

Страницы истории ТПУ

УДК 553.411.491:550.42

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ, УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

А.Ф. Коробейников

Томский политехнический университет
E-mail: lev@tpu.ru

Рассмотрена деятельность научно-образовательной школы Томского политехнического университета по геологии и геохимии благородных металлов в Сибири. Дана краткая информация по истокам школы, о работе над решением фундаментальных научных проблем геологии, геохимии, рудогенеза месторождений золота, платиновых и редких металлов, их прогнозирования, поисков, а также по организационному преобразованию учебного процесса направления "Геология и разведка полезных ископаемых" и по подготовке кандидатов и докторов наук.

Коллективом геолого-аналитического центра "Золото-платина" ТПУ, организованного профессором А.Ф. Коробейниковым, первоначально изучались вопросы геологии и геохимии золота в эндогенных процессах, а в последнее десятилетие исследовались закономерности формирования и размещения нетрадиционных комплексных руд золота, платиновых и редких металлов, образованных в различных структурах земной коры [1–8]. Научные исследования охватили решение многих проблем геологии золоторудных полей и месторождений Сибири, Казахстана, выявление их рудно-метасоматической и геохимической зональности, геохимии золота, платины, палладия, редких элементов в магматических, метасоматических и гидротермально-жильных процессах, закономерностей формирования и размещения известных и новых типов нетрадиционных комплексных руд, классификаций золото-платиноидных, золото-редкометалльных, золото-платиноидно-редкометалльных комплексных месторождений и проявлений, критериев и признаков прогнозирования и поисков нетрадиционного минерального сырья в различных регионах Сибири и Казахстана. Особое внимание уделялось проблемам золотоносности и платиноносности черносланцевых формаций [2, 4, 7].

Истоки зарождения научно-образовательной школы

Истоки зарождения научно-образовательной школы следует искать в научном наследии Владимира Афанасьевича Обручева – корифея геологической мысли начала прошлого века. В 1901 году В.А. Обручев возглавлял горное отделение в Томс-

ком технологическом институте (ныне политехническом университете). В этот период он не только организовывал высшее горно-геологическое образование в Сибири, но и продолжал активные научные исследования геологии золотоносных районов и золоторудных месторождений Сибири.

До конца XIX века геологические исследования в золотоносных регионах Сибири выполнялись sporadически и были связаны с экспертизами отдельных известных россыпных и коренных рудных объектов. Лишь в 1889 году В.А. Обручев – первый штатный геолог Сибири – начал систематические исследования вдоль стоящейся транссибирской железной дороги и в золотоносных регионах. В 1890–91 гг. изучал золотоносность Олекминско-Витимской горной страны, а с 1885 по 1898 гг. – золотоносность юго-западной части Забайкалья. В 1901–1912 гг. им проводились систематические исследования золотоносности Колыванского хребта, Мариинской тайги, Восточного склона Кузнецкого Алатау, Забайкалья. Одновременно Владимир Афанасьевич изучал фондовые материалы по геологии и золотоносности всех известных горнопромышленных районов Сибири. Результаты обобщения и личных детальных геологических исследований были опубликованы в известных очерках "Геологические обзоры золотоносных районов Сибири". К изучению геологии золотоносных регионов и месторождений золота Сибири он активно привлекал талантливую молодежь – П.П. Гудкова, М.А. Усова, Л.Л. Тове, Н.Н. Павлова, А.И. Козлова, В.Д. Рязанова, Д.Ф. Фроста, Н.С. Пенна, Н.Н. Урванцева, Б.Л. Степанова, И.А. Молчанова, Ф.Н. Шахова,

М.К. Коровина, Н.Н. Горностаева, которые позже стали профессорами высших учебных заведений или руководящими работниками горной промышленности в Сибири.

В.А. Обручев всегда подчеркивал важность изучения геологии золотоносных районов и золоторудных месторождений, необходимость выявления природы отдельных месторождений и рудных тел, установления связи оруденения с различными типами магматических образований. В своих ранних публикациях он обращался к систематике коренных месторождений золота и к формационному анализу. Уже тогда им отмечалась важность выяснения зональности эндогенного оруденения. В этот период В.А. Обручевым были сформулированы основные цели и задачи геологических исследований, направленные на укрепление минерально-сырьевой базы золотодобывающей отрасли. Одновременно закладывалась научная основа известной Сибирской геологической школы.

После переезда В.А. Обручева в 1912 году в Москву исследования геологии месторождений золота Сибири были продолжены его учениками, а

также геологами Москвы и Петрограда. Однако общее научное руководство этими работами оставалось за Владимиром Афанасьевичем.

Широкие научно-исследовательские, поисковые и разведочные работы на благородные металлы развернулись после Великой Отечественной войны 1941–1945 гг., в которых активное участие принимали геологи Томского политехнического института. Такие исследования проводились в регионах Алтае-Саянской складчатой области, Горного Алтая, Казахстана, Забайкалья, Якутии, Хабаровского и Приморского краев, Северо-Востока СССР. Это потребовало объединения и координации усилий всех геологов Сибири. Поэтому в 1965 году при Томском политехническом институте была организована на общественных началах постоянно действующая Комиссия по изучению золотоносности Сибири во главе с профессором А.М. Кузьминым. С 1968 года эту Комиссию возглавил член-корреспондент АН СССР Ф.Н. Шахов, бывший профессор ТПИ. Комиссия организовала две Международные конференции по итогам изучения золотоносности Сибири в 1966 и 1968 гг. в г. Томске и опубликовала научные материалы.



Фото 1. Состав сотрудников геолого-аналитического центра "Золото-платина" 2003 г. Нижний ряд — Т.Ю. Зыкина (инженер-программист кафедры ГМРП), Е.А. Смышляева (аспирантка, химик-аналитик), Н.А. Колпакова (профессор кафедры аналитической и физической химии), А.Ф. Коробейников (профессор кафедры ГМРП), А.Я. Пшеничкин (зав. лаб. геологии золота), Г.А. Новикова (химик-аналитик). Верхний ряд — В.Г. Ворошилов (доцент кафедры ГМРП), А.А. Поцелуев (зав. кафедрой ГМРП), Ю.С. Ананьев (доцент кафедры ГМРП), Э.В. Горчаков (химик-аналитик), Л.Г. Гольц (аспирантка, химик-аналитик), З.С. Михайлова (химик-аналитик). Перечисление слева-направо

В разработке поставленных геологических проблем по обеспечению и развитию минерально-сырьевой базы золотой промышленности во второй половине прошлого столетия принимали участие сотрудники ТПИ–ТПУ А.А. Ананьев, Ю.С. Ананьев, В.И. Баженов, А.И. Баженов, В.К. Бернатонис, П.В. Бернатонис, А.К. Вальд, Б.Д. Васильев, В.М. Волков, В.Г. Ворошилов, Г.Ю. Боярко, Л.Я. Ерофеев, Г.А. Иванкин, С.К. Кныш, Ю.Г. Копылова, А.Ф. Коробейников, А.М. Кузьмин, И.В. Кучеренко, А.В. Мацюшевский, А.Д. Миков, Ю.А. Мозголин, И.М. Нейфельд, Г.Г. Номоконова, В.Е. Номоконов, Л.М. Петровский, А.А. Поцелуев, А.М. Сазонов, В.Н. Сальников, В.А. Сараяв, Е.В. Черняев, Г.В. Шубин, а также сотрудники ТГУ А.Я. Булытников, В.А. Врублевский, А.И. Гончаренко, М.П. Кортусов, И.И. Кузоватов, И.И. Матросов, В.Н. Сергеев, В.И. Стреляев, А.И. Чернышов. В полевых геологических исследованиях и в обработке материала летних экспедиций активно участвовали студенты-геологи ТПУ и ТГУ.

В этот период на геологоразведочном факультете ТПИ была организована научно-исследовательская лаборатория геологии золота, научными руководителями которой в разное время были доцент Б.Д. Васильев, профессора Г.В. Шубин и А.Ф. Коробейников, а зав. лабораторией – к.г.-м.н. А.Я. Пшеничкин. Научные исследования золотоносности регионов выполнялись по следующим направлениям: 1) геология, минералогия, геохимия золоторудных полей и месторождений Сибири, методы их прогнозирования и поисков (руководители тем проф. А.М. Кузьмин, проф. Г.В. Шубин, проф. А.Ф. Коробейников, проф. И.В. Кучеренко, доц. Б.Д. Васильев); 2) гидрогеохимические методы поисков золоторудных месторождений (руководители проф. П.А. Удодов, проф. С.Л. Шварцев, проф. Н.М. Рассказов, с.н.с. Ю.Г. Копылова); 3) геофизические методы поисков золоторудных месторождений (руководители проф. Д.С. Миков, проф. Л.Я. Ерофеев); 4) разработка методов анализа рудного вещества на благородные металлы (руководители проф. А.Г. Стромберг, проф. Н.А. Колпакова).

Организация геолого-аналитического центра "Золото-платина"

С целью объединения и координации научной деятельности коллективов для решения основных научных проблем геологии благородных металлов А.Ф. Коробейниковым в 1989 году был создан на общественных началах геолого-аналитический центр "Золото-платина" при ТПУ. В состав центра вошли коллективы геологоразведочного факультета ТПИ (кафедра геологии и разведки месторождений полезных ископаемых, кафедра минералогии и петрографии, кафедра общей и исторической геологии, кафедра полезных ископаемых и геохимии редких и радиоактивных элементов, кафедра геофизических методов поисков и разведки полезных

ископаемых), химико-технологического факультета (кафедра общей неорганической и кафедра физической химии), научно-исследовательского института ядерной физики при ТПИ (реактор ТПИ).

Кроме сотрудников этих кафедр и НИИ выполнением госбюджетных и хоздоговорных тем занимаются коллективы двух лабораторий: лаборатории благородных металлов (зав. лабораторией к.г.-м.н. А.Я. Пшеничкин) и аналитической лаборатории (зав. лабораторией д.х.н., профессор Н.А. Колпакова). Коллектив центра включает 8 докторов наук (А.Ф. Коробейников, Н.А. Колпакова, Л.П. Рихванов, И.В. Кучеренко, В.Н. Сальников, С.Л. Шварцев, Л.Я. Ерофеев, Г.Ю. Боярко) и 27 кандидатов наук, а также 10–15 ежегодных аспирантов геологических и химических специальностей.

Основными направлениями деятельности научно-исследовательского центра "Золото-платина" являются:

- разработка научных основ формирования, размещения, прогнозирования и поисков золотых, нетрадиционных комплексных золото-платиноидно-редкометалльных месторождений;
- разработка новых и моделирование известных методов инверсионно-вольтамперметрических, рентгено-флюоресцентных анализов природного вещества на золото-платиновые и редкие металлы;
- подготовка высококвалифицированных специалистов-инженеров, магистров, кандидатов и докторов наук.

Научно-образовательная деятельность

С 1968 года А.Ф. Коробейников возглавляет лабораторию геологии золота ТПИ на общественных началах, а затем геолого-аналитический центр "Золото-платина" ТПИ–ТПУ. Со второй половины XX века он активно занимается решением фундаментальных проблем геологии, минералогии и геохимии золота рудоносных регионов Сибири и Средней Азии, а также организацией и модернизацией учебного процесса направления "Геология и разведка полезных ископаемых" и специальности "Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых".

Первоначально основное внимание уделялось геологии, геохимии золота в эндогенных процессах земной коры, прогнозированию и поискам месторождений, а затем – изучению закономерностей образования и размещения нетрадиционных комплексных золото-платиноидно-редкометалльных руд, возникавших в различных структурных обстановках.

В последующие годы коллектив центра разрабатывал такие научно-исследовательские темы:

- "Комплексное исследование условий формирования и размещения золоторудных месторождений Сибири и Казахстана при эволюции земной коры";

- "Закономерности формирования месторождений благородных металлов в черносланцевых толщах Сибири и Казахстана";
- "Генетические модели и прогнозирование месторождений золоторудных формаций в палеозойских складчатых регионах Сибири";
- "Прогнозирование, поиски и оценка проявлений редких и благородных металлов Хакасии";
- "Разработка критериев оценки сопутствующих платиноидов и редких металлов в золотых рудах черносланцевых толщ офиолитовых поясов Сибири";
- "Построить генетические модели, разработать критерии прогнозирования месторождений золоторудных формаций в палеозойских складчатых структурах Сибири";
- "Разработать теоретические основы, закономерности формирования, прогноза, поисков и оценки скрытого золото-платиноидного оруденения в регионах Сибири";
- "Разработать технологии ускоренного освоения нетрадиционных видов рудного сырья на золото, серебро и платиновые металлы";
- "Закономерности формирования месторождений благородных металлов в черносланцевых толщах Сибири";
- "Закономерности формирования месторождений золота скарновой формации";
- "Золото-платиновые руды в метасоматических зонах черносланцевых толщ офиолитовых поясов";
- "Оценка платиноносности Бакчарского железорудного месторождения";
- "Закономерности формирования месторождений благородных металлов в зонах тектоно-магматической активизации различных структур земной коры";
- "Изучение платиноносности и золотоносности зон развития базит-гипербазитового магматизма Томь-Яйского междуречья";
- "Геодинамическая обстановка и условия образования комплексных золото-платиноидных месторождений в черносланцевых формациях";
- "Оценка платиноносности эфелей Артемовской ЗИФ (запруды № 4)";
- "Оценка платиноносности кор выветривания западного фланга Константиновского железорудного месторождения";
- "Оценка золотоносности и платиноносности месторождений Северо-Западной части рудного Алтая";
- "Создание геолого-генетической модели Каратавского рудопроявления золота";
- "Исследование закономерностей формирования и размещения нетрадиционных комплекс-



Фото 2. Доценты В.Г. Ворошилов и Ю.С. Ананьев за изучением космоснимка

- ных золото-платино-редкометалльных месторождений Сибири”;
- “Критерии прогнозирования, поисков и оценки нетрадиционного комплексного золото-платиноидного оруденения на основе разработки новых инверсионно-вольтамперометрических методов анализа вещества на Au, Ag, Pt, Pd, Rh, Ir, Os, Ru”;
 - “Разработка теоретических основ образования, размещения, прогнозирования и поисков нетрадиционных типов золото-платиноидных месторождений в черносланцевых толщах складчатых поясов”;
 - “Закономерности формирования золотого оруденения в скарново-магнетитовых полях и месторождениях Сибири”;
 - “Переоценка золоторудных, сульфидных, магнетитовых, хромитовых и других типов месторождений и отходов горнорудного производства на комплексное благороднометалльное оруденение”;
 - “Закономерности формирования и размещения комплексных месторождений золота и платиновых металлов в различных регионах Сибири”;
 - “Закономерности формирования нетрадиционных золото-платиноидных месторождений в черносланцевых формациях Сибири”.

А.Ф. Коробейниковым с коллегами разрабатываются теоретические основы эндогенного рудообразования, геохимии благородных металлов, новые приемы прогнозирования, поисков и оценки золотого и комплексного золото-платиноидно-редкометалльного оруденения промышленного типа в различных структурах земной коры. Созданная им в Томске научно-образовательная школа успешно выполняет важные теоретические и прикладные научные исследования, направленные на разработку проблем благороднометалльного рудообразования и на укрепление сырьевой базы горнорудных предприятий России и стран СНГ, а также на подготовку высококвалифицированных специалистов – горных инженеров геологов, магистров геологии, кандидатов и докторов наук для производственных, научных и учебных организаций страны.

Исследованиями установлены основные закономерности образования и размещения месторождений золота и платины в связи с процессами рифтогенеза, палеодиапиризма, мантийно-корового магматизма и метасоматизма в соответствии с геодинамическим развитием земной коры. Выявлена региональная и локальная структурная, минералогическая, геохимическая зональность различного оруденения, обусловленная глубиной становления палеодиапиров, магматитов, метасоматитов в глубинных расколах земной коры и проявления плумтектоники. Для разных типов месторождений определены однотипная рудно-метасоматическая вертикальная зональность размещения разных типов метасоматитов и руд в магмо-рудно-метасома-

тических колоннах протяженностью 1,5...3 км по вертикали. В этих колоннах установлено одно-двухволновое размещение богатой продуктивной минерализации (рудных столбов) в вертикальных диапазонах 240...400, 400...600 и 800...1200 м.

Большие достижения получены при расшифровке геохимии золота в магматических и метасоматических процессах земной коры и мантии. Установлено перераспределение и вынос металла до 50 % при внутримантийном метасоматизме вещества и фракционирование золота во флюидную фазу в магматических и метасоматических процессах земной коры с возникновением глубинных и коровых рудообразующих систем. Получены количественные показатели накопления и рассеяния благородных металлов в продуктах гидротермально-метасоматических процессов и доказана ступенчатая последовательность формирования промышленного оруденения в крупных структурах интрузий и метасоматитов:

- 1) Для продуктивных интрузий свойственны признаки образования нескольких интрузивных фаз, повышенная основность гранитоидных пород, преобладание Na над K на 0,5...2 %, Cl над F во флюидной фазе (Cl:F=2...50), явление щелочного автотасоматоза в апикальных частях интрузивов, развитие магнезиально-известковых скарнов, признаки проявления глубинных флюидов, определяемые по наличию карбидов, самородных элементов (SiC, Fe₃C, C, Au, Ag, Bi, Pb, Zn, Cu), по золотоносным (1...9,8·10⁻⁶ моль/л Au) расплавно-рассольным включениям в шпинели.
- 2) Тесная связь между дайкообразованием и оруденением с развитием до-, внутри- и послерудных даек.
- 3) В сложнзональных дайковых телах габбро-долеритов, диабазов, лампрофиров, сформированных путем многократного внедрения расплава из промежуточных очагов-камер, установлено 2...3 кратное накопление золота в поздних генерациях даек: $K_{Au}^{Au}=1,8...7,5$.
- 4) Для продуктивных интрузий характерны такие геохимические показатели: для пород и минералов $\bar{x}_{Au} \geq 3...4,5$ мг/т, $K_{Au} \geq 2...3$, $V_{Au} \geq 80$ %; для контактовых метасоматитов $\bar{x}_{Au} \geq 5...30$ мг/т, $K_{Au} \geq 5...230$, $V_{Au} \geq 100$ %; для непродуктивных интрузий – $\bar{x}_{Au} \leq 0,8...1,8$ мг/т, $K_{Au} < 1...1,7$, $V_{Au} < 70$ %.

Этапу образования флюидонасыщенных магм и сопровождающих металлоносных флюидов в пределах верхней мантии предшествовали явления внутримантийного метасоматизма и накопления Au, элементов платиновой группы (ЭПГ) в возникавших флюидных системах: коэффициенты фракционирования Au между расплавом и флюидом составляли 1:53...300. В земной коре магматические процессы сопровождались метасоматизмом с образованием крупных магмо-рудно-метасоматических колонн в рифтогенных глубинных разломах. Длительно суще-

ствовавшие термофлюидопотоки обеспечивали широкий фронт перераспределения и выноса металлов боковых пород по пути продвижения флюидов. Ремобилизация благородных металлов из гипербазит-базитов, углеродистых сланцев следовала при щелочном метасоматозе с коэффициентами накопления $K_{Au}^{Au} = 0,8...0,4$ и $1,3...300$ при березитизации-лиственитизации, грейзенизации, аргиллизации и являлись рудоподготовительными для золота и платиновых металлов. Выделены глубинные зоны ($\geq 60...80$ км), где преобладали процессы экстракции рудных элементов восходящими потоками глубинных высокотемпературных флюидов ($K_{Au,EPG}^{Au,EPG} = 0,6...0,5$), и области разгрузки флюидов (15...3 км), где расплавы и флюиды, насыщенные Au, Ag, ЭПГ, RE ($K_{Au} = 21...410$), отлагали их в зонах рудолокализации. В возникавших магмо-рудно-метасоматических колоннах проявилась вертикальная зональность: внизу скарны, щелочные метасоматиты, грейзены, пропилиты с вкрапленной золото-платино-вольфрам-молибденовой или золото-берилл-колумбитовой минерализацией; в средней части – березиты, листвениты с штокверковой золото-платино-молибден-висмут-теллуровой минерализацией; вверху – листвениты, аргиллизиты с жильными золото-сульфидно-палладий-теллуридными ассоциациями.

Инъективные дислокации, связанные с диапиризмом и проникновением глубинного вещества в

земную кору, отражаются на аэрокосмофотоснимках кольцевыми структурами и системами линейных и кольцевых структур, возникших при распаде магмо-флюидных глубинных систем в верхних частях земной коры (на уровнях 60...15 и 5...1 км). Сейсмическими методами подтверждена активизация верхней мантии на глубинах 400...300 и 220 км.

В последнее десятилетие научные исследования были направлены на обоснование геологической перспективности комплексных руд золота, платиновых и редких металлов. Они объединены в следующие группы: I – редкометалльносодержащие золото-сульфидно-кварцевые, золото-платиноидно-сульфидные, золото-платиноидно-колчеданные, золото-скарново-магнетитовые с Bi, Te, Se, Sb±W, Mo, Pt, Pd; II – золото-шеелит-кварцевые с Bi, Te, Sb; III – золото-медно-порфировые с Bi, Te, Se, Re, Mo, W, Rh, Pd, Pt, Os; IV – золото-редкометалльные с Be, Nb, Ta, Zr, Sn, W, Mo, Pt, Pd в грейзенах, альбититах; V – золото-платиноидно-редкоземельные в карбонатитах; VI – золото-платиноидно-висмутовые в сульфидизированных урритах, нефелиновых сиенитах; VII – золото-серебро-медно-палладиевые в медистых песчаниках и сланцах; VIII – золото-платиноидно-уран-ванадиевые в углеродистых толщах; IX – золото-теллур-висмутовые в колчеданных рудах с Ag, Pt, Pd, Os, Rh, Re, Bi, Cd; X – кобальт-никель-золото-платиноидные в океа-



Фото 3. Профессор Н.А. Колпакова с аспирантками Л.Г. Гольц и Е.А. Смышляевой

нических железомарганцевых и сульфидных скоплениях с Mo, Re, Bi, Se, Nb, Ta, Ce, La, Zr.

Распространенные в орогенно-рифтогенных структурах черносланцевые толщи нередко несут крупные и уникальные комплексные золото-платиноидные месторождения, например, Сухой Лог, Нежданское, Олимпиадинское, Васильевское, Воронцовское, Средняя Падма, Бакырчикское, Кумтор, Мурунтау, Любина и др. Нетрадиционные рудные поля и месторождения размещены в сводово-глыбовых, террейновых структурах, в складчатых поясах и формировались в зонах орогенеза, рифтогенеза, ТМА в областях активного проявления мантийно-корового палеодиапиризма и метасоматизма. Глубинные флюидные потоки в зонах рифтогенеза способствовали формированию металлоносных черносланцевых формаций в периоды седиментогенеза, диагенеза, тектонических деформаций с проявлением метасоматизма. Рудно-метасоматические системы такого типа развивались благодаря флюидным потокам над мантийными палеодиапирами. Совмещенные золотые, платиноидные и редкометалльные ассоциации комплексных месторождений формировались при близких соотношениях основных минерализаторов Cl и F в рудообразующих системах, что подтверждено изучением состава биотитов и газовой фазы, рассольных, расплавных включений в минералах руд, метасоматитов, магматитов. Комплексные золото-редкометалльные и золото-платиноидно-редкометалльные руды формировались при участии растворов с соотношениями Cl:F от 5:1 до 1:1. Золоторудные объекты характеризовались соотношениями Cl:F во флюидах от 2 до 100:1, а редкометалльные – от 1:30...60 и более.

Исследованиями выявлен закономерный ряд различных типов комплексных месторождений - от собственно золоторудных к редкометалльносодержащим с Bi, Te, Mo, W через редкометалльносодержащие золото-платиноидные с Bi, Te, Se, Re, Tl к комплексным Au-Be-Sn-Nb-W-Mo-Pd-Pt.

Это расширяет наши представления о возможных новых формационных и геолого-промышленных рядах золотых и комплексных золото-платиноидных, золото-платиноидно-редкометалльных месторождений образованных в специфических геологических обстановках.

Золото и платиновые металлы в комплексных месторождениях выявлены в ранних скарновых (5...30 г/т Au, 1...7,2 г/т Pt), альбит-калишпатовых (1...5 г/т Au, 0,1...1,3 г/т Pt, Os), в поздних грейзеновых, березит-лиственитовых, аргиллизитовых (1...3 г/т Au, 4...9,3 г/т Pt, Pd) метасоматитах и особенно в мышьяково-сульфидных, висмут-теллуридных ассоциациях. Для них установлена ступенчато-последовательная природа накопления Au, Ag, ЭПГ, RE, REE в зонах рудокализации в периоды седиментогенеза, метаморфизма, метасоматизма и рудоотложения. Коэффициенты накопления Au, Pt, Pd, Os, K_н изменялись от 0,5 до 9150.

Благородные металлы в рудах находятся в формах: тонкодисперсных атомарно-молекулярных (или кластерных) примесей (70...80 %) в сульфидах, оксидах, силикатах и самородных элементов, их сплавов, теллуридов, селенидов (20...30 %). Размер таких выделений обычно составляет 0,00001...0,01 и реже 0,1...0,3 мм. Ультратонкие выделения металлов существенно затрудняют их диагностику и последующее извлечение из комплексных руд.

Предложены новые варианты классификации комплексных золото-редкометалльных и золото-платиноидно-редкометалльных месторождений. Все изученные типы потенциальных комплексных рудных объектов объединены в десять групп: I–X. В основу ее приняты геологические условия формирования рудных полей, месторождений; формационные типы комплексных руд; господствующие рудно-метасоматические формации; структурно-морфологические и минеральные типы руд; минералого-геохимическая зональность комплексных объектов; геохимические индикаторы того или иного комплексного оруденения [9–11]. Классификации используются при разработке моделей геолого-генетических, формационных и геолого-промышленных типов комплексных месторождений и при прогнозно-поисковых работах в складчатых регионах.

Разработаны новые критерии и признаки прогнозирования и поисков скрытого золотого и комплексного золото-платиноидно-редкометалльного оруденения в различных структурах земной коры и новые варианты прогнозно-поисковых комплексов. Технология прогнозирования и поисков комплексных платиносодержащих руд включает геологические исследования трех этапов:

I – прогноз рудоносных площадей, включающий геолого-минералого-геохимическое специальное картирование в масштабах 1:100000–1:25000, специальное картирование метасоматитов, минералого-геохимическое картирование рудоносных площадей, определение прогнозных ресурсов категории P₃;

II – поисковые работы, включающие минералого-геохимическую съемку рудоносных участков в масштабах 1:5000–1:10000, специальное минералогическое и петрофизическое картирование перспективных площадей в тех же масштабах с подсчетом прогнозных ресурсов категории P₂;

III – поисково-оценочные работы – геолого-минералогическое и геохимическое картирование рудоносных участков в масштабах 1:5000–1:1000, бурение колонковых скважин, скважинная геофизика, петрофизика (ВП, МЭК, МЭП, КСПК) и поисковая геохимия, оценка прогнозных ресурсов по категории P₁.

Развитие образовательного комплекса

Результаты выполнения научных исследований по проблемам геологии и геохимии благородных и

редких металлов вносят ежегодный вклад в корректировку учебных планов, учебных дисциплин направления "Геология и разведка полезных ископаемых" и специальности "Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых".

Новые научные результаты вошли в авторские учебник "Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых, Томск, 1998" и в учебные пособия "Прогнозирование и поиски скрытого оруденения. Томск: ТПИ, 1987", "Прогнозирование месторождений полезных ископаемых. Томск: ТПИ, 1988", "Моделирование рудоносных площадей и месторождений. Томск: ТПУ, 1995", "Законо-

мерности образования, размещения и прогнозная оценка нетрадиционных комплексных золото-платиноидных месторождений. Томск: ТПУ, 1995", "Геологическое картирование рудных полей и месторождений. Томск: ТПУ, 1997".

Ежегодно по материалам геолого-аналитического центра "Золото-платина" готовятся и защищаются 3–4 кандидатские и докторские диссертации по геологическим и химическим специальностям в диссертационных советах Томского политехнического университета и других вузов и РАН. А.Ф. Коробейниковым подготовлено 23 кандидата и 7 докторов наук.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробейников А.Ф. Условия концентрации золота в палеозойских орогенах. Новосибирск: Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР, 1987. — 177 с.
2. Коробейников А.Ф. Новый тип золото-платиноидных месторождений в черносланцевых толщах офиолитового пояса Северо-Восточного Казахстана. Томск: Политех. ин-т, 1991. Деп. в ВИНТИ 19.03.91. № 1187-В91. — М.: 1991. — 90 с.
3. Коробейников А.Ф., Миронов А.Г. Геохимия золота в эндогенных процессах и условия формирования золоторудных месторождений. — Новосибирск: Наука СО РАН, 1992. — 217 с.
4. Коробейников А.Ф., Масленников В.В. Закономерности образования и размещения месторождений благородных металлов в черносланцевых толщах Северо-Восточного Казахстана. — Томск: Изд-во ТГУ, 1994. — 337 с.
5. Коробейников А.Ф. Закономерности образования и размещения нетрадиционных комплексных золото-платиноидных месторождений // Геология, методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых (Обзор). — М.: МГП "Геоинформмарк", 1994. — 61 с.
6. Коробейников А.Ф. Нетрадиционные золото-редкометалльные месторождения складчатых поясов: условия образования и критерии прогнозирования / Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений твердых полезных ископаемых (Обзор). — Вып. 2. — М.: ЗАО "Геоинформмарк", 1999. — 72 с.
7. Коробейников А.Ф. Нетрадиционные комплексные золото-платиноидные месторождения складчатых поясов. Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1999. — 237 с.
8. Ворошилов В.Г., Коробейников А.Ф., Чернышов А.И. и др. Металлогения (Au, Pd, Pt) магматических комплексов Томь-Яйского междуречья. — Томск: СТТ, 2001. — 220 с.
9. Коробейников А.Ф. Классификация платиноносных золоторудных месторождений в складчатых поясах // Известия вузов. Геология и разведка. — 1998. — № 2. — С. 82–90.
10. Коробейников А.Ф. Классификация комплексного золото-редкометалльного оруденения складчатых поясов // Руды и металлы. — 1998. — № 6. — С. 5–14.
11. Коробейников А.Ф. Классификация нетрадиционных комплексных золото-платиноидных и золото-редкометалльных месторождений // Материалы региональной конференции геологов Сибири, дальнего Востока и Северо-Востока России. — Т. II. — Томск, 2000. — С. 39–41.

УДК 550.92

ПРОФЕССОР Л.Л. ХАЛФИН – ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ДРЕВНЕГО ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА СИБИРИ

М.Д. Парфенова

Томский политехнический университет
E-mail: lev@tpu.ru

Леонтий Леонтьевич Халфин — профессор, доктор геолого-минералогических наук, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, 40 лет своей жизни (1923–1963 гг.) был связан с Томским политехническим институтом. В декабре 1929 г. он получил квалификацию горного инженера-геолога и был оставлен в этом же институте в качестве ассистента. С 1934 г. он работает в должности доцента кафедры исторической геологии и палеонтологии, ему присваивается учёная степень кандидата геолого-минералогических наук (1937 г.). После защиты докторской диссертации (1942 г.) он утверждается в звании профессора этой же кафедры, а с 1949 по 1963 гг. успешно заведует этой кафедрой. Это — годы активных научных исследований в направлениях: теоретических вопросов стратиграфии, палеонтологии и стратиграфии палеозоя и мезозоя различных регионов Сибири.

У каждого человека свои учителя, из которых, как правило, одного ученик помнит особо — с поклонением, уважением, признательностью. Такой учитель остаётся для ученика навсегда путеводной

звездой, сколько бы лет не становилось ученику. Моим таким учителем был Леонтий Леонтьевич Халфин, профессор, доктор геолого-минералогических наук, Заслуженный деятель науки и техники