

ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Лебедев В.И. проф. РАН, д-р геол.-мин. наук, акад.

Республика Тыва обладает минерально-ресурсным потенциалом, сопоставимым с богатейшими территориями Сибирского Федерального Округа – Красноярским краем, Кемеровской и Томской областями, однако серьезно отстает от них в социально-экономическом развитии. На ее территории выявлены значительные месторождения коксующегося и энергетического угля, кобальта, золота, цветных и редких металлов, редкоземельных элементов, различных строительных материалов, минерализованных и пресных подземных вод, геотермальных источников. Однако из-за неразвитости транспортной инфраструктуры и труднодоступности большинства месторождений, расположенных в удаленных от транспортных коммуникаций горно-таежных районах, уровень их хозяйственного освоения крайне низок. Республика Тыва, по сути, отрезана от основных магистральных транспортных артерий и освоение ее природных, в том числе и минеральных ресурсов ведется преимущественно в рамках частного предпринимательства. Повышение конкурентоспособности Тувы во многом зависит не только от опережающего инвестирования горнопромышленной отрасли и производств по выпуску необходимых товаров и услуг, но и от инновационного обновления экономики региона.

Ключевые слова: минеральные ресурсы, месторождения, каменный уголь, полиметаллы, кобальт, тантал, ниобий, медь, молибден, ртуть, экономика.

PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF MINERAL RESOURCES BASE OF THE REPUBLIC OF TYVA

Lebedev V.I., Professor, Academician RAS, Ph.D. of Geology and Mineralogy

Tyva has a mineral-resource potential comparable to the richest territories of the Siberian Federal District – Krasnoyarsk region, Kemerovo and Tomsk areas, however, seriously lagging behind in socio-economic development. On its territory significant the deposits of coking and thermal coal, cobalt, gold, nonferrous and rare metals, rare earth elements, different building materials, mineral and fresh underground water, geothermal sources, have been discovered. However, due to poor transport infrastructure and inaccessibility of most of the deposits located in remote from transport communications in mountain taiga areas, their level of economic development is extremely low. The Republic of Tyva, in fact, is cut off from main transport arteries and the development of its natural, including mineral resources is conducted mainly within the framework of private enterprises. Improving the competitiveness of Tyva largely depends not only on the priority investments of the mining industry and the production of necessary goods and services but also on innovative renewal of the economy of the Region.

Keywords: mineral resources, deposits, coal, polymetals, cobalt, tantalum, niobium, copper, molybdenum, mercury, the economy.

Минерально-сырьевой потенциал Тувы отличается разнообразием полезных ископаемых. Более 20 месторождений, выявленных до 1990 г., обладают значительными разведанными запасами минерального сырья. В первую очередь – это месторождения: коксующихся и энергетических углей; серебро-висмут-никель-кобальт-золото-мышьяковых, медно-свинцо-

во-цинковых колчеданных, тантал-ниобиевых и цирконий-иттриевых, золото-серебро-медно-молибден-порфириновых, железорудных барит-флюорит-редкоземельных карбонатитовых, литиевых, ртутных, уран-фосфатных, хризотил-асбестовых и цеолитовых руд. На территории Тувы суммарная «ценность» природных ресурсов превышает 90 трлн \$ USA, а разведанных запасов минерального сырья в месторождениях стратегически важных видов полезных ископаемых – оценивается в 4 трлн \$ USA. При этом, доля «ценности» разведанных запасов коксующихся и энергетических углей Тувы в экономическом балансе формируемого горнопромышленного комплекса составляет 92,7%. Минерально-сырьевой потенциал Республики Тыва позволяет формировать топливно-энергетический и металлургический комплексы, развивать стройиндустрию и другие отрасли промышленности с перспективами их высокоэффективного функционирования при создании инфраструктуры, в первую очередь, сквозной транспортной железнодорожной. К сожалению, частный инвестор не спешит вкладывать капитал (даже на уровне 12–15% от стоимости проекта) в сделки с повышенным риском. Подтверждением этого служит инвестиционный проект «Кызыл-Курагино», который был включен в Государственный Реестр и обеспечивался финансированием из Инвестиционного Фонда Российской Федерации на 50%. Из-за банкротства частного партнера начало строительства было перенесено с 2010 г. на 2013 г. и, по сути, «заморожено» по настоящее время.

Строительство железной дороги через Туву в Монголию и Китай – это одна из сложных проблем как с экономической, так и с геополитической точки зрения. В результате решения этой проблемы, откроются новые возможности торгово-экономических отношений, в том числе для ввоза и вывоза товаров из России не только в Монголию и Китай, но и другие трансграничные страны Центральной Азии. Ввод в эксплуатацию сквозных железнодорожных коммуникаций через Туву и Монголию в Китай обеспечит развитие горнодобывающей промышленности не только в Туве и Западной Монголии. Появится возможность эффективного освоения уникальных и крупных месторождений полезных ископаемых Тувы, Красноярского края и Хакасии.

Только в Туве, вблизи столицы республики – города Кызыла, разведанные по промышленным категориям $A+B+C_{1+2}$ запасы каменного угля марок Ж, ГЖ и Г на Кызылской и Эрбекской площадях составляют 3963 млн т, а суммарное количество запасов и ресурсов на интервалах глубин от поверхности до 600 м оценены в 10767 млн т. Для каменных углей характерны: низкая зольность и малосернистость, высокие показатели спекаемости (от 10 до 42 мм) и содержания летучих (от 36 до 44%), относительная чистота по тяжелым металлам и токсичным элементам. Вместе с тем, обогащение летучими и низкая зольность способствуют быстрой окисляемости угля, создают проблемы при его хранении и транспортировке. Приведенные сведения о количестве разведанных запасов и качестве коксующихся и энергетических каменных углей в районе Кызыла, свидетельствуют о неограниченных возможностях их крупномасштабной, преимущественно шахтной добычи. К сожалению, эффективность освоения разведанных месторождений низка из-за высокой себестоимости добываемого угля, сложной транспортной схемы его реализации, отставания горно-подготовительных работ. Освоение Эрбекского месторождения осложнено подземным пожаром.

С целью повышения экономической эффективности освоения черного «золота» и решения, в первую очередь, экологических проблем столицы Республики Тыва подготовлена программа «Энергетика, комплексная энергохимическая переработка каменных углей Тувы», разработан технологический регламент единого замкнутого процесса получения высококачественного бензина из каменных углей, который совмещает два энергохимических процесса:

1. Получение синтез-газа в процессе низкотемпературного пиролиза коксующегося угля по технологической схеме, разработанной в ТувИКОПР СО РАН для производства углеродных адсорбентов различной емкости, бездымных топливных брикетов, пропан-бутановой смеси и биогуматов для улучшения плодородия почв, а также – ферросплавов высокой ценности по технологии, разработанной в ОАО ОВЦ «КУЗБАСС» (Новокузнецк, Кемеровская обл.);

2. Каталитическое преобразование полученного синтез-газа в высокооктановый неэтилированный бензин по технологии, разработанной НИЦ «ЦЕОСИТ» при Институте катализа СО РАН (Новосибирск) и внедренной при облагораживании отходов переработки нефтепродуктов в Нижневартовске (Россия) и Глимаре (Польша).

ТувИКОПР СО РАН выполнил технологическое обоснование строительства наукоемкого комплекса глубокой энергохимической переработки каменных углей Каа-Хемского месторождения. Обоснована возможность организации инновационного предприятия по производству товарных продуктов с повышенной добавленной стоимостью. Переработка 420 тыс. т коксующихся углей марки ГГ-ГЖ Каа-Хемского месторождения обеспечит выпуск товарных продуктов на сумму 304 млн руб. в год, в том числе: углеродных адсорбентов – 70 тыс. т на 210 млн руб.; ферросплавов – 12 тыс. т на 24 млн руб.; пропан-бутанового синтез-газа – 15 тыс. т на 12 млн руб.; водяного пара – 167 тыс. т на 17 млн руб.; тепловой энергии – 480 тыс. Гкал на 10 млн руб.; неэтилированного автобензина с ОЧ 80 – 95–80 тыс. т на 25 млн руб.; авиационного керосина марки Т30 – 20 тыс. т на 6 млн руб. Период с момента подписания контракта на разработку технического проекта энергохимического комплекса стоимостью 480 млн руб. (при инвестиционных гарантиях на его строительство) до завершения пусконаладочных работ и начала его промышленной эксплуатации составит 3 года. Затраты будут осуществляться по следующей схеме: первый год – 10% от общей стоимости комплекса (48 млн руб.) расходуются на разработку технического проекта и конструкторско-технологическую адаптацию комплекса к местному сырью и условиям выбранной промышленной площадки в районе г. Кызыла, в том числе, на создание пилотной опытно-промышленной установки – 10 млн руб.; второй год – 70% (349 млн руб.) – на изготовление и поставку к месту монтажа технологического оборудования; третий год – 20% (96 млн руб.) – на пуско-наладочные работы.

Другой технологический подход к решению проблемы комплексной переработки каменных углей использует способ термической обработки с целью получения ценных компонентов. Эта технология реализована на экспериментальной установке низкотемпературного термолиза каменного угля в ТувИКОПР СО РАН (табл. 1–2).

Установка состоит из узла подготовки каменного угля, из которого уголь подается в бункер. Далее каменный уголь посредством шнекового питателя подается в узел прогрева, где поддерживается температура, достаточная для ожигения угля. Здесь же происходит его низкотемпературный пиролиз. После разогрева полужидкая масса угля подается в формовочный узел, где формируется коксовый кусок и закрепляется его форма. Газообразные продукты термолиза угля используются для его прогрева, за счет чего снижается себестоимость кокса и исключаются вредные выбросы в атмосферу. После формования коксовый кусок поступает в охладитель, где охлаждается водой и подается в упаковочный узел, а затем на склад. Установка разработана в модульном исполнении с целью снижения первичных затрат и обеспечения технологической гибкости. Излишки тепла могут быть использованы для обогрева производственных помещений комплекса или для продажи потребителям. В результате пиролиза угля происходит интенсивное выделение низкомолекулярных углеводородов в виде газа, который можно использовать для получения тепла и электроэнергии путем сжигания в специальных ДВС или турбинах. Образующийся газ используется для разогрева реактора. Получаемую при охлаждении кокса горячую воду можно использовать для обогрева помещений или реализовывать сторонним потребителям.

Исследования возможности применения коксового газа в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания проводились совместно с кафедрой автотранспорта Тувинского государственного университета. В настоящее время на кафедре смонтирован стенд для проведения исследований и произведена его калибровка на бензине АИ-92. Смонтировано газобаллонное оборудование и проведена калибровка на пропан-бутановой газовой смеси.

Таблица 1

Технические характеристики экспериментальной установки

Производительность по коксу	3 т/сут
Производительность по газу	600 000 куб. м ³ /год
Выход газа	52%
Рабочая температура	400–800 град.
Размеры	1×1.5×1.2 м
Расход воды	10 куб. м ³ /час
Расход воздуха	3600 куб. м ³ /час
Размеры кусков полукокса	0,5–10 × 0,5–6 см
Механическая прочность	не менее 73 %
Массовая доля серы	менее 0,6 %
Массовая доля фосфора	менее 0,06 %
Массовая доля углерода	более 95,5 %
Теплотворная способность	7000 ккал

Таблица 2

Варианты реализации коксующихся и энергетических углей Тувы

Показатели	Железная дорога 10 млн т	Автотранспорт 2,5 / 10 млн т × 4	Глубокая переработка 0,45 / 10 млн т × 22,22
Вклад в ВРП, млрд руб.	18,4	2,9 / 11,6	1,9 / 42,22
Занятость:			
Новые рабочие места, мест	>13 000	1171 / 4500	960 / 20 000
Показатели республиканского бюджета:			
Ежегодные доходы от реализации сценариев, млрд руб.	5,6	0,9 / 3,6	0,4 / 8,9
Дотационность, %	15	68 / 17	74 / 3,3

Предлагаемый вариант глубокой энергохимической переработки коксующихся и энергетических углей Улуг-Хемского бассейна в объеме их планируемой реализации с использованием грузоперевозки по железной дороге Курагино–Кызыл в перспективе может обеспечить более высокий экономический эффект. Так, например, работа одной установки энергохимической переработки потребует увеличения добычи угля на 420 тыс. т/год, а 22 установок, обеспечивающих 3-х разное увеличение вклада в ВРП и снижение дотационности региона до 3,3%, – до 10 млн т/год.

Ввод в эксплуатацию наукоемкого экологически безопасного углеперерабатывающего комплекса глубокой энергохимической переработки 10 млн т каменного угля обеспечит (табл. 2): 20000 рабочих мест; выпуск брикетов бездымного топлива для частного жилого сектора или его газификацию; перевод на газ автомобильного транспорта; создание мощного холодильного комплекса для хранения и переработки животноводческой продукции; и др.

Сырьевая база горно-металлургического комплекса

Свинец, цинк, медь. На востоке Республики Тыва – на границе Тоджинского и Каа-Хемского кожуунов в Улугуйском рудном узле детально разведано Кызыл-Таштыгское месторождение – крупное по запасам колчеданных свинцово-цинковых руд с высоким содер-

жанием полезных компонентов. Кроме свинца (1,6%) и цинка (10,2%), руды обогащены золотом (1,17 г/т), серебром (48,7 г/т), селеном (76 г/т), теллуром (14 г/т), кадмием (0,24%) и содержат значительные количества барита (6,69%).

Это месторождение, до 30% запасов которого может быть отработано открытым способом, продано на аукционе для промышленного освоения российско-китайскому пользователю недр – компании ЛУНСИН. Ввод в эксплуатацию горнорудного предприятия, обеспечивающего выпуск концентратов цветных и благородных металлов (Zn, Pb, Cu, Ag, Au), способствует развитию экономики региона, повышению занятости населения, а в перспективе – достижению экономического уровня субъектов-доноров Российской Федерации. Горно-обогатительный комбинат может оказывать следующие виды воздействий на окружающую среду:

- площадное нарушение земной поверхности с изъятием полезных ископаемых из недр;
- изъятие хозяйственно ценных и биологически продуктивных участков земель, растительности и почвенного покрова;
- преобразование природных ландшафтов и формирование техногенного рельефа;
- нарушение гидрогеологических и гидрологических условий территории, связанное с необходимостью осушения горных выработок и отведением дренажных вод;
- выбросы вредных веществ в атмосферу (пыли, газов и летучей золы);
- складирование хвостов дробильной фабрики в хвостохранилище;
- размещение бытовых, коммунальных и промышленных отходов;
- производственный шум;
- угнетение биологических ресурсов, нарушение естественных условий обитания животных и птиц.

Серебро, кобальт, никель, мышьяк. Основой горнорудного комплекса Тувы до 1991 г. был комбинат «ТУВАКОБАЛЬТ», введенный в эксплуатацию в 1970 г. и ориентированный на выпуск кобальта, никеля и меди в виде концентрата, получаемого из комплексных серебро-золото-висмут-медно-никель-кобальтовых арсенидных руд Хову-Аксынского месторождения.

Аммиачно-карбонатная технология обогащения упорных сульфидно-мышьяковых руд, при условии ее совершенствования, применима для переработки различных видов минерального сырья (золоторудного, сурьмяно-серебряного, уран-фосфатного, литий-фтористого редкометалльного и др.). С 1970 по 1991 гг. добыча и переработка кобальтовой руды в ГМЦ выросла с 38 до 85 тыс. т. Совершенствование технологии обогащения арсенидных руд привело к повышению степени извлечения кобальта с 64 до 79% и позволило вовлекать в переработку более бедные руды, снизив содержание кобальта в товарной руде с 1,19 до 0,4%.

Разрушительное воздействие на борта карт захоронения отходов ливневыми потоками приводит к образованию, особенно в весенний период, временных водоемов, из которых пьют воду животные, что и приводит к их гибели. Выполнены специализированные биогеохимические исследования экологического состояния животного мира в зоне влияния эродированных арсенидно-кобальтовых жил месторождения Хову-Аксы и мышьяковистых отходов их гидрометаллургического передела ГОК «ТУВАКОБАЛЬТ», выявлены биологические индикаторы оценки экологической чистоты природной среды

По прогнозным оценкам ТувИКОПР СО РАН фактическая обеспеченность запасами составит не менее 20 лет. Большая доля запасов промышленных руд расположена на глубоких горизонтах и для их отработки необходима проходка шахтных стволов и уклонов на Северном и Южном участках с последующим соединением их на горизонте 1165 м путевой штольной протяженностью около 5 км. Экономически целесообразно отработать открытым способом (карьером) сульфидизированные скарны с карбонатно-арсенидными жилами до горизонта +1000 м, а глубже – шахтным способом. При возрождении кобальтового произ-

водства на базе переработки арсенидных руд необходимо внедрить разработанные в ТувИКОПР СО РАН технологии и оборудование, позволяющие: осуществлять глубокую гипохлоритно-аммиачно-карбонатную гидрометаллургическую переработку накопленных техногенных отходов и первичных арсенидно-кобальтовых руд с извлечением кобальта, никеля, меди, серебра, золота, висмута, мышьяка и других ценных компонентов, а в итоге — получать соли кобальта и кобальт-никель-медные металлические порошки высокой ценности и спроса.

Оценена эффективность возрождения кобальтового производства с использованием модульного комплекса ВТВ-50 для переработки кобальт-мышьяковых шламов из карт захоронения, экономико-технологические характеристики которой приведены ниже (табл. 3).

Таблица 3

Экономико-технологические характеристики установки ВТВ-50

Наименование характеристики	Оценка
Годовая производительность	50 тыс. т
Запасы шламов в карте № 1	291 тыс. т
Срок отработки карты	6 лет
Выпуск продукции в год	4354 тыс. \$
Общие затраты на выпуск продукции	2,04 млн \$
Валовая прибыль предприятия	2,18 млн \$
Налог на прибыль	0,76 млн \$
Чистая прибыль	1,42 млн \$
Рентабельность производства: по чистой прибыли	70 %
Численность работников	50 чел.
Первоначальные инвестиции	2,22 млн \$
Срок окупаемости инвестиций	12 месяцев

Медь, серебро, золото, молибден. На северо-востоке Тувы детально разведано Аксугское месторождение золото-медно-молибден-порфириновых руд.

Месторождение выявлено в 1964 г. и предварительно разведано к 1980 г. Месторождение относится к категории крупных по запасам полезных компонентов и отличается более высоким содержанием меди от однотипных по формационной принадлежности разрабатываемых в настоящее время объектов (Сорское месторождение в Хакасии). В легко обогащаемых рудах, наряду с медью, содержатся молибден, золото, серебро, рений и другие ценные компоненты. Установлено, что промышленное благородно-металльное медно-молибденовое оруденение порфиривого типа по склонению прослеживается не менее, чем на 1200 м. Ресурсы золота оцениваются в 110–150 т. Месторождение подготовлено к промышленному освоению ООО Голевской ГК ОАО «НОРИЛЬСКНИКЕЛЬ». Главные проблемы ввода его в эксплуатацию: отсутствие транспортной инфраструктуры; энергетическая необеспеченность; высокая вероятность негативного воздействия на биоресурсы бассейна рек Кижихем — Хамсыра.

Кызык-Чадрское месторождение известно с давних пор, детально изучалось с 1949 г. В 1949–1955 гг. оно квалифицировалось как золото-медный объект. Разведочные работы были сосредоточены на 1-ом участке, представляющем собой массив гранитов размерами 1000×(100–200) м с наложенной вкрапленно-жильной золото-медной минерализацией. Позднее объект привлек к себе внимание как крупный молибден-медно-порфириновый штокверк. Молибденово-медная минерализация штокверкового типа на месторождении развита на

площади $3,5 \times (0,3-0,5)$ км, накладывается на измененные порфиры и вмещающие окварцованные и кварц-серицитовые гидротермалиты. В 1954–1956 гг. эта рудная зона была вскрыта канавами, в центральной ее части пробурены 4 скважины глубиной 84–181 м. Канавами и скважинами установлено прожилково-вкрапленное штокверковое молибденово-медное оруденение, представленное молибденитом, халькопиритом, борнитом, энергитом, встречаются галенит и сфалерит. Содержание меди 0,03–2,6%, молибдена 0,005–0,03%. В 1972–1975 гг. в процессе крупномасштабной геологической съемки на месторождении были проведены геохимические и геофизические (методом ВП) исследования в масштабе 1 : 10 000, пройден ряд канав (Бухаров и др. 1977). На основе этих данных в 1976–1977 гг. проведены специализированные поисковые работы (Уссар, 1978), направленные на установление истинных масштабов оруденения с поверхности и на глубину. Суммарные ресурсы Кызык-Чадрского месторождения категорий P_1+P_2 составили по меди 1800 тыс. т, по молибдену 71,6 тыс. т. Поисковые работы показали, что структуры, контролирующие размещение Кызык-Чадрского интрузива, рудоносных порфиров и метасоматитов продолжаются в западном направлении и прослеживаются в истоки ручья Желвак и верховья р. Мезель. Здесь установлены мощные зоны катаклаза, дробления и изменения пород, интрузивные тела гранитов, проявления медной минерализации, геохимические ореолы меди, молибдена, цинка, аномалии ВП интенсивностью до 6–8%. Это дает основание прогнозировать скрытое оруденение кызыкчадрского типа и на западном фланге месторождения. Перспективная площадь на оруденение составляет около 3 км². Подсчитанные методом аналогий ресурсы категории P_3 для участка Желвак–Мезель по меди составили 525 тыс. т, по молибдену — 22 тыс. т. Таким образом суммарные прогнозные ресурсы категорий $P_1+P_2+P_3$ Кызык-Чадрского рудного поля составляют: меди 2350 тыс. т, молибдена 93,6 тыс. т.

Золото, серебро и элементы платиновой группы. Территория Тувы является одним из старейших районов золотодобычи, с 1838 г. отрабатывались в основном золотоносные россыпи. Старательская добыча золота не сопровождалась достаточными объемами разведочных работ, в результате чего уже в начале 50-х годов государственная добыча была практически прекращена «в связи с истощением золотоносных россыпей». Поисковые работы Тувинской ГРЭ 1980–1993 гг., проведенные в Амыло-Сыстыгхемском узле (рис. 24), доказали неправомочность вывода об истощении россыпей. На площади более 900 кв. км была выявлена промышленная золотоносность долин р. Сыстыг-Хем и ее притоков. Разведанные запасы экзогенных (Большой и Малый Алгияк, Белелиг, Черная, Шет-Хем, Бажи-Хем и др.) и прогнозные ресурсы эндогенных (Октябрьское) месторождений позволили приступить к формированию на севере Тувы крупного района золотодобычи, а также к возобновлению поисковых и оценочных работ на золото, серебро и платиноиды. В ТувИКОПР СО РАН был составлен комплект прогнозных карт золотоносности территории Тувы (Прудников, 2004).

Октябрьское (Богом дарованное) месторождение малосульфидной кварцево-жильной формации представлено серией жильных зон, приуроченных к системе разломов субмеридионального простирания, по которой сопряжены вмещающие породы чингинской и аласугской свит венда и верхнего кембрия, прорванные штоками габбро-ордовикского возраста. Наиболее крупные кварцевые жилы Степановская, Григорьевская, Широкая и Никольская — имеют непостоянную мощность с частым чередованием раздувов (до 2–6 м) и пережимов. Содержание золота в кварцевых жилах колеблется от 2 до 40 г/т. Часто встречается прожилки и вкрапления самородного золота, однако большая часть его связана с пиритом и арсенипиритом. Прогнозные ресурсы, подсчитанные ранее по 10 жильным зонам, оценены в 6722 кг. Дополнительно в рудном поле выявлены еще 7 жильных зон, ресурсы золота в которых оценены в 4352 кг, 6 из них прослежены до глубины 190 м без признаков выклинивания ни по мощности, ни по содержанию. В результате изучения флюидных включений в кварце различных стадий из жил месторождения определены физико-химические парамет-

ры кремнисто-бикарбонатной аммиачно-метаново-углекислой рудообразующей системы, свидетельствующие о высокой вероятности формирования промышленных концентраций золота на глубинах до 4 км при температуре 200–310 °С и давлении – 850–2100 бар.

Тарданское месторождение золота в магнезиальных и известковых скарнах выявлено в 1962 г., разведано к 1984 г. Продано на аукционе в 2004 г. ООО «ТАРДАН-ГОЛД» для дополнительного геологического изучения с последующей добычей и переработкой руд по технологии гравитационно-чанового извлечения золота. Рудное поле Тарданского месторождения занимает площадь около 1 км², в пределах которой разведано 14 рудных тел, отстоящих друг от друга на 80–120 м. Мощность рудных тел обычно 1–3 м, в раздувах до 7 м, протяженность их от 50 м до 300 м. Содержание золота в рудных телах крайне неравномерное (от 2 до 100 г/т, в среднем 9,1 г/т). В настоящее время на месторождении реализуется комплекс горно-добычных и обогатительных работ с использованием технологий чанового вскрытия и обогащения упорных руд.

К числу перспективных объектов для наращивания промышленных запасов золота и их первоочередного освоения, кроме Октябрьского и Тарданского месторождений, относятся Хак-Саирское (Алдан-Маадырский рудный узел) и Гордеевское (Карабельдырский рудный узел) месторождения. Прогнозные ресурсы золота первого из них оценены до глубины 300 м в 45 т. Ресурсный потенциал территории Тувы по золоту ориентировочно оценен в 433 т, из которых не менее 67 т сосредоточено в россыпных месторождениях, а суммарная ценность планируемого к добыче шлихового и рудного золота может составить более 3 млрд USD. Старательские артели Тувы довели ежегодную добычу металла до 1700 кг, а долю в произведенном валовом продукте республики – до 27 %.

Редкие металлы и редкоземельные элементы. Республика Тыва является частью крупной Центрально-Азиатской редкометалльной провинции, в которой выявлены многочисленные объекты редкометалльных и редкоземельных руд различной формационной принадлежности. В их числе: Улуг-Танзекское тантал-ниобиевое, Тастыгское литиеносных пегматитов, Арысканское цирконий-иттриевое, Кара-Сугское барит-флюорит-редкоземельно-железородно-карбонатитовое и др.

Тантал, ниобий. В 1984–1987 гг. проведена детальная разведка Улуг-Танзекского месторождения с утверждением запасов в ГКЗ СССР, которое расположено на водоразделе истоков рек Эрзин и Бурен в нагорье Сангилен. Рудоносный Улуг-Танзекский массив щелочных апогранитов расположен в юго-восточной части Тувы в пределах Сангиленского блока Тувинско-Монгольского сегмента ЦАСП, где он прорывает метаморфизованные венд-кембрийские терригенно-карбонатные толщи Каахемской структурно-фациальной зоны. Массив сложен кварц-альбит-микроклиновыми апогранитами, с которыми связано комплексное редкометалльное оруденение. Он имеет вытянутую в юго-восточном направлении форму штокверка (1,9 × 0,7 км), который прослежен на глубину до 700 м без признаков выклинивания. Для рудной минерализации характерно присутствие алюмофторидов (криолит, томсенолит, геарксутит – до 10 %). Широко развиты галенит, сфалерит и пирит. Редкометалльные минералы представлены пирохлором, колумбитом, цирконом и торитом, реже встречаются фергусонит, гагаринит, бастнезит и иттрофлюорит. Месторождение является крупным объектом, пригодным к отработке открытым способом. Окупаемость капложений – 6 лет при производительности по руде – 5 млн т/год. Обеспеченность запасами – 40 лет. Ценность полезных компонентов, без учета затрат на эксплуатационную разведку, добычу и переработку кондиционной руды, оценивается в 5 млрд USD, а ожидаемая стоимость товарной продукции в 300 млн USD/год с балансовой прибылью – 120 млн USD/год.

Иттрий, цирконий. Арысканское месторождение – крупное по запасам редких земель. Оно выявлено в 1952 г. и предварительно разведывалось в 1955–1959 и 1988–1992 гг. Месторождение располагается в 8 км от Аксугского золото-медно-молибден-порфирирового месторождения и контролируется субширотной тектонической зоной, оперяющей андат-

ский разлом. Оно приурочено к апикальной части массива сиенитов, претерпевших щелочной метасоматоз. Главное рудное тело представлено альбититами, имеет форму удлиненно-го в широтном направлении купола. Мощность рудного тела изменяется от 15 м до 70 м, протяженность вдоль зоны дробления – 375 м. Для руд характерно резкое преобладание иттриевых земель над цериевыми. В жилах соотношение иттриевых и цериевых земель достигает 4:1, во вкрапленных рудах 2,5:1, а на глубоких горизонтах это соотношение составляет 1,3:1. Основным носителем редкоземельных элементов в рудах является фергусонит, с которым связано 61,8% всех редких земель, с малаконом – 21,6%, пирохлором – 9,7%, приоритом – 5,7% (табл. 4).

Таблица 4

Характеристика разведанных запасов месторождения Арыскан

Руды	Ед. изм.	Прожилково-вкрапленные руды		Жильные руды	
		С1	С2	С1	С2
Руда	т. т	4 079	2 144	5	3
Сумма оксидов редких земель (Y группы)	т	21 020	8 580	166	74
– пятиокись ниобия (Nb ₂ O ₅)	т	17 193	7 077	87,1	21
– двуокись циркония (Zr ₂ O)	– “ –	148 690	454 600	1 360	779
– пятиокись тантала (Ta ₂ O ₅)	– “ –	937	407	4	2
– двуокись гафния (Hf ₂ O)	– “ –	3 252	858	33	19
Содержания:					
– Сумма оксидов редких земель (Y группы)	%	0,52	0,40	3,26	2,80
– пятиокиси ниобия (Nb ₂ O ₅)	– “ –	0,42	0,33	1,71	0,81
– двуокиси циркония (Zr ₂ O)	– “ –	3,64	2,12	26,78	29,52
– пятиокиси тантала (Ta ₂ O ₅)	– “ –	0,023	0,019	0,069	0,064
– двуокиси гафния (Hf ₂ O)	– “ –	0,080	0,040	0,65	0,72

На базе разведанных запасов месторождения возможно создание горнорудного предприятия мощностью 200 тыс. т руды с выпуском продукции стоимостью 17 млн \$/год.

Литий. Тастыгское месторождение локализовано в карбонатных породах чартысской свиты верхнего протерозоя и представлено 120-ю сближенными жилами сподуменовых пегматитов, которые сосредоточены в жильном поле протяженностью 1200 м при ширине 375 м на южном и 150 м – на северном флангах. На глубину пегматитовые жилы прослежены до 700 м без признаков выклинивания. Наиболее продуктивными являются центральная и, особенно, южная части жильного поля, где сосредоточено более 80% всех запасов окиси лития и попутных компонентов. Длина жил – до 600 м, форма – плитообразная, нередко встречаются ветвящиеся жилы. Рудные минералы представлены преобладающим сподуменом, в меньшем количестве присутствуют касситерит, гельвин, берилл, ортит, циртолит, ксенотим, фергусонит, колумбит-танталит, флюорит. Главным полезным компонентом является литий, 93% которого сконцентрировано в сподумене и лишь 7% рассеяно в других минералах. Средние содержания окиси лития по месторождению – 1,46%, содержание сподумена в руде 20–22%. Попутными компонентами являются: бериллий, представленный гельвином (среднее содержание 0,022% BeO, запасы 8 813 т); ниобий и тантал, сосредоточенные в минералах группы пирохлора, фергусонита и колумбита (запасы Nb₂O₅ 7824 т,

среднее содержание 0,019%; запасы Ta_2O_5 – 3949 т, – 0,0097%); олово в касситерите (запасы металла 21363 т, – 0,052%). В фергусоните содержатся также редкие земли (среднее содержание в руде 0,44%). Месторождение находится в условиях, благоприятных для открытой разработки. Запасы Тастыгского месторождения утверждены ГКЗ СССР в 1962 г. в количестве: руда – 40737 тыс. т, окись лития – 596 тыс. т, среднее содержание окиси лития – 1,46%. Они отнесены к категории C_2 из-за отсутствия промышленных технологических испытаний. Запасы лития в сподуменовых пегматитах в рудном поле месторождения Тастыг на правом берегу реки Хусыин-гол позволяют создать горнорудное производство с годовым объемом переработки 100 тыс. т товарной руды с содержанием оксида лития 1,4% для выпуска бериллий-цирконий-литий-фтористого 7,5% концентрата стоимостью 4,6 млн \$/год или металлического лития на сумму, превышающую 65 млн \$/год.

Ртуть. Промышленные ртутные объекты Тувы размещены в Чазадыр-Терлигхайской металлогенической зоне, в контурах которой выделены Терлигхайское, Тунукское, Бертагское, Чаданское, Чалайлыгское, Эльдигхемское, Чазадрское рудные поля. Наиболее изученное Терлигхайское рудное поле включает более 20 рудопроявлений и является наиболее перспективным для выявления новых рудных объектов. Одноименное жильное месторождение кварц-барит-киноварных руд детально разведано и интенсивно обрабатывалось разведочно-эксплуатационным предприятием горно-обогатительного комбината «ТУВАКОБАЛЬТ» с 1975 по 1986 г. Ежегодно производилось до 40 т металлической ртути на сумму около 160 тыс. USD. Рудное поле Терлигхайского месторождения сложено эффузивно-осадочными образованиями нижнего девона (порфиритами, фельзит-порфирами, их туфобрекчиями), которые прорваны малыми интрузивами среднего и основного состава (габбро-диабазы, габбро-диориты). Ртутная минерализация локализована в контурах жильных зон, секущих вулканогенно-осадочные образования и интрузивы. Промышленная часть рудных тел определялась бортовым содержанием ртути 0,07%. Максимальная длина рудных тел достигает 315 м по простиранию и 230 м по падению. Форма рудных тел линзообразная, столбообразная. Выделяются вкрапленные, прожилково-вкрапленные и брекчиевые типы руд, в которых выявлено более 30 гипогенных и 16 гипергенных минералов. Главный рудный минерал – киноварь. Достаточно широко распространены пирит, марказит, в малых количествах встречаются гематит, халькопирит, швацит. К редким гипогенным рудным минералам относятся сфалерит, метациннабарит, онофрит. Из числа нерудных жильных минералов преобладают кварц и барит, реже присутствуют карбонаты. Конечными продуктами гидротермального изменения вмещающих пород являются широко распространенные: каолинит, дикцит, хлорит и гидрослюды. В пределах рудных тел выделяются: а) убогие руды с содержанием ртути менее 0,07%; б) рядовые руды – от 0,07% до 0,4%; в) богатые руды – более 0,4%. Разведанные запасы Терлигхайского месторождения были утверждены ГКЗ СССР в 1954 г. по категориям $B+C_1+C_2$ в количестве 1404 т. В настоящее время на Госбалансе числится по категориям: $A+B+C_1$ руды 698 тыс. т, ртути 1548 т (ср. 0,2218%); C_2 – 264 тыс. т руды и 548 т металла. Оставшиеся в недрах запасы ртути составляют 2500 т, а с учетом запасов предварительно разведанного Арзакского месторождения, расположенного в 10 км к северо-востоку от Терлиг-Хая, превышают 3000 т. Их общая ценность – 120 млн USD. Перспективы наращивания сырьевой базы по ртути связаны с выявлением объектов золотортутной рудной формации в Ондумском, Пельоругском и Барлыкском узлах.

Карбонатитовые месторождения (Карасугское, Чайлюхемское, Улатай-Чозские) барит-флюорит-сидерит-редкоземельных руд Улатай-Чайлюхемского (Центрально-Тувинского) пояса рекомендованы к промышленному освоению. Проведена корреляция их с аналогичными объектами Забайкалья, Монголии и Северного Китая, определен абсолютный возраст – 119 Ма, дана оценка перспектив выявления новых промышленных объектов этого типа на территории Тувы и Монголии.

Карасугское карбонатитовое железорудно-барит-флюорит-редкоземельное месторождение расположено в 8 км к западу от сомона Ак-Дурук. В его геологическом строении участвуют нижнекембрийские эффузивно-осадочные и терригенные ордовикские породы, прорванные интрузивами габбро-монцонитов и грано-сиенитов торгалыкского комплекса ($v-\gamma\xi D_3-C_1$ tg). Рудоносные карбонатиты приурочены к крупной зоне разломов, образующих систему сопряженных между собой ветвящихся разрывов, которые сопровождаются серией оперяющих дизъюнктивных нарушений второго порядка и вмещают тела сидерит-флюорит-барит-гематитовых руд. На месторождении выявлено 8 рудных тел линзообразной формы с размерами от 30×170 м до 100×850 м. В пространстве рудные тела имеют столбообразную форму и прослежены до глубины 1000 м. Месторождение имеет отчетливо выраженную зону окисления до глубины 100–300 м. Выделяется два типа руд: окисленные и первичные. Первые сложены гидроокислами железа (гидрогематитом, гетит-гидрогетитом, баритом и флюоритом), вторые – сидеритом, баритом, флюоритом и гематитом. Среди окисленных руд выделяются руды I сорта со средним содержанием железа более 26 % и руды II сорта – 23–26 % железа. Запасы руд I сорта составляют 93,36 млн т (ср. содержание железа 32,13 %), II сорта – 31,58 млн т (25,13%). Разведанные руды месторождения характеризуются присутствием в промышленных количествах флюорита (9,0–13,63 %); барита (14,24–22,96 %); редких земель цериевой группы (0,87–1,12 %); иттрия (0,25–0,36), заключенного во флюорите; стронция (1,82–3,99); молибдена. В комплексных флюорит-барит-сидеритовых рудах среднее содержание железа составляет 32,2 %, барита – 17,58–20,36 %, флюорита – 11,73–13,0 %. Общие запасы окисленных и первичных железных руд оценены в 270,84 млн т. По состоянию на 1.01.1983 г. на баланс поставлены: запасы категорий $A+B+C_1+C_2$ – 319,6 млн т комплексных руд; прогнозные ресурсы P_1 – 782 млн т, P_2 – 473,7 млн т и P_3 – 50,8 млн т руды. Эти руды заключают в себе соответственно: 110,7 и 376,6 млн т разведанного и прогнозируемого железа; 34,7 и 125,4 млн т – флюорита; 61,6 и 187,2 млн т – барита; 7,5 и 46,1 млн т – окиси стронция; 72,8 и 209,9 тыс. т – молибдена; 3,25 и 10,66 млн т – редкоземельных элементов (ГТР).

Улатай-Чозское рудное поле карбонатитов контролируется Убсунур-Баянкольской зоной разломов глубинного заложения и приурочено участку сопряжения клиновидных окончаний Элегест-Южно-Торгалыкской и Тээли-Чозской пликативных структур Тувинского эпикаледонского устойчивого массива. Интрузивные образования Улатай-Чозского рудного поля представлены породами габбро-граносиенитовой формации (торгалыкский комплекс) раннекаменноугольного возраста. Габброиды (габбро-пироксениты, габбро-диабазы, долериты) этого комплекса образуют силлообразные залежи, штоки и дайки преимущественно в поле развития метаморфических сланцев, реже – среди вулканитов эйфеля и карбонатно-терригенных образований живета. Гранитоиды (амазонитовые граниты, граносиениты и сиенит-порфиры) в виде штоков и жиллообразных массивов локализованы вблизи северного тектонического контакта метаморфических сланцев с песчаниками и алевролитами среднего девона. Тээли-Чозская структура имеет форму коробчатой антиклинали и сложена карбонатно-терригенно-вулканогенными образованиями саглинской и таштыпской свит эйфеля, несогласно перекрытых песчано-мергелисто-алевролитовыми отложениями ихейской и илеморовской свит живетского возраста. В подошве ихейской свиты локализована мощная многоярусная силлообразная залежь габбро-диабазов с магмоподводящими neckами габбро-пироксенитов, габбро-норитов, диабазов. Редкоземельное флюорит-барит-гематит-сидеритовое оруденение тяготеет к сбрососдвиговым зонам, ограничивающим северный и южный фланги рудного поля и выходит далеко за его пределы на севере и северо-востоке. Карбонатитовые руды локализованы преимущественно в песчано-мергелисто-алевролитовых отложениях живета и вулканогенно-осадочных образованиях эйфеля в структурной связи с массивами щелочных габбро-монцонитов и лимбургитов. Околорудные изменения в связи с карбонатитами представлены зонами сидеритизации и аргиллизации. В редкозе-

мельных барий-фтористых карбонатах Улатай-Чозского рудного поля одним из главных минералов является флюорит. Он присутствует в минеральных парагенезисах разных уровней вертикальной рудно-метасоматической колонны – сидерит-флюоритовом, флюорит-гематитовом, флюорит-гематит-бастнезитовом и позднем флюорит-кальцитовом. По данным С.А. Бредихиной (1991) и И.Р. Прокопьева (2014) карбонатитовое оруденение в месторождениях Улатай-Чозской группы, как и месторождения Кара-Суг, формировалось в две стадии. Для ранней стадии характерно отложение основной массы флюорита двух генераций. Результаты изучения в них газово-жидких включений свидетельствуют об исключительно высоких концентрациях хлоридов натрия и калия, кальция и железа, а также присутствию углекислоты и метана. Температуры минералообразования в первую стадию минералообразования превышали 800 °С. Поздняя стадия карбонатитообразования отличается от ранней меньшими концентрациями хлоридов натрия, минимальными количествами хлоридов калия и отсутствием углекислоты. Температуры минералообразования снижаются до 350–320 °С. В целом же карбонатитообразование происходило на фоне снижения не только температуры (от 800 °С до 320 °С), но и давления (от 3,5 кбар до 2,0 кбар и менее) при относительном нарастании щелочности и окислительного потенциала от ранних к поздним стадиям и верхним уровням гидротермально-метасоматической колонны.

Баянкольское месторождение небокситного алюминия в массиве нефелиновых сиенитов расположено в центральной части Сангиленского нагорья в 400 км от г. Кызыла и в 40 км от месторождения редких (тантал, ниобий и др.) металлов Улуг-Танзек. Овальный в плане Баянкольский массив площадью 12 км³ расчленен долиной реки Баян-Кол на лево- и правобережную части. Основная часть нефелиновых руд месторождения приурочена к правобережной части массива, где на площади 1,5 км³ оконтурено тело уртитов с бортовым содержанием трехоксида алюминия 24 %. Среднее содержание глинозема в этом контуре составляет 27,62 %. На месторождении проведена предварительная разведка: с поверхности оно вскрыто магистральными каналами, а на глубину до 300 м – буровыми скважинами. Запасы правобережной части месторождения подсчитаны по категории С₁+С₂ и составляют около 300 млн т глинозема. Прогнозные ресурсы богатых нефелиновых руд Баянкольского месторождения оцениваются в 1 млрд т. Технологические испытания руд, выполненные ВАМИ показали их близость к рудам разрабатываемого Кия-Шалтырского месторождения (Республика Хакасия), как по содержанию полезного компонента, так и по извлечению его из полученного качественного спека. Запасы месторождения не поставлены на Государственный баланс, хотя и прошли апробацию в ГКЗ СССР (1989 г.). Баянкольское месторождение расположено в непосредственной близости от крупнейшего одноименного месторождения химически чистых известняков, представляющих качественное флюсовое сырье для производства глинозема.

Стратегией социально-экономического развития Республики Тыва до 2030 г. подчеркнуто, что до 2020 г. в Туве будет формироваться производственная инфраструктура горно-добывающего комплекса с «принудительным» попутным решением возникающих социальных и экологических проблем. Тем не менее, эта стратегия должна дополняться инновационным развитием – созданием регионального научно-образовательного комплекса, консолидирующего научные исследования, использующего накопленный опыт, учитывающего традиции, навыки, ценности и нормы этносов, населяющих республику. Инновационный прорыв в Республике Тыва возможен в результате реализации проекта строительства железной дороги Курагино-Кызыл и последующего наращивания транспортной инфраструктуры с выходом к железнодорожным коммуникациям Монголии и Китая для развития горнопромышленного комплекса Центральной Азии и внешнеторговых отношений со странами Азиатско-Тихоокеанского региона.