

*85-летию
Владимира Ивановича Забелина,
кандидата геолого-минералогических наук,
доктора биологических наук
посвящается*



ХОВУ-АКСЫ: В ГЕОЛОГИИ И В НАШИХ СЕРДЦАХ

Хову-Аксы в переводе с тувинского означает «начало степи», а для меня оно стало и началом самостоятельного жизненного пути («оруктун эгези») в геологии. Нам с женой повезло, что уже на втором году работы в Тувинской комплексной геологической экспедиции мы оказались в живописном месте горно-таёжных предгорий хребта Восточный Танну-Ола, в посёлке городского типа рядом со строящимся горнорудным комбинатом «Тувакобальт». Здесь мы трудились до 1967 г., здесь прошло раннее детство двух наших дочерей. Жена учила детей в восьмилетней школе посёлка Сайлык (бывшей Огнёвке).

Геологическая партия ВСЕГЕИ — первооткрывательница уникального медно-никель-кобальтового месторождения Хову-Аксы. Первый рудоносный участок месторождения (Южный) был выявлен этой партией при обследовании отвалов древних горных выработок в конце августа 1947 г., когда геологами В.А. Унксовым, В.А. Бобровым, И.М. Русаковым и студентом-практикантом А.А. Богомолом среди вторичных минералов меди был обнаружен арсенат кобальта — эритрин, являющийся прямым указателем кобальтсодержащей руды. Уже с 1949 г. началась разведка месторождения, завершившаяся в 1956 г. передачей объекта Минцветмету для строительства горно-металлургического предприятия «Тувакобальт». Государство высоко оценило труд первооткрывателей и разведчиков столь ценного месторождения, наградив в 1952 г. В.А. Унксова, В.А. Боброва, А.А. Богомола, Т.Н. Иванову, а также К.Х. Хойтпак-оола, показавшего геологам перспективный участок, Сталинской премией Первой степени (Богомол, 2010). Комбинат строился рядом с месторождением на протяжении 14 лет, строился с большими трудностями из-за уникальности оборудования, и мы были свидетелями его торжественного пуска в 1970 г. К сожалению, он функционировал только до 1991 г. и был закрыт по причине развала экономики страны, а разрушен и растащен вопреки здравому смыслу в соответствии с решениями руководства Республики. В Хову-Аксы я был направлен в 1962 г. для работы в новой партии, организованной Тувинской комплексной геологической экспедицией для доразведки флангов месторождения, и проработал здесь главным геологом пять лет. Впоследствии посещать Хову-Аксы приходилось многократно, и каждый раз я ощущал глубокую привязанность к этому замечательному району с неповторимой грядой высоких гольцовых гор, быстрых прозрачных рек и множеством нерешённых геологических задач. Одна из них заявляет о себе спустя полвека.

Про Туву я, родившийся в 1938 г. в небольшом уральском городке с геологическим названием Пласт, узнал в раннем детстве благодаря двум обстоятельствам: тувинским почтовым маркам, которые мы с братом Константином (он старше меня на четыре года) начали собирать с 1942 г. наряду с другими марками СССР, а также рассказам приехавшего из Тувы и долгое время там проживавшего одного из родственников скотопромышленника Бякова (имени-отчества, к сожалению, не сохранилось). Особенный интерес вызывали его описания жизни тувинцев и обитавших в Туве животных, в частности волков, от которых ему приходилось отбиваться неоднократно. Рассказывал он также о добыче золота и о горном льне — асбесте.

С той далёкой поры желание побывать в Туве возникало у меня неоднократно, но осуществить его я смог только в 1959 г., когда будучи студентом четвёртого курса геологоразведочного факультета вместе с однокашником А. Пумпянским поехал на производственную практику в Горную экспедицию, базировавшуюся в Туве. Из Свердловска, где мы учились в Горном институте, поездом доехали до Абакана,

а затем автобусом за 19 часов добрались до Кызыла. По дороге дважды преодолели на пароме реку Енисей (в Абакане и в Кызыле) и, восхитившись горными пейзажами Саян, степными просторами Тувы и мощью Енисея, утром 22 июня явились в Управление экспедиции на ул. Ленина, дом 11. Там нас направили в Западно-Саянскую поисковую партию, где начальником был А.И. Титов, старшим геологом — Г.С. Путилов, геофизиком отряда — Ю.И. Моргунюв. По прибытию в партию сразу же приступили к работе, которая заключалась в проведении поисковых маршрутов и геофизических наблюдений с особым вниманием к контактам гранитных батолитов Куртушибинского антиклинория. К тому времени в роговиках одной из подобных интрузий было открыто богатое Бай-Тайгинское рудопоявление, и этот тип месторождений в пределах антиклинория считался наиболее перспективным. К сожалению, работа партии успехом не увенчалась, хотя были выявлены десятки интересных аномалий и по результатам опробования рекомендовалось дальнейшее детальное опоскование участка «Золотой» недалеко от посёлка Алдан-Маадыр. Мне удалось обнаружить километрах в пяти к югу от пос. Бора-Тайга жилу аксинита, её дальнейшее обследование мы провели вместе с Г.С. Путиловым.



На практику в Туву. В. Забелин и А. Пумпянский на берегу Енисея, 1959 г.

На следующий год я попал на практику в ту же партию, только поиски она проводила уже по левобережью Енисея и по долинам рр. Алаш и Хемчик. Детально ознакомился с Бай-Тайгинским рудопоявлением, куда ездил, чтобы собрать материал для своей дипломной работы, вместе со старшим геологом Бай-Тайгинской партии Д.И. Прохоровым и техником-геологом Н. Рубановым. Оба они, несмотря на большую занятость, не пожалели времени, чтобы показать мне особенности рудопоявления и научить приёмам сбора и обработки геологического материала.

Осенью 1960 г. мне удалось принять участие в экспедиции Тувинского краеведческого музея в Убсу-Нурскую котловину. Исследования под руководством заведующего отделом природы музея Д.И. Бермана (брата Б.И. Бермана, старшего геолога Кызыл-Таштыгской партии) проводились с целью изучения современной фауны, а также кайнозойских отложений которыми выполнена большая часть впадины. Особый интерес вызывали золотые пески, формирующие на значительных площадях грядово-ячеистый рельеф с останцами-скалами гранитоидного состава. Необычными были и степные озёра, на одном из которых (Дус-Холь) кустарным способом добывалась самосадочная соль. При посещении пос. Ак-Эрик, куда мы заехали с целью обработки полевого материала, познакомился с тогдашней студенткой Галиной Сарыглар, ставшей 10.10.1961 г. женой и подругой на всю мою жизнь.

26 марта 1961 г., после защиты в Свердловском горном институте дипломной работы, вместе с моим однокашником В.А. Соколовым явились в Управление Горной

экспедиции. Нас принял её начальник А.А. Богомол, один из первооткрывателей знаменитого тогда месторождения кобальта Хову-Аксы, строгий, усатый, безукоризненно одетый и после недолгих расспросов определил нас в партию, завершающую составление геологического отчёта по многолетним работам на литий. Однако постоянным местом нашей работы уже с весны 1962 г. стала Усть-Уюкская разведочная партия, где проводились в больших объёмах буровые работы, и требовались геологи для документации и опробования керна. Главным инженером партии был И.И. Корж, главным геологом — Н.С. Бухаров, гидрогеологические работы вёл Л.С. Качурин, геофизические — супруги Забрусковы и А. Пундик, буровые работы проводились под руководством А.Ф. Мандрыгина. В партии было много молодёжи, по вечерам большой популярностью пользовалась игра в волейбол, где тон задавали молодые супруги Бакаржиевы. На стадионе рядом с посёлком тренировались футболисты и бегуны, среди легкоатлетов была и моя Галина Сарыглар, родители которой работали в этой разведочной партии. Нам предстояла большая и интересная работа по доразведке уникального месторождения инфильтрационного типа. Оно приурочено к крыльям синклинали структуры мощной среднедевонской толщи переслаивающихся красноцветных и сероцветных песчаников. Оруденение локализовалось в виде отдельных тел на границе окислительной и восстановительной сред. Месторождение состояло из нескольких участков и разведывалось на глубину до 500 м. По предварительным расчётам эксплуатация месторождения представлялась рентабельной, и было даже принято решение о начале проектирования на нём горного предприятия. Однако, в связи с завершением деятельности Горной экспедиции и организации на её базе Тувинской комплексной геологической экспедиции работы на месторождении были свёрнуты, и мы осенью 1961 г., переехав в Кызыл, занялись под руководством Н.С. Бухарова составлением окончательного отчёта.

С начала полевого сезона 1962 г. местом дальнейшей работы В. Соколова стали поисковые работы в партии В.Л. Авруцкого, а моей — ревизионно-поисковое обследование геологических объектов вдоль строящейся автодороги Ак-Довурак – Абаза.



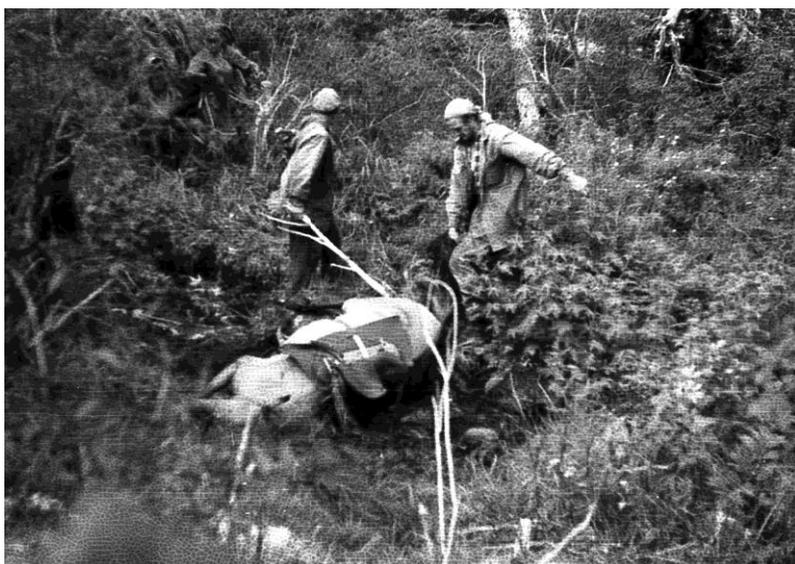
Западный Саян, 1962 г.

Среди них наиболее многочисленными и привлекающими внимание были прослой и линзы медистых алевролитов и песчаников манчурекской свиты ордовика, в которых вкрапленность халькопирита, борнита и халькозина на отдельных участках сопровождалась обильными плёнками и примазками медной зелени. Содержание меди в прослоях по данным опробования достигало 4–6%, однако мелкие масштабы оруденения не позволяли рекомендовать проведение более детальных работ. Тогда же была произведена оценка Янтаусского (Артышского) свинцово-цинкового рудопроявления в гидротермально изменённых эффузивах и брекчированных известня-

ках. К сожалению, низкая концентрация полиметаллов ограничила возможность проведения на рудопроявлении дальнейших работ.



Лагерь полевого отряда на хр. Артыш (Янтау), июль 1962 г.



Бывает и такое. Небольшая авария в верховьях р. Алды-Ак-Ой, 1962 г.

В августе 1962 г. по приказу руководства экспедиции я приступил к написанию проекта на поисково-разведочные работы на Западном участке месторождения Хову-Аксы, где под толщей пород кендейской свиты в скарированных отложениях силура ожидалась локализация кобальт-арсенидных жил по типу расположенного рядом Южного рудного участка. В то время главным вместилищем рудных тел на месторождении считались скарны, поэтому поисковые работы были направлены в первую очередь на их выявление как на месторождении, так и за его пределами. Эта задача решалась организацией Хову-Аксынской партии № 18 с проходкой буровых скважин на глубину до 500 м и охватывала период работы в несколько лет. За это время были отрицательно оценены перспективы Западного участка, но поисковым бурением на

Среднем участке и на западном фланге Северного участка были выявлены новые рудные жилы с промышленным кобальтовым оруденением. Буровыми поисками на участке Бош-Таг было подтверждено наличие непромышленного оруденения с медно-никелевой специализацией в вулканитах кендейской свиты. С целью изучения перспектив глубоких горизонтов рудопроявления Узун-Ой на глубину 560 м была пробурена поисково-структурная скважина, которая, однако, не подтвердила предположения о смене сульфосольной кобальтово-медной минерализации на арсенидную никель-кобальтовую. Три рудных тела, пересечённых скважиной на интервале 30–460 м среди неизменённых вулканогенных пород, имели небольшую мощность и были сложены преимущественно теннантитом с небольшой примесью ртути, висмута, никеля и кобальта.

Жёсткие территориальные рамки проекта не позволяли расширить площадь буровых поисков, в первую очередь в южном и северном направлениях, что повлияло на оценку перспектив месторождения этих частей рудного поля. Вместе с тем, одновременно с буровыми работами преимущественно к северу от месторождения Хову-Аксы на прилегающей площади партией были развёрнуты геолого-геофизические поиски. Они проводились в 1964–1966 гг. под руководством В.И. Лебедева с участием М.Ф. Лебедевой, П.М. Зографа, Ю.С. Самойлюка, О.К. Аверина и др. и явились продолжением геологической съёмки масштаба 1 : 50 000, охватившей большую часть листа М–46–32 и рудное поле месторождения Хову-Аксы. Геологосъёмочные работы проводились в 1962–1964 гг., ими руководили В.Н. Чучко и Я.В. Сарбаа. Вскоре после организации работ партии № 18 в её состав был передан геологический отдел строящегося горно-обогатительного комбината «Тувакобальт» (вместе с заданием по доразведке трёх рудных участков и планом по приросту запасов). Парк буровых станков партии увеличился на несколько единиц за счёт присоединения бурового цеха комбината, а геологическая служба пополнилась группой опытных специалистов во главе со старшим геологом Е.П. Захаровым. Тесные производственные контакты сложились с работниками строящегося тогда комбината, в частности с главным инженером Д.С. Монгушом, руководителем химической группы В.Д. Шимитом и др. В связи с большим объёмом буровых работ был организован каротажный отряд, им руководил Ю.В. Вакулин. На месторождении проводился комплекс геофизических работ, их возглавлял О.К. Аверин. В опытным порядке опробовались и новые геофизические методы, для их выполнения привлекались сторонние организации из Москвы. В течение нескольких лет на месторождении работала группа минералогов под руководством Н.Н. Шишкина, передавшая в фонды рудоуправления несколько подробнейших отчётов. Таким образом, за период 1962–1965 гг. в партии сложился большой коллектив поисковиков и разведчиков, успешно выполнявший поставленные задачи как на рудном поле месторождения, так и в его районе. К сожалению, наша производственная работа не была в достаточной мере взаимосвязана с научными исследованиями, которые проводились рядом институтов. Часто представленный нами фактический материал игнорировался. Работа партии в тот период завершилась обобщением и систематизацией полученных геологических материалов, разработкой рекомендаций по направлению дальнейших работ. Сводный отчёт был составлен в 1972–1974 гг. специальной тематической группой под руководством В.И. Лебедева.

К вопросам изучения месторождения Хову-Аксы после закрытия ГОК «Тувакобальт» мне приходилось обращаться неоднократно. Работы Министерства геологии на такой важный стратегический металл как кобальт в 1991 г. были свёрнуты, что повлекло за собой прекращение геолого-поисковых работ Тувинской экспедиции, направленных ранее на выявление новых рудных полей в зоне сочленения Восточно-Таннуольского синклиория и Тувинского межгорного прогиба. Остались лишь буровые поиски партии 819 Берёзовской экспедиции и научные исследования Тувинского комплексного отдела СО РАН.



пос Хову-Аксы, весна 1963 г.



Предгорья Восточного Танну-Ола вблизи пос. Хову-Аксы



Студенты-географы Тувинского госуниверситета на геологической практике пос. Хову-Аксы



В. Забелин, М. Ростовцев, В. Кудрявцев. Капбак-Кыры. Поиски остатков динозавров в юрских отложениях

8 февраля 1989 г. в Институте геологии СО РАН я защитил кандидатскую диссертацию на тему «Геохимическая зональность Ак-Сугского медно-порфирового месторождения как критерий глубинного прогнозирования». На этом месторождении и в его районе работы по поискам и предварительной разведке проводились с 1967 по 1985 гг. с перерывами, когда Красноярское геологическое управление не выделяло Тувинской ГРЭ ассигнований на поисковые работы. С первого до последнего дня работы Ак-Сугской партии я находился на должности главного геолога, а по окончании работ нашим геологическим коллективом (С. Яровой, В. Блинников, Ю. Иванов и др.) был представлен отчёт с подсчётом запасов меди, молибдена, серебра, золота и рения, которые позволили ВИЭМСу (Всероссийский научно-исследовательский ин-

ститут экономики минерального сырья и недропользования) оценить Ак-Сугское медно-порфиоровое месторождение как одно из крупнейших промышленных объектов в России.



В. Забелин. И четвертичкой приходилось заниматься

3 апреля 1989 г. я был принят в Тувинский комплексный отдел (ТКО СО АН СССР) в должности старшего научного сотрудника. Местом моей новой работы стал Хову-Аксынский отряд 31–1, базировавшийся в пос. Сайлык рядом с ГОКом «Тува-кобальт», а научным заданием определялась «разработка и построение объёмной морфогенетической модели эталонного месторождения никель-кобальтовой формации Хову-Аксы с целью предварительной оценки перспектив Убсу-Нур-Баянкольской металлогенической зоны и сравнением с другими типами гидротермального оруденения Тувы». Важной задачей являлось также создание базы данных для математического моделирования физико-химических процессов гидротермального рудообразования с помощью ЭВМ. Исследования проводились на основе данных обширного геохимического опробования скважин, накопленных с 1962 г. и пополненных новыми данными геохимического опробования сохранившегося к тому времени керна скважин пяти разведочных профилей Северного участка.

Проводился отбор проб, в частности, для оценки запасов кобальта, никеля, мышьяка, серебра и других металлов в отходах, оставшихся от гидрометаллургической переработки руд месторождения и накопленных в четырёх прудовых захоронениях. Здесь, бригадой из двух человек (С.А. Яровой и В.И. Забелин), станком УПБ–25 было пробурено 42 скважины объёмом 419 погонных метров и определено количество отходов (2207,3 тыс. т) с запасами в них кобальта (2135 т при среднем содержании 0,097%), никеля (2317 т — 0,105%), меди (2212 т — 0,1%), мышьяка (66218 т — 3%), серебра (87,4 т — 39,6 г/т) и золота (70 кг — 0,032 г/т).

Персоналом отряда в составе Е.В. Актаева, В.Н. Оськина, Е.Н. Оськина и небольшой группы рабочих было отобрано 3226 геохимических и 510 керновых проб, проанализированных впоследствии на содержание 14 элементов, а общий банк анализов, подготовленный сотрудниками отряда для дальнейшей обработки, составил около 57 тыс. единиц. Создание объёмной геохимической модели месторождения началось с обработки материалов профиля Б–15, оно проводилось математической группой ТКО но, к сожалению, осталось незавершённой. По предварительным данным полученные результаты позволили подтвердить сделанный ранее вывод о едином катионном составе сульфидных, сульфоарсенидных и арсенидных минералов в скарнах, метасоматических образованиях и рудных жилах месторождения Хову-

Аксы, что оказалось несколько неожиданным, в наложенной минерализации широкого спектра металлов, установленной в осадочных толщах Онкажинской впадины, которая заслуживает более подробного рассмотрения.

Эта сравнительно небольшая депрессия является частью крупной тектонической структуры — Тувинского межгорного прогиба, выполненного отложениями силура и девона, а также включающего платформенные отложения карбона и юры. Наибольшую роль в сложении прогиба играют девонские образования, имеющие мощность около 6 км, треть из которых приходится на вулканогенную кендейскую свиту раннего девона. Нижняя часть свиты сложена лавами среднего и основного состава, в верхней преобладают кислые эффузивы, формирование которых сопровождалось выбросом большого количества пирокластического материала. Осадочным отложениям нижнего, а также среднего девона свойственна повышенная солёность, а в нижней части ихейской свиты установлена линзовидная залежь каменной соли мощностью до 300 м (месторождение Туз-Таг (Дус-Даг)) (Геология..., 1990).

Девонскими образованиями Тувинского прогиба сформирована область сноса, к которой относится и Онкажинская впадина. Впадина выполнена терригенно-осадочными отложениями карбона и юры, залегающими на девонском вулканогенно-осадочном основании. Девонские образования представлены всеми тремя отделами: 1) нижним осадочно-эффузивным кендейской свиты с отдельными гидротермальными проявлениями меди и кобальта, в частности Боштагским и Узун-Ойским; 2) средним с преимущественным развитием красноцветных и пестроцветных песчаников, относящихся к четырём свитам; 3) верхним, представленным серией существенно терригенных пород, подразделяющихся на три свиты. Каменноугольные отложения представлены образованиями нижнего отдела (турнейского и визейского ярусов), сложенными сероцветными и пестроцветными песчаниками и алевролитами со значительной примесью пирокластического материала, заметной гидротермальной проработкой, наличием прожилков кальцита, офикальцита и гематита. Нижнекарбонные отложения выше по разрезу сменяются средне-верхнекарбонной толщей угленосных серых песчаников и алевролитов онкажинской свиты. Отложения этой свиты, в свою очередь, перекрываются нижнеюрскими осадками элегестской свиты, в которой проявлена небольшая угленосность, а завершается разрез среднеюрской эрбекской свитой, к которой также приурочены угольные пласты, достигающие иногда рабочей мощности.

Онкажинская впадина (мульда) привлекла к себе внимание в 1979–1980 гг., когда партией 819 Берёзовской экспедиции было пробурено свыше сотни буровых скважин и среди красноцветных пород суглугхемской свиты нижнего карбона выявлены участки сероцветного эпигенетического изменения, охватывающего толщи выше- и нижележащих свит. Эти зоны осветления вмещают в себя рудоносные полосы и пластовые рудные тела. Установлено, что рудные тела тяготеют к геохимическим барьерам на границах окислительных и щелочных восстановительных фаций среди песчаных толщ, зачастую не совпадают с их слоистостью и даже пересекают её.

По материалам ВИМС 1989 года выявленные продуктивные скопления относятся к двум типам. В образованиях осадочно-диагенетического типа среди песчаных пород помимо основного элемента они содержат также аномальные концентрации свинца и цинка, а по периферии окружены ореолами меди и молибдена. Последний содержится и в самих телах в количестве около 0,1 % (до 0,6 %), там же цинка содержится 0,3 % (до 2 %), свинца 0,15 % (до 9 %), серебра до 80 г/т, селена 0,008 % (до 0,16 %); с этими элементами и основным металлом имеется прямая корреляционная связь. Подобная ассоциация устанавливается с кобальтом, никелем, мышьяком и сурьмой и, хотя содержание этих элементов не превышает сотых долей процента, состав ассоциации позволяет предположить присутствие самостоятельных минеральных форм арсенидного и сульфоарсенидного парагенезисов.

Образования эпигенетического типа развиты в серых сульфидизированных песчаниках различной зернистости с углеродистым веществом и растительным детри-

том. Концентрация в них основного элемента, цветных и редких металлов заметно выше, чем в образованиях осадочно-диагенетического типа. Так, в штучной пробе тёмно-серого среднезернистого песчаника в скважине 417 определены содержания кобальта 0,043 %, никеля 0,185 %, мышьяка 0,374 %, серебра 0,0002 %, предполагалось, что в пробу попал прожилок скуттерудита, визуалью не выявленный, но подтверждаемый электронно-зондовым анализом. Примерно такие же концентрации установлены в пробе из скважины 421. Обе скважины пробурены в восточной части Онкажинской мульды в 10–12 км к ССЗ от месторождения Хову-Аксы. Ассоциация выявленных в пробах элементов является свидетельством возможного единства процессов рудогенеза рудного поля Хову-Аксы с его полигенной природой рудного вещества с прилегающей к ней выполненной молассоидами Онкажинской впадины.

На месторождении Хову-Аксы, благодаря изучению газово-жидких включений в скарнах и в минералах гидротермального этапа, удалось установить, что в составе минералообразующих растворов преобладают хлориды натрия и кальция при подчинённой роли хлоридных соединений калия и магния. Кроме того, в гидротермальных образованиях установлено довольно высокое содержание брома и иода, не характерных для магматогенных соединений. В целом, концентрация солей достигает 27–35 %, а изотопный состав кислорода свидетельствует о содержании в рудообразующих растворах метеорных вод. Сходный состав минералообразующих растворов установлен и на рудопроявлениях Узун-Ой и Чергак, парагенетически связанных, как и Хову-Аксы, с базальтоидами повышенной щёлочности. Верхний возрастной предел оруденения определяется началом мезозоя (Борисенко и др., 1984).

Таким образом, обобщение собранных данных позволило создать модель формирования низкотемпературной гидротермальной системы, в основу которой положено участие в рудообразовании экзогенных хлоридных растворов, привнёсших в зону рудоотложения из базальтоидных и осадочных образований большинство рудных элементов. В локализации оруденения существенную роль играют зоны разломов, контролирующие или ограничивающие наложенные впадины. К таким объектам, локализующимся как на складчатом обрамлении Тувинского прогиба, так и в самом прогибе, относятся в первую очередь никель-кобальтовая пятиэлементная арсенидная гидротермальная формация месторождения Хову-Аксы, кобальтово-медная формация рудопроявлений Ак-Хем, Узун-Ой и Чергак, рудных концентраций ряда металлов Онкажинской, Элегестской и Актальской впадин, Улатая, Солчура, возможно инфильтрационных руд Усть-Уюка, флюорит-барит-бастнезит-сидеритовых руд Кара-Суга и Чаа-Хольской группы и др. Выявленная в пределах прогиба рудная минерализация внушает надежды на обнаружение новых промышленных объектов, что делает актуальными поиски по всей площади этой структуры от долины р. Барлык на юго-западе до р. Хамсары на северо-востоке. Первоочередной должна быть постановка поисков в полосе рек Чергак–Улуг-Хем, включающей в себя ГОК «Тувакобальт», что будет способствовать его восстановлению и возобновлению добычи ценных цветных металлов.

ЛИТЕРАТУРА

- Богомол А.А.* Дела давно минувших дней. 15 лет геологической службы в Туве // Вокруг сердца Азии: Сб. стихов и прозы. Вып. 2. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2010. – С. 198–216.
- Борисенко А.С., Лебедев В.И., Тюлькин В.Г.* Условия образования гидротермальных кобальтовых месторождений. – Новосибирск: Наука, 1984. – 172 с.
- Геология Тувинской АССР: Объясн. зап. к Геологической карте Тувинской АССР м-ба 1 : 500 000.* – Л.: ВСЕГЕИ, 1990. – 121 с.