудных узлах

На основе изотопно-геохимических исследований впервые определён состав He из флюидных включений в кварце никель-кобальт-мышьяковых руд месторождения Бу-Аззер, демонстрирующий высокую долю мантийного гелия и подтверждающий участие мантийных расплавов в формировании Ni-C-As оруденения.

В Алдан-Маадырском золоторудном узле *(рис. 18)* **определены основные металлогенические и геолого-структурные факторы локализации золотого оруденения, а также особенности эволюции благороднометалльной минерализации.** На площади рудного узла золоторудная минерализация парагенетически связана с сютхольским (D_{1-2}) и баянкольским (D_2) комплексами (Зайков, 1969; Гречищев, Зайков, 1971). Промышленная минерализация золото-кварцевой и золото-березитовой формаций связана с малыми интрузивами гранодиоритов и тоналит-порфиров, дайками фельзит-порфиров I фазы баянкольского комплекса.

Выявлены рудоконтролирующие структуры золоторудных объектов, приуроченные к ядрам линейных антиклиналей субширотного простирания и секущим их разрывам того же направления *(см. рис. 18)*. Ядра антиклиналей сложены океаническими и островодужными тектоническими пластинами, олистостромой и меланжем V_2–Є. Обосновано, что складчато-глыбовые структуры рудного узла формировались в течение длительного периода и являются результатом различных геодинамических процессов, включая рифтогенез.

Изучена последовательность минералообразования Хаак-Саирского и Сарыг-Дашского рудопроявлений, где выявлены турмалиновые метасоматиты, аналогичные улугсаирским. Показано, что золото-кварцевые рудопроявления — Улуг-Саирское, Хаак-Саирское и Сарыг-Дашское, являются производными среднедевонской тектономагматической активизации, зафиксированной в виде малых интрузивов и многочисленных даек разного состава.

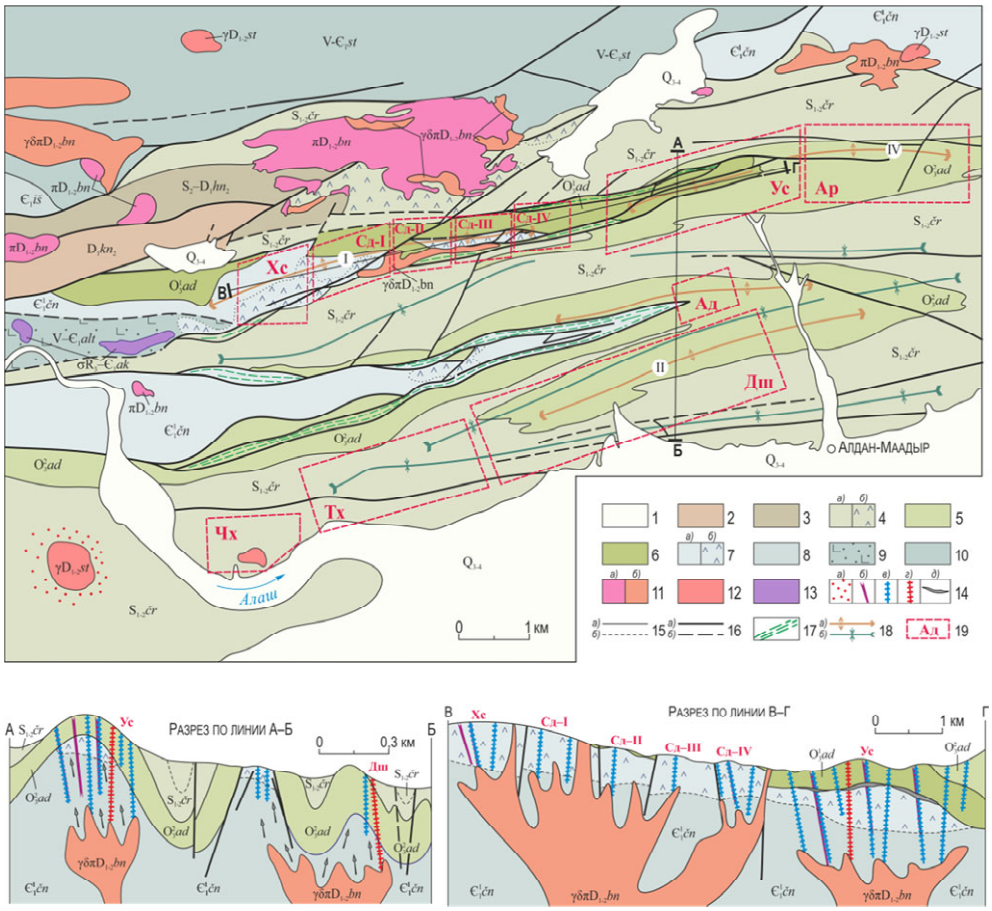


Рисунок 18. Схема геологического строения Алдан-Маадырского золоторудного узла
(по данным: Зайков и др., 1966, ф.; Васильев и др., 1977, ф.; с добавлениями Р.В. Кужугета)

1–10 — осадочные отложения: 1 — четвертичные (Q_{3-4}); 2 — фельзит-порфиры, фельзиты, риолитовые порфиры верхней подсвиты кендейской свиты ($D_1\,kn$); 3 — красноцветные песчаники и алевролиты верхней подсвиты хондергейской свиты (S_2–$D_1\,hn$); 4 — серицитово-глинистые и хлоритово-глинистые алевриты *(а)* и лиственитизированные породы *(б)* чергакской свиты ($S_{1-2}\,čr$); 5 — алевролиты с прослоями песчаников, конгломераты с галькой алевролитов, аргиллитов, песчаников и кварцевой галькой верхней подсвиты адырташской свиты ($O_3^2\,ad$); 6 — рассланцованные конгломераты, алевролиты, гравелиты и песчаники нижней подсвиты адырташской свиты ($O_3^1\,ad$); 7 — эффузивы, туфы, алевролиты, песчаники и сланцы *(а)* и лиственититы *(б)* нижней подсвиты чингинской свиты ($Є_1^1\,čn$); 8 — метаморфизованные песчаники, алевролиты и серо-зелёные сланцы ишкинской свиты ($Є_1\,iš$); 9 — диабазы, туфоконгломераты, песчаники и туфы основного состава алтынбулакской свиты (V–$Є_1\,alt$); 10 — серицит-хлорит-кварцевые сланцы, метаморфизованные алевролиты сютхольской свиты (V–$Є_1\,st$); 11–15 — интрузивные образования: 11 — баянкольского комплекса ($D_{1-2}\,bn$): π — кварцевые и андезитовые порфиры II фазы *(а)*, $\gamma\delta\pi$ — кварцевые, фельзит-, гранодиорит-, тоналит-порфиры, фельзиты, гранит-порфиры I фазы *(б)*; 12 — граниты, гранодиориты и сиенограниты сютхольского комплекса ($\gamma\,D_{1-2}\,st$); 13 — серпентиниты, перидотиты, пироксениты и связанные с ними габброиды и диориты акдовуракского комплекса ($\sigma\,R_3$–$Є_1\,ak$): 14 — изменённые породы: ороговикованные *(а)*, турмалинизированные *(б)*, прокварцованные и кварцевые жилы *(в)*, березитизированные *(г)*, предполагаемые рудные тела *(д)*, *стрелками показано движение флюидов*; 15 — границы геологические *(а)* и фациальных переходов *(б)*; 16 — разрывные нарушения достоверные *(а)* и предполагаемые *(б)*; 17 — тектонические зоны; 18 — оси складчатых структур: *а)* — антиклинальных (I — Улуг-Сиарской, II–III — Ак-Дагской, IV — Аржанской), *б)* — синклинальных; 19 — участки золоторудных рудопроявлений: Хс — Хаак-Саирское, Сд — Сарыг-Даш (Сд–I, II, III, IV), Ус — Улуг-Саирское, Ар — Арысканское, Ак — Ак-Дашское, Дш — Дуушкуннугское, Тх — Тожектыгхемское, Чх — Чедиханское.

Формирование благороднометалльной минерализации происходило в результате многоимпульсного поступления металлоносных гидротермальных растворов в систему сбросо-сдвиговых трещин в лиственитах, конгломератах и алевролитах, что обусловило многостадийность рудоотложения, насчитывающую от 8-ми до 10-ти генераций минеральных парагенезисов руд и метасоматитов, проявленных с различной интенсивностью. Для Улуг-Саирского рудопроявления характерны более высокотемпературные стадии рудообразования, а для Хаак-Саирского и Сарыг-Дашского — более низкотемпературные.

Полевые наблюдения, минералогическое, минераграфическое и петрографическое изучение шлифов и аншлифов руд Хаак-Саирского и Сарыг-Дашского рудопроявлений показывает, что в них наблюдаются одни и те же минеральные ассоциации, последовательно накладывающиеся друг на друга. Выделены стадии минералообразования: *допродуктивные* — турмалиновая, лиственитовая, I турмалин-кварцевая и пирит-кварцевая; *продуктивные* — золото-сульфосольно-сульфидно-кварцевая, золото-ртутисто кварцевая и II турмалин-кварцевая; *пострудная* — карбонат-кварцевая; *гипергенная* — ковеллин-халькозин-гётитовая. На Улуг-Саирском рудопроявлении выделены: *допродуктивные* — турмалиновая, березитовая, I турмалин-кварцевая; *продуктивные* — золото-пирит-кварцевая, золото-сульфидно-кварцевая, II турмалин-кварцевая; *пострудные* — анкерит-кварцевая, хлорит-гематит-кварцевая, кальцит-кварцевая; *гипергенная* — ковеллин-халькозин-гётитовая стадии. Установлены основные продуктивные стадии Хаак-Саирского, Сарыг-Дашского и Улуг-Саирского рудопроявлений. По типоморфным особенностям блёклых руд (наличие тетраэдрита, фрайбергита, аргентотетраэдрита) и самородного золота (обилию серебристых и ртутистых фаз) Хаак-Саирского и Сарыг-Дашского рудопроявлений обоснована принадлежность золото-кварцевых жил к гипабиссальной фации глубинности (1000–3000 м; $P \sim 0{,}3$–$0{,}9$–1 кбар). Термобарогеохимические исследования подтверждают эти выводы: газово-жидкие включения в кварце из жил, отобранных на уровне современной эрозии, свидетельствуют об их образовании при давлении 0,5 кбар (1500 м).

По типоморфным признакам самородного золота (наличию примеси Te и отсутствию Hg, слабо проявленной зональности, незначительному распространению теллуридов: петцита $AuAg_3Te_2$ и гессита Ag_2Te), и блёклых руд (наличие только теннантита) образование жил в условиях гип- и мезоабиссальной фации глубинности 0,5–1,8 кбар (1500–7000 м) можно предположить только для Улуг-Сарского рудопроявления, т. к. с ростом глубинности в самородном золоте снижается содержание Hg и Ag и увеличивается содержание Te. В целом теллуриды характерны для мезоабиссальных и абиссальных месторождений золота. На Улуг-Саирском рудопроявлении впервые обнаружены и проанализированы теллуриды золота и серебра, а на Хаак-Саирском и Сарыг-Дашском — ртутистые фазы золота и медьсодержащее золото. Для Улуг-Саирского рудопроявления установлен тренд состава золота от высокопробного до электрума.

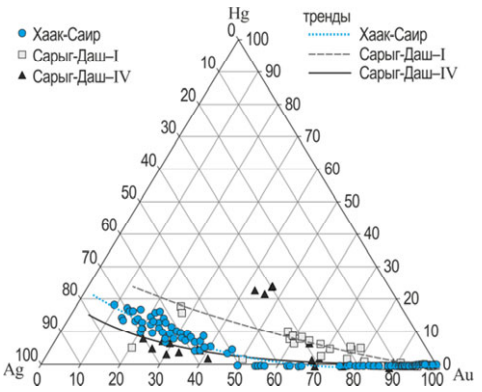


Рисунок 19. Состав самородного золота Хаак-Саирского и Сарыг-Дашского рудопроявлений

Результаты микрозондовых анализов золота Хаак-Саирского и Сарыг-Дашского рудопроявлений *(рис. 19)* показывают широкие колебания составов, от высокопробного золота до Hg-серебра через электрум, Hg-электрум, Hg-кюстелит и Hg-золото. Выявлены следующие тренды рудообразования: 1) $Au \rightarrow Au$, $Ag(Cu) \rightarrow Ag$, $Au(Cu) \rightarrow Ag(Hg)$ — тренд золото-сульфосольно-сульфидно-кварцевой стадии; 2) $Au \rightarrow Au$, $Ag(Hg) \rightarrow Ag$, $Au(Hg) \rightarrow Ag(Hg)$ — тренд Au золото-ртутисто-кварцевой стадии.

Отложение самородного золота в несколько стадий, низкая активность сульфидной S и её колебание отразились на его морфологических особенностях, внутреннем строении и составе. В каждой продуктивной стадии отлагались золотины с присущими только им типоморфными

признаками, т. е. наблюдается зависимость морфологии золота от его состава. Высокопробное и среднепробное золото, в отличие от более серебристых и ртутистых фаз, встречается в виде одиночных зёрен или их скоплений, многие из которых имеют кристаллографические очертания (ксеноморфные, прожилковые и комковидные выделения с огранёнными выступами, гранями), или изометричных выделений в виде октаэдра и кубооктаэдра и их сростков. Поверхность золотин преимущественно ровная, зеркально-гладкая, занозистая и шагреневая. Края большинства золотин ровные. Размеры зёрен, прежде всего в десятки раз больше, чем у зёрен Hg-электрума и Hg-кюстелита. Последние редко встречаются в виде одиночных зёрен, чаще всего это мелкие скопления или сложные агрегаты. Иногда они образуют более крупные обособления, состоящие из мелких (первые десятки мкм) гипидиоморфных зёрен и их сростков и тонких просечек толщиной в несколько мкм. Эти минеральные фазы часто встречаются в ассоциации с высокопробным золотом, образуя при этом срастания различного состава. Форма зёрен весьма разнообразна — от комковидных до удлинённых, при этом края большинства из них имеют угловато-ветвистые очертания, при ямчато-бугорчатой или шагреневой поверхности. Для Улуг-Саирского гип-мезоабиссального рудопроявления характерны кристаллографические формы золотин. Гранулометрический состав самородного золота варьирует незначительно, количественно преобладают фракции 0,25–0,1 и $<0,1$ мм. Хаак-Саирское и Сарыг-Дашское рудопроявления по составу золота и блёклых руд можно отнести к типичным гипабиссальным объектам плутоногенной золото-кварцевой формации (до настоящего времени был известен только один эталонный объект подобного типа — Кварцитовые Горки в Северном Казахстане).

Геолого-структурные и минералого-геохимические особенности изученных золото-кварцевых рудопроявлений подтверждают перспективность выявления в Алдан-Маадырском золоторудном узле перспективных для освоения месторождений золота.

Изучены условия образования россыпей золота на территории Тувы, выявлена их связь с коренными источниками, проведён комплексный металлогенический и структурно-геоморфологический анализ золотоносных рудно-россыпных районов на предмет выявления и изучения древних неогеновых россыпей. ***В пределах золотоносной Хемчикско-Сыстыгхемской зоны выделены и изучены россыпеобразующие формации золота Эйлиг-Хемского, Ойна-Харальского золоторосыпных районов, изучена связь между коренными и россыпными месторождениями.*** Проанализированы типоморфные особенности золота золото-кварцевой и золото-сульфидной формаций в эволюционно-генетическом ряду: эндогенное оруденение → кора выветривания → промежуточный коллектор → современная аллювиальная россыпь. Выявлены золотоносные кварцевые жилы в правом борту руч. Сыктыр, отобраны пробы на пробирный анализ.

В Ойна-Харальском золотоносном районе с целью установления потенциальных коренных источников опробованы верхнепротерозойские отложения харальской серии, изучены россыпеобразующие формации, типоморфные особенности золота золото-кварцевой, золото-кварцитовой, золото-сульфидно-кварцевой и золото-сульфидно-углеродистой формаций и связь между коренными и россыпными месторождениями. Ойна-Харальский золотоносный район *(рис. 20)* структурно приурочен к Харальскому выступу байкалид, сложенному метаморфизованными позднепротерозойскими терригенными и вулканогенно-осадочными отложениями. Район характеризуется отчётливо проявленным линейным размещением золотоносных россыпей. Здесь известно 6 позднепротерозойских вулканических центров, имеющих преимущественно субвулканический уровень среза. Золотое оруденение тяготеет преимущественно к субвулканическим интрузивам и жерлам палеовулканов, локализовано в кварцевых жилах, сульфидизированных метасоматических кварцитах и кварц-полевошпатовых метасоматитах в толще графитистых сланцев и относится к золото-кварцевой, золото-кварцитовой, золото-сульфидно-кварцевой и золото-сульфидно-углеродистой формациям. Наиболее высокими содержаниями золота характеризуются метасоматические кварциты (до 10 г/т в рудопроявлении Мозгалевском), меньшими — многочисленные кварцевые жилы, зоны сульфидизации и графитистые сланцы.

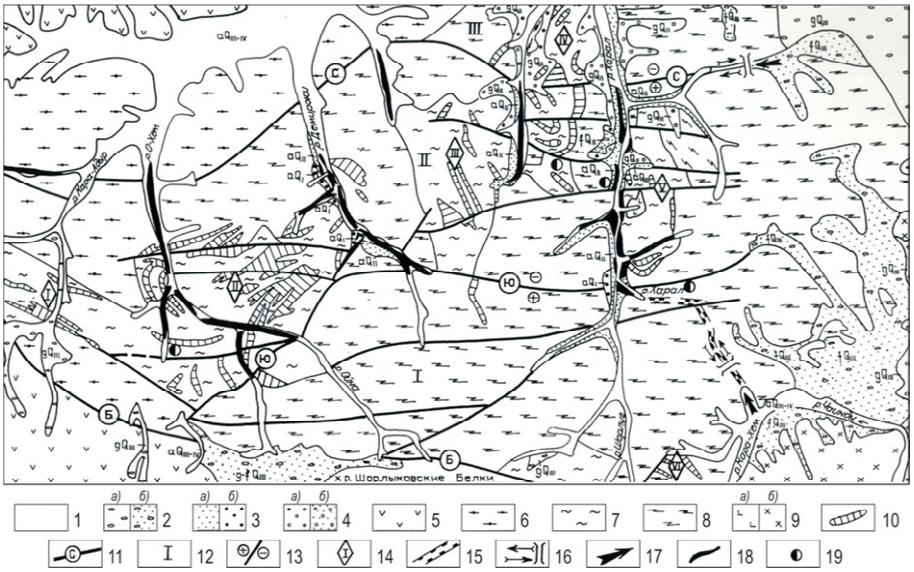


Рисунок 20. Схема геологического строения Ойна-Харальского золотоносного района

1 — аллювиальные отложения 1-й надпойменной террасы, пойменные и русловые нерасчленённые; 2 — ледниковые *(а)* и флювиогляциальные *(б)* отложения позднеплейстоценового (азасского) оледенения; 3 — аллювиальные отложения 2-й *(а)* и 3-й *(б)* надпойменных террас; 4 — ледниковые *(а)* и флювиогляциальные *(б)* отложения среднеплейстоценового (каахемского) оледенения; 5 — вулканогенные и вулканогенно-терригенные породы туматтайгинской свиты ($Є_1\,tm$); 6 — метапесчаники и метаалевролиты с горизонтами углистых сланцев, конгломератов, филлитов охемской свиты ($PR_2\,oh$); 7 — метаморфизованные эффузивы и туфы базальтового состава, песчаники и алевролиты харальской свиты ($PR_2\,hr$); 8 — кварц-биотит-гранатовые, кварц-серицит-гранатовые сланцы демиржинской свиты ($PR_2\,dm$); 9 — диориты δ *(а)* и плагиогранитов $\gamma\delta$ *(б)* таннуольского комплекса ($Є_{1-2}\,tn$); 10 — субвулканические метагаббро и метагаббро-диабазы (νPR_2); 11 — основные разломы: Б — Бийхемский, Ю — Южный (Ойнинско-Демиржинский), С — Северный; 12 — морфоструктурные блоки: I — интенсивных поднятий, II — умеренных поднятий (Центральная морфоструктура), III — относительных опусканий; 13 — направление движения морфоструктурных блоков; 14 — вулканические центры (римские цифры в ромбиках): I — Кара-Адырский, II — Ойнинский, III — Ольховский, IV — Хадынский, V — Харальский, VI — Кара-Хемский; 15 — ущельевидные отрезки долин; 16 — участки перехвата рек и направление движения древней гидросети; 17 — направление стока талых ледниковых вод; 18 — россыпи; 19 — золоторудные проявления.

Установлено, что метасоматические (вторичные) кварциты, отнесённые ранее В.В. Зайковым (1981) к золото-кварцитовой формации, развиты преимущественно в вулканогенной харальской свите и, редко, в подстилающих её образованиях. Область распространения вторичных кварцитов охватывает правобережье р. Харал, в меньшей мере — междуречье Харал – Хадын и правобережье р. Хадын, тяготея к околожерловым зонам в позднепротерозойских вулканитах риолит-дацитового состава. Золотое оруденение в метасоматических кварцитах отнесено к золото-серебряному формационному ряду и характеризуется самородными образованиями с повышенным содержанием Ag (от 3 до 80 г/т). Наиболее крупным объектом золото-серебряной минерализации в кварцитах является рудопроявление Мозгалевское, для которого характерны выделения золота дендритовой, комковидной и комковидно-пластинчатой формы размером 0,2–2,0 мм, некоторые из них покрыты «рубашкой» гидроокислов железа. Пробность золота от 400–550 до 370–400 ‰. По совокупности признаков минерализация золота в метасоматических кварцитах Харальского района относена нами к генетическому типу близповерхностных вулканогенных эпитермальных месторождений.

Определено, что золото-сульфидно-углеродистая формация прожилково-вкрапленных руд в углеродистых сланцах характеризуется сравнительно низким, но устойчивым средним содержанием золота. Проявления золота связаны с сульфидизированными и окварцованными графитистыми сланцами,

основным носителем золота в которых является пирит. Золото углеродистых сланцев при среднем значении пробности 918 ‰ и дисперсии 3,11 имеет на гистограмме два пика (880–920 ‰, 930–970 ‰), крайние единичные замеры 840, 860 и 990 ‰ и дисперсию 3,10. По своему гранулометрическому составу (пылевидный характер) и геохимическим особенностям самородное золото углеродистых сланцев резко отличается от золота россыпей Харальского района. В среднем течении р. Харал широко распространены *малосульфидные кварцевые жилы*, встречающиеся в терригенных, вулканогенных и интрузивных породах верхнего протерозоя, также в гидротермально и метасоматически преобразованных породах зон смятия. Рудные минералы в жилах, сложенных белым и желтоватым средне- и крупнокристаллическим кварцем, составляют <1 %, приурочены к их зальбандам и представлены пиритом, халькопиритом, галенитом и молибденитом. Золото встречается в ассоциации с кварцем, пиритом, реже халькопиритом. Самородное золото из кварцевых жил в среднем самое высокопробное и имеет три максимума — 940–1000, 900–920 ‰ и 830–870 ‰ и средней величины дисперсию — 4,63. Основная часть золота приходится на интервал пробности с двумя максимумами, соответственно — 900–920 и 940–1000 ‰ (причём наиболее высокопробного Au в 3 раза больше), единичные же замеры показывают пробность 830–870 ‰. Таким образом, установлено двумодальное распределение пробности золота, при среднем значении 936 ‰.

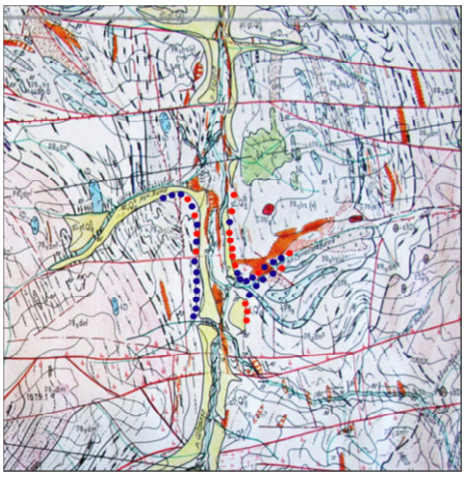


Рисунок 21. Схема опробования бортов долины р. Харал

В процессе обортовки *(рис. 21)* ***наиболее продуктивной части долины р. Харал с отбором проб через 200 м оконтурены 3 области сноса, перспективные на выявление объектов рудного золота.*** В контурах этих областей произведён отбор проб-протолочек из коренных пород для установления их золотоносности, изучены и опробованы многочисленные кварцевые жилы различной морфологии. Произведён отбор шлиховых проб из четвертичных россыпей для изучения типоморфных особенностей самородного золота и установления связи с коренными источниками.

Изучены и опробованы многочисленные жилы разной морфологии, выполненные различными разновидностями кварца. *Белый кварц*, слагающий линзовидные тела мощностью до 4 м *(фото 4 а)*, в большом количестве присутствует в гале-эфельных отвалах старательских отработок. По результатам опробования этого кварца установлено, что он не содержит золото. *Будинированный кварц (фото 4 б, в)* с кубическим пиритом, формирующиеся в условиях растяжения, обычен в сульфидизированных углеродистых сланцах. *Жильный кварц* птигматитового облика *(фото 4 г, д)* выявлен в гидротермально и метасоматически преобразованных породах зон смятия в виде маломощных жилообразных тел с кварц-халькопирит-галенитовой и кварц-пиритовой минерализацией. Птигматитовые жилы кварца в сланцах формировались в условиях сжатия при метаморфизме.

Проведён анализ типоморфных особенностей самородного золота бассейна р. Харал из реликтов отработанной крупной аллювиальной россыпи на шестикилометровом участке (между увалами Богатый и Степановский), формирование которой традиционно связывалось с размывом объектов золото-кварцевой, золото-кварцитовой, золото-сульфидно-кварцевой и золото-сульфидно-углеродистой формаций.

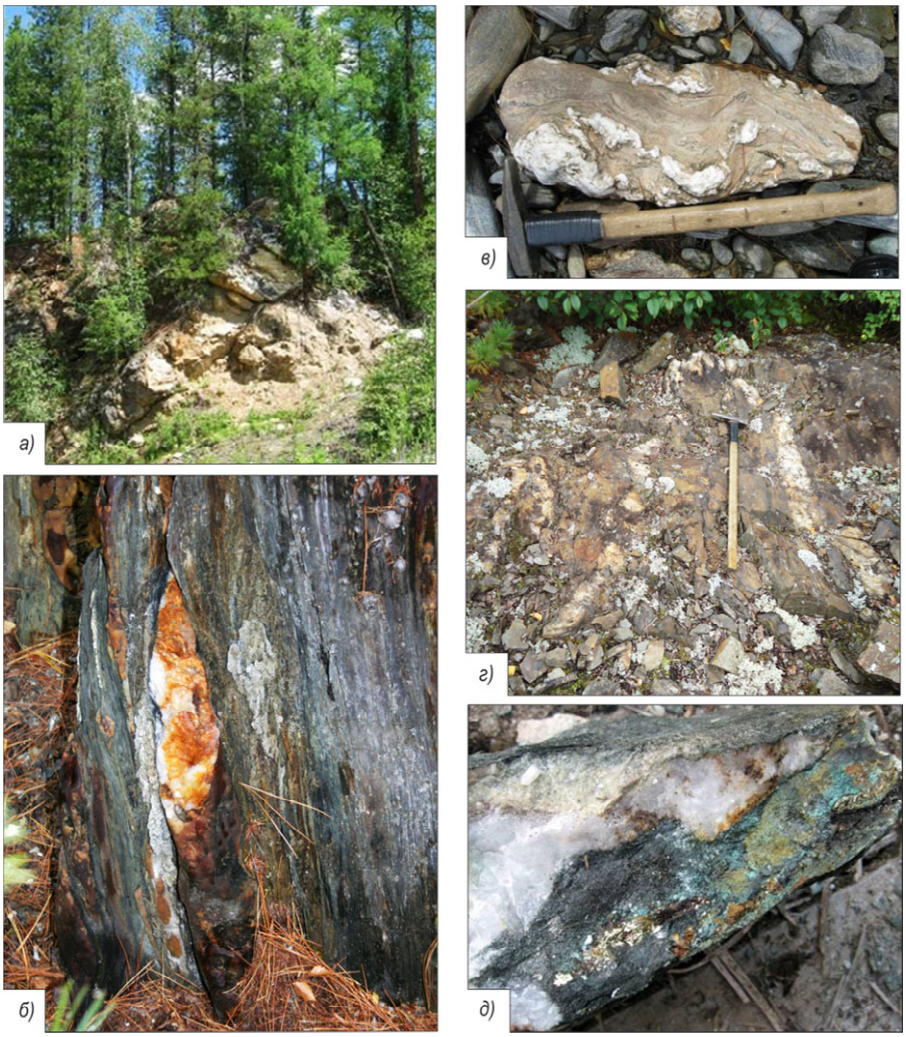


Фото 4. Разновидности кварца в долине Харал

а — безрудный белый кварц; *б, в* — будинированный кварц в сульфидизированных и углеродистых сланцах; *г* — жильный кварц птигматитового облика с халькопирит-галенитовой минерализацией.

На основании анализа минералого-геохимических особенностей установлено, что в питании россыпей Харальского района участвует золото различной пробности *(рис. 22)* и разных коренных источников: весьма низкой пробности (640–710 ‰), предположительно из кварцитов Мозгалевского типа — 15 %; низкой (720–760 ‰) — источник не установлен — 27 %; средней (770–830 ‰) — источник не установлен — 30 %; повышенной средней (840–880 ‰) — предположительно из кварцевых жил — 18 %; высокой (880–930 ‰) — предположительно из кварцевых жил — 9 %. Анализ гистограмм вариаций пробности показывает, что на исследуемом участке россыпи от увала Богатый до увала Степановский (сверху-вниз) количество коренных источников золота последовательно увеличивалось, в россыпь привносилось в основном более низкопробное золото (640–730 ‰) и, в меньшем количестве, более высокопробное (860–974 ‰). Если гистограммы ув. Богатого и ув. Главного достаточно компактны, с разбросом значений пробности в 90 ‰, включая крайние единичные значения и имея по одному максимуму (780–790 ‰), то на растянутой гистограмме ув. Ивановского наблюдается три пика (730–740, 780–800 и 840–850 ‰), не считая единичных крайних значений и разброс пробности — 250 ‰, а на ув. Степановском — 300 ‰ и максимумы 700–710, 770–780 и 860-870 ‰. Всё золото серебристое, причём средние содержания

Ag увеличиваются в направлении от хвоста к головке россыпи (в среднем от 18,09 % до 23,60 %), так же как и средняя пробность (от 766 ‰ на ув. Степановском — в хвосте россыпи до 799 ‰ на ув. Богатом — в головке россыпи), т. е. ниже по течению в составе Au россыпи появляется до 4 % примесей, за исключением Hg и Cu, количества которых по имеющимся анализам здесь равны нулю. Пробность Au в аллювиальной россыпи различается на разных участках по течению р. Харал, что позволяет судить о питающих её источниках.

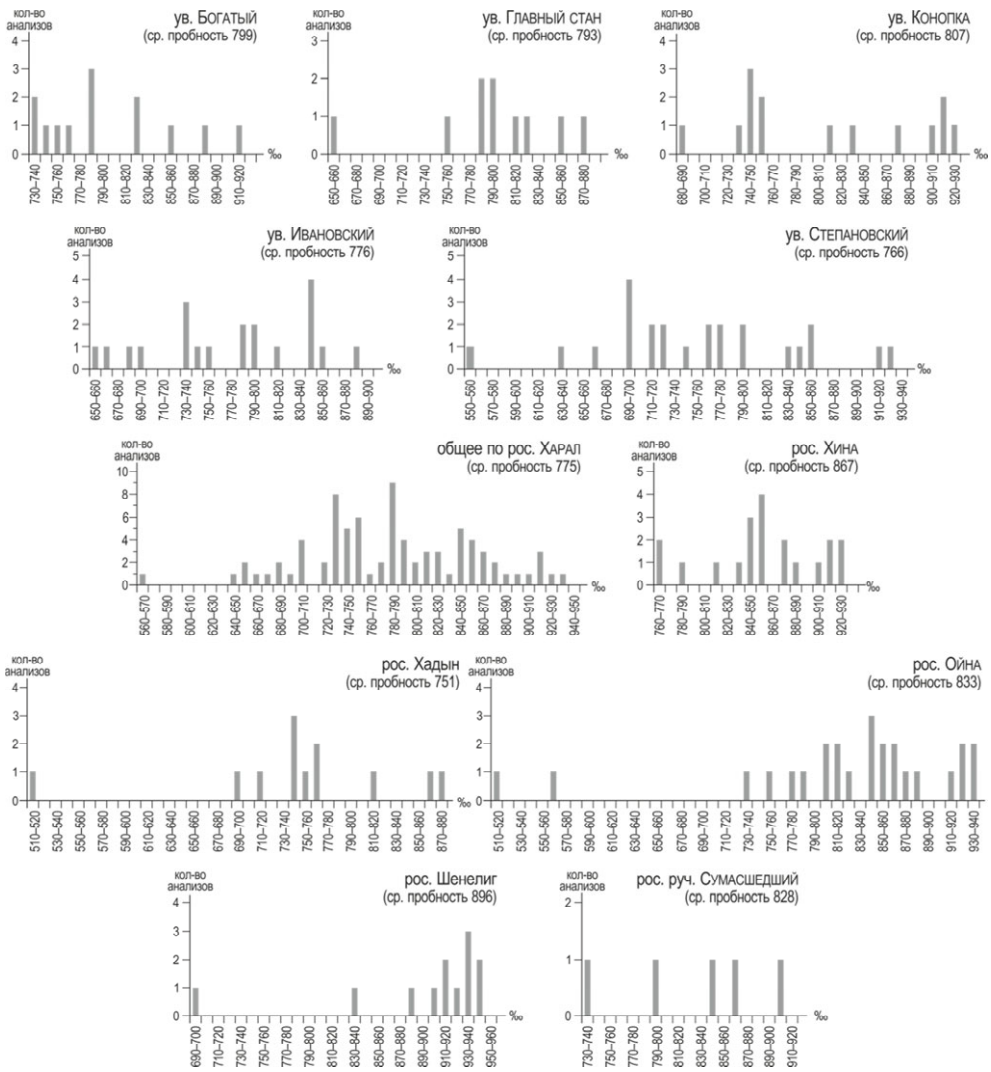


Рисунок 22. Гистограммы пробности самородного золота из россыпей Ойна-Харальского района

В питании верхней части россыпи (увалы Богатый и Главный стан) участвовало преимущественно среднепробное золото (780–830 и 850–880 ‰). В россыпи ув. Богатый большую долю составляет низкопробное золото (730–770 ‰ — до 38 %), поступающее предположительно из кварцитов, количество его резко уменьшается к россыпи ув. Главный стан. В россыпи ув. Конопка доля низкопробного (730–760 ‰) золота достигает 42 %, но появляется и заметное количество высокопробного (900–910 ‰) — до 21 %, поступающего предположительно из кварцевых жил. В нижней части россыпи (увалы Ивановский и Степановский) увеличивается — до 25 % доля низкопробного (640–700 ‰) золота, поступающего, вероятно, из кварцитов мозгалевского типа.

Под микроскопом золото из россыпей р. Харал отличается низкой отражательной способностью, что свидетельствует о большом количестве примесей, в основном серебра. Иногда золотины имеют тонкую (сплошную или фрагментарную) высокопробную оболочку, достигающую в раздувах 0,02–0,01 мм. Кайма частично истёрта с поверхности золотин, а в углублениях сохраняется полностью и представляет собой плотный, иногда пористый мелкозернистый агрегат золота.

Выделено 5 гранулометрических классов, включающих 4 морфологических типа золотин (по Н.В. Петровской), которые разделены по степени окатанности на 3 группы. Крупность золота в россыпи р. Харал варьирует от 6 до 0,1 мм, причём максимум кривой гранулометрического состава во всех случаях приходится на класс 1,0–0,5 мм. Большая часть как основного, так и других классов составляет золото хорошей и средней окатанности комковидно-угловатой и прожилково-трещинной форм. На протяжении 6 км россыпи роль средне- и хорошо окатанных золотин остаётся ведущей. Хорошо окатанные золотины имеют, как правило, средние и крупные размеры (от 1,0 до 5,0 мм), матовую ровную поверхность, изометричную объёмную и, реже, уплощённую вытянутую форму. Наравне с хорошо окатанным золотом, в навесках присутствуют и менее окатанные зёрна с ямчатой и бугорчатой поверхностью, иногда в срастании с кварцем. Микротекстура большинства золотин отражает влияние интенсивной механической обработки, оставившей следы на их поверхности в виде прямолинейной штриховки, гребневидных выступов, борозд волочения, вмятин и других микроформ, возникающих в ходе механического износа обломочных зёрен. В средних (очень редко — мелких) гранулометрических классах эти золотины в многочисленных углублениях хранят толстые красные корки окислов. Развитие таких кайм и плёнок свидетельствует о пребывании золота в зоне гипергенеза в окислительно-восстановительной среде и указывает либо на существование в районе р. Харал латеритизованных красноцветных отложений, либо на переотложение золота из захороненной россыпи.

В россыпях восточной части Ойна-Харальского района (бассейн р. Ойна) преобладает среднепробное золото (810–900 ‰) с большой долей высокопробного (920–950 ‰). В россыпи Шенелиг преобладает высокопробное (880–950 ‰) золото — до 83 %, источником питания которого являются, вероятно, кварцевые жилы.

Геолого-металлогенические исследования проведены на юго-западном фланге Хемчикско-Куртушибинской золотоносной рудно-россыпной зоны в пределах Усинско-Эйлигхемского и Харальского золотоносных районов Улугойско-Харальской зоны. Изучены рудопроявления рудного поля Мозгалевского месторождения — Андреевское, Поканаш и Эйлиг-Хем, а также золотоносные россыпи Урбун, Бол. Хайлык, Эйлиг-Хем, Ойна и Харал. Выполнены геолого-экологические исследования на территории Ак-Сугского рудного узла и Кызыл-Таштыгского рудного поля.

Хемчикско-Куртушибинская золотоносная рудно-россыпная зона широкой полосой общего северо-восточного направления прослеживается более чем на 500 км и охватывает зону Саяно-Тувинского (Хемчикско-Куртушибинского) глубинного разлома, отделяющего Западно-Саянский синклинорий от Хемчикско-Сыстыгхемского прогиба. Система разломов, составляющая зону глубинного разлома, на юго-западе ограничивает Сютхольский зеленосланцевый выступ «байкалид» и далее — заложившийся на его продолжении на северо-востоке Куртушибинский горст-антиклинорий. Сютхольский зеленосланцевый выступ сложен серицит-хлоритовыми кварцевыми сланцами и филлитами, прорванными гранитами сютхольского комплекса. Куртушибинский горст-антиклинорий сложен в основном венд-нижнекембрийскими вулканогенно-осадочными, реже средне-вехнекембрийскими осадочными, толщами, многочисленными интрузиями ультраосновных и основных пород, составляющими одноимённый офиолитовый пояс. В пределах золотоносной зоны золоторудные тела и связанные с ними россыпи распределены неравномерно, приурачиваясь к узлам сопряжения и пересечения разрывных нарушений различной ориентировки и к изгибам офиолитового пояса как тектонически ослабленным участкам. Они концентрируются в нескольких районах: Амыло-Сыстыгхемском, Туран-Ожу-Хутинском, Усинско-Эйлигхемском и Алдан-Маадырском. В морфоструктурном отношении первые 3 района расположены в пределах сводово-глыбового поднятия Куртушибинского хребта, Алдан-Маадырский район

расположен в пределах Алашского нагорья. Эндогенное золотое оруденение в пределах зоны представлено различными формационными типами: кварцево-жильным малосульфидным, золото-лиственитовым, золото-березитовым и золотоносными углисто-кремнистыми сланцами. Материалы, полученные разными авторами, свидетельствуют о многоэтапности золотого оруденения в пределах Саяно-Тувинского золотоносного пояса. С салаирским и герцинским этапами связано образование золото-кварцевых и золото-лиственитовых проявлений в Амыло-Сыстыгхемском районе. В девонскую металлогеническую эпоху сформировалось оруденение золото-кварцевой, золото-березитовой и золото-лиственитовой формаций в Алдан-Маадырском и Усинско-Эйлигхемском районах (Васильев и др., 1979; Рудные формации Тувы, 1981).

Усинско-Эйлигхемский золотоносный район расположен на юго-западном фланге Куртушибинского антиклинория на участке довольно резкого дугообразного изгиба осевой зоны антиклинория. Район сложен осадочно-вулканогенными отложениями венда – нижнего кембрия и терригенными породами верхнего кембрия и ордовика. Интрузии представлены мелкими телами венд-нижнекембрийских ультрабазитов и среднепалеозойских габброидов. Рудная минерализация представлена мелкими золото-кварцевыми жилами, золотоносными кварцитами и лиственитами, золото-сульфидными проявлениями. Наиболее богатые золотом объекты (Эйлигхемское, Андреевское, Таловское, Поканаш) представлены кварцевыми жилами и прожилковыми зонами, секущими интенсивно рассланцованные, пиритизированные полимиктовые песчаники, алевролиты и конгломераты аласугской свиты верхнего кембрия и прорывающие их габброиды торгалыкского комплекса. В россыпи р. Золотой отмечается постоянное присутствие платины, связанной, видимо, с разрушением слабо изученных проявлений золото-лиственитовой и хромит-платиноидной формаций. В районе известны значительно отработанные россыпные месторождения — Золотая, Урбун, Эйлиг-Хем, вмещающие до 10 % россыпного золота Тувы. Россыпи относятся к долинному и террасовому морфогенетическим типам.

В Усинско-Эйлигхемском золотоносном районе начато изучение золотоносных россыпей Урбун, Золотая, Бол. Хайлык. Продолжено изучение россыпей Эйлиг-Хем. На примере месторождений золото-кварцевого типа Поканаш и Эйлиг-Хем и россыпи Эйлиг-Хем изучена связь между коренными и россыпными месторождениями золота. Произведён отбор шлиховых проб для изучения типоморфных особенностей самородного золота из четвертичных россыпей для установления их связи с коренными источниками. Произведён отбор проб-протолочек из руд рудопроявлений Поканаш и Эйлиг-Хем для исследования типоморфных особенностей рудного золота. Проведены геолого-геоморфологические и структурно-геоморфологические исследования развития морфоструктур. Проведены детальные стратиграфические исследования и корреляции четвертичных отложений типовых золоторосыпных месторождений (Урбун, Бол. Хайлык).

Улугойско-Харальская золотоносная рудно-россыпная зона включает Харальский выступ байкалид и заложившийся на западном продолжении ограничивающих его глубинных разломов крупный Улугойский приразломный прогиб салаирид. В морфоструктурном отношении она охватывает крупный орографический элемент современного рельефа хр. Акад. Обручева, относящийся к группе морфоструктур второго порядка. В пределах зоны выделяются: Кызык-Чадрский, Улугойский и Ойна-Харальский золотоносные районы.

Ойна-Харальский золотоносный район в структурном отношении охватывает Харальский выступ байкалид, сложенный позднепротерозойскими терригенными и вулканогенно-осадочными отложениями харальской и охемской свит, площадь распространения которых позволяет весьма чётко провести границы района. Все известные золоторудные проявления и золоторосыпные месторождения района приурочены к линейно вытянутой в субширотном направлении «Центральной морфоструктуре» шириной до 10 км, представленной серией параллельных тектонических швов и зон трещиноватости, нередко вмещающих тела пиритизированных пород, которые в ряде случаев отнесены к золото-сульфидной формации. Золотое оруденение тяготеет к площадям распространения вулканогенно-осадочных образований харальской свиты, вмещающей многочисленные тела жерловой, субвулканической и гипабиссальной фации харальского вулканического комплекса. Оно локализовано в кварцевых жилах, сульфидизированных метасоматических кварцитах и кварц-полевошпатовых метасоматитах, в толще

графитистых сланцев и относится к золото-кварцевой, золото-кварцитовой, золото-сульфидно-кварцевой и золото-сульфидно-углеродистой формациям. Крупных золоторудных объектов в районе не установлено. Наиболее высокими содержаниями золота характеризуются метасоматические кварциты (до 10 г/т в рудопроявлении Мозгалевском), наиболее низкими — многочисленные кварцевые жилы, пиритизированные породы (зоны сульфидизации) и графитистые сланцы. В районе известны крупные россыпные месторождения золота рек О-Хем, Ойна, Демиржи, Харал и их притоков, вмещающие до 10,7 % россыпного золота Тувы. Россыпи в основном отработаны, относятся к долинным, террасовым и техногенным типам россыпей. Восточный фланг района перекрыт сложным комплексом ледниковых отложений средне-позднеплейстоценовых оледенений и не изучен. В структурах современного рельефа золотоносные россыпи района находятся в переходной зоне от высокогорных хребтов Шорлыковские Белки и Ондут-Тайга, входящих в систему хр. Акад. Обручева, к Тоджинской котловине.

В *Ойна-Харальском золотоносном районе* проведены исследования россыпей Ойна и Харал. Предполагается, что источником россыпей являются: во-первых — многочисленные рассеянные по площади маломощные кварцевые жилы и прожилки; во-вторых — сульфидные, преимущественно, пиритные золотоносные сгустки и вкрапления во вмещающих породах; в-третьих — золотоносные кварциты. С целью установления потенциальных коренных источников в бассейне р. Харал изучены и опробованы потенциально золотоносные отложения, произведён отбор проб-протолочек. Произведён отбор шлиховых проб для изучения типоморфных особенностей самородного золота из четвертичных россыпей для установления их связи с коренными источниками.

4. ПРОБЛЕМЫ НОВЕЙШЕЙ ГЕОДИНАМИКИ И ГЕОТЕРМИКИ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ТУВЫ И МОНГОЛИИ

Территория Тувы, занимая ~ 11 % площади Алтае-Саянской складчатой области, является наиболее сейсмически активной в её пределах. На Туву приходится ~ 26 % от общего количества зарегистрированных сильных землетрясений *(рис. 23)*. С 1894 по 1962 г. здесь произошло 16 землетрясений с магнитудой 6–8, а с 1963 г. по 2009 г. сейсмологической сетью региона зафиксировано 28 событий с аналогично высокой интенсивностью в эпицентре. Главной особенностью сейсмических событий в Туве является многочисленность землетрясений энергетического класса $K > 10$ и линейно-узловое размещение их эпицентров *(рис. 24; см. также рис. 23)*.

В целом за «инструментальный» период изучения сейсмической активности в Туве было зарегистрировано 127 сильных землетрясений энергетического класса $K > 11$. В последние годы сейсмическая активность в горных районах возрастает как по частоте землетрясений, так и по энергетическому классу. Новые данные об эволюции вулканизма Восточно-Тувинского лавового нагорья, входящего в состав кайнозойской Южно-Байкальской вулканической области, позволяют оценить регион как сейсмически и геотермально активный, вулканически опасный, с высокой вероятностью катастрофических землетрясений и новых излияний лав (Лебедев и др., 2001; Сугоракова и др., 2003; Дучков и др.,1989, 2010; Еманов и др., 2008).

В зоне возможных землетрясений интенсивностью до 7-ми баллов по шкале Рихтера расположены: Каа-Хемский, Кызылский, Тандинский, Тес-Хемский, Тоджинский, Чеди-Хольский административные районы (кожууны) Тувы и г. Кызыл общей площадью 87,3 тыс. км^2 с численностью > 170 тыс. чел. Землетрясения интенсивностью до 8 баллов возможны в Бай-Тайгинском, Барун-Хемчикском, Дзун-Хемчикском, Кызылском, Овюрском, Пий-Хемском, Сут-Хольском, Тес-Хемском, Улуг-Хемском, Чаа-Хольском, Чеди-Хольском и Эрзинском кожуунах на общей площади 66,1 тыс. км^2 с численностью населения более 150 тыс. чел. Землетрясения интенсивностью до 10 баллов высоко вероятны в Монгун-Тайгинском, Овюрском, Каахемском и Терехольском кожуунах на площади 17,1 тыс. км^2 с численностью населения > 37 тыс. чел.

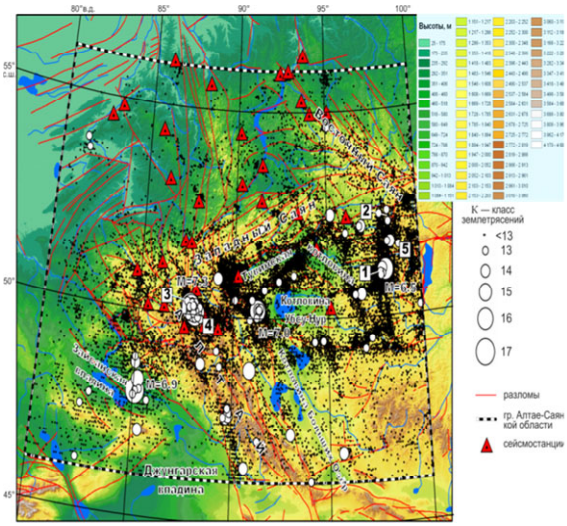


Рисунок 23. Карта наиболее крупных землетрясений Алтае-Саянской области в период 1963–2003 гг.
(по А.Ф. Еманову и др., 2008)

Цифры на карте в рамочках: 1 — Бусийнгольская впадина; 2 — впадина Белинского; 3 — Курайская впадина; 4 — Чуйская впадина, 5 — Дархатский грабен.

Периодичность землетрясений интенсивностью 8 баллов и более на территории Тувы проявилась *(рис. 25)* и прогнозируется на среднесрочную перспективу с интервалом с 2-х до 30-ти лет. Эпицентры крупных сейсмических событий в последние годы зарегистрированы в районе с. Торгалыг (1972 г.), оз. Урэг-Нур (2003 г.), в бассейне р. Бусийн-Гол (2009 г.), в бассейне р. Дерзиг (2011–2012) и др. *(рис. 26)*, что подтверждает прогноз о высокой вероятности возникновения значительного землетрясения в ближайшие годы. Именно поэтому необходима интенсификация геодинамических и изотопно-геохимических исследований сейсмоопасных зон Тувы, а также осуществление в полном объёме инженерно-сейсмологического мониторинга состояния зданий и сооружений населённых пунктов республики с помощью специализированных методов и аппаратурного обеспечения.

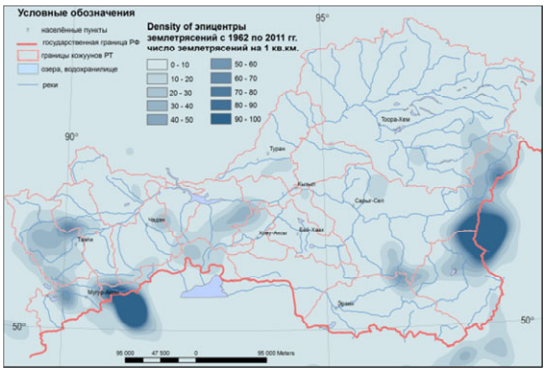


Рисунок 24. Распределение землетрясений на территории Тувы

Конечная цель мониторинга — прогноз вероятных естественных и наведённых катастрофических событий, включая землетрясения, оползни, горные удары и т. п., а также предупреждение возможных негативных последствий чрезвычайных ситуаций, вызванных антропогенными нагрузками на природную среду.

Геотермические исследования на территории Тувы выполнялись в 1970–1990 гг. сотрудниками Института геологии и геофизики СО АН СССР (ИГГ СО АН СССР, Новосибирск) и Тувинского комплексного отдела СО АН СССР (ТувКО СО АН СССР, Кызыл). Производились измерения геотермического градиента в скважинах, расположенных преимущественно в Центральной Туве. В Восточной Туве скважины, пригодные для производства замеров теплового потока, отсутствуют.

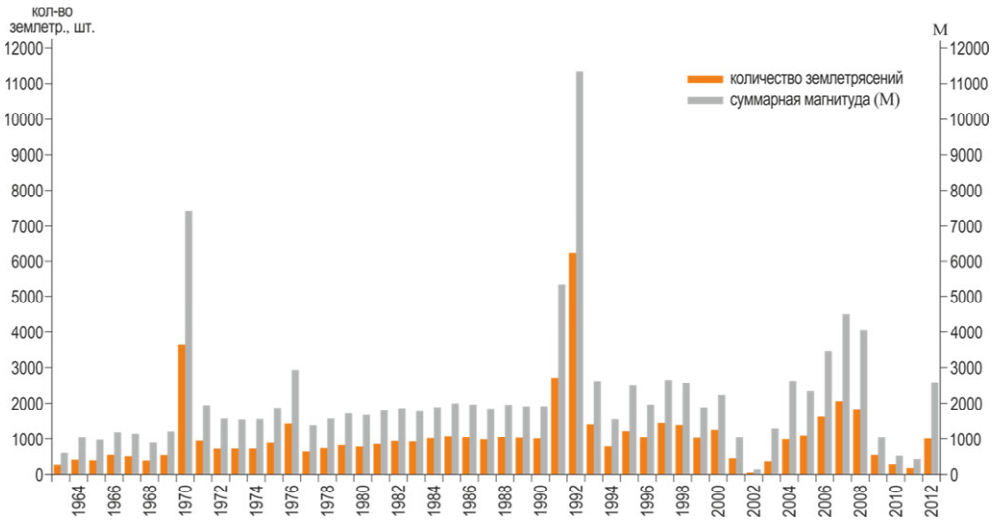


Рисунок 25. Динамика количества землетрясений и их магнитуды (M)

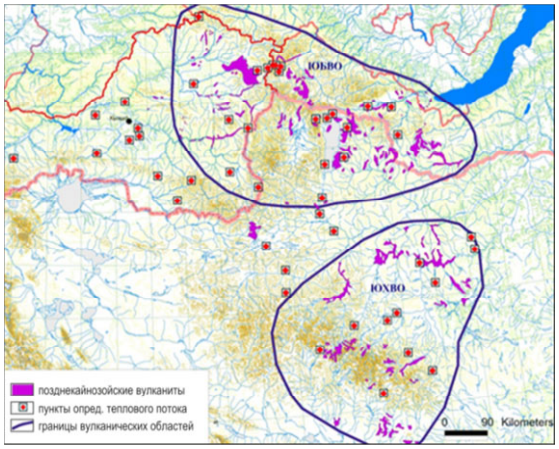


Рисунок 26. Пункты определения теплового потока Южно-Байкальской (ЮБВО) и Южно-Хангайской (ЮХВО) вулканических областей

Поскольку параметрическая оценка сейсмической и тектономагматической активности невозможна без инструментального изучения теплового поля и оценки геодинамического состояния этого сегмента литосферы, поэтому с 2003 г. для оценки теплового потока применяются современные методы газовой геохимии (Лебедев и др., 2001) с анализом проб из многочисленных очагов термоминеральной разгрузки. Исследовано 5 очагов современной термоминеральной разгрузки, приуроченных к активным разломам в борту Билин-Бусийнгольского рифтогенного грабена и его горном обрамлении. Пробы отобраны из многочисленных горячих источников в центральной части рифта (в районе сезонного курорта Уш-Бельдир), из термальных источников Эми-Бусийнгольской зоны (Тарыс), из источников Салдам, приуроченных к зоне сопряжения Агардагского и Бусийнгольского разломов, из источников Маймалыш в срединной части хр. Акад. Обручева, из сероводородного источника Нарын в западной части Сангиленского горного массива *(см. рис. 26)*.

Опробованы 4 источника (Уш-Бельдир, Тарыс, Салдам и Маймалыш), расположенные в Прихубсугульской области азотных терм, и один (Нарын) — в Центрально-Тувинской области минеральных вод сероводородного состава. Газовые и водные пробы отобраны в соответствии с рекомендованной для изотопно-гелиевых исследований методикой, отбор сопровождался измерением температуры и определением содержания SiO_2. Анализы элементного и изотопного состава He и других благородных газов производились в лаборатории Геохронологии и геохимии изотопов ГИ КНЦ РАН (Апатиты). Содержание двуокиси кремния определялось в ТувИКОПР СО РАН. По полученным результатам рассчитывалось среднее содержание отношений изотопов He в целом по очагу. В результате установлено, что в центральной части грабена изо-

топно-гелиевые отношения близки между собой и составляют 51,5–55,6. В Тарысских источниках, расположенных к югу от Уш-Бельдирских, эти значения варьируют в более широком диапазоне (31,2–69,0). На юго-западном ответвлении Бусийнгольского разлома (источники Салдам) в 2-х водных пробах изотопно-гелиевые отношения равны 36,8 и 50,2. Доля мантийного гелия, как и отношение его изотопов по простиранию грабена в южном направлении уменьшается незначительно.

Сравнение значений изотопно-гелиевых отношений в пробах из Бусийнгольской впадины с другими межгорными котловинам Южной Сибири (Дучков и др., 2010) свидетельствует: о сходстве изотопно-геохимических и геотермальных характеристик с данным по Баргузинской, некотором превышении значений Байкальской впадины, существенном превышении данных по Чарской и Цино-Баунтовской, но оказались значительно (на порядок) более низкими чем в Тункинской и несколько ниже чем в Хубсугульской котловинах. К западу от Бусийнгольского рифта изотопно-гелиевые отношения не снижаются, как это наблюдается в Байкальской рифтовой зоне, а практически равны значениям из источников в контурах впадины, либо возрастают на порядок, что свидетельствует о том, что юго-западный фланг Байкальской рифтовой зоны не ограничивается Бусийнгольским грабеном. Газовым пробам Тарыса с повышенным содержанием общего He соответствуют пониженные изотопно-гелиевые отношения. Соотношения общего He с изотопно-гелиевым отношением в других объектах нечёткие. Доля мантийного He, варьирующая от 3,9 до 4,8 % в источниках Бусийнгольской впадины, а в Маймалышском источнике достигает 11,2 %, что свидетельствует о неравномерном поступлении его вод по структурам геотермальной системы. Высокое содержание мантийного He во флюидах Маймалышского источника указывает на повышенный тепловой поток в широтной структуре, контролирующей размещение голоценовых трещинных вулканических извержений, сформировавших Каа-Хемскую долинную лавовую реку.

Таким образом, установлено, что изотопно-гелиевые отношения в Билин-Бусийнгольской рифтогенной структуре и Байкальской рифтовой зоне характеризуются близкими значениями и превышают фоновое для континентальной коры, формировавшейся в палеозое. Несмотря на значительное распространение вулканических продуктов кайнозойского возраста на территории Восточной Тувы *(рис. 27)* и относительно низкие (3,9–4,8 %) концентрации мантийного гелия в термальных источниках, они могут служить косвенным доказательством начальной стадии раскрытия рифта.

Высокие изотопно-гелиевые отношения в пробах Маймалышского термального очага, наряду с широким распространением продуктов голоценового вулканизма, говорят о том, что тектоническая и геотермальная активизация юго-западного фланга Байкальской рифтовой зоны не ограничивается трансформной структурой Бусийнгольского рифтогенного грабена. Сейсмологический мониторинг, сейсмогеологические, геофизические и

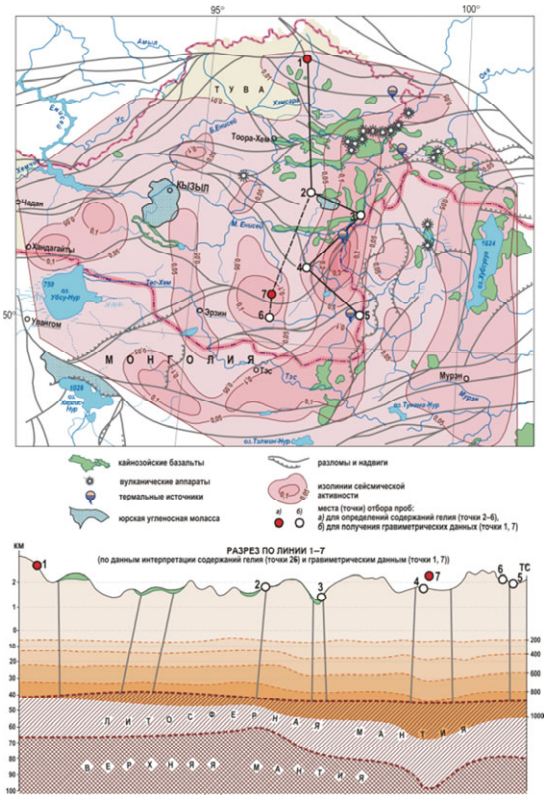


Рисунок 27. Схема сейсмоактивности и геотермального режима литосферы

изотопно-геохимические исследования должны обеспечить объективную характеристику современных внутриплитных геодинамических процессов. Вместе с тем, сейсмологический мониторинг потребует создания сети цифровых сейсмостанций и пунктов режимных вибросейсмических наблюдений. Эта же сеть может быть использована для проведения геофизических исследований, включая геодезические, тектономагнитные, эманационные, электроразведочные, гравиметрические, наклономерно-деформографические методы.

Изотопно-геохимические исследования нужны для определения параметрических характеристик теплового и флюидного потоков в геотермальных полях (Уш-Бельдир, Чойган-Хем, Тайрисин-Гол), приуроченных к системам новейших разломов в сейсмоопасных зонах. На демонстрируемой схеме новейших разломов, кайнозойского вулканизма и сейсмологической ситуации *(см. рис. 27)* в изолиниях интенсивности показаны аномальные поля вероятного размещения прогнозируемых землетрясений и вулканических извержений, а также геотермальная характеристика разреза литосферы.

Принятая в 1960-х гг. концепция сейсмогеологических исследований ориентировалась на выявление предвестников землетрясений. На Южно-Байкальском геодинамическом полигоне, в Таджикистане и Киргизии проводился многолетний (~ 30 лет) геофизический мониторинг. Анализ этих исследований позволил создать новую стратегию прогноза землетрясений — концепцию сейсмогеологического мониторинга, заключающуюся в изучении и отслеживании напряжённого состояния и деформационного процесса как в целом для всей сейсмоактивной области, так и в конкретных выявленных очаговых зонах. В связи с этим, мониторинговые наблюдения в перспективе будут осуществляться на двух уровнях, отличающихся по детальности. Работы должны проводиться синхронно, что позволит выполнить комплексный анализ с целью интерпретации результатов полученных специализированными методами исследовании. Первый уровень — это региональный мониторинг территории Тувы, второй — локальный, в зонах сейсмической активности Вост. и Зап. Тувы.

Первый уровень предполагает создание сети цифровых сейсмостанций и проведение региональных маршрутов методами магнитотеллурического и глубинного сейсмозондирования. Создание сети цифровых сейсмостанций включает: переоснащение существующих сейсмостанций современной цифровой регистрирующей аппаратурой, обучение операторов; открытие новых станций Шагонар, Туран, Уш-Бельдир, Кунгуртуг, Хову-Аксы, Саглы; обеспечение станций средствами телефонной и спутниковой связи, средствами коммутации и сжатия информации.

Региональные геофизические маршруты и наблюдения на сейсмостанциях позволят изучить глубинное строение территории Тувы и создать сейсмическую и геоэлектрическую модели верхов мантии. На основе этих моделей будет построена трёхмерная блоковая модель территории Тувы.

Второй уровень — детальные, преимущественно площадные измерения в зонах сейсмической активности по расширенному комплексу методов (сейсмика, вибросейсмика, магнитометрия, гравиметрия, естественное электрическое поле и активные электрические измерения, гидрогеология, геодезия, наклонометрия, измерения теплового потока). В первую очередь формируется прогностический полигон, где осуществляются тектоно-магнитные наблюдения для контроля за изменением напряжённого состояния в земной коре на больших по площади участках, выявление узлов концентрации повышенных напряжений в сейсмогенных разломных зонах. Полигон включает всю территорию Тувы и сопредельные регионы Западной Монголии. Акцентируется внимание на изучении процессов в конкретных системах сейсмоактивных разломов земной коры: в узле сопряжения Агардагско-Окинского и Билин-Бусийнгольского разломов; в зонах Шишхидского, Билин-Бусийнгольского, Цаганшибэтинского, Южно-Таннуольского и других разломов. Деформационные наблюдения в комплексе с наблюдениями за изменением напряжённого состояния земной коры наряду с тектономагнитным мониторингом позволят определить характер развития геодинамического процесса и подготовки сейсмического события (землетрясения) в контурах полигона.

Для характеристики пространственной динамики сейсмического процесса изучено поведение координат эпицентров землетрясений с течением времени, согласно каталогу сейсмических событий, определены тенденции перемещения эпицентров с учётом их мощности (магнитуды) и направления смещения их центров тяжести. Перемещение центра масс за определённый период позволяет судить о динамике исследуемой

системы. Так, результаты анализа пространственной динамики сейсмических событий на территории Тувы *(рис. 28)* показывают, что их «центр тяжести» в последнее десятилетие сместился на север относительно центров предшествующих лет.

В связи с вышеизложенным, необходимо формирование сети пунктов стационарного непрерывного магнитного наблюдения с последующей модернизацией и установкой вариационных магнитометров в наиболее сейсмоопасных зонах Тувы (Уш-Бельдир, Кунгуртуг – Тайрисин-Гол, Мугур-Аксы – Кызыл-Хая).

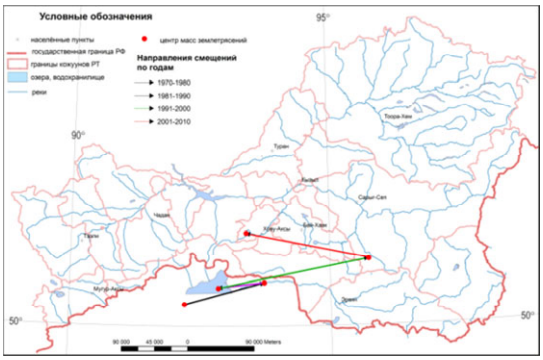


Рисунок 28. Динамика центров масс землетрясений по десятилетиям

С 2009 г. в ТувИКОПР СО РАН для изучения динамики неотектонических процессов с целью оценки сейсмической обстановки в регионе функционирует Центр мониторинга эндогенных источников чрезвычайных ситуаций (ЦМЭИ ЧС) *(рис. 29)*. В Центре созданы необходимые условия для фиксирования в режиме «online» и оперативной обработки сейсмических данных, передаваемых автономными сейсмостанциями ТувИКОПР СО РАН «Кызыл», «Чадан», «Туран», «Эржей», «Самагалтай». Сейсмостанции «Туран» и «Самагалтай» работают с техническими перебоями в сети передачи данных в обрабатывающий центр. В ЦМЭИ ЧС оборудованы рабочие места операторов-сейсмологов, установлен настенный экран коллективного пользования — ЖК панель диагональю 40 дм, в изолированном помещении — сервер подключения портов к коммутатору локальной вычислительной сети (ЛВС). Кабельная оптиковолоконная сеть рассчитана на суммарную потребляемую мощность оборудования в 10 кВт.

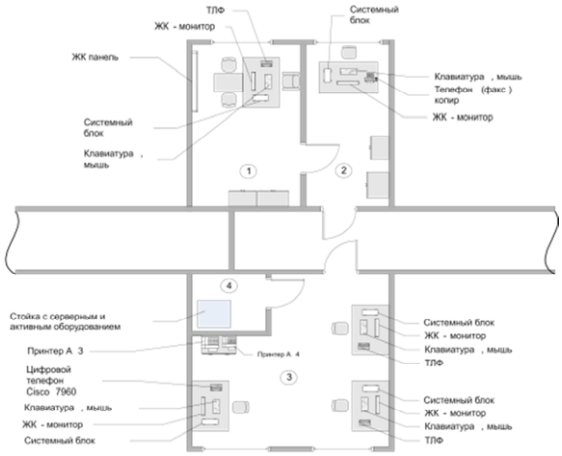


Рисунок 29. Расположение оборудования в обрабатывающем комплексе ЦМЭИ ЧС ТувИКОПР СО РАН

1 — кабинет начальника ЦМЭИ ЧС; 2 — приёмная; 3 — рабочее помещение; 4 — серверная.

Кроме сейсмостанции ТувИКОПР СО РАН, в Туве действуют в автономном режиме 3 станции Геофизической службы СО РАН и 2 — КНИИГиМС (Красноярский научно-исследовательский институт геологии и минерального сырья, Красноярск). Все стационарные сейсмостанции Института оснащены цифровыми регистраторами УГРА-2, промышленными компьютерами — для накопления и обработки информации, терминалами спутниковой связи.

Центр мониторинга — это специализированный программно-технический комплекс, осуществляющий сбор, хранение и обработку сейсмической информации, полученной от сети сейсмостанций. ЦМЭИ ЧС выполняет несколько функций: контроль сейсмической обстановки на территории Тувы и в прилегающих регионах; оповещение и обмен сейсмической информацией с заинтересованными ведомствами. Функционально ЦМЭИ ЧС состоит из нескольких частей: связь (или коммуникационный блок); хранение данных (серверный блок); блок обработки и интерпретации сейсмических данных. Коммуникационный блок отвечает за оперативный сбор сейсмических данных со

станций, серверный блок — за полноценность и доступность сейсмических данных за длительный период, необходимых как в оперативном режиме, так и в режиме подготовки каталога. Эффективность работы ЦМЭИ ЧС определяется качеством получаемого результата — представительностью каталога сейсмических событий и оперативностью создания срочных донесений.

Созданная конфигурация ЦМЭИ ЧС ТувИКОПР СО РАН позволяет:

- оперативно получать сейсмические данные с 4-х сейсмостанций;
- синхронно отображать сейсмические данные всех сейсмостанций в режиме реального времени;
- хранить сейсмические данные на сервере длительностью в несколько месяцев;
- обновлять сейсмологическую базу данных в режиме близком к режиму реального времени;
- обеспечивать доступ к сейсмологической базе по интернет-каналам для передачи её заинтересованным ведомствам;
- проводить предварительную оценку сейсмограмм для оперативного выявления сейсмических событий;
- обрабатывать сейсмические события с помощью программного комплекса WSG с выделением всех необходимых характеристик;
- вести каталог сейсмических событий;
- проводить интерпретацию и анализ сейсмологических данных с помощью различного специализированного оборудования;
- оповещать заинтересованные органы о зарегистрированных событиях несколькими доступными способами (Интернет, e-mail, IP-телефон, городской телефон и факс);
- осуществлять различную интерпретацию сейсмической и иной информации;
- при отключении электропитания вести работу центра в течение 1,5 ч;
- при отключении электропитания на более длительный срок работа центра осуществляется через ноутбук;
- осуществлять контроль работы сейсмостанций и всех программных приложений с помощью удалённого доступа;
- проводить восстановление утраченных операций или данных (возможно также удалённым доступом по запасному каналу связи);
- проводить иные мероприятия и работы по исследованию и анализу сейсмического режима подконтрольной территории.

Главными проблемами дальнейшего функционирования ЦМЭИ ЧС в ТувИКОПР СО РАН являются:

- неопределённость источников и объёмов финансирования;
- недостаточность обеспечения кадрами необходимой квалификации;
- отсутствие вакансий для приёма на работу сейсмологов;
- нестабильность научно-методического сопровождения и координации сейсмологических исследований в Туве Геофизической службой СО РАН.

Первоочередными задачами остаются:

1) принятие Закона о сейсмической безопасности РТ;
2) составление Карты сейсмического районирования территории на основе геофизических работ по глубинному зондированию земной коры со среднесрочным прогнозом возможных землетрясений;
3) формирование Тувинского геодинамического полигона с целью интенсификации сейсмологического мониторинга в Алтае-Саянской складчато-глыбовой области;
4) микросейсмическое районирование территорий городов Кызыл, Шагонар, Ак-Довурак;
5) инженерно-сейсмологическое обследование зданий и сооружений промышленно-гражданских агломераций с целью их паспортизации и оценки сейсмического риска при возможных землетрясениях.

Впервые исследована литиеносность озёрных вод и донных отложений озёр Шара-Нур, Дус-Холь и Бай-Холь, солончаков Кок-Холь на территории Убсу-Нурской котловины. Вероятность накопления промышленных концентраций Li в бессточных минерализованных

озёрах и солончаках Тувы достаточно высока, поскольку металлогения Тувино-Монгольского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса (ТМС ЦАСП) характеризуется преимущественно редкометалльно-редкоземельной специализацией. Это обусловлено проявлением внутриплитного плюмового магматизма в виде среднепалеозойских щёлочноультраосновных и позднепалеозойских щёлочногранитоидных массивов, а также покровов кайнозойских щелочных базальтов в Восточной Туве, среднепалеозойских литий-фтористых гранитов в Западной Туве, мезозойских дайковых поясов субщелочных базальтоидов и карбонатитовых массивов в Центральной (Сугоракова, Ойдуп, 2010). В этой связи изучение микроэлементного состава солёных озёр и солончаков на территории Тувы и их продуктивности на полезные компоненты представляет особый интерес. Предварительные результаты определения содержаний Li в воде озёр Шара-Нур и Бай-Холь, в донных отложениях (глины, илы, пески, соли) оз. Дус-Холь, а также в суглинках заболоченного берега оз. Шара-Нур показало, что концентрации Li в воде варьирует от 0,36 до 0,66 мг/л, а на Дус-Холе достигает 2,9 мг/л. Содержание Li в пробах соли: из оз. Шара-Нур — 4,0–6,25 г/т, из оз. Дус-Холь — до 10 г/т. Содержание Li в донных отложениях: оз. Бай-Холь — 6,51–8,28 г/т; на заболоченном участке оз. Шара-Нур — 28–46 г/т, а в самом озере — 15,17 г/т; на Дус-Холе — 24,10 г/т; на солончаке Кок-Холь от его периферии к центру содержание Li возрастает с 13,75 до 32,14 г/т.

По данным изотопно-геохимических исследований рассчитана величина «гелиевого» теплового потока (g_R), которая на источниках Шивилиг и Сватиково оказалась высокой и аномально высокой (60 и 69 мВт/м^2), не совпадающей со средними значениями теплового потока (g_T = 42 мВт/м^2) по измерениям в скважинах, полученными ранее (Рычкова, 2009). В то же время, значение g_T оказалось ниже фонового для структур каледонского и герцинского возраста, а значение g_R более соответствует фоновому. Понижение значений теплового потока g_T в межгорных депрессиях обычно связывают (Б.Г. Поляк, 1988) с вертикальными тектоническими движениями. Для территории Тувы характерно общее поднятие, которое, возможно, является причиной понижения величины g_T. Исследования подтвердили результаты анализов изотопно-гелиевых отношений в пунктах исследований 2008 г., а следовательно — и высокое значение g_R. Таким образом, для этих пунктов не характерна сопряжённость теплового потока и изотопов He, а g_R, возможно, отражает истинное значение в них теплового потока.

Проведено опробование минеральных источников Северо-Восточной Тувы (газирующая скважина на месторождении Ак-Суг, Арысканский и Соругские источники, неизвестный ранее минеральный источник по р. Шишхид-Гол, источник Уш-Бельдир). Современные изотопно-геохимические методы позволяют: определить многокомпонентный химический анализ воды; исследовать изотопный состав водорода и кислорода; уточнить ореолы глубинного магматизма по данным об изотопном составе He; определить и уточнить температурные условия формирования минеральных источников; выявить связь теплового потока и отношений $^3He/^4He$ данных.

5. ГЕОЛОГО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КОРОЛЕВСТВЕ МАРОККО

В рамках Межгосударственного контракта ОАО «ВОЗГЕО РФ» с фирмой «OMNA» компании «Tifnoute Tiranimine» (Maroc) обобщены материалы геолого-металлогенических исследований в Анти-Атласком рудном поясе Центрального Марокко, выявлены особенности геологического строения рудного поля ртутно-серебряного месторождения Имитер,

ОПРЕДЕЛЕНЫ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА ПРОМЫШЛЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЕГО КОНТУРАХ. В результате обобщения материалов ранее проведённых исследований (Leblanc et Lancelot, 1980; Эль-Бухари, 1991; Шаабан, 1991; Saquaque и др., 1989; Роговица и Вильнев, 1994; Леблан и Мусин-Пушкин, 1994; Ennih и Liégeois, 2001; Лебедев, 1998, 2003; и др.), изучения региональных особенностей геологического строения и условий образования неопротерозойских и фанерозойских геологических формаций Анти-Атласа выделены 6 последовательно проявившихся геодинамических фаз:

- *фаза океанизации* — в пользу её выделения говорит присутствие пород офиолитовой ассоциации в рудном поясе Bou Azzer – El Graara (Leblanc, 1972, 1975) и Siroua (Leblanc, 1975; Шабан, 1991), возраст которых оценивается в 788 ± 8 млн л. по датированию контактного метаморфизма, связанного с ассоциирующими с серпентинизированными гипербазитами, габброидами (Clauer, 1976; Leblanc et Lancelot, 1980);
- *фаза субдукции* — её выделение обосновывается проявлением известково-щелочного магматизма (Saquaque и др., 1989 a, b);
- *фаза обдукции* — подтверждается проявлением метаморфизма зеленокаменной фации (примерно 685 ± 15 млн л. н.) и синхронных складчатых деформаций стадии B1 (Lancelot, 1977; Leblanc, 1975);
- *фаза столкновения* — обоснована наличием гранодиоритов с абсолютным возрастом 615 ± 12 млн л. и проявлением синхронных складчатых деформаций стадии B2 (Leblanc et Lancelot, 1980);
- *фаза коллизии-активизации* — выделена на основании проявления характерного этапа гранитоидного магматизма пёстрого состава, запечатывающего неопротерозойские складчатые структуры в возрастном интервале (563 ± 10)–(553 ± 15) – (550 ± 3)–(547 ± 8)–(530 ± 3) млн л. н. (Mifdal и Peucat, 1985; Levresse, 2001; Barroudi, 2002; Turudi, 2004);
- *фаза рифтинга* — фиксируется в рудном поле месторождения Бу-Аззер проявлениями арсенидного кобальт-серебряного с теллуридами золота на участке Тамдрост (356–392 млн л.) и ртутно-серебряного (212–218 млн л. н.) оруденения (Essaraj et al., 2005; Oberthur et al., 2009), а также мезозойского вулканизма возрастом 210 и 201 млн л. (Leblanc, 1973).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ЭТАЛОННЫХ ОБЪЕКТОВ АРСЕНИДНОЙ NI-CO ФОРМАЦИИ (Лебедев, 1998; Lebedev, 2003) **В РУДНОМ ПОЯСЕ BOU OFFRO – EL GRAARA (CO-NI-CU-AU-AG-U-AS), А ТАКЖЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ** (Новиков и др., 2008; Лебедев, Лебедева, 2009, 2010) **В БУТОНЬЕРАХ TAGRAGRA D'AKKA (IRORUINE — AU-AS), JBEL SAGHRO (IMITER — AG-HG-SB) И ONGNATE (BOU MAADINE — AU-AG-CU-AS), СЛОЖЕННЫХ ДОКЕМБРИЙСКИМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ, ПОЗВОЛИЛИ СДЕЛАТЬ ВЫВОД О БОЛЬШОМ СХОДСТВЕ И ВЕДУЩЕЙ РОЛИ ТЕКТОНИЧЕСКОГО ФАКТОРА И ФЛЮИДНОГО РЕЖИМА ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ФОРМИРОВАНИИ УНИКАЛЬНЫХ ПО ВЕЩЕСТВЕННОМУ СОСТАВУ И КРУПНЫХ ПО ЗАПАСАМ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.** Размещение многостадийной Hg-Ag минерализации в Имитерском рудном поле контролируется одноимённой долгоживущей системой разрывных нарушений, прослеживающейся в восток-северо-восточном направлении более чем на 10 км и отчётливо фиксирующейся при дешифрировании космических снимков *(фото 5)*.

Промышленные серебряные руды локализованы преимущественно в сцементированных жильным кварцем и карбонатами зонах брекчий зеленокаменно изменённых углеродистых пелитов — «чёрных сланцев» неопротерозоя PR II, иногда проникая в несогласно залегающие на них базальные конгломераты вулканогенно-осадочной толщи PR III. Интенсивно минерализованные интервалы в разломной системе образуют участки, прослеживающиеся по простиранию на 1–1,5 км. При бортовом содержании серебра 80 г/т в эксплуатируемых рудных телах выделяются 4 основных участка.

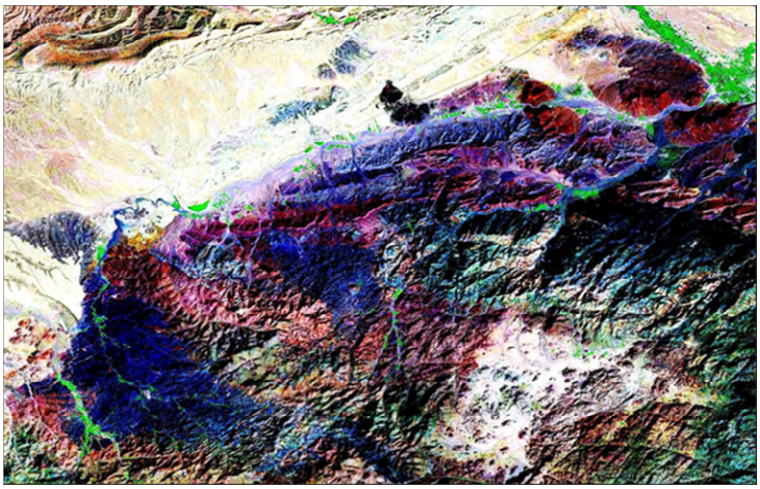


Фото 5. Структуры рудного поля Имитер (космоснимок)

Фото 6. **Grand Carriere,** являющийся частью древнейшей системы отработки серебряных руд (месторождение Имитер)

Участок Imiter I – Grand Carriere (фото 6) является частью древнейшей системы отработки серебряных руд и включает старый и большой карьеры. Рудные тела, локализованные в неопротерозойских метаосадочных образованиях, имеют горизонтальную протяжённость 800 м, прослеживаясь на глубину до 250 м. Среднее содержание Ag варьирует от 800 до 1200 г/т. Экспертами произведён отбор минеральных парагенезисов дорудного этапа, продуктивных по Ag стадий, а также пострудных карбонатных и кварцевых прожилков жильных систем северного и южного падения на горизонтах шахт PF (1459, 1443, 1439, 1416, 1374, 1356) и PE (1416, 1398, 1357, 1338) для термобарогеохимических исследований и определения физико-химических параметров минералообразования.

Участок Colline B3 характеризуется самым высоким средним содержанием Ag — 2500 г/т. Минерализация локализована как в неопротерозойских метаосадочных породах P II, так и в базальных конгломератах и туфах вулканогенно-осадочных образования P III. Оруденение прослежено по простиранию на 350 м, а на глубину — до 300 м. Экспертами отобраны штуфные пробы с минеральными парагенезисами серого кварца (gris), розового и белого доломита, шестоватого и друзового молочно-белого

кварца, прожилков с Hg-Ag амальгамами и киноварью из брекчиевых жильных зон северного падения, вскрытых на горизонтах шахты P3 (1448, 1390, 1312). Из этих проб подготовлены препараты для минерало-геохимических и термобарогеохимических исследований флюидных включений в минералах, определения физико-химических параметров рудообразования (минералоотложения), других видов аналитических исследований.

Участок Puits IV находится в 3-х км к востоку от металлургического комплекса Компании Имитер (SMI Managem). Минерализация локализована как в неопротерозойских метаосадках P II, так и в базальных конгломератах P III. Промышленные руды образуют линзовидное тело широтного направления протяжённостью 160 м и круто падают под углом 70–90° на север, прослеживаясь по вертикали более чем на 200 м. Отбор проб с шахтных горизонтов экспертами не производился. В процессе меркурометрического профилирования и геологических детализационных маршрутов на поверхности из кварцево-жильных зон отобраны штуфы окисленных и полуокисленных «руд» с минеральными парагенезисами, содержащими полуокисленные сульфиды меди, свинца и цинка, блёклые руды, арсенопирит, герсдорфит, иногда — лёллингит. Из них также подготовлены препараты для микрозондовых и термобарогеохимических исследований.

Puits V «Igoudrane» расположена на восточном фланге рудного поля. Минерализация локализована в сдвиговых зонах среди неопротерозойских пелитов PII и не зафиксирована на поверхности. Оруденение прослежено по горизонтали на 240 м и на глубину буровыми скважинами и подземными выработками — более чем на 350 м. Рудные тела вскрыты и частично отработаны на горизонтах 1400, 1332, 1318, 1241, 1208 м. Разведанные запасы руды со средним содержанием серабра 700 г/т оцениваются в 530 тыс. т (Barodi et al., 1998). Наземными маршрутами прослежены зоны брекчирования с кварцево-карбонатной минерализацией, содержащей вкрапленность и прожилки сульфидов меди, свинца и цинка. Часть из них отрабатывалась в VIII–XIII в. н.э. древними рудокопами. Некоторые из жильных минерализованных зон фиксируются газо-ртутной съёмкой в виде слабо контрастных аномалий. Лишь одна субширотная брекчиевая зона, расположенная в 100 м к северу от устья *Puits V «Igoudrane»* и вскрытая древней выработкой протяжённостью ~ 50 м, отбивается аномальными значениями до 1500 нано-грамм ртути на 1 м^3 воздуха.

Результаты маршрутных геолого-структурных и минералого-геохимических исследований, а также анализ опубликованной литературы и фондовых материалов геолого-геохимического и геофизического изучения месторождения Имитер, подтверждают, что одним из главных тектонических элементов, с эволюцией которых связана история формирования структуры рудного поля, является зона субширотного долгоживущего разлома, вдоль которого фиксируются разновозрастные тектонические деформации. Рудные тела месторождения образовались в обстановках (дуплексах) растяжения, сформированных при взаимодействиях левых субширотных и правых северо-восточных сдвигов. Дуплексы растяжения возникали в области кулисного перекрытия разрывов сдвиговой кинематики — при правоступечатом эшелонировании для правых сдвигов и при левоступечатом — для левых. Это привело к развитию сбросов и раздвигов внутри дуплексов растяжения, а также повторному раскрытию и минерализации многочисленных структурных форм предшествующих этапов деформаций, чем обусловлен штокверковый характер зон брекчирования с богатым серебряным оруденением.

Имеются различные схемы интерпретации возрастной последовательности минералообразования и взаимоотношений с проявлениями магматизма, в т. ч. — дайкового. С целью уточнения дискуссионных вопросов произведён отбор минеральных парагенезисов из пересекающихся жильных систем как в маршрутах на поверхности, так и при изучении подобных взаимоотношений в подземных выработках. Особое внимание уделено отбору индикаторных минералов — кварца и карбонатов разных этапов и стадий, включая образцы из дорудных будинированных кварцевых малосульфидных жил. На всех горизонтах из доступных выработок взяты образцы из сереброрудных брекчиево-жильных зон субвертикального, северного и южного падения, секущих чёрные графитизированные (с арсенопиритом) пелиты, в которых весьма обильна сингенетичная минерализация сульфидов железа и меди, согласная слоистости и (или) сланцеватости, часто секущая слойки и сланцеватость. Взяты штуфы с минеральными

парагенезисами, содержащими белый и коричневато-жёлтый кальцит, розовый и беловато-жёлтый доломит. Карбонаты цементируют обломки брекчии пелитов и содержат прожилки и вкрапленность арсенопирита, сульфидов и сульфосолей свинца, цинка и серебра, пластинки, вкрапления и плёнки самородного серебра. На горизонте 1208 взяты образцы с серым (gris-?) кварцем, как содержащем Hg-Ag амальгамы, так и неминерализованным. Из проб подготовлены препараты для термобарогеохимических исследований флюидных включений в минералах, определения физико-химических параметров рудообразования, других видов аналитических исследований.

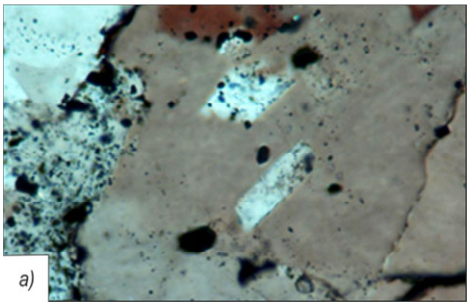
Проблема концентрации сингенетической минерализации в осадочных породах изучена (Vargas,1983; Popov, 1995) и заключается, по нашему мнению, в том, что наиболее распространённый минерал пирит приурочен к плоскостям напластования или слоистости, часто — сланцеватости, заполняет секущие трещинки совместно молочно-белым или полупрозрачным кварцем (зернистым, друзовым, шестоватым). Микрозондовым (полуколичественным) анализом определено, что пирит из чёрных пелитов содержит в среднем: Ag — до 490 ppm, Sn — 0,17 %, Bi — 0,1 %, Ni — 0,25 %, Co — до 80 ppm, Hg — до 0,1%, при отношении Co/Ni < 1. Другие сульфиды в пелитах также обогащены элементами-примесями: арсенопирит и сфалерит содержат Sn (до 0,13 %) и Fe (до 3,8 %); халькопирит во включениях в пирите — Ag (210 ppm) и Bi (0,18 %), тетраэдрит из трещин в пирите — Ag (до 3,28 %), галенит из включений и трещин в пирите — Ag_{max} (до 110 ppm), Bi_{max} (0,24 %). Эти данные заверены количественным анализом мономинеральных фракций.

В одном из маршрутов, пройденном севернее участка ***Igoudrane,*** прослежена по простиранию в субширотном направлении падающая круто на юг под углом 70–85° жильная зона кварц-карбонатного состава с обильной вкрапленностью, гнёздами и прожилками галенита, халькопирита и блёклых руд. Зона сечёт гранодиориты массива ***Igoudrane,*** его экзоконтакт с агломератовыми туфами и прослеживается на 270 м в вулканогенно-осадочной толще позднего неопротерозоя, что свидетельствует о постгранитном образовании этой жильной зоны. Подобные наблюдения постмагматического образования с наложением брекчиево-жильных зон с минеральными парагенезисами продуктивных по серебру стадий на интрузивы гранитоидов и относительно разновозрастные дайки основного, среднего и кислого состава зафиксированы в большинстве маршрутов, а также при документации взаимоотношений даек и рудной минерализации в подземных выработках шахт ***Puits V «Igoudrane», PF, PE, P3, Grand Carriere, Colline B3***. Эти наблюдения служат неоспоримым доказательством постмагматического образования гидротермального низкотемпературного ртутно-серебряного оруденения в рудном поле ***Imiter***.

ОБОБЩЕНЫ ОПУБЛИКОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ГЕОЛОГИИ И МЕТАЛЛОНОСНОСТИ БУТОНЬЕРЫ SAGHRO, СОБРАН ДОСТАТОЧНО ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫЙ ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ, СВИДЕТЕЛЬСТВУЮЩИЙ О ТОМ, ЧТО ПОСЛЕ ИНТРУДИРОВАНИЯ СКЛАДЧАТОЙ СТРУКТУРЫ РУДНОГО РАЙОНА ИМИТЕР ГРАНИТОИДАМИ TAKHATERT, А ПОЗДНЕЕ TAOUZZAKT И BOU TEGLIMT, ФОРМИРОВАНИЯ КОНГЛОМЕРАТОВОЙ И ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩ ПОЗДНЕГО НЕОПРОТЕРОЗОЯ И ПОСЛЕДУЮЩЕГО «ЗАПЕЧАТЫВАНИЯ» НЕОПРОТЕРОЗОЙСКОГО БЛОКА «РИОЛИТАМИ» IGOUDRANE (550 ± 14 МЛН Л.) ПРОИСХОДИЛО НАКОПЛЕНИЕ ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КЕМБРИЙСКОГО (517–530 МЛН Л.), А ПОЗДНЕЕ — ОРДОВИКСКОГО И ДЕВОНСКОГО ВОЗРАСТА. По сути, ранний палеозой — это длительный период многоэтапного «дорудного» формирования металлоносного водно-солевого (гидротермально-метаморфогенного) флюида, обогащённого «сидерофильными» элементами (Ag, Pb, Zn, Cu, Mn, Fe, S) за счёт извлечения их из вмещающих неопротерозойских пород. Поскольку соленосные отложения (эвапориты) в районе бутоньеры Saghro накапливались в девоне, то, по-видимому, сингенетичная сульфидная минерализация, локализованная в неопротерозойских осадках, подверглась максимальному воздействию захороненных хлоридных растворов вадозного происхождения именно в этот период и позднее. Это предположение нуждается в проведении дополнительных специализированных металлогенических и геолого-геохимических исследований на прилегающих к рудному району территориях.

В период складкообразования в раннем неопротерозое и последующего «запечатывания» в позднем неопротерозое антиклинальной структуры «риолитами» происходило внедрение относительно разновозрастных даек, часть из которых синхронна со складчатостью, а другая — близка по времени становления к «запечатывающим» интрузивам. На этом этапе в термальных полях ороговикованных пород могли формироваться ранние кварцевые малосульфидные жилы (иногда с молибденитом — обнажение № 222 или самородным золотом — № 89), в т. ч. «будинированные» в процессе формирования складчатой структуры (как и некоторые дайки и силлы интенсивно изменённых габбро-диабазов и базальтоидов). Маловероятно, что они могли служить «спусковыми механизмами» серебряного оруденения в неопротерозое.

Обосновано, что многостадийная серебряная минерализация формировалась после того, как возникла сбросово-сдвиговая система Имитерской зоны разломов и произошло внедрение различных по петролого-структурным особенностям дорудных даек субщелочных базальтоидов (диабазов, плагиопорфиритов, микродиоритов, габбро-диабазов), с которыми, вероятнее всего, связано поступление первых «порций» мантийных As, Sb и Hg. Именно они послужили «спусковыми механизмами» первого этапа и продуктивных стадий «серебряного» рудоотложения. Позднее, синхронно с последующими тектоническими подвижками право- и левосдвигового типа, которые сопровождались иногда внедрением относительно разновозрастных разновидностей «внутрирудных»(?) даек основного, в т. ч. субщелочного (микродиабазы, долериты, монцониты и др.) и щелочного (трахисиениты, трахириолиты и др.) состава, в трещины и зоны дробления поступали новые порции металлоносных флюидов. В результате, в большинстве случаев, происходило телескопированное отложение парагенетических минеральных ассоциаций, различных в продуктивности как по серебру, так и сопутствующим полезным компонентам.



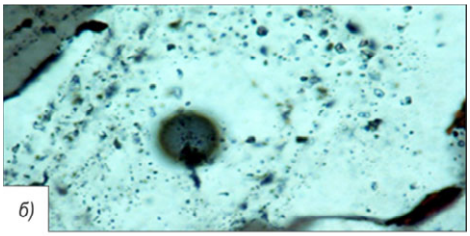


Фото 7. Colline B3: взаимоотношения кварца-gris с минеральными ассоциациями

а) кварц-gris с адуляром (скв. 289); *б)* флюидные включения в кварце-Gris (гор. 1312 м); *в)* прожилок кварца-gris с амальгамами Ag-Hg в чёрном пелите.

Эти металлогенические предположения подтверждаются первыми результатами термобарогеохимических исследований флюидных включений в кварце, доломите, кальците и барите из жильных образований различных участков рудного поля Имитер. Так, флюидные включения в сером кварце с арсенопиритом, именно в кварце-gris (по определению Г.Г. Павловой), содержащем на горизонте 1266 м шахты № 3 прожилки и вкрапленность самородного серебра, являются отчётливо первичными: $T_{гом.}$ в центре зёрен — 203–202°С; по периферии — 200–190°С; состав растворов: $T_{эвт.}$ -57°С, преобладающие компоненты — $NaCl + CaCl_2 \pm KCl$; T плавления льда в центре кристаллов — 88–8,9°С; концентрация растворов во включениях центральной части кристаллов — 11,7 мас. %, а по их периферии — 3,3 мас. %, при $T_{эвт.}$ — 2,3–2,5°С; состав газовой фазы: CO_2 — 0 %; CH_4 — 6,9 %; N_2 — 93,1 %; NH_4 — 1 мг/л. Изучение взаимоотношений

кварца-gris с другими минеральными ассоциациями в рудах позволяет утверждать, что это действительно самостоятельная минеральная ассоциация — мелкозернистый кварц + ртутистое серебро + арсенопирит (отлагается до и совместно с кварцем-gris) + адуляр *(фото 7)*.

Установлено, что эта ассоциация явно позже одних кварц-карбонатно-сульфидных парагенезисов, но сама пересекается другими кварц-карбонатно-сульфидными ассоциациями с аргентитом, галенитом и сульфосолями. Такая минеральная парагенетическая ассоциация (кварц + Ag + арсенопирит + адуляр) отлагалась одновременно и, вероятно, при раскристаллизации гелеобразного кремнезёма. Все другие минералы, приписываемые к ней предшествующими исследователями, являются либо более ранними, захваченными в виде обломков, либо более поздними наложенными. Поскольку серицита в этом кварце нет, определение абсолютного возраста Ar-Ar методом будет производиться по кварц-калишпатовому аггрегату, в котором содержится до 10 % адуляра. Из пробы чистого кварца-gris без сульфидов и вмещающей породы, в которой присутствует ранний серицит, весом не >7 г выбран под бинокуляром чистый кварц-адуляровый агрегат для определения абсолютного возраста Ar-Ar методом, на газовую хроматографию и изотопию He.

Установлено (Essarrfj et al., 2005), что такой кварц с ртутистым серебром и адуляром с возрастом 218 млн л. выявлен в жиле 5 на Центральном Бу-Аззере и отнесён к молодому триасовому этапу. Предварительное изучение флюидных включений в кварце-gris показало, что растворы, законсервированные в них, отличаются азотно-метановой газовой фазой, чем отличаются от других разнотипных и разновозрастных кварцев Имитерского рудного поля (данные Baroudi et al.,1999, который, кстати, кварц-gris не анализировал на КР-спектрометрии). Полученные результаты свидетельствуют о сходстве физико-химических свойств и параметров законсервированных растворов в минералах месторождения Имитер–2 с составом и свойствами флюидов в минералах из поздних Ag(Hg) прожилков жилы F–1–Est месторождения Бу-Аззер *(рис. 30, фото 8; табл. 1)*. Необходимо отметить, что по составу газовой фазы включения в кварце-Gris идентичны включениям в кварце месторождения Бу-Аззер, в т. ч. и в позднем кварце с адуляром и ртутистым Ag и амальгамами.

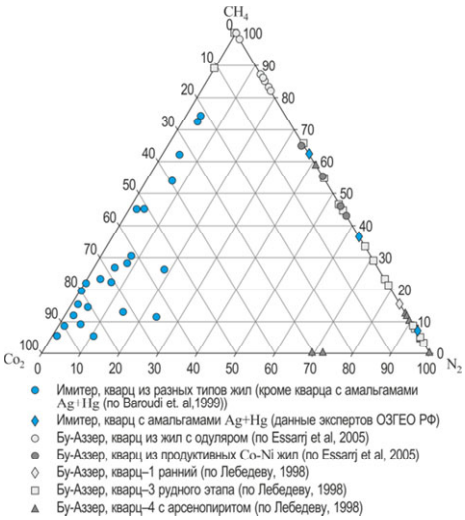


Рисунок 30. Распределение состава газово-жидких включений в кварце м-ний Имитер и Бу-Аззер

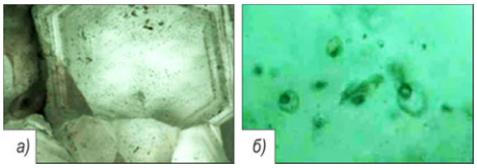


Фото 8. Первичные флюидные включения в кварце месторождения Имитер

а) — зональный кварц; *б)* — двухфазные включения по зонам роста

Табл. 1. Состав газовой фазы первичных флюидных включений в кварце-gris (Имитер)

Включение	Содерж. компонентов, %		
	CO_2	N_2	CH_4
Двухфазное	0	64,0	36,0
Двухфазное	0	37,2	62,8
Двухфазное	0	93,1	6,9
Газовое	97,8	0,4	1,8
Газовое	96,3	0,4	3,3

Таким образом, флюиды, отлагавшие такую минеральную ассоциацию, были щелочными (присутствие адуляра, отсутствие CO_2 в газовой фазе) и резко восстановленными (присутствие метана в газовой фазе, отсутствие CO_2, парагенезис кварца с самородными серебром и ртутью, арсенопиритом и лёллингитом, а не пиритом) и

характеризовались низкими концентрациями сульфидной серы. Поэтому в составе ассоциации нет карбонатов, мало сульфидов (преимущественно арсенопирита).

Судя по первым, во многом предварительным результатам термобарогеохимических исследований, в перспективе можно будет охарактеризовать изменение PTX-параметров отложения серого кварца с серебром и определить благоприятный их интервал, а также PTX-параметры минералообразования на подрудных и надрудных уровнях. Поэтому продолжен системный отбор образцов с минеральными парагенезисами (по поверхности через 50–100 м, а на глубину по сети от 50 × 50 м до 20 × 20 м и детальнее) по наиболее хорошо вскрытым рудоносным зонам и рудным телам (Имитер–1, Имитер-Юг, Игудран и др.). В 1992–1997 гг. подобная методология была успешно реализована под руководством Б.В. Образцова и С.Н. Зверева на арсенидно-серебро-кобальтовых месторождениях рудного пояса Бу-Оффро – Эль-Граара (Лебедев, 1998, 2003).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённых исследований получены принципиально новые и важные в теоретическом и практическом отношении знания.

1. Установлена отчётливая связь формирования благородно-редкометалльного оруденения ЦАСП с внутриплитным магматизмом, активном как на доаккреционной стадии становления коры каледонид, так и в процессе её последующей деструкции. Своеобразие развития каледонид, заключающееся в сквозном проявлении в их истории магматизма внутриплитной специфики, объясняется с позиций аккреции венд-кембрийских структур океанического ложа (островных дуг, океанических островов, задуговых бассейнов и т. д.) над «горячей точкой» мантии, воздействие которой на характер магматизма продолжалось и после формирования складчато-блоковой структуры региона. Палеомагнитные данные показывают, что венд-кембрийские, позднепалеозойские, мезозойские и кайнозойские внутриплитные магматические комплексы ЦАСП были сформированы на разных широтах из разных мантийных источников. Исследования палеомагнетизма венд-кембрийских пород позволило ограничить пространственное положение источников их внутриплитного магматизма двадцатыми-тридцатыми градусами северной широты. Магматические расплавы выплавлялись из деплетированных по изотопному составу источников мантии.
2. В Центральной Туве выявлены новые районы проявления карбонатитовых комплексов, а на примере Чайлюхемского рудопроявления показано, что вещественно-геохимический состав и текстурно-структурные особенности развитых в его пределах рудоносных пород соответствуют карбонатитовым рудам Карасугского и Улатай-Чозского рудных полей Центральной Тувы. Выполнен комплекс исследований, опирающийся на изучение расплавных включений в минералах редкоземельных руд. Изучение флюорита карбонатитов показало, что образование этих пород осуществлялось из магматического расплава натровой специфики, обогащённого Mn, Fe, Ba, Sr, Ce, F и Cl.
3. Изучена геолого-структурная позиция и вещественный состав пород Халдзан-Бурэгтэйской группы массивов, вмещающих одноимённое редкометалльное месторождение. Обосновано, что главными источниками всех изученных разновидностей пород являются мантийные и мантийно-коровые обогащённые источники OIB, E-MORB и IAB, второстепенными — источники N-MORB и верхняя континентальная кора. При изучении включений в кварце комендитов района Дзарата-Худук выявлены сильно дифференцированные редкометалльные щелочные расплавы, обогащённые Na, F, Li, Zr и редкоземельными элементами. Данные по расплавным включениям минералов редкометалльных гранитов массива Халдзан-Бурэгтэй (Монголия) свидетельствуют, что образование гранитов происходило из расплава, насыщенного в

отношении многих редких и редкоземельных элементов, что отвечает и геохимической специфике образующихся из них пород. Состав расплавных включений и закалочных стёкол позволил судить о среднем составе субдукционных базитовых магм: они обеднены Nb и Ta и в меньшей мере — Ti, Zr, Sm, но обогащены Cl, H_2O, F и P. Вариации содержаний элементов связаны с кристаллизационной дифференциацией, смешением магм и участием нескольких источников. Содержание воды в базитовых магмах варьирует от 0 до 6 мас. %. Оценён средний состав кислых агпаитовых расплавов островных дуг и активных континентальных окраин. Показано, что наиболее вероятным механизмом их образования в надсубдукционных обстановках является плавление обогащённых щелочами основных и средних пород, включая спилитизированные разности базальтов нормальной щёлочности.

4. Изучен разрез вулканических пород Ханбогдинской верхнепалеозойской впадины, вмещающей Ханбогдинский массив редкометалльных гранитов, и показано, что эволюция вулканизма впадины по смене геодинамических обстановок и специфике состава вулканизма напоминает эволюцию западной окраины Северной Америки в кайнозое. Обоснована связь редкометалльного Хан-Богдинского щёлочно-гранитного массива и системы близких к нему по возрасту грабенов с бимодальными базальт-комендит-пантеллеритовыми вулканическими ассоциациями.

Публикации сотрудников ТувИКОПР СО РАН по тематике Базового проекта VII.58.2.8

Монографии, монографические обзоры, коллективные монографии, сборники научных трудов, материалы конференций (***полужирным курсивом*** выделены сотрудники Института, работавшие по проекту):

1. Геоэкологическое состояние природной среды в районе Кызыл-Таштыгского колчеданно-полиметаллического месторождения (Тува) / ***Лебедев В.И., Прудников С.Г.,*** Кальная О.И., Доможакова Е.А., Самбуу А.Д., Забелин В.И., Андрейчик М.Ф., Балакина Г.Ф., Аюнова О.Д., Саая А.Д., ***Горбунов Д.П.,*** Монгуш Ч.О.; отв. ред. канд. геол.-мин. наук ***А.М. Сугоракова.*** – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – 178 с.
2. Коромантийные рудно-магматические системы благородно-редкометалльной специализации в металлогении тувино-монгольского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса: Результаты исследований по Базовому конкурсному проекту 7.5.2.8 / *Лебедев В.И.,* Ярмолюк В.В., Козаков И.К., Козловский А.М., Коваленко Д.В., ***Монгуш А.А., Сугоракова А.М., Прудников С.Г.,*** Котов А.Б., Ковач В.П., ***Кужугет К.С., Ойдуп Ч.К., Рычкова К.М.,*** Леснов Ф.П., Симонов В.А., Никифоров А.В., Саватенков В.М., Энжин Г., Эрдэнэжаргал Ч.; отв. ред. докт. геол.-мин. наук В.И. Лебедев. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – 20 авт. л.
3. ***Лебедев Н.И.*** Минеральные ресурсы Тувы: обзор и анализ полезных ископаемых / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук ***В.И. Лебедев*** [Электрон. ресурс: декабрь 2012]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – 284 с. – Режим доступа: http://ipc-publisher.ru/admin/files/LebedevNI-mngr-resursyPI-2012.pdf, свободный.
4. Природные системы и экономика приграничных территорий Тувы и Монголии: фундаментальные проблемы, перспективы рационального использования: Материалы Молодёжной науч. конф. с междунар. участием (11–13.04.2012, Кызыл) [Электрон. ресурс: апрель 2012]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – 156 с. – Режим доступа: http://www.ipc-publisher.ru, свободный.
5. Результаты научно-исследовательской деятельности ТувИКОПР СО РАН за 2010 г. / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук ***В.И. Лебедев.*** – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2011. – 72 с.
6. Результаты научно-исследовательской деятельности ТувИКОПР СО РАН за 2011 г. / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук ***В.И. Лебедев*** [Электрон. ресурс: апрель 2012]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – 84 с. – Режим доступа: http://www.ipc-publisher.ru, свободный.
7. Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества: Вып. 10, 11 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук ***В.И. Лебедев.*** – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2010. – 304 с.
8. Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Эколого-экономические проблемы природопользования: Вып. 12 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук ***В.И. Лебедев*** [Электрон. ресурс: март, 2013]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – 226 с. – Режим доступа: http://ipc-publisher.ru/collections_1.aspx?id_sb=9, свободный.
9. Les Critères de Prédiction Métallogéniques, Minéralogiques et Géochimiques de la Minéralisation Industrielle en Champ Minier d'Imiter (le Maroc) / ***Lebedev V.I.,*** Borisenko A.S., Aristov V.V., Ayrians A.A., Zadorozhny D.N., Zverev S.N., Zelikson B.S., Kalinin Yu.A., Pavlova G.G., Berrada M.T. – Maroc: SMI, MANAGEM, 2011. – 76 p.

Статьи в рецензируемых периодических изданиях, в т. ч. рекомендованных ВАК:

1. Агафонов Л.В., ***Попов В.А.,*** Аношин Г.Н., Поспелова Л.Н., Забелин В.И., Кудрявцев В.И. Минеральный состав, структура и распределение ЭПГ и РЗЭ в железном метеорите Чедер (Тува) // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 6. – С. 794–806.
2. Бородина Е.В., Изох А.Э., ***Монгуш А.А.*** Булкинский перидотит-габбровый массив (Западный Саян) — синколлизионный тип расслоенных интрузивов // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 3. – С. 393–408.
   Borodina E.V., Izokh A.E., and ***Mongush A.A.*** The Bulka Peridotite–Gabbro Intrusion (West Sayan), a Syncollisional Type of Layered Intrusions // Russian Geology and Geophysics. – 2011. – Vol. 52. – № 3. – P. 307–319.
3. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Лебедева М.Ф.*** Возможность извлечения мелкого золота из речного песка // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 6. – С. 17–20.
4. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И.*** О технологии доизвлечения мелкого золота из минерального сырья // Актуальные достижения европейской науки [Электрон. ресурс]. – 2011. – № 43. –
   Режим доступа: www.rusnauka.com/16_ADEN_2011/Tecnic/10_88261.doc.htm, свободный.
5. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И.,*** Бурдин В.Н. Проблемы экологии при обогащении асбестовых руд // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 4. – С. 66–74.
6. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Лебедев Н.И.*** Сепараторы для извлечения мелкого золота // Актуальные достижения европейской науки [Электрон. ресурс]. – 2011. – № 43. –
   Режим доступа: www.rusnauka.com/16_ADEN_2011/Tecnic/10_88261.doc.htm, свободный.
7. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Лебедев Н.И., Монгуш А.А.*** Переработка золотосодержащего минерального сырья месторождения Кара-Бельдир (Восточная Тува) // Современные наукоёмкие технологии. – 2011. – № 5. – С. 8–12.

8. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Лебедева М.Ф.*** Переработка отходов карт захоронения комбината «Тувакобальт» // Актуальные достижения европейской науки [Электрон. ресурс]. – 2011. – № 43. – Режим доступа: www.rusnauka.com/16_ADEN_2011/Tecnic/10_88261.doc.htm, свободный.

9. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Лебедев Н.И.*** Технология извлечения рудного золота месторождения Кызык-Чадр // Изв. ВУЗов. Прикладная химия и биология. – 2012. – № 1 (2). – С. 49–53.

10. Дабиев Д.Ф., ***Лебедев В.И.*** Сравнительный анализ социально-экономического развития Тувы с приграничными регионами Сибири // Современные наукоёмкие технологии. – 2010. – № 11. – С. 61–65.

11. Дабиев Д.Ф., ***Лебедев В.И.*** О механизмах государственно-частного партнёрства при освоении минерально-сырьевого потенциала в Туве // Проблемы современной экономики. – 2011. – № 3 (39). – С. 225–230.

12. Дабиев Д.Ф., ***Лебедев В.И.*** Инфраструктурный подход к освоению месторождений приграничных территорий // Проблемы современной экономики: Евразийский междунар. науч.-практ. журн. – 2012. – № 2 (42). – С. 347–351.

13. Дабиев Д.Ф., ***Лебедев В.И***. Налог на прибыль как эффективный рентоизымающий механизм государства (на примере Республики Тыва) // Экономическое возрождение России. – 2012. – № 2 (32). – С. 29–36.

14. Дабиев Д.Ф., ***Лебедев В.И.*** Экономическая оценка возможностей и перспектив развития южного макрорайона Республики Тыва // Модернизация. Инновации. Развитие. – 07.2012. – № 3 (11). – С. 106–112.

15. Дучков А.Д., ***Рычкова К.М., Лебедев В.И.,*** Каменский И.Л., Соколова Л.С. Оценки теплового потока Тувы по данным об изотопах гелия в термоминеральных источниках // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 52. – № 2. – С. 264–276.

16. Коваленко Д.В., ***Монгуш А.А.,*** Агеева О.А. Геодинамические условия формирования и источники позднекембрийских силлов и даек северной части хребта Дариби (Западная Монголия) // Вестн. Камчатской региональной ассоциации «Учебно-научный центр». Сер. Науки о Земле. – 2012. – № 1. – С. 12–21.

17. Козаков И.К., Козловский А.М., Ярмолюк В.В., Ковач В.П., Бибикова Е.В., Кирнозова Т.И., Плоткина Ю.В., Загорная Н.Ю., Фугзан М.М., Эрдэнэжаргал Ч., ***Лебедев В.И.,*** Энжин Г. Кристаллические комплексы Тарбагатайского блока раннекаледонского супертеррейна Центральной Азии // Петрология. – 2011. – Т. 19. – № 4. – С. 1–21.

18. Козаков И.К., Сальникова Е.Б., Ярмолюк В.В., Козловский А.М., Ковач В.П., Азимов П.Я., Анисимова И.В., ***Лебедев В.И.,*** Энжин Г., Эрдэнэжаргал Ч., Плоткина Ю.В., Федосеенко А.М., Яковлева С.З. Конвергентные границы и связанные с ними магматические и метаморфические комплексы в структуре каледонид Центральной Азии // Геотектоника. – 2012. – № 1. – С. 19–41.

19. Козаков И.К., Ярмолюк В.В., Ковач В.П., Бибикова Е.В., Кирнозова Т.И., Козловский А.М., Плоткина Ю.В., Фугзан М.М., ***Лебедев В.И.,*** Эрдэнэжаргал Ч. Раннебайкальский кристаллический комплекс в фундаменте Дзабханского микроконтинента раннекаледонской складчатой области Центральной Азии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2012. – С. 3–12.
Kozakov I.K., Yarmolyuk V.V., Kovach V.P., Bibikova E.V., Kirnozova T.I., Kozlovskii A.M., Plotkina Yu.V., Fugzan M.M., ***Lebedev V.I.,*** and Erdenezhargal Ch. The Early Baikalian Crystalline Complex in the Basement of the Dzabkhan Microcontinent of the Early Caledonian Orogenic Area, Central Asia // Stratigraphy and Geological Correlation. – 2012. – Vol. 20. – № 3. – P. 231–239.

20. Котельников В.И., ***Лебедев В.И.*** Новые технологические процессы энергохимической переработки каменного угля // Нанотехнологии. Экология. Производство: Науч.-произв. журн. – 09.2012. – № 5 (18). – С. 78–79.

21. ***Лебедев В.И., Бурдин Н.В., Лебедева М.Ф.,*** Бурдин В.Н. Экологические аспекты извлечения благородных металлов с использованием инновационных технологий // Мир науки, культуры, образования. – 2011. – № 6 (25). – С. 315–318.

22. ***Лебедев В.И., Бурдин Н.В., Лебедева М.Ф.,*** Бурдин В.Н. Острая экологическая обстановка с картами захоронения комбината «Тувакобальт» // Мир науки, культуры, образования. – 2012. – № 5. – С. 70–71.

23. ***Лебедев В.И., Лебедева М.Ф.*** Геоэкологические аспекты освоения минеральных ресурсов бассейна реки Улуг-Хем (Тува) // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 10. – С. 103–105.

24. ***Монгуш А.А., Лебедев В.И., Дружкова Е.К.,*** Бородина Е.В., Агафонов Л.В. Новые данные по геологии и металлогении булкинского габброидного комплекса (Тува, Западный Саян) // Региональная геология и металлогения. – 2011. – № 46. – С. 105–116.

25. ***Монгуш А.А., Лебедев В.И.,*** Ковач В.П., Сальникова Е.Б., ***Дружкова Е.К.,*** Яковлева С.З., Плоткина Ю.В., Загорная Н.Ю., Травин А.В., Серов П.А. Тектономагматическая эволюция структурно-вещественных комплексов Таннуольской зоны Тувы в позднем венде – раннем кембрии (на основе геохимических, Nd изотопных и геохронологических данных) // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 5. – С. 649–665.
Mongush A.A., Lebedev V.I., *Kovach V.P., Sal'nikova E.B.,* ***Druzhkova E.K.,*** Yakovleva S.Z., Plotkina Yu.V., Zagornaya N.Yu., Travin A.V., Serov P.A. The Tectonomagmatic Evolution of Structure-Lithologic Complexes in the Tannu-Ola Zone, Tuva, in the Late Vendian Cambrian (from Geochemical, Nd Isotope, and Geochronological Data) // Russian Geology and Geophysics. – 2011. – № 52. – P. 475–488.

26. ***Монгуш А.А., Лебедев В.И.,*** Травин А.В., Ярмолюк В.В. Офиолиты Западной Тувы — фрагменты поздневендской островной дуги Палеоазиатского океана // Докл. РАН. – 2011. – Т. 438. – № 6. – С. 796–802.
Mongush A.A., Lebedev V.I., Travin A.V., and V.V. Yarmolyuk. Corresponding Member of the RAS Ophiolites of Western Tyva as Fragments of a Late Vendian Island Arc of the Paleoasian Ocean // Doclady Earth Science. – 2011. – Vol. 438. – № 2. – P. 866–872.

27. ***Ойдуп Ч.К.,*** Леснов Ф.П., Ярмолюк В.В., ***Лебедев В.И.,*** Сальникова Е.Б. Ультрамафит-мафитовый магматизм Юго-

Западной Тувы // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 3. – С. 354–372.
Oidup Ch.K., Lesnov F.P., Yarmolyuk V.V., ***Lebedev V.I.,*** and Sal'nikova E.B. Ultramafic and Mafic Magmatism in Southwestern Tuva // Russian Geology and Geofisical. – 2011. – Т. 52. – P. 275–289.

28. ***Ойдуп Ч.К., Монгуш А.А., Хураган Ч.М.*** Типоморфные особенности минералов платиновой группы в россыпи золота Кундус (Каахемский офиолитовый пояс, Тува) // Литология и полезные ископаемые. – 2012. – № 5. – С. 490–498.
Oidup Ch.K., Mongush A.A., and Khuragan Ch.M. Typomorphyc Features of Platinum Group Minerals in the Kundus Placer Gold (Kaakhem Ophiolite belt, Tuva) // Litology and Mineral Resources. – 2012. – Vol. 47. – № 5. – P. 491–499.

29. ***Прудников С.Г.,*** Кононенко Н.Б., ***Петрова Л.И.*** Условия образования россыпей Тапса-Каахемской золотоносной зоны Тувы и их связь с коренными источниками // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 2. – С. 243–260.

30. Сальникова Е.Б., Яковлева С.З., Никифоров А.В., Котов А.Б., Ярмолюк В.В., Анисимова И.В., ***Сугоракова А.М.,*** Плоткина Ю.В. Бастнезит — перспективный минерал-геохронометр для U-Pb-геохронологических исследований // Докл. РАН. – 2010. – Т. 430. – № 3. – С. 386–388.

31. ***Сугоракова А.М.,*** Ярмолюк В.В., ***Лебедев В.И.,*** Лыхин Д.А. Позднепалеозойский щелочно-гранитоидный магматизм Тувы и его связь с внутриплитными процессами в пределах Сибирского палеоконтинента // Докл. РАН. – 2011. – Т. 439. – № 5. – С. 886–892.
Sugorakova A.M., Yarmolyuk V.V., ***Lebedev V.I.,*** Lykhin D.A. Late Paleozoic Alkali-Granitic Magmatism of Tuva and its Relation to Intraplate Activity Within the Siberian Paleocontinent // Doklady Earth Sciences. – 2011. – Vol. 439. – Part 2. – P. 1070–1075.

32. Третьякова И.Г., Борисенко А.С., ***Лебедев В.И.,*** Павлова Г.Г., Говердовский В.А., Травин А.В. Возрастные рубежи формирования кобальтового оруденения Алтае-Саянской складчатой области и его корреляция с магматизмом // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – № 9. – С. 1379–1395.

33. Ярмолюк В.В., Лыхин Д.А., Шурига Т.Н., Воронцов А.А., ***Сугоракова А.М.*** Возраст, состав пород, руд и геологическое положение бериллиевого месторождения Снежное: к обоснованию позднепалеозойской Восточно-Саянской редкометалльной зоны (Россия) // Геология рудных месторождений. – 2011. – № 5. – С. 436–447.
Yarmolyuk V.V., Lykhin D.A., Shuriga T.N., Vorontsov A.A., ***Sugorakova A.M.*** Age, Composition of Rocks, and Geological Setting of the Snezhnoe Beryllium Deposit: Substantiation of the Late Paleozoic East Sayan Rare-Metal Zone, Russia // Geology of Ore Deposites. – 2011. – Vol. 53 – № 5. – P. 390–400.

34. Ярмолюк В.В., Никифоров А.В., Сальникова Е.Б., Травин В.А., Козловский А.М., Котов А.Б., Шурига Т.Н., Лыхин Д.А., *Лебедев В.И.* и др. Редкометалльные гранитоиды месторождения Улуг-Танзек (Восточная Тыва): возраст и тектоническое положение // Докл. РАН. – 2010. – Т. 430. – № 2. – С. 248–253.

Статьи в других периодических изданиях:

1. ***Кужугет К.С.*** О первых исследованиях по изучению геологического строения и полезных ископаемых Тувинской Народной Республики // Новые исследования Тувы [Электрон. ресурс]. – 2011. – № 2, 3. – Режим доступа: http://www.tuva.asia/journal/issue_2-3/3778-kuzhuget.html, свободный.

2. ***Лебедев В.И., Прудников С.Г., Бурдин Н.В., Лебедев Н.И.*** Эоловые россыпи и этапы их освоения // Золотодобыча. – Иркутск, 2011. – № 157. – 0,5 авт. л.

Статьи в тематических сборниках:

1. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Прудников С.Г., Монгуш А.А.*** Испытание технологии промывки золотосодержащих песков с отработкой водно-шламового режима // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества: Вып. 10, 11 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук *В.И. Лебедев*. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2010. – С. 75–82.

2. Дучков А.Д., ***Рычкова К.М.,*** Аюнов Д.Е. Тепловой поток Центрально-Тувинской котловины // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Эколого-экономические проблемы природопользования: Вып. 12 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук *В.И. Лебедев* [Электрон. ресурс: февраль, 2013]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 115–120 (0,7 авт. л.). – Режим доступа: http://ipc-publisher.ru/collections_1.aspx?id_sb=9, свободный.

3. ***Кужугет Р.В.*** Особенности минералообразования золото-кварцевых рудопроявлений Алдан-Маадырского золоторудного узла (Западная Тува) // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Эколого-экономические проблемы природопользования: Вып. 12 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук *В.И. Лебедев* [Электрон. ресурс: февраль, 2013]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 56–76 (2,1 авт. л.). – Режим доступа: ru:http://ipc-publisher.ru/collections_1.aspx?id_sb=9, свободный.

4. ***Лебедев В.И.*** Кобальтоносные структуры Тувы // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества: Вып. 10, 11 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук ***В.И. Лебедев.*** – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2010. – С. 63–75.

5. ***Лебедев В.И.,*** Балакина Г.Ф. Направления использования энергетических ресурсов Тувы // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества: Вып. 10, 11 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук ***В.И. Лебедев.*** – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2010. – С. 212–214.

6. ***Лебедев В.И., Лебедева М.Ф., Лебедев Н.И.,*** Энжин Г., Эрдэнэжаргал Ч. Геология и минеральные ресурсы трансграничных территорий Тувы и Монголии // Управление ресурсным потенциалом регионов на базе геоинформационных технологий: Сб. ст. / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук ***В.И. Лебедев***, канд. физ.-мат. наук Е.А. Мамаш. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2010. – С. 114–129.

7. ***Лебедев В.И., Лебедева М.Ф., Лебедев Н.И.,*** Энжин Г., Эрдэнэжаргал Ч. Особенности металлогении Тувино-Монгольского сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса // Баруун бусийн хогжил шинжлэх ухаанб технологи: эрдэм шинжилгээйний бага хурлын илтгэлуудийн эмхтгэл. – Улаанбаатар хот, 2010. – Р. 335–345.

8. ***Lebedev V.I, Lebedeva M.F.*** Intrplate Magmatism and Metallogeny of Tuva // Баруун бусийн хогжил шинжлэх ухаанб технологи: эрдэм шинжилгээйний бага хурлын илтгэлуудийн эмхтгэл. – Улаанбаатар хот, 2010. – Р. 333–335.

9. ***Лебедев В.И., Монгуш А.А., Попов В.А., Сугоракова А.М., Дружкова Е.К.,*** Ковач В.П. Венд-раннекембрийские магматические ассоциации в различных структурно-формационных зонах Тувы и Западного Саяна: петрогенетические и геодинамические аспекты их формирования // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества: Вып. 10, 11 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук ***В.И. Лебедев.*** – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2010. – С. 27–62.

10. ***Лебедев В.И.*** Проблемы геолого-металлогенических исследований территории Тувы и сопредельных регионов Монголии // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Эколого-экономические проблемы природопользования: Вып. 12 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук ***В.И. Лебедев*** [Электрон. ресурс: февраль, 2013]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 7–29 (2,2 авт. л.). – Режим доступа: http://ipc-publisher.ru/collections_1.aspx?id_sb=9, свободный.

11. ***Монгуш А.А., Кужугет Р.В., Дружкова Е.К.*** Особенности состава магматических пород и ^{40}Ar-^{39}Ar данные о возрасте базитовых даек Алдан-Маадырской золоторудной зоны (Западная Тува) // Металлогения древних и современных океанов–2011. Рудоносность осадочно-вулканогенных и гипербазитовых комплексов: Науч. изд. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2011. – С. 262–268.

12. ***Монгуш А.А., Кужугет Р.В., Дружкова Е.К.*** Магматические породы в обломочных и эффузивных толщах Центральной Тувы: источники сноса, геохимия // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Эколого-экономические проблемы природопользования: Вып. 12 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук *В.И. Лебедев* [Электрон. ресурс: февраль, 2013]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 77–88 (1,4 авт. л.). – Режим доступа: http://ipc-publisher.ru/collections_1.aspx?id_sb=9, свободный.

13. ***Ойдуп Ч.К.,*** Донгак Р.Ш. Первые данные по литию в солёных озёрах юга Тувы // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Эколого-экономические проблемы природопользования: Вып. 12 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук *В.И. Лебедев* [Электрон. ресурс: февраль, 2013]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 53–55 (0,1 авт. л.). – Режим доступа: http://ipc-publisher.ru/collections_1.aspx?id_sb=9, свободный.

14. ***Ойдуп Ч.К.,*** Леснов Ф.П., ***Монгуш А.А., Лебедев В.И., Дружкова Е.К.*** Первые данные об изотопном возрасте, геохимии, источниках магм и условиях формирования сиенит-габбровых интрузивов Хамсаринской зоны каледонид (Восточная Тува) // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Эколого-экономические проблемы природопользования: Вып. 12 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук ***В.И. Лебедев*** [Электрон. ресурс: февраль, 2013]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 89–94 (0,7 авт. л.). – Режим доступа: http://ipc-publisher.ru/collections_1.aspx?id_sb=9, свободный.

15. ***Сугоракова А.М.,*** Никифоров А.В., Болонин А.В. Раннедевонский базитовый магматизм Тувинского рифтогенного прогиба // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества: Вып. 10, 11 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук ***В.И. Лебедев.*** – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2010. – С. 15–27.

16. ***Сугоракова А.М., Ойдуп Ч.К.*** Краткий очерк геологического строения и металлогении Тувы на основе современных данных // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества: Вып. 10, 11 / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук ***В.И. Лебедев.*** – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2010. – С. 9–15.

ПУБЛИКАЦИИ В МАТЕРИАЛАХ МЕЖДУНАРОДНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ:

1. Arakchaa K.D, Bukaty M., ***Rychkova K.,*** Choksum J., and Pashagin A. Hydrochemical and Geophysics Characteristics Natural Arjaan's complex “Choigan's mineral Waters” // 11th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference & EXPO Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Management: Conf. Proceedings (20–25.06.2011, Sofia). – Sofia, Bulgaria: STEF 92, 2011. – Vol. II. – P. 847–852.

2. Arakchaa K.D, ***Kuzhuget K.S.,*** and Shteinbev G.M. Hidromineral Resources Republic of Tuva // 11th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference & EXPO Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Management: Conf. Proceedings (20–25.06.2011, Sofia). – Sofia, Bulgaria: STEF 92, 2011. – Vol. II. – P. 859–860.

3. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И.*** Гравитационное извлечение мелкого золота из техногенных отходов старательской добычи // Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения: Материалы XIV Междунар. совещ. по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (РКВ–010) (02–10.09.2010, Новосибирск). – Новосибирск, 2010. – С. 139–141.

4. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И.*** Извлечение мелкого золота в струйно-центробежных гидроколоннах // Приоритеты Байкальского региона в азиатской геополитике России: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 350-летию

добровольного вхождения Бурятии в состав Рос. гос-ва (05–09.07.2010, Улан-Удэ). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2010. – С. 89–91.

5. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Прудников С.Г.*** Возможность освоения эоловых россыпей // Приоритеты Байкальского региона в азиатской геополитике России: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 350-летию добровольного вхождения Бурятии в состав Рос. гос-ва (5–9.07.2010, Улан-Удэ). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2010. – С. 75–77.

6. Бурдин В.Н., ***Лебедев В.И., Бурдин Н.В.*** Проблемы экологии при обогащении асбестсодержащих руд и новая технология пневмообогащения асбестсодержащего минерального сырья // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. (06–07.04.2011, Екатеринбург). – Екатеринбург, 2011.

7. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И.*** О технологии доизвлечения мелкого золота из минерального сырья // Найновите постижения на европейската наука: Материали за 7-а Междунар. науч.-практ. конф. (17–25.06.2011, София, Болгария) [Электрон. ресурс]. – София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2011. – Т. 43 (Технологии). – С. 33–35. Режим доступа: www.rusnauka.com/16_ADEN_2011/Tecnic/10_88263.doc.htm, свободный.

8. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Лебедев Н.И.*** Сепараторы для извлечения мелкого золота // Найновите постижения на европейската наука: Материали за 7-а Междунар. науч.-практ. конф. (17–25.06.2011, София, Болгария) [Электрон. ресурс]. – София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2011. – Т. 43 (Технологии). – С. 31–33. – Режим доступа: www.rusnauka.com/16_ADEN_2011/Tecnic/10_88262.doc.htm, свободный.

9. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Лебедева М.Ф.*** Переработка отходов карт захоронения комбината «Тувакобальт» // Найновите постижения на европейската наука: Материали за 7-а Междунар. науч.-практ. конф. (17–25.06.2011, София, Болгария) [Электрон. ресурс]. – София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2011. – Т. 43 (Технологии). – С. 36–37. – Режим доступа: www.rusnauka.com/16_ADEN_2011/Tecnic/10_88261.doc.htm, свободный.

10. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Лебедев Н.И.*** Обогащение труднопромывистого золотосодержащего минерального сырья // Strategiczne pytania światowej nauki –2012: Materialy VIII międzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji (07–15.02.2012). Vol. 31. Techniczne nauki Budownictwo I architektura. – Przemysl Nauka I studia, 2012. – P. 34–36.

11. ***Бурдин Н.В., Лебедев В.И., Лебедева М.Ф.*** Косовое золото и возможность извлечения его из золотосодержащего речного песка // Strategiczne pytania światowej nauki – 2012: Materialy VIII międzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji (07–15.02.2012). Vol. 31. Techniczne nauki Budownictwo I architektura. – Przemysl Nauka I studia, 2012. – P. 36–38.

12. ***Burdin N.V., Lebedev V.I., Lebedeb N.I.*** Gold-copper-porphyritic Ores of Tuva // Věda a technologie: krok do budoucnosti: Materialy VIII mezinárodní vědecko-praktcá conference (27.02.–05.03.2012, Dil 37 Technické vědy). – Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o., 2012. – P. 28–29.

13. ***Бутанаев Ю.В., Прудников С.Г.*** Комплексная оценка опасных геологических процессов на условия строительства Кызыл-Таштыгского ГОКа (Тува) // Природные системы и экономика приграничных территорий Тувы и Монголии: фундаментальные проблемы, перспективы рационального использования: Материалы Молодёжной науч. конф. с междунар. участием (11–13.04.2012, Кызыл) [Электрон. ресурс: апр. 2012]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 9–13. – Режим доступа: http://www.ipc-publisher.ru, свободный.

14. Дабиев Д.Ф., ***Лебедев В.И.*** Возможности и перспективы строительства Тувинско-Монгольской магистрали // Приграничные территории: проблемы и перспективы развития: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. (18–21.10.2012, Кызыл). – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 14–16.

15. Кальная О.И., Аюнова О.Д., ***Прудников С.Г.*** Экологический мониторинг водной экосистемы в районе Кызыл-Таштыгского полиметаллического месторождения // Научные основы охраны окружающей среды. Междунар. науч.-практ. конф. (12.2010, Пенза). – Пенза: ПГСХА, 2010. – С. 60–63.

16. Кальная О.И., Аюнова О.Д., ***Прудников С.Г.*** К вопросу о геохимических условиях Ак-Сугского медно-порфирового месторождения (Тува) // Геоэкологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: Всерос. конф. с участием иностранных учёных (01–05.10.2012, Томск). – Томск: Изд-во НТЛ, 2012. – С. 233–236.

17. Кальная О.И., ***Прудников С.Г.,*** Аюнова О.Д. Гидрохимия подземных и поверхностных вод в районе Ак-Сугского медно-порфирового месторождения (Тува) // Экосистемы Центральной Азии: исследования, сохранение, рациональное использование: Материалы XI Убсунурского Междунар. симп. (03–08.07.2012, Кызыл). – Кызыл: ТувГУ, 2012. – С. 379–383.

18. Копылова Ю.Г., Гусева Н.В., ***Рычкова К.М.,*** Аракчаа К.Д. Химический состав родников Тувы как стадия развития системы вода – порода // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: Всерос. конф. с участием иностранных учёных (01–05.10.2012, Томск). – Томск: Изд-во НТЛ, 2012. – С. 325–327.

19. ***Кужугет Р.В., Монгуш А.А., Лебедев В.И., Петрова Л.И.,*** Зайков В.В. Типоморфизм самородного золота Хаак-Саирского месторождения (Западная Тува) // V Сибирская Междунар. конф. молодых учёных по наукам о Земле: Тез. докл. (29.11 – 02.12.2010, Новосибирск). – Новосибирск: ИГМ СО РАН, 2010. – С. 197–200.

20. ***Кужугет Р.В.*** Геолого-структурные особенности Алдан-Маадырской золоторудной зоны (Западная Тува) // Экосистемы Центральной Азии: исследования, сохранение, рациональное использование: Материалы XI Убсунурского Междунар. симп. (03–08.07.2012, Кызыл). – Кызыл: ТувГУ, 2012. – С. 397–400.

21. ***Кужугет Р.В., Монгуш А.А.,*** Мелекесцева И.Ю. Эволюция минералов ряда Au-Ag-Hg в рудах Алдан-Маадырской золоторудной зоны (Западная Тува) // Природные системы и экономика приграничных территорий Тувы и Монголии: фундаментальные проблемы, перспективы рационального использования: Материалы Молодёжной науч. конф. с

междунар. участием (11–13.04.2012, Кызыл) [Электрон. ресурс: апр. 2012]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 18–23. – Режим доступа: http://www.ipc-publisher.ru, свободный.

22. ***Лебедев В.И., Бурдин Н.В., Лебедев Н.И., Лебедева М.Ф.,*** Лебедева С.В. Необходимость и возможность переработки отходов гидрометаллургического передела комбината «Тувакобальт» // Приоритеты Байкальского региона в азиатской геополитике России: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 350-летию добровольного вхождения Бурятии в состав Рос. гос-ва (05–09.07.2010, Улан-Удэ). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2010. – С. 80–82.
23. ***Лебедев В.И., Бурдин Н.В., Лебедев Н.И.*** Возможность освоения эоловых россыпей // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: Материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. (06–07.04.2011, Екатеринбург). – Екатеринбург: Форт-Диалог-Исеть, 2011. – С. 270–275.
24. ***Лебедев В.И., Бурдин Н.В., Лебедев Н.И.*** Золото-медно-порфировые руды Тувы // Золото северного обрамления Пацифика: Материалы II Междунар. горно-геол. форума (03–05.09.2011, Магадан). – Магадан, 2011. – С. 127–129.
25. ***Лебедев В.И., Бурдин Н.В., Лебедева М.Ф.*** Извлечение мелкого золота из речного песка // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: Материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. (06–07.04.2011, Екатеринбург). – Екатеринбург: Форт-Диалог-Исеть, 2011. – С. 262–266.
26. ***Лебедев В.И., Прудников С.Г., Бурдин Н.В.*** Эоловые россыпи Тувы и Северо-Западной Монголии // Золото северного обрамления Пацифика: Материалы II Междунар. горно-геол. форума (03–05.09.2011, Магадан). – Магадан, 2011. – С. 125–127.
27. ***Лебедев В.И.*** Проблемы освоения минеральных ресурсов Тувы, возможные экологические последствия (Problems of Development of Mineral Resources of Tuva Potential Environmental Impacts) // Приграничные территории: проблемы и перспективы развития: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. (18–21.10.2012, Кызыл). – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 19–22.
28. ***Лебедев В.И.,*** Балакина Г.Ф. Перспективы инновационного развития Тувы и сопредельных регионов // Инновации и Развитие: Материалы Междунар. форума. – М., 2012. – С. 167–172.
29. ***Lebedev V., Lebedeva M.*** Geoecological Aspects of Exploration of Mineral Resources of the Ulug-Khem River Basin (Tuva) // Ökologische, Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung: Internationaler Kongress Fachmesse EURO-ECO hannover 2012. Programm Abstracts (29–30.11.2012). – Hannover, 2012. – P. 74–75.
30. ***Lebedev V., Lebedeva M.*** Geological Aspects of Exploration of Mineral Resources of the Ulug-Khem River Basin (Tuva) // Ecology of the industrial regions of Russia: Russian Academy of natural Hystory (20–27.10.2012, London). – London, 2012.
31. ***Lebedev V.I.,*** Kozakov I.K., Yarmolyuk V.V., Kovach V.P., and ***Sugorakova A.M.*** Origin and Development of the Tuvino-Mongolian Massif // Ecology of the industrial regions of Russia: Russian Academy of natural Hystory (20–27.10.2012, London). – London, 2012.
32. ***Lebedev V.I.,*** Kozakov I.K., Yarmolyuk V.V., Kovach V.P., and ***Sugorakova A.M.*** Origin and Development of the Tuvino-Mongolian Massif // Ökologische, Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung: Internationaler Kongress Fachmesse EURO-ECO hannover 2012. Programm Abstracts (29–30.11.2012). – Hannover, 2012. – P. 76–77.
33. ***Lebedev V.I.,*** Kozakov I.K., Yarmolyuk V.V., Kovach V.P., and ***Sugorakova A.M.*** Origin And Development Of The Tuvino-Mongolian Massif // Современные проблемы геохимии: Материалы Всерос. совещ. с участием иностр. учёных, посвящ. 95-летию со дня рожд. акад. Л.В. Таусона: В 3-х томах (22–26.10.2012, Иркутск). – Иркутск, 2012. – Т. 1. – С. 25–30.
34. ***Lebedev V.I., Lebedeva M.F.*** Cobalt mineralization of Tuva, SE Altai and NW Mongolia // Ecology of the industrial regions of Russia: Russian Academy of natural Hystory (20–27.10.2012, London). – London, 2012.
35. ***Lebedev V.I., Lebedeva M.F., Lebedev N.I.*** Cobalt mineralization of Tuva, Altai SEI and NW Mongolia // Ökologische, Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung: Internationaler Kongress Fachmesse EURO-ECO hannover 2012. Programm Abstracts (29–30.11.2012). – Hannover, 2012. – P. 73–74.
36. ***Lebedev V.I., Lebedeva M.F., Lebedev N.I.*** Geoecology of Exploration of Mineral Resources of the Republic of Tyva // Ökologische, Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung: Internationaler Kongress Fachmesse EURO-ECO hannover 2012. Programm Abstracts (29–30.11.2012). – Hannover, 2012. – P. 71–73.
37. ***Lebedev V.I., Rychkova K.M.,*** Duchkov A.D., Kamenskii I.L., Ayunova O.D., and Choksum Zh.M. Isotopic-Helium Ratios of Thermal Fluids for Estimation of Tectono-Magmatic Activity in East Tuva // Ökologische, Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung: Internationaler Kongress Fachmesse EURO-ECO hannover 2012. Programm Abstracts (29–30.10.2012). – Hannover, 2012. – P. 77–79.
38. Melekestseva I., Ankusheva N., Zaykov V., Kotlyarov V., and ***Kuzhuget R.*** Formation Conditions of the Khaak-Sair and Sarytash Gold Deposits in Listvenites, Western Tyva: Evidences from Fluid Inclusions (Условия формирования Хаак-Саирского и Сары-Дашского золоторудных месторождений в лиственитах, Западная Тува: результаты исследования флюидных включений) // Large Igneous Provinces of Asia: Mantle Plumes and Metallogeny: Abstracts of the Intern. Conf. (Irkutsk, Russia, 20–28.08.2011). – Irkutsk, 2011. – P. 162–165.
39. ***Монгуш А.А.*** Вендские внутриплитные, офиолитовые и островодужные магматические комплексы Тувы: тектоническая позиция, геодинамическая интерпретация // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и их минерагения: Материалы IV Междунар. конф. и III молодёжной шк.-семинара. – Улан-Удэ: ГИН СО РАН, 2012. – С. 121–125.

40. ***Монгуш А.А.*** Краткая тектоническая история геологических формаций и образование Котловин Больших озёр Западной Монголии // Экосистемы Центральной Азии: исследование, сохранение, рациональное использование: Материалы XI Убсу-Нурского Междунар. симп. (03–08.07.2012, Кызыл). – Кызыл: ТувГУ, 2012. – С. 407–410.

41. ***Монгуш А.А., Лебедев В.И.,*** Ковач В.П., ***Сугоракова А.М., Дружкова Е.К.*** Субдукционно связанные и внутриплитные раннекембрийские вулканиты Таннуольской зоны (Алтае-Саянская складчатая область) // Магматизм и метаморфизм в истории Земли: Тез. докл. XI Всерос. петрогр. совещ. с участием зарубежных учёных (24–28.08.2010, Екатеринбург) / Отв. ред. В.А. Коротеев. – Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, 2010. – Т. 2. – С. 75–86.

42. ***Монгуш А.А., Сугоракова А.М.*** Позднеордовикский возраст и источники магм габброидов центральной части Каахемского магматического ареала (по данным $^{40}Ar/^{39}Ar$, Sm-Nd и ICP-MS методов) // Природные системы и экономика приграничных территорий Тувы и Монголии: фундаментальные проблемы, перспективы рационального использования: Материалы Молодёжной науч. конф. с междунар. участием (11–13.04.2012, Кызыл) [Электрон. ресурс: апр. 2012]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 26–30. – Режим доступа: http://www.ipc-publisher.ru, свободный.

43. ***Mongush A.A.*** Fragments of Paleooceanic Formations in Accretionary Complexes by Western Tuva // Geogynamic Evolution, Tectonics and Magmatism of the Central Asian Orogenic Belt: Intern. Field Excursion in the Russian Altai and Workshop (20–30.06.2010, Novosiibirsk) [Электрон. ресурс]. – Novosiibirsk: Sibprint, 2010. – P. 234–236. – Режим доступа: http://altay2010.igm.nsc.ru/, свободный.

44. ***Mongush A.A.*** Spatial Overlapping of Early-Cambrian Subduction Related and Intraplate Volkanites of the Tannu-Ola Zone (Tuva) and Some Features of Preliminary Stages of CAMB Caledonian Supper-Terrain Formation // Geogynamic Evolution, Tectonics and Magmatism of the Central Asian Orogenic Belt: Intern. Field Excursion in the Russian Altai and Workshop (20–30.06.2010, Novosiibirsk) [Электрон. ресурс]. – Novosiibirsk: Sibprint, 2010. – P. 236–238. – Режим доступа: http://altay2010.igm.nsc.ru/, свободный.

45. ***Ойдуп Ч.К., Монгуш А.А., Хураган Ч.М.*** Платинометалльная минерализация на территории Каахемского офиолитового пояса (Тува) // Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения: Материалы XIV Междунар. совещ. по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (РКВ–2010) (02–10.09.2010, Новосибирск). – Новосибирск: Апельсин, 2010. – С. 516–521.

46. ***Ойдуп Ч.К.,*** Леснов Ф.П., ***Лебедев В.И.,*** Лях А., ***Дружкова Е.К.*** Новые данные по геологии габброидного комплекса Хамсаринской островодужной зоны (Восточная Тува) // Large Igneous Provinces of Asia, Mantle Plumes and Metallogeny: Intern.Symp. – Иркутск, 2011. – С. 170–173.

47. ***Oydup Ch.K.,*** Lesnov F.P. Birdag and Khayalyg Polygenic Ultramafic-Mafic Massifs — Manifestations of Late Ordovician Interplate Magmatism in South-Western Tuva // Geogynamic Evolution, Tectonics and Magmatism of the Central Asian Orogenic Belt: Intern. Field Excursion in the Russian Altai and Workshop (20–30.06.2010, Novosiibirsk) [Электрон. ресурс]. – Novosiibirsk: Sibprint, 2010. – P. 224–226. – Режим доступа: http://altay2010.igm.nsc.ru/, свободный.

48. ***Ойдуп Ч.К.,*** Леснов Ф.П., Палесский С.В., Королюк В.Н. Редкоземельные элементы в цирконах из пород ультрамафит-мафитового комплекса Юго-Западной Тувы // Магматизм и метаморфизм в истории Земли: Тез. докл. XI Всерос. петрогр. совещ. с участием зарубежных учёных (24–28.08.2010, Екатеринбург) / Отв. ред. В.А. Коротеев. – Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, 2010. – Т. 2. – С. 107–108.

49. ***Прудников С.Г.*** Неогеновые золотоносные россыпи Тувы и Западного Саяна // Современные проблемы геологии и разведки полезных ископаемых: Материалы Междунар. конф. (05−08.10.2010, Томск). – Томск, 2010 – С. 37–38.

50. ***Прудников С.Г.*** Формационно-геоморфологическая модель россыпеобразования на примере Саяно-Тувинского нагорья // Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения: Материалы XIV Междунар. совещ. по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (РКВ–010) (02–10.09.2010, Новосибирск). – Новосибирск: Апельсин, 2010. – С. 574–578.

51. ***Прудников С.Г., Хураган Ч.М.*** Условия образования россыпей в Амыло-Систигхемском золотоносном районе (Тува) // Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения: Материалы XIV Междунар. совещ. по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (РКВ–010) (02–10.09.2010, Новосибирск). – Новосибирск: Апельсин, 2010. – С. 578–582.

52. ***Прудников С.Г.*** Закономерности размещения эндогенного золотого оруденения на территории Саяно-Тувинского нагорья // Природные системы и экономика приграничных территорий Тувы и Монголии: фундаментальные проблемы, перспективы рационального использования: Материалы Молодёжной науч. конф. с междунар. участием (11–13.04.2012, Кызыл) [Электрон. ресурс: апр. 2012]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 30–34. – Режим доступа: http://www.ipc-publisher.ru, свободный.

53. ***Прудников С.Г.,*** Кальная О.И., Доможакова Е.А., Самбуу А.Д., Арчимаева Т.П., Забелин В.И., Ялышева Е.В., Саая А.Д., Аюнова О.Д. Экологическое состояние природной среды на площади Ак-Сугского рудного узла (Северная Тува) // Экосистемы Центральной Азии: исследования, сохранение, рациональное использование: Материалы XI Убсунурского Междунар. симп. (03–08.07.2012, Кызыл). – Кызыл: ТувГУ, 2012. – С. 314–321.

54. ***Рычкова К.М.*** Изотопы гелия в подземных флюидах востока Тувы и юго-запада Байкальской рифтовой зоны // Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды и жизнь: Всерос. конф. с междунар. участием (18–22.10.2010, Москва). – М., 2010. – С. 468–471.

55. ***Рычкова К.М.,*** Оюн Л.А. Флюидный и тектонический режим Тувы и прилегающих территорий // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: Всерос. конф. с участием иностранных учёных. – Томск: Изд-во НТЛ, 2012. – С. 337–340.

56. ***Рычкова К.М.,*** Соколова Л.С. Тепломассопоток в зоне сочленения Алтае-Саянской складчатой области и Байкальской рифтовой зоны // Кайнозойский континентальный рифтогенез: Материалы Всерос. симп. с междунар. участием, посвящ. памяти Н.А. Логачева в связи с 80-летием со дня рожд. (07–11.06.2010, Иркутск) / Под ред.: Е.В. Склярова, С.В. Рассказова. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010. – Т. 2. – С. 100–102.

57. Сапелкина Т.В., ***Дружкова Е.К.,*** Кара-Сал Б.К. Исследование процессов при термической обработке цеолитсодержащих пород Тувы // Природные системы и экономика приграничных территорий Тувы и Монголии: фундаментальные проблемы, перспективы рационального использования: Материалы Молодёжной науч. конф. с междунар. участием (11–13.04.2012, Кызыл) [Электрон. ресурс: апр. 2012]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 54–56. – Режим доступа: http://www.ipc-publisher.ru, свободный.

58. ***Сугоракова А.М., Монгуш А.А.*** Щелочные гранит-кварцевосиенитовые и габброидные массивы центральной части Каахемского батолита (Восточная Тува) // Магматизм и метаморфизм в истории земли: Тез. докл. XI Всерос. петрогр. совещ. с участием зарубежных учёных (24–28.08.2010, Екатеринбург) / Отв. ред. В.А. Коротеев. – Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, 2010. – Т. 2. – С. 270–271.

59. Сугоракова Г.Г., ***Сугоракова А.М.*** Перспективы базальтовых технологий в Туве // Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности / Под ред. А.П. Кудинова: Сб. тр. 9-й Междунар. науч.-практ. конф. (22–23.**04.**2010, СПб.). – СПб.: Изд-во ПТУ, 2010. – С. 227–231.

60. ***Сугоракова А.М.,*** Чупикова С.А., Калуш Ю.А., Аюнова О.Д. Сравнительный анализ показателей фрактальной размерности рельефа, речной сети и системы тектонических разломов Восточной Тувы // Кайнозойский континентальный рифтогенез: Материалы Всерос. симп. с междунар. участием, посвящ. памяти Н.А. Логачева в связи с 80-летием со дня рожд. (07–11.06.2010 г., Иркутск): В 2 т. / Под ред. Е.В. Склярова, С.В. Рассказова. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010. – Т. 2. – С. 132–135.

Sugorakova A.M., Chupikova S.A., Kalush Yu.A., Ayunova O.D. The comparative analysis of indicators of the relief fractal dimensionalities, river drainage and tectonic faults system of Eastern Tuva // Cenozoic Continental Rifting: Proceeding of All-Russia Symposium with International Participence Dedicated to the Memory of Academician N.A. Logatchev in Connection with the 80-th Anniversary of his birth: In 2 volumes / Editors-in-Chief E.V. Sklyarov, S.V. Rasskazov. – Irkutsk: Institute of the Earth's Crust SB RAS, 2010. – V. 2. – P. 135–138.

61. Хольшина М.А., ***Бутанаев Ю.В.*** Реализация республиканских целевых программ // Социально-экономическая политика государства и возможности её реализации в современных условиях: III Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: Приволжск. Дом знаний, 2011. – С. 106–108.

62. Эрдэнэжаргал Ч., Козаков И.К., ***Лебедев В.И.*** Особенности метаморфических комплексов Тацингольского блока (Центральная Монголия) // Природные системы и экономика приграничных районов Тувы и Монголии: фундаментальные проблемы, перспективы рационального использования: Материалы Молодёжной науч. конф. с междунар. участием (11–13.04.2012, Кызыл) [Электрон. ресурс: апр. 2012]. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2012. – С. 35–36. – Режим доступа: http://www.ipc-publisher.ru, свободный.

63. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Козловский А.М., Кудряшова Е.Б., Ковач В.П., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., ***Лебедев В.И.,*** Энжин Г., Эрдэнэжардал Ч. Проблема образования батолитов Центральной Азии // Магматизм и метаморфизм в истории земли: Тез. докл. XI Всерос. петрогр. совещ. с участием зарубежных учёных (24–28.08.2010 г., Екатеринбург) / Отв. ред. В.А. Коротеев. – Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, 2010. – Т. 2. – С. 372–373.

ПУБЛИКАЦИИ В МАТЕРИАЛАХ РОССИЙСКИХ КОНФЕРЕНЦИЙ:

1. Анкушева Н.Н., ***Кужугет Р.В.*** Условия формирования кварца из жил Арысканского золото-кварц-березитового месторождения (Западная Тува) по данным изучения флюидных включений // Металлогения древних и современных океанов–2012. Гидротермальные поля и руды: Материалы XVIII Молодёжной науч. шк. (22–27.04.2012, Миасс). – Миасс: ИМинУрО РАН, 2012. – С. 213–217.

2. Бурдин В.Н., ***Лебедев В.И., Бурдин Н.В.*** Проблемы экологии старых техногенных отвалов золотодобычи // Проблемы устойчивого развития региона: Материалы VI шк.-семинара молодых учёных России (14–19.06.2011, Улан-Удэ). – Улан-Удэ, 2011. – С. 138–140.

3. Бурдин В.Н., ***Лебедев В.И., Бурдин Н.В.*** Тревожная экологическая обстановка с картами захоронения комбината «Тувакобальт» // Проблемы устойчивого развития региона: Материалы VI шк.-семинара молодых учёных России (14–19.06.2011, Улан-Удэ). – Улан-Удэ, 2011. – С. 140–142.

4. ***Бутанаев Ю.В., Прудников С.Г.*** Оценка активного тектонического влияния на условия строительства Кызыл-Таштыгского горно-обогатительного комбината (Тыва) // Геология Западного Забайкалья: Материалы Всерос. молодёжной науч. конф. – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2011. – С. 22–25.

5. Врублевский В.В., Никифоров А.В., Козулина Т.В., ***Сугоракова А.М.,*** Лыхин Д.А., Гертнер И.Ф., Юдин Д.С. Ar^{40}/Ar^{39} хронометрия фояитов горы Дахунурской Центрального Сангилена: эпизод карбонового магматизма Юго-Восточной Тувы // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: Материалы Всерос. науч. совещ. (18–21.10.2011, Иркутск). – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2011. – Вып. 9. – С. 54–55.

6. Донгак Р.Ш., ***Ойдуп Ч.К.,*** Шацкая С.С. Химический состав и результаты по литию соленых озёр в Юго-Восточной Туве // Минерагения Северо-Восточной Азии: III Всерос. науч.-практ. конф. (13–17.11.2012, Улан-Удэ). – Улан-Удэ, 2012. – С. 57–63.

7. ***Кужугет Р.В., Монгуш А.А.,*** Мелекесцева И.Ю., Котляров В.А. Морфология и геохимия самородного золота Хаак-Саирского месторождения (Западная Тува) // Геология Западного Забайкалья: Материалы всерос. молодёжной конф. (07–09.04.2011, Улан-Удэ). – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2011. – С. 81–85.

8. ***Кужугет Р.В., Монгуш А.А.*** Фации глубинности и продуктивные минеральные ассоциации плутоногенных золото-кварцевых объектов Алдан-Маадырской золоторудной зоны, Западная Тува // Уральская минералогическая школа–2012: Материалы Всерос. науч. конф. студентов, аспирантов, науч. сотр. академ. ин-тов и преподавателей вузов геол. профиля. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2012. – С. 79–83.

9. ***Лебедев В.И.*** Возрождение кобальтового производства в Республике Тыва // Дорожная карта для инвестиций. Инфраструктурные проекты России 2012: Материалы IV Общерос. форума (16–18.10.2012, Мосинтерфин, Москва). – М., 2012. – С. 64–69.

10. Мелекесцева И.Ю., Котляров В.А., ***Кужугет Р.В., Монгуш А.А.*** Золото месторождения Арыскан и рудопроявления Дуушкунныг, Алдан-Маадырская золоторудная зона (Западная Тува) // Металлогения древних и современных океанов – 2010. Рудоносность рифтовых и островодужных структур: Материалы XVI науч. молодёжной шк. (19–23.04.2010, Миасс). – Миасс: ИМин УрО РАН, 2010. – С. 201–205.

11. ***Монгуш А.А.*** О металлогенической специализации на титан булкинского расслоенного перидотит-габбрового комплекса (Западный Саян, Тува) // Современные проблемы геологии и разведки полезных ископаемых: Материалы Всерос. конф. (05−08.10.2010, Томск). – Томск: ТПУ, 2010. – С. 473–478.

12. ***Монгуш А.А.*** Магматические породы баянкольской и тапсинской олистостром и источники их сноса (Тува): корреляция геохимических данных // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: Материалы Всерос. науч. совещ. (18–21.10.2011, Иркутск). – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2011. – Вып. 9. – С. 147–148.

13. ***Монгуш А.А.*** Схема тектономагматической эволюции поздневендской юной островной дуги (Тува, Западный Саян) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса: Материалы Всерос. науч. совещ. (18–21.10.2011, Иркутск). – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2011. – Вып. 9. – С. 149–151.

14. ***Монгуш А.А., Кужугет Р.В.*** Возраст, состав и тектоническое положение Дуушкуннугского габбрового массива (Западная Тува) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещ.: В 2-х томах. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2012. – Т. 2, вып. 10. – С. 25–26.

15. ***Ойдуп Ч.К.,*** Леснов Ф.П. Петрология ультрамафит-мафитового комплекса Юго-Западной Тувы // Металлогения древних и современных океанов – 2010. Рудоносность рифтовых и островодужных структур: Материалы XVI науч. молодёжной шк. (19–23.04.2010, Миасс). – Миасс: ИМин УрО РАН, 2010. – С. 228–236.

16. ***Рычкова К.М.,*** Копылова Ю.Г., Оюн Л.А. Химический и газовый состав, изотопы гелия в подземных водах Тувы // XX Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. – Иркутск, 2012. – С. 236–240.

17. Сапелкина Т.В., Кара-Сал Б.К., ***Дружкова Е.К.*** Исследование состава цеолитсодержащих пород Тувы // Металлогения древних и современных океанов–2012. Гидротермальные поля и руды: Материалы XVIII Молодёжной науч. шк. (22–27.04.2012, Миасс). – Миасс: ИМинУрО РАН, 2012. – С. 348–349.

18. ***Сугоракова А.М., Монгуш А.А.*** Позднеордовикская гранитоидно-игнимбритовая вулканоплутоническая ассоциация в Каахемском магматическом ареале (Восточная Тува) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы совещ. – Иркутск: Ин-т земной коры СО РАН, 2012. – Т. 2, вып. 10. – С. 109–110.

19. ***Хураган Ч.М., Прудников С.Г.*** Самородное золото коренных и россыпных месторождений Куртушибинского золотоносного пояса (Восточный Саян) // Геология Западного Забайкалья: Материалы Всерос. молодёжной науч. конф. (7–9.04.2011, Улан-Уде). – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского гос. ун-та, 2011. – С. 121–124.

Научное издание
Утверждено к печати Учёным советом ТувИКОПР СО РАН

ЭВОЛЮЦИЯ ФАНЕРОЗОЙСКОГО МАГМАТИЗМА И СОПУТСТВУЮЩЕГО ОРУДЕНЕНИЯ: ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ, ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУР ТУВЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ МОНГОЛИИ
(РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО БАЗОВОМУ КОНКУРСНОМУ ПРОЕКТУ СО РАН VII.58.2.2)

Ответственный редактор доктор геолого-минералогических наук В.И. Лебедев

Редактор, оригинал-макет, вёрстка: *О.С. Черезова*
Технические редакторы: *С.С. Лемешева, О.С. Черезова, А.А. Черезов*
Графика: *Л.А. Непомнящая, О.С. Черезова*
Корректоры: *Л.А. Непомнящая, С.С. Лемешева*
Программист (размещение
и поддержка в интернете): *А.А. Черезов*

Подписано к печати 15.04.2013
Формат 70×108/16
Гарнитуры: «Arial», «Century Gothic», «Times New Roman»
Печать лазерная
Авт. л. 8,8. Уч.-изд. л. 6,4
Тираж 100 экз. + [Электрон. ресурс]
Заказ 126

Федеральное государственное учреждение науки
Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов
Сибирского отделения Российской академии наук
(ФГУН ТувИКОПР СО РАН)

667007, Кызыл, Респ. Тыва,
ул. Интернациональная, 117-а
http://www.ipc-publisher.ru