

75 коп.

проф. Ф. Н. Шахов



РУАИ

**ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ
МЕТАЛЛОВ**

В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ



КРАСНОЯРСКОЕ КРАЕВОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

1939

Проф. Ф. Н. ШАХОВ

РУДЫ
ЦВЕТНЫХ И РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ



КРАСНОЯРСКОЕ КРАЕВОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
1939

АННОТАЦИЯ

В настоящей брошюре дается краткая характеристика геологических условий образования руд, описание методики поисков редких и цветных металлов, их состав, образование и применение в промышленности.

Книжка является необходимым пособием для начинающих поисковиков и геологов.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Появление популярной геологической литературы в нашей стране не является случайностью: оно вызвано широким участием трудящихся, рабочих, колхозников, экскурсантов, туристов, в деле поисков месторождений цветных и редких металлов. Трудно найти в Советском Союзе районы, где бы с помощью и по инициативе трудящихся не были привлечены к промышленному освоению месторождения полезных ископаемых. Правда, люди, занятые поисками полезных ископаемых, существуют и за границей, но в то время как в буржуазных странах проспекторство (поисковое дело) является делом частной наживы кучки капиталистов или „искателей счастья“, а также делом людей, вынужденных искать насущный заработок,—в нашем Союзе в поисках полезных ископаемых принимают участие миллионы, так как эта работа есть только одно из проявлений социалистического отношения трудящихся к своему государству. Особое место в этом движении занимает молодежь, которая проводит эту работу организованно, оформляя ее в комсомольских геопоходах и освещая результаты ее в печати. Достаточно посмотреть наши детские журналы, чтобы убедиться в работе нашей молодежи, в работе очень глубокой, культурной. Наша молодежь, наши экскурсанты, наши туристы в своих исканиях совсем не походят на американских проспекторов, людей невежественных и большею частью воодушевленных в своей работе духом личной наживы. Американский проспектор результаты своей работы не подарит государству, как это сделали в этом году (и делали раньше) многие группы пионеров, включив в подарок юбиляру-комсомолу открытия месторождений полезных ископаемых*. Вместе

* „Юный натуралист“ № 10, 1938,—Наши подарки родине.

с тем наши проспекторы в сравнении с американскими отличны и по культурности подхода к своим исследованиям. Их не может удовлетворить эмпирический навык в работе, они требуют для себя и своих исследований более серьезной теоретической базы. Это и послужило основанием для составления нашей брошюры. Мы надеемся, что критика читателей позволит в будущем исправить все имеющиеся в ней недостатки.

Автор.

ВВЕДЕНИЕ

Цветными металлами обычно называют медь, свинец, цинк; иногда в эту группу включают никель, олово, золото и серебро. К редким и малым металлам относят вольфрам, молибден, висмут, радиоактивные элементы, ртуть, сурьму, мышьяк. Разграничение металлов по данным группам имеет условный характер и в большей степени зависит от наших знаний о месторождениях этих металлов. Месторождения металлов второй группы встречаются реже и содержание их в рудах, за небольшими исключениями (сурьма), бывает ниже. Эти металлы склонны к рассеянию и только в редких случаях, в природных условиях, можно наблюдать их значительные концентрации.

Распространение тех или иных руд в различных районах не является случайностью, а бывает строго закономерно связано с теми геологическими процессами, которые в прошлом и в настоящем создали твердые и рыхлые породы страны, ее рельеф и месторождения полезных ископаемых. Определение этих геологических процессов, последовательность их во времени и связь их с породами и рудами района являются основной задачей геологических исследований. Знание специфических, особенных черт геологического прошлого района является громадным подспорьем для дела поисков и разведок месторождений полезных ископаемых. Знание, хотя бы в основных чертах, геологических процессов, обусловивших образование в данном районе месторождений руд, особенно необходимо поисковику-любителю, туристу и краеведу, если они желают проводить в районе поиски или геологические исследования. Поэтому в данном очерке характеристика геологических условий образования руд занимает одно из центральных мест.

Вместе с тем каждый поисковик должен знать внешний облик месторождений или, как иногда выражаются, морфологические их черты, состав руд, иметь представление об их ценности, процессах обработки руд и применении металла в промышленности. Эти данные в краткой форме также излагаются в настоящем очерке.

В природных условиях редко удается обнаружить выходы руды простым осмотром и искаживанием местности. Часто выходы рудных тел бывают скрыты от глаз наблюдателя рыхлыми почвенными покровами, таежной растительностью, осыпями и болотами. Поэтому методы простейших поисковых работ, ведущих или к установлению присутствия в данном участке рудного месторождения, или даже обнаружения его выходов, автор счел необходимым изложить хотя бы в кратком виде. Методика поисков не является в настоящее время определенной отраслью наших знаний. Сводных работ и учебников по этому вопросу почти не имеется. Нужно сказать, что приемы исследований не могут быть одинаковыми для разных районов и разных руд, хотя некоторые общие принципиальные черты имеются в любом исследовании этого типа. Учитывая все это, мы решились изложить эту часть применительно к виду рудного сырья и районам, в которых оно встречается. Поскольку для Красноярского края такой материал дается впервые, в некоторых случаях он может оказаться недостаточно совершенным и потребует пересмотра. Все критические замечания по этому поводу автор получил бы с большой благодарностью, так же как с большой готовностью он обещает ответить на любой вопрос читателя, если последний обратится к нему за разъяснениями.

В брошюре не помещаются развернутых описаний минералов, слагающих руды, так как этот материал читатель сможет найти в ряде хороших учебников минералогии; кроме того, одно описание, без знакомства с образцами руд и минералов, никакого практического значения не имеет. Навыки узнавать руду или породы ее сопровождающие, читатель легко может получить в музеях и школах Красноярска и Минусинска, а также на месте, в рудниках, расположенных на пути к району и вблизи его. Организовать такой осмотр горных пород и руд и даже иметь их образцы с собой, в условиях Красноярского края не представит затруднений для лиц, пожелавших исследовать те или иные районы во время летних экскурсий.

В настоящем очерке описываются редкие и цветные металлы, месторождения которых характерны для Красноярского края. Не включены лишь руды никеля и золота, описание которых должно составить особую тему. При составлении этой работы автор в широкой мере использовал свою брошюру „Поиски месторождений редких металлов в Сибири“, изданную в 1937 году.

МЕДЬ

СОСТАВ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕДНЫХ РУД

Медь обладает способностью образовывать с различными элементами разнообразные и порою сложные соединения. Поэтому известно большое число медь-содержащих минералов, в которых, кроме кислорода, встречаются сера, сурьма, мышьяк, селен, железо, цинк, свинец, висмут, олово, серебро, ванадий и другие редкие элементы. Не удивительно поэтому, что медь можно обнаружить в составе почти всех известных нам руд цветных металлов. Значительно менее разнообразны по составу специально на медь разрабатываемые руды. Важнейшими рудообразующими минералами являются следующие: *медный колчедан* (CuFeS_2), *борнит* (Cu_5FeS_4), *медный блеск* (Cu_2S), *ковеллин* (CuS), *самородная медь*, *куприт* (Cu_2O), *малахит* [$\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$], *азурит* [$2\text{CuCO}_3\cdot\text{Cu}(\text{OH})_2$].

Медный колчедан и борнит являются наиболее распространенными медь-содержащими минералами, образующимися из горячих вулканического происхождения растворов. Оба представляют соединение меди с серой и железом, но в разных пропорциях. Медный колчедан содержит около 35% меди, а борнит—до 71%. В процессе поверхностного выветривания из этих двух минералов могут образовываться все вышеперечисленные руды меди.

Медный колчедан обладает латунно-желтой окраской, чрезвычайно редко образует геометрически правильные кристаллы (в противоположность пириту или серному колчедану); кроме того, отличается от пирита меньшей твердостью и не чертит подобно тому стеклу. Борнит в свежем изломе обладает томпаково-бурой окраской, но обычно вследствие разложения на его поверхности образуется побежалость очень пестрых цветов, почему руды, содержащие в значительном количестве этот минерал, называют пестрой медной рудой. В пределах Красноярского края в медных рудах чаще встречается медный колчедан в сопровождении большого количества пирита.

Медный блеск и ковеллин редко слагают самостоятельные рудные тела и обычно встречаются совместно с предыдущими минералами, приурочиваясь к верхним горизонтам богатых колчеданами медных руд. Примесь в значительных количествах этих минералов к рудам окрашивает их в черные, реже—в голубоватые цвета. Самородная медь по внешнему виду ничем не отличается от обычной продажной красной меди. В небольших количествах встречается в верхних горизонтах колчеданных месторождений. Иногда отлагается из горячих вулканического происхождения растворов. Куприт, или кирпичная медная руда, названная так за свою окраску, совместно с самородной медью, часто с небольшой примесью медного блеска и ковеллина, встречается иногда в значительных

количествах в верхних горизонтах колчеданных медных руд. Наконец, малахит и азурит легко отличаются от всех минералов ярко-зеленой и лазурево-синей окраской. Эти минералы особенно характерны для поверхностных выходов колчеданных медных руд, залегающих в известняках, где возможны значительные их скопления.

В некоторых рудах, обрабатывающихся для извлечения меди, большую роль играет пирит или серный колчедан (Маинское месторождение). Этот минерал по внешнему виду очень близко напоминает медный колчедан, но меди он не содержит, представляя соединение железа и серы (FeS_2). Отличается от халькопирита склонностью появляться в виде прекрасно ограниченных кубиков и более бледной золотистой окраской. В так называемых серноколчеданных месторождениях этот минерал часто развивается в количестве, превышающем 90%, и медный колчедан в таких рудах можно заметить только при внимательном рассмотрении.

Кроме описанных минералов, в составе медных руд могут играть значительную роль такие минералы, как бурый железняк и магнетит. Бурый железняк образует бурые или желтые или желтых и красных оттенков глинистые и землистые массы. Реже встречаются натечной формы образования, обладающие скорлуповатым почковидным характером поверхности или иногда напоминающие ледяные сосульки. Мягкий и легко чертится стеклом. Образуется при разложении на поверхности медного колчедана, борнита и особенно пирита. Часто в породах можно видеть бурой окраски кубики, которые представляют собою пирит, измененный в бурый железняк.

Магнетит, или магнитный железняк, является наиболее распространенной в пределах края железной рудой. Окраска черная, тяжелый, чертит стекло, легко притягивается магнитом или отклоняет стрелку компаса, если встречается в больших кусках. Встречается часто в рудах контактового типа.

Колчеданные медные руды, в составе которых медь-содержащим минералом являются борнит или халькопирит, обычно гораздо беднее медью, чем руды верхних горизонтов, где образуются остальные вышеперечисленные минералы.

В горных породах медь встречается довольно часто. В среднем, по Вернадскому, медь содержится в породах земной коры не менее 0,01% по весу, но рудами называются породы, содержащие не менее 0,5% меди. При этом необходимо отметить, что указанное содержание является минимальным, и в общем случае в обработку поступают руды с более значительным содержанием, в частности наиболее распространенные колчеданные руды разрабатываются с содержанием около 2%. Поэтому обычные медные руды не состоят только из одного медь-содержащего минерала, но бывают часто в значительной мере разбавлены другими минералами, которые по составу бывают очень разнообразны. Наиболее обычными

являются кварц, серный колчедан, барит или тяжелый шпат (соединение бария с серной кислотой— Ba SO_4) и, наконец, разнообразные минералы замещаемых рудоносными растворами пород. Ближе с комплексами руд мы познакомимся при описании типов медных месторождений.

Извлечение меди из руд производится различными способами, в зависимости от их состава. Колчеданные, борнит или медный колчедан содержащие руды обрабатываются плавкой в особых металлургических печах. В этих случаях при массовой обработке нормальные руды подвергаются обычно предварительному обогащению. В настоящее время наиболее распространенным методом обогащения руд цветных металлов является метод флотации. Добытую руду подвергают тончайшему измельчению и затем пропускают ее через особые приборы, где с помощью различных химических реактивов и масел заставляют в непрерывно взмучиваемой воде всплывать вместе с пеной те или другие минеральные компоненты. Применение флотации позволяет пускать в обработку бедные колчеданные руды с содержанием меди от 1 до 1,5%.

В некоторых случаях медь добывается и из более бедных руд, если они содержат другие металлы. Такие руды являются сложными, и комплексная их обработка позволяет, в некоторых случаях, осваивать медные руды с пониженным против обычных кондиций содержанием. Полезными примесями могут быть золото, свинец; реже—вольфрам, молибден и другие редкие элементы. Технология руд последнего типа пока не вполне освоена.

Полученная плавкой медь содержит порою значительное количество примесей, в частности в ней концентрируются золото и серебро, содержавшиеся в рудах. Поэтому для их извлечения, а также для получения свободной от примесей меди, полученная в результате плавки так называемая черновая медь подвергается дальнейшей переработке—рафинированию—особым электролитическим способом. Чистая медь осаждается при этом методе из раствора, через который пропускается ток.

Гораздо дешевле извлекается медь из руд, содержащих легко растворимые в кислотах соединения меди, как, например, медный блеск, куприт, малахит и др. В этом случае сначала медь с помощью серной кислоты переводят в раствор, а потом осаждают из него металлургическую медь, пропуская растворы через железный лом. Такой метод (гидро-металлургический) позволяет обрабатывать руды с содержанием меди до 0,5%.

Практическое применение меди чрезвычайно велико, причем электролитная медь или—чаще—ее сплавы используются преимущественно во всех областях машиностроения. Особенно большое количество электролитной меди требует электротехника.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ТИПЫ МЕДНОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Насколько разнообразны и многочисленны минералы, содержащие медь, настолько разнообразны и месторождения меди по своему происхождению и характеру проявления.

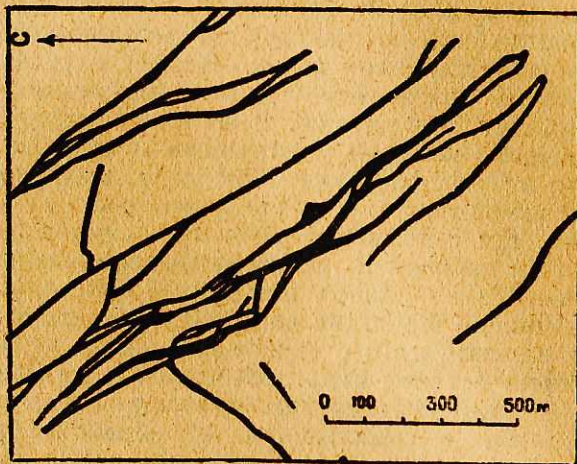


Рис. 1. Сложные ветвящиеся жилы. По Спэрру (план).

В пределах Красноярского края известно значительное количество месторождений медных руд, каковые по своим внешним чертам и происхождению могут быть удобно сведены в следующие типы: жильные, контактовые, серноколчеданные линзы, вкрапленники и, наконец, особо сложные по составу магматические месторождения. Так как подобные типы известны для месторождений руд и других металлов, остановимся на характеристике их несколько подробнее.

Жильными называют месторождения, у которых форма рудного тела в плане по своему характеру напоминает шнурок или ленту и называется жилой. Узор рудных тел этого типа в случае совместного проявления на поверхности целого комплекса их напоминает сложные сплетения жил (рис. 1). В пространстве по форме рудную жилу можно сравнить с пластинкой, толщина которой называется *мощностью* и по размерам много уступает другим линейным элементам этого тела. Очертания жил не бывают геометрически правильными, тем не менее они в достаточной мере ясно выражены, чтобы заметить, что в большинстве случаев жилы уходят в глубину под некоторым углом к поверхности, называемым *падением* жилы (рис. 2). В этом случае на поверхности жила будет иметь вид шнурка или ленты, направление вытяну-

тости которых называется *простирием*. Соответственно положению жилы, как показано на рис. 2, верхние и нижние-оконтуривающие ее поверхности носят название *висячего* и *лежащего* боков. Окончания жил по простирию обычно-сопровождаются уменьшением в мощности и часто—разветвлением. Впрочем необходимо отметить, что мощность у многих жил по простирию часто настолько меняется, что-

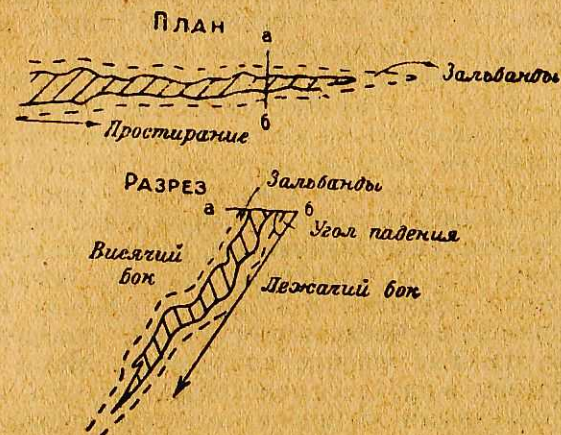


Рис. 2.

на некотором протяжении жила почти прерывается, но трещина, по которой происходила циркуляция растворов, обычно сохраняется и носит название *проводника*, проследивая который, можно найти продолжение жилы (рис. 3).

Происхождение меднорудных жил в наших районах тесно связано с образованием вулканических пород, отвердевание-



Рис. 3.

которых имело место чаще в сравнительно глубоких горизонтах земной коры* и только в редких случаях огненно-жидкий расплав пробивался на земную поверхность, образуя особые «излившиеся» породы, из каковых в Красноярском крае особенно распространенными следует считать порфиры, мелафиры и базальты. В процессе остывания силикатовых расплавов на глубине из них выделялись горячие растворы, богатые кремнеземом и летучими соединениями металлов, в том числе и меди. Растворы устремлялись в

* Породы такого происхождения называют интрузивными.

верхние горизонты часто уже застывшего изверженного массива и в процессе движения отлагали рудный материал как в трещинах самой материнской породы, так и далеко за ее пределами. Поэтому рудные жилы часто залегают в трещинах горных пород различного состава и происхождения и пространственно могут быть в значительной мере разобщены с породой, образовавшейся из материнского силикатового расплава. Таким образом, состав рудных жил в основном определяется составом горячих растворов, а форма их обусловлена сложением вмещающих пород.

Жильные месторождения меди особенно известны в юго-западной части края — в Кузнецком Алатау, где они представлены обычными кварцевыми жилами, содержащими в значительном количестве медный колчедан. Некоторые из таких жил содержали золото, для извлечения которого они и разрабатывались. Примером таких месторождений являются жилы золотого месторождения Знаменитый, расположенного в районе прииска Коммунар, в Кузнецком Алатау. Богатые медью кварцевые жилы известны и в других районах Кузнецкого Алатау, например, в Чебаковском районе обнаружены кварцевые жилы, богатые медным колчеданом. Жилы этого типа были обнаружены в процессе поисков на золото и в сравнении с другими отличными по происхождению месторождениями меди обладают небольшими размерами рудных тел, а следовательно и запасами руд.

В Аскизском районе, Хакасской области, известны Б а з и н с к и е месторождения, представленные кварцевыми и кварцево-кальцитовыми жилами, залегающими вдоль зон раздробления различных горных пород: известняков, песчаников и порфиритов. Кроме кварца и кальцита в рудах этих месторождений встречаются медный колчедан и пирит. В рудах поверхностных выходов развиваются лимонит, борнит, халькозин и карбонаты меди. Промышленное значение месторождения не выявлено.

В северовосточных отрогах Кузнецкого Алатау давно известны медные руды, залегающие в зонах раздробления известняков и порфиритов. Рудой обычно является пропитанный медным и другими колчеданами известняк или порфирит, но, кроме того, встречаются кварцево-кальцитовые и кварцево-баритовые жилы с распылчатыми зальбандами, содержащими медный колчедан, блеклые руды и другие колчеданы.

Наиболее распространены в Красноярском крае месторождения меди контактового типа. Сюда относятся многочисленные месторождения Хакасии, которые пространственно сводятся в следующие группы: Туимская, Карышская, Юлинская и Темирская. Наиболее интересными в промышленном отношении являются: Глафириновское месторождение в Уленьской группе, месторождение Киялых-Узень в Туимской группе и Юлия в Юлинской группе. На рудах этих

месторождений до революции работали два небольших завода: один на Улене, другой на Юлии.

Контактовыми эти месторождения называются потому, что рудные тела их располагаются вблизи границы-контакта вулканического происхождения породы с породами, ею прорываемыми. В пределах Хакасии рудные тела залегают обычно

СХЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ
района меднорудных месторождений
Карышской группы

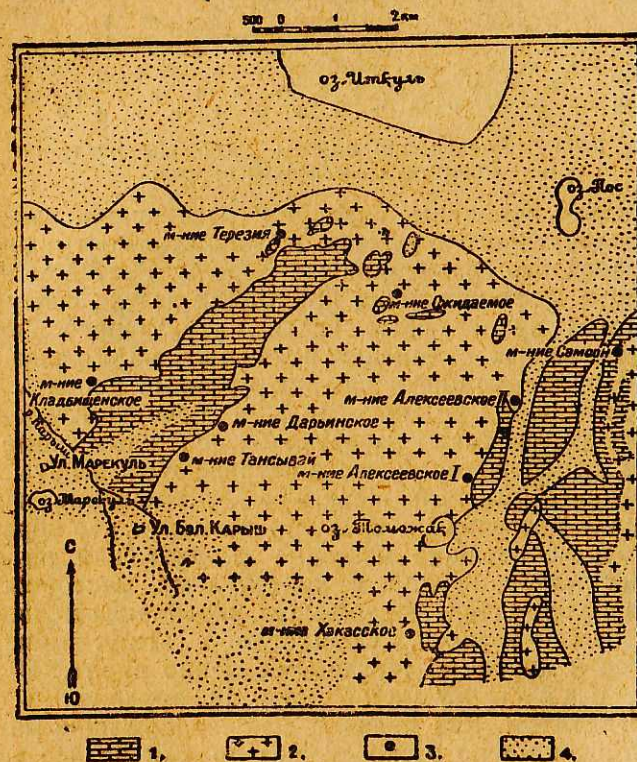


Рис. 4. 1—Вмещающие интрузив известняки и другие породы, 2—породы интрузивов, 3—контактовые месторождения, 4—породы, перекрывающие интрузив и наносы.

на границе бедных кварцем гранитовидных пород с известняками. Около одного крупного тела вулканического происхождения часто можно обнаружить значительное количество месторождений, естественно объединяемых в одну группу. Типичным примером являются месторождения Карышской группы (рис. 4), расположенные или по внешним кон-

пород яркими окрасками. Поэтому большинство этих месторождений в крае было очень давно известно и разрабатывалось еще в доисторические времена легендарным народом „чудью“*, разработки которых, совершенно естественно, не выходили за пределы поверхностно измененных руд, и колчеданные халькопирит-содержащие руды этими работами не были затронуты.

Из месторождений группы серно-колчеданных в крае известно только одно Маинское месторождение, в окрестностях которого возможны находки и других месторождений этого типа. Маинское месторождение расположено на левом берегу р. Енисея, при выходе его из гор Западного Саяна. Известно месторождение со времени XVIII века, но до сих пор окончательно не разведано. Старые же работы затронули только верхние горизонты рудного тела, где среди бурых железняков находили медные руды, состоящие из малахита и куприта.

Рудные тела Маинского месторождения представляют жилкообразной формы образования (линзы), отличающиеся от обычных жил большой мощностью в сравнении с простиранием. У одной из них на протяжении 400 м по простиранию мощность на глубине 150 м меняется от 2 до 30 м.

Рудное тело залегает с крутым (больше 60°) падением в зеленых сланцах вблизи гранитного массива. Горячие растворы первоначально отложили руду, в состав которой главным образом входил пирит (соединение железа с серой) с небольшой примесью кварца и медного колчедана. Присутствием последнего и обусловлено содержание меди в этих рудах.

Но такого состава руды не сохраняются на поверхности, где пирит переходит в бурые железняки, а медь растворяется поверхностными водами, которые, просачиваясь в глубокие горизонты рудного тела, осаждают ее там в виде медного блеска. В процессе разложения пирита на поверхности, кроме бурых железняков, образуется серная кислота, которая действует разрушающе на боковые породы, превращая их иногда в белые глинистые образования. В результате такого процесса рудные тела месторождений типа Маинского рудника принимают в разрезе сложный характер, будучи сложены рудами различного состава. На рис. 7 дается схема, изображающая изменение состава руд с глубиной в типичном серно-колчеданном месторождении. В верхней части широким развалом выходят на поверхность бурые железняки, напоминая по форме залегания перевернутую шляпу, почему такие образования получили у горняков название *железной*

* В масштабах Урала, Сибири и Средней Азии старые горняки древние работы называли „чудскими“, придавая доисторическим горнякам собирательное название „чуди“. Эти термины прочно вошли и в современную горняцкую и геологическую литературу.

шляпы. В условиях Урала железные шляпы серно-колчеданных месторождений содержат промышленные количества золота и разрабатываются, как золотые руды. Зона этих руд может достигать значительной глубины, и, в частности, в Маинском месторождении она протягивается до глубины 100 м. Следующая зона представлена серно-колчеданными рудами, содержащими медный блеск, привнесенный сюда поверхностными водами из верхних горизонтов. Следовательно, руды этого горизонта в сравнении с рудами первоначального состава являются обогащенными и часто представляют особенно ценный горизонт в месторождении. Область их распространения называется зоной цементации. Наконец, ниже руд зоны цементации обычно сохраняется зона первичных руд, содержание меди в которых значительно ниже, чем в рудах предыдущей зоны. Часто такая схема осложняется последующими событиями в жизни рудного месторождения. Может быть такой случай, что, после того как сформировались в пределах рудного тела три описанных выше зоны, поверхностные воды опускаются ниже зоны цементации, и руды последней подвергаются разрушительному действию воздуха и воды. В этом случае часто за счет медного блеска образуется *куприт*, наличие которого в Маинском руднике под бурыми железняками свидетельствует о том, что руды зоны цементации в этом месторождении частично уничтожены. Далеко не весь медный блеск переходит в этом случае в куприт. Большая часть меди уносится, растворяясь в поверхностного происхождения водах, и на месте руд бывшей зоны цементации остаются лишь минералы, не растворимые в этих водах. Большой частью они бывают представлены кварцем, баритом или пиритом. Эти образования сыпучи, напоминают пески и часто называются *сыпучкой*. Месторождение, пережившее столь сложный процесс изменения, имеет и более сложный разрез. В частности, в Маинском месторождении зона цементации иногда совсем отсутствует и схема изменения состава руд с глубиной имеет отличный от обычного характер (рис. 8). Руды зоны цементации на прилагаемом разрезе отсутствуют совсем, и вместо них на-

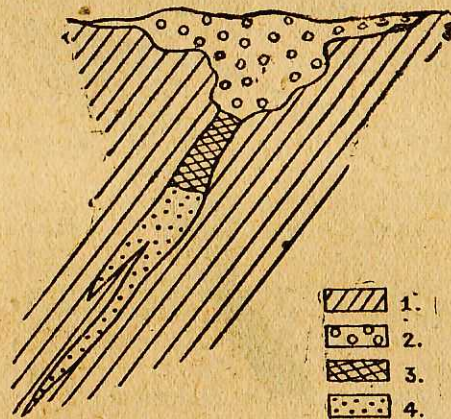


Рис 7. 1—Сланцы (боковые породы), 2—бурый железняк, 3—руды, содержащие медный блеск, 4—серно-колчеданные руды.

последующими событиями в жизни рудного месторождения. Может быть такой случай, что, после того как сформировались в пределах рудного тела три описанных выше зоны, поверхностные воды опускаются ниже зоны цементации, и руды последней подвергаются разрушительному действию воздуха и воды. В этом случае часто за счет медного блеска образуется *куприт*, наличие которого в Маинском руднике под бурыми железняками свидетельствует о том, что руды зоны цементации в этом месторождении частично уничтожены. Далеко не весь медный блеск переходит в этом случае в куприт. Большая часть меди уносится, растворяясь в поверхностного происхождения водах, и на месте руд бывшей зоны цементации остаются лишь минералы, не растворимые в этих водах. Большой частью они бывают представлены кварцем, баритом или пиритом. Эти образования сыпучи, напоминают пески и часто называются *сыпучкой*. Месторождение, пережившее столь сложный процесс изменения, имеет и более сложный разрез. В частности, в Маинском месторождении зона цементации иногда совсем отсутствует и схема изменения состава руд с глубиной имеет отличный от обычного характер (рис. 8). Руды зоны цементации на прилагаемом разрезе отсутствуют совсем, и вместо них на-

блюдаются кварцевые пески зоны выщелачивания. Маинское месторождение является одним из самых крупных по запасам руд в Красноярском крае.

Месторождения вкрапленных руд образуются в тех случаях, когда горячие растворы распространяются по выходе из материнского вулканического очага, растекаясь в

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ СХЕМАТИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ
Маинского м-ния



Рис. 8. 1—Вмещающий руду рассланцованный порфирит, 2—порфирит, выбеленный серной кислотой в зоне окисления и цементации, 3—железняки и охры, 4—пески зоны выщелачивания, 5—первичные серноколчеданные руды.

бокковых породах по тончайшим трещинкам или промежуткам между зернами отдельных минералов, слагающих породу. Особенно удобными путями такого распространения растворов являются слои породы, образовавшиеся в процессе окаменения песков (песчаники) и галечников (конгломераты). Передвижение горячих растворов не проходит бесследно для пород, и они обогащаются соединениями различных металлов в виде иногда тончайших включений. Особенно часто в таком виде встречаются месторождения меди, распространенные и у нас в Красноярском крае. Сюда относятся, например, Печищенское, Раисинское и другие месторождения, расположенные в Хакасии. Руды этих месторождений представляют конгломераты или песчаники, пропитанные тонкими включениями медной зелени (малахита) и медного блеска; иногда встречаются самородная медь и борнит.

Вероятно в связи с вулканическими же процессами образуются вкрапленники и в пористых породах древних лав, где, кроме руд описанного состава, встречаются часто исключительно вкрапления самородной меди. Такие месторождения очень распространены в районах Кузнецкого Алатау, особенно в Хакасии. Промышленное значение месторождений этой группы не ясно, так как пока они слабо затронуты разведкой. В случае обнаружения больших запасов, месторождения могут иметь крупное промышленное значение для края.

Наконец, на дальнем севере, в Норильском районе, среди интрузивных тел черных (габброидных) пород встречаются участки, обогащенные колчеданами, которые содержат не только медь, но и никель. Эти руды образовались в процессе кристаллизации самой изверженной породы и называются

магматическими. Рудные тела их никогда не выходят за пределы интрузивного тела, что упрощает направление поисковых работ. Запасы меди в месторождениях этого типа расцениваются геологами очень крупными цифрами.

Заканчивая описание главнейших типов медных месторождений Красноярского края, мы должны отметить, что по этому металлу в Сибири Красноярский край занимает исключительное положение. Дальнейшее изучение геологического строения края и поиски несомненно выявят новые месторождения меди. Поиски медных руд в Красноярском крае нужно считать делом весьма актуальным.

ПОИСКИ

Методика поисков медных месторождений, естественно, должна быть различна в зависимости от типа месторождения и его особенностей.

Жильные месторождения меди нередко бывают пространственно подчинены другим генетическим типам, встречаясь особенно часто внутри рудных полей месторождений вкрапленных руд. Но можно думать, что в Красноярском крае, особенно в Кузнецком Алатау, существуют жилы, подчиненные крупным зонам нарушений; например, к таким месторождениям можно отнести жилы Юзека. Выбор места для поисков, таким образом, определяется геологической структурой района и требует указаний и помощи специалиста. В пределах выбранной для поисков площади коренные выходы руд редко обнаруживаются непосредственно, так как чаще бывают закрыты рыхлыми наносами и в таежных районах поиски сводятся к обнаружению свалов жильной породы, чаще—кварца или барита. При этом может возникнуть вопрос, какие показатели в случае находки свалов кварца являются благоприятными для медного месторождения. Выше уже отмечалось, что на поверхности колчеданы не сохраняются. Но если сначала в руде медный колчедан присутствовал, то после выветривания такие руды становятся сильно охристыми или содержат некоторое количество кислородных соединений меди, например, куприта или малахита. Цветные минералы меди, как, например, азурит или малахит, особенно охотно развиваются в рудах, жилы которых залегают в известняках. Но если жилы залегают в породах, где нет извести, медь может быть удалена из поверхностных выходов, и там будут оставаться лишь охры, правда, в громадном большинстве случаев содержащие некоторое количество соединений меди, если первично руда была богата медным колчеданом. Поэтому, если анализ богатых охрами кварцевых жил показывает хотя бы следы меди, можно до некоторой степени предполагать о содержании меди в неизмененных рудах этого месторождения. Специалисты могут в таких случаях судить о составе

первичных руд по характеру охристых образований, почему в сомнительных случаях рекомендуется типичные образцы охр отбирать и хранить для эксперта. В условиях Хакасского района, повидимому, благоприятным показателем является присутствие в кварцах барита. Впрочем, поскольку месторождения этого типа мало исследованы, этот показатель требует проверки.

При описании группы контактовых месторождений мы видели, что руды этого типа встречаются по окраинам интрузивных тел или бывают приурочены пространственно к остаткам кровли, сохранившимся на их поверхности. Не всякие интрузивы обладают такими месторождениями. В Хакасии в этом отношении особенно интересны древние интрузивные тела, сложенные бедными кварцем породами, называемыми граносиенитами. Выбор интрузива для поисков здесь также требует консультации геолога.

Большая часть контактовых месторождений Хакасии приурочена к известнякам, наличие которых благоприятствует образованию на поверхностных выходах рудных тел ярких цветных минералов—зеленого малахита и голубого азурита. Такие руды легко находятся раз их видевшими даже неопытными людьми. Но могут быть случаи, когда месторождения этого типа появляются в контактах вулканических пород с породами, не содержащими извести. Тогда могут на выходах рудного тела залежать железняки без видимых следов меди. Поэтому при поисках в районах, где распространены контактовые месторождения, особенно рекомендуется обращать внимание на бурые железняки, залегающие вблизи контакта вулканической породы.

Гораздо сложнее и лучше известны приемы поисковых работ на серно-колчеданные линзы. Из описания группы этих месторождений мы видели, что в общем случае на поверхности они бывают представлены развалом бурых железняков, часто окруженных ореолом выбеленных серной кислотой вмещающих их сланцев. Эти белые глинистые породы получили на Урале у рабочих название „беляков“. Но такая картина редко представляется глазу наблюдателя по следующим причинам: а) район, даже в самых благоприятных случаях сухих степей или пустынь, где нет густой растительности, бывает покрыт щебнем или другими наносами, скрывающими выхода коренных пород; б) во многих случаях процессы разрушения горных пород могут совсем уничтожить бурые железняки, и тогда на поверхности могут выйти пески, обнаружить—распознать—которые гораздо труднее, чем охры, так что единственным признаком в этом случае явятся „беляки“; в) процессы разрушения могут пройти так далеко, что на поверхность выйдет сама колчеданная линза, и „беляки“ в этом случае могут отсутствовать.

Поиски месторождений этого типа наиболее полно прово-

дятся на Урале и, поскольку в пределах Красноярского края месторождения этого типа особенно слабо задеты поисковыми работами (известно одно Маинское месторождение), мы опишем поисковые приемы, практикующиеся на Урале.

На Южном Урале, где слаба растительность и коренные выходы бывают закрыты лишь слабым слоем щебня, охота на железные шляпы, богатые золотом, производится методом „копушей“. На разведочный участок выходит отряд в несколько человек с ковшами, ведрами и ступой для раздробления породы. При отряде имеется подвода с бочкой воды и мелким инструментом. Численность отряда бывает различна, в зависимости от ширины выбранного участка. По прибытии на место люди расходятся в цепочки на расстоянии от 2 до 4 метров один от другого. Таких цепочек можно сделать две, расставив их так, чтобы люди одной из цепочек расположились по отношению к задним или передним товарищам в шахматном порядке. Естественно, что в последнем случае интервалы между людьми каждой цепочки делаются вдвое больше обычных. Каждый из участников небольшой лопаткой делает копуш—маленькую ямку—в том месте, где он стоит. Материал из копуша тут же промывается в ковше. Если попадают крупные обломки породы, они измельчаются предварительно в ступе. Особенным вниманием пользуются обломки железняков. Копуши, где встречены были при промывке знаки железняка, отмечаются какими-нибудь особыми знаками. Обыкновенно начальник такой разведки, десятник, сам повторяет около такого копуша промывку. С проведением таких работ цепочка двигается вдоль выбранного участка. По мере приближения к железной шляпе количество копушей с знаками золота возрастает, как возрастает в них и количество золота. После окончания таких поисков на выбранной площади, если на ней залегают скрытая наносами железная шляпа, копуши с золотом концентрируются на одном участке, в центре которого забивают шурф, каковым вскрывается выход рудного тела на поверхность. Во многих случаях указанным способом вскрывались даже такие месторождения, у которых поверхностные процессы уничтожали железные шляпы. Недостаток такого метода состоит в том, что он сравнительно дорогой и применим для месторождений, содержащих золото в районах со слабыми наносами.

Более рациональными считаются поиски выходов рудных тел по „белякам“. Щупом (небольшой ручной бур), даже в районах сильно задернованных, ищут вначале „беляки“, выходы которых обычно занимают значительно большую площадь, чем выход рудного тела. Оконтурив площадь беляков, внутри ее для вскрытия рудного тела производят разведочные работы.

Оба описанные метода требуют выбора участков в районе.

Этот выбор может быть правильно сделан только лицом, знающим геологическое строение данного участка, и для случайного путешественника-одиночки критериями для поисков таких месторождений могут служить лишь выходы „беляков“ и обломки бурых железняков среди щебня, не говоря уже о коренных выходах железных шляп.

Присутствие в шлихах золотоносных россыпей значительного количества бурых железняков уже дает указание на направление поисков железных шляп. А обнаружение бурых железняков в шлихах делювиальных отложений, отобранных и промытых специальной поисковой партией, часто четко указывает участок для вскрытия железной шляпы канавными и шурфовыми работами.

Поиски на вкрапленные руды типа Печищенских не требуют особенных приемов, так как эти руды наблюдаются на больших площадях и обладают заметной внешностью. Зато разведка их гораздо труднее всех остальных месторождений, так как в пределах большой площади породы бывают крайне неравномерно в поверхностных выходах обогащены медью, и, чтобы установить их промышленное значение, необходимы очень тщательные и продуманные работы.

Руды магматических месторождений типа Норильских являются по существу изверженными породами, обогащенными рудным материалом, и, таким образом, не могут встречаться вне контуров материнского интрузива. Этими данными ограничивается площадь для постановки поисковых работ. При этом только следует отметить, что особо часто рудные тела этого типа месторождений бывают приурочены к контактам интрузивных тел. Иногда магматические месторождения сопровождаются месторождениями типа колчеданных залежей, и эти последние в таких случаях залегают уже в пределах прилегающих к интрузиву вмещающих его пород. На поверхности руды магматических месторождений изменяются так же, как и руды колчеданных залежей, и бывают представлены охристыми глинистыми породами и бурыми железняками. Первичные руды типа Норильска магнитны, и поиски их могут производиться с помощью особых приборов—магнитометров, каковые применяются при поисках и разведках железных руд.

ЦИНК И СВИНЕЦ

СОСТАВ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИНКОВЫХ И СВИНЦОВЫХ РУД

В горных породах, составляющих земную кору, цинк и свинец встречаются в меньших количествах, чем медь. В среднем, по Вернадскому, содержание каждого из этих металлов в земной коре не превышает 0,01% по весу относительно других химических элементов. Менее разнообразны

и их соединения, входящие в состав цинковых и свинцовых руд.

Из горячих растворов вулканического происхождения цинк в громадном большинстве случаев выпадает в виде соединения с серой, которое в природных рудах называется *цинковой обманкой* (ZnS) или *сфалеритом*. Практически это единственный цинк-содержащий рудный минерал, входящий в состав первичных, образовавшихся из горячих растворов руд, не подвергавшихся изменению со стороны поверхностных процессов.

Цинковая обманка может быть различно окрашена, но обычно она обладает буро-черной окраской. Крайне хрупка, легко чертится стеклом и при ударе раскалывается по определенным гладким поверхностям, обладающим резким блеском. Отличается от других сходных с ней минералов только при некотором опыте. На поверхности легко разрушается с образованием различных минералов, из каковых наиболее распространенными являются смитсонит и каламин. Впрочем, чаще переходит в раствор и уходит с грунтовыми водами в виде сернокислого цинка.

Смитсонит, или *цинковый шпат*, представляет соединение цинка с угольной кислотой (ZnCO₃). Окраска у него белая, чаще зеленоватая или буроватая, просвечивает, реже—прозрачен. Тяжелый. Значительной твердости (почти равен стеклу). Образует часто натечные формы (см. бурый железняк в рудах меди), нередко встречаются землистые массы. Кроме того, очень часто встречается в тесном сростании с *каламином*, образуя так называемые *галмеевые* руды.

Каламин—*кремнекислый цинк* [Zn₂SiO₃(OH)₂]—обладает светлыми окрасками или чаще—бесцветен. Значительно легче смитсонита. Твердость лишь немногим меньше последнего. Часто обладает сильным блеском. Встречается в сплошных массах, причем натечной формы образования всегда содержат смитсонит. Эти минералы в практической работе для точного их определения часто требуют применения особых химико-минералогических испытаний и легко узнаются только в крупных массах. Тем не менее отмеченные свойства помогают определить их, если на основании ряда других признаков, особенно при наличии некоторых минералов-спутников, можно подозревать в руде присутствие этих соединений.

Цинковых руд без свинца, так же как и свинцовых без цинка, не встречается. Обыкновенно имеют дело с сложными свинцово-цинковыми рудами с преобладанием того или иного металла. В Красноярском крае в рудах обычно преобладает свинец. Последний может входить в состав большого количества различных минералов, но практически самым распространенным является *галенит*, или *свинцовый блеск*, каковой образуется из горячих растворов и подобно сфалериту представляет соединение серы со свинцом (PbS). Этот минерал необычно прост для его распознавания. Свинцово-серый, с

металлическим блеском в свежем изломе, очень мягкий, с большим удельным весом. Характерной особенностью этого минерала является его способность раскалываться по плоскостям куба. Из крупного кристалла галенита легко выбить кубики. Обычно содержит некоторое количество серебра. При выветривании на поверхности за счет галенита образуется *церуссит* и реже—*англезит*, которые сопровождают примазками землистых желтых свинцовых охр, представляющих соединение свинца с кислородом (PbO).

Церуссит, или *белая свинцовая руда*, является обычным минералом, сохраняющимся в поверхностных выходах богатых свинцом руд. По составу представляет соединение свинца с угольной кислотой ($PbCO_3$.) Встречается в плотных, зернистых или землистых массах, реже образует натечные формы. Окраска белая, но, в зависимости от примесей, может быть желтой или буроватой. Очень тяжелый и царапается стеклом или ножом.

Англезит обычно сопровождает церуссит, но встречается реже. По составу представляет соединение свинца с серной кислотой ($PbSO_4$.) По внешнему виду очень похож на церуссит и отличается от него с большим трудом. Внутри скоплений этих минералов часто сохраняются включения—остатки не вполне разложившегося галенита.

Кроме описанных минералов, в составе свинцово-цинковых руд часто присутствуют медь-содержащие минералы, пирит и золото. В таких случаях руды имеют сложный состав и носят название полиметаллических руд. В результате выветривания цинковых руд сложного состава, на поверхности скапливаются руды, особо богатые свинцом, серебром и золотом. Поэтому в прежние времена, особенно в XVIII и XIX столетиях, для добычи серебра, золота и свинца хищнически разрабатывались исключительно зоны окисления сложных месторождений. К таким сложным месторождениям можно было бы отнести и Маинское медное месторождение, в рудах которого в небольших количествах присутствуют цинк и свинец.

Из посторонних минералов, не содержащих в своем составе цветных металлов, в рудах цинка встречаются кварц, известковый шпат, тяжелый шпат, или барит, и минералы замещающей породы.

Таким образом, в общем случае состав свинцово-цинковых руд бывает очень сложным, и оценка их зависит от всего комплекса входящих в состав руды металлов, а значит и от возможностей ее обработки. Поэтому говорить о предельном содержании цинка, гарантирующем промышленный характер руды, затруднительно. Наиболее распространенными в практике считаются руды, содержащие около 6% цинка и 4% свинца. Руды, превышающие отмеченные содержания, считаются богатыми. В особых экономических условиях могут быть отступления от этих цифр и в сторону меньших содержаний.

Обработка цинковых руд ввиду сложности состава всегда включает обогащение. Наиболее распространенным методом обогащения является флотация (см. руды меди), причем в этом случае процесс организуется с таким расчетом, чтобы из измельченной руды получить концентраты различных металлов. Обычно получают концентраты меди, свинца и цинка.

Из концентратов цинк может извлекаться в основном двумя способами. В одном случае цинковые концентраты сначала обжигаются, а затем в особых металлургических приборах при высокой температуре из них получают металлический цинк. Этот способ называют сухим в противоположность второму—мокрому, при котором получаемый после обжига материал переводится в раствор, и уже из последнего осаждают металлический цинк электролизом, то есть пропуская через раствор электрический ток. В последнем случае цинк получается большей чистоты, что в особенности ценно и необходимо для изготовления высокосортной латуни (сплав цинка с медью).

Как и медь, цинк является очень распространенным металлом в машиностроении, где он главным образом применяется в сплавах, из которых наиболее распространена латунь.

Концентраты галенита обычно сначала подвергаются обжигу, иногда довольно сложному, при котором сера почти нацело удаляется. После этого в результате плавки в особых печах получают черновой свинец, содержащий большое количество примесей различных металлов, в том числе меди, цинка, серебра. Удаление этих примесей или рафинирование и является последней операцией в технологии свинца.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

В пределах Красноярского края руды свинца и цинка встречались во многих районах. В ряде точек ставились небольшого масштаба разведки, но многие из них до сих пор не тронуты специальными исследованиями, и таким образом в крае имеется много работы не только разведчику, но и поисковику. Большая часть известных месторождений в крае является жильными и реже могут быть отнесены к метасоматическим, обладающим линзовидной или неправильной формой рудного тела и образовавшимся за счет замещения рудным материалом минерального вещества пассивных пород, преимущественно известняков. Во всех случаях месторождения свинца и цинка обязаны своим образованием горячим растворам, выделяющимся из силикатовых огненножидких расплавов при образовании вулканических пород. Рудные минералы свинца и цинка отлагаются обыкновенно из растворов, в значительной мере охладившихся в процессе своего движения и поэтому месторождения этих металлов часто

бывают удалены на значительное расстояние от материнских магматических пород. Жилы и линзы свинцово-цинковых руд в Красноярском крае залегают поэтому обыкновенно среди осадочных пород, песчаников и известняков, будучи приурочены к трещинным зонам нарушений или смятий, послуживших наиболее удобными путями для циркуляции создавших руды растворов. Большая часть известных месторождений содержит руды, в которых свинец преобладает над цинком.

Выше мы отмечали, что в процессе выветривания цинк обычно уносится поверхностными водами и лишь в исключительной обстановке, в присутствии известняков, на поверхности вместо сфалерита могут развиваться галмеевые руды. Зато свинец не выщелачивается из руд в процессе поверхностного выветривания. На месте рудных выходов часто скапливаются обломки (элювий) частично превращенного в церуссит галенита, который может присутствовать в осыпях (делювий) и даже галечниках и песках речек и ручьев (аллювий). В некоторых случаях образуются сложного происхождения россыпи галечниковых руд, встречающихся в Красноярском крае и даже частично эксплуатировавшихся местным населением (месторождение Игр-гол в Хакасии).

В Красноярском крае свинцово-цинковые руды встречались в следующих районах: а) район р. Н. Тунгуски; б) Енисейский кряж; в) Ачинский и б. Чебаковский районы; г) Хакассия и д) В. Саян.

В районе р. Н. Тунгуски, по р. Таймуру, на р. Яло, по р. Чалкокто и других местах геологи наблюдали в излившихся вулканических породах—траппах и их туфах жилки кальцита с включениями галенита и реже—цинковой обманки. Наконец, на левом берегу р. Н. Тунгуски обнаружена жила кальцита, залегающая в траппе и содержащая галенит, пирит и цинковую обманку. Данные по геологии этого района позволяют нам связывать происхождение этих руд с относительно молодой эпохой вулканических процессов; свинцово-цинковые месторождения этого района произошли значительно позже, чем, например, контактовые месторождения меди в Хакассии и даже угли известного Тунгусского бассейна.

В Енисейском кряже, во многих пунктах, особенно в районах, тяготеющих к р. Ангаре, были обнаружены свинцово-цинковые руды. Галенит был обнаружен в шлихах золотоносных россыпей Южно-Енисейской тайги (рр. Мамон, Мурожная, Удерецкого района), а также в осыпи р. Тужимо—притока р. Горбылка. Встречались свалы галенита и в Канском районе. Коренные месторождения не известны, но эти данные свидетельствуют о распространенности в этом районе месторождений свинца. Можно думать, что рудная минерализация этого характера имеет место и в Северо-Енисейской тайге, так как там в Осиновских гранитах

геологи наблюдали жилки галенита, связывая их происхождение с траппами.

Коренные месторождения свинцово-цинковых руд в Енисейском кряже известны и даже разведывались в районе слияния рр. Ангары и Енисея. Здесь в известняках вдоль зон разломов встречаются живообразные массы свинцово-цинковых руд, проявляющихся в различных участках. Сюда относятся месторождения Каргино-Савинской группы, Согинское месторождение и, наконец, Усть-Ангарское. Последнее является наиболее изученным. Руды этого месторождения являются свинцово-цинковыми с преобладанием последнего и состоят из кальцита, кварца, галенита и цинковой обманки. В пределах рудной зоны оруденение проявляется неравномерно, что затрудняло разведку и оценку месторождения.

Усть-Ангарское месторождение можно было бы считать по типу метасоматическим; вероятно, подобными ему являются менее известные месторождения Каргино-Савинской группы, среди которых, по видимому, встречаются и нормальные жилы. Растворы, отложившие руды этих месторождений, некоторые геологи склонны связывать с древними гранитными телами, залегающими вблизи их. Нам кажется, что в данном случае группу этих месторождений вряд ли имеют основания выделять из всех остальных месторождений Енисейского кряжа и р. Н. Тунгуски и понятнее связывать их происхождение с эпохой молодого вулканического процесса, проявления которого широко распространены и в других районах Красноярского края.

В Ачинском и б. Чебаковском районах известно значительное количество жильных месторождений, из которых наиболее интересными и разведанными являются Мазульское и Усть-Парнинское месторождения. Вблизи ст. Ужур известно около 25 точек свинцового оруденения, промышленное значение которых не выяснено. Надо полагать, что в этом районе месторождения свинцовых руд имеют значительное распространение, и они несомненно заслуживают постановки поисковых и разведочных работ.

В Мазульском месторождении обнаружено несколько кварцевых жил, вскрытых в зоне окисления. Рыхлая сыпучая руда выхода жил на поверхность состоит из галенита (возможно церуссита), кварца и охр.

В Усть-Парнинском месторождении в сравнительно молодых (девонских) песчаниках обнаружена свита жил. Руда состоит из кварца, кальцита или барита с примесью галенита и реже—цинковой обманки. Встречаются жилы, в которых кварц отсутствует и руда состоит из розового кальцита, галенита и примеси сфалерита.

Источники рудоносных растворов для месторождений этого района не являются установленными. Поскольку минерали-

зация поражает относительно молодые формации в районе, можно предполагать и в этом случае связь оруденения с каким-то молодым вулканическим процессом.

В Хакасии свинцовые руды известны в двух пунктах. Хотя в том и другом пунктах имела место кустарная добыча свинцовых руд, месторождения можно считать почти совершенно не изученными.

В районе ст. Сон в слоистых известняках издавна были известны неправильной формы охристые руды, содержащие свинец. Небольшими разведочными работами в 1936—37 годах обнаружены на этом участке трубчатые жилы охристых руд, в которых сохраняются остатки неизмененного галенита и висмут-содержащего свинцового минерала—беегерита ($6 \text{ PbS} \cdot \text{Bi}_2\text{S}_3$.) Первичные неизмененные руды месторождения мало известны, так как добывались главным образом окисленные руды. Имеются сведения, что первичные руды содержали, кроме галенита, пирит, цинковую обманку, беегерит и сульфиды меди.

Месторождение Игр-гол расположено в Аскызском районе. Галенит вначале был обнаружен в шлихах кл. Игр-гол. Иногда встречались довольно крупные обломки галенита. Эту россыпь и работали старатели. Коренные месторождения точно не установлены. Можно предполагать, что ими являются участки охристых руд, наблюдавшихся среди известняков, слагающих этот район. Поскольку артель старателей добыла из россыпи больше 100 тонн галенита, можно ожидать, что коренное месторождение находится вблизи ее. В районе Игр-гольского месторождения имеются многочисленные заявки на свинцовые руды, и его можно считать перспективным для постановки поисковых и разведочных работ.

В Восточном Саяне известны жилы галенита в известняках Острой сопки. Остальные сведения о свинцовых рудах ограничиваются находками обломков галенита в шлихах золотосыпных россыпей. Особенно давно известны находки иногда крупных глыб галенита в россыпях с верховьев р. Сисима. За последние годы появились сведения о находках галенита в шлихах россыпей р. Бирюсы.

Изложенный материал отчетливо свидетельствует о распространенности в Красноярском крае свинцово-цинковых руд. Можно предполагать, что большая часть этих месторождений однородна по своему происхождению и представляет своеобразную формацию, еще пока нигде в Сибири не обнаруженную и возможно связанную с сравнительно молодыми вулканическими процессами. Месторождения свинцово-цинковых руд почти не изучены и только начинают обнаруживаться. Для открытий в районах Красноярского края новых месторождений свинцово-цинковых руд имеются все предпосылки.

ПОИСКИ

Поиски месторождений свинцово-цинковых руд являются в общем случае более сложными, чем медных месторождений. От исполнителя в этом случае требуется значительная квалификация, так как продукты изменения первоначальных руд дают на поверхности такие минеральные образования, которые достоверно могут быть определены только специалистом или очень опытным лицом. С другой стороны, при определении места поисков и направления поисковых работ на месторождения этого типа нельзя всецело руководствоваться пространственным расположением изверженных горных пород. Центр тяжести при решении этого вопроса, повидимому, лежит в знании основных закономерностей в развитии трещинных зон и зон смятия и их пространственной приуроченности к тем или иным участкам районов края. Этот материал может дать только специалист-геолог, хорошо изучивший тот или иной участок. Тем не менее, несмотря на все отмеченные сложности поисковой работы, учитывая имеющиеся сведения о месторождениях края и специфические особенности их руд, в ряде районов, где зарегистрированы находки, поисковик-любитель сумеет в ряде случаев собственными силами обнаружить выходы коренных руд.

Поиски коренных выходов жильных кварцев, содержащих цинковую обманку или галенит, в общем случае производятся так же, как и поиски медь-содержащих кварцевых жил. Узнать по свалам—содержится ли в неизмененных рудах цинковая обманка, гораздо труднее. Хорошими показателями являются: а) значительное количество в кварце охристых образований, указывающих на присутствие в руде колчеданов; б) обнаружение химическим анализом в таких рудах некоторых количеств цинка и свинца. Для Красноярского края, повидимому, более благоприятным признаком является наличие кальцита и барита в рудах, нежели кварца.

Кроме того, богатство первичных руд Красноярского края галенитом и особые свойства этого минерала и продуктов его изменения (церуссита), способствующие сохранению их в элювии и делювии, а иногда и в аллювии, позволяют для отыскания в задернованных районах применять шлиховой метод поисковых работ*. В таких районах, как, например, район кл. Игр-гола, где в аллювии обнаружены куски галенитовой руды, промывка делювия на лотках могла бы в значительной мере содействовать отысканию коренных месторождений, так как галенит, а особенно церуссит, благодаря своей мягкости и хрупкости не могут далеко перемещаться от коренных выходов. Повидимому, в районах Красноярского края поисковому придется иметь дело главным образом с

* Основные сведения о методике сбора шлихов см. Ф. Н. Шахов, — Поиски месторождений редких металлов в Сибири, Новосибирск, 1937 г., стр. 17.

промывкой делювия или аллювия. С этой целью рассмотрим возможную схему построения таких работ.

Представим себе, что в пункте а (рис. 9), вблизи русла ручья, были обнаружены свалы галенитовых руд или последний был найден промывкой речных отложений. Встает вопрос: где и как использовать делювий для поисков коренного

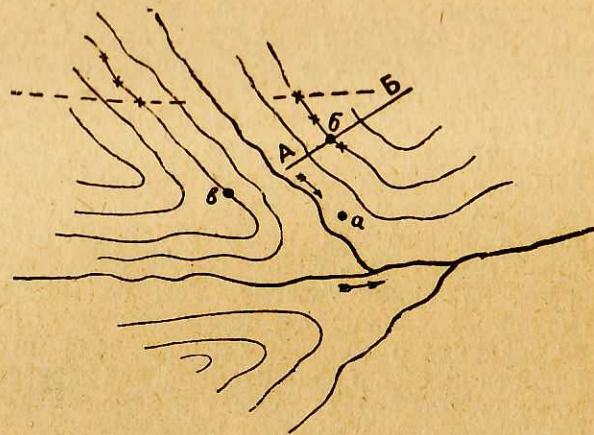


Рис. 9.

выхода руды? Для решения этого вопроса необходимо иметь некоторое представление о процессе накопления рыхлого материала на склонах речных долин. Для этого рассмотрим возможный разрез склона (рис. 10) по линии АБ.

Делювий обыкновенно накапливается на склонах в течение некоторого, порою длительного промежутка времени, располагаясь слоями изменчивой мощности. Мощность отдельных слоев делювия и общая его мощность сильно возрастают к подошве склона. Кроме того, в основании склона делювиальные отложения в зависимости от сложности поверхности склона в той или иной мере перемешиваются и подвергаются дополнительной переработке водой временных и постоянных потоков. Таким образом, с точки зрения мощности наносов и однородности их происхождения наиболее удобным местом для начальной промывки следует считать точку б, отстоящую от подошвы склона на некотором расстоянии. Первую линию копушей поэтому следует расположить по горизонтали, отвечающей точке б на левом борту долины речки и точке в на правом. Такое расположение принимается из расчета возможного пересечения рекой рудной зоны. Представим себе, что после промывки делювия рудные минералы были обнаружены только в копушах, обозначенных крестиками (X). При этом не трудно будет догадаться, что такое расположение рудного материала возможно лишь при наличии одной рудной зоны указанного пунктиром

(рис. 9) простирания, или двух месторождений, самостоятельно залегающих на том и другом склоне. Для решения этой альтернативы необходимо хотя бы на одном из склонов провести дополнительные поиски для обнаружения коренного выхода рудного тела.

Обратимся снова к рис. 10 и отметим, что в точке б материал из копуша, прошедшего до коренной породы, не будет по происхождению однороден. С точки зрения направления поисков коренного выхода для нас будет не безразлично знать в каком слое (1, 2 или 3) обнаружен рудный материал. При этом могут быть различные комбинации. Если руда обнаружена лишь в слое 1 и не найдена в других, мы вправе рассуждать, что ко времени образования 2 и 3 слоев рудный

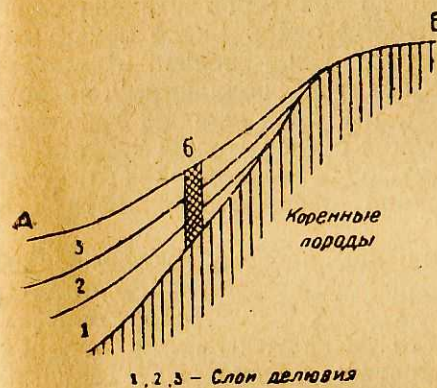


Рис. 10.

выход был закрыт рыхлыми образованиями. В случае, если руда имеется только в слое 3, мы вправе ожидать, что коренной выход имеется где-то наверху и, возможно, даже теперь не закрыт рыхлыми отложениями. Анализируя в этом разрезе полученный в копушах материал, мы намечаем следующую линию копушей вверх по склону и копушим его на участке до тех пор, пока промывка делювия перестанет давать рудный материал. Бывает очень часто, что в процессе этого детального копушения удается найти коренной выход руды, но если этого и не случится, то по окончании копушных работ площадь распространения копушей, содержащих рудный материал, ограничит его поиски. В ее пределах на участках, наиболее высоко расположенных, канава, ориентированная поперек структуры коренных пород, обычно вскрывает месторождения первичных руд.

ВОЛЬФРАМ

СОСТАВ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЛЬФРАМОВЫХ РУД

В природных условиях соединения вольфрама не являются разнообразными. В процессе образования из огненножидких расплавов особо богатых кварцем и слюдами пород—гранитов—горячие растворы в обстановке высоких температур часто бывают виновниками развития вольфрам-содержащих минералов—вольфрамита и шеелита. Оба минерала, особенно шеелит, являются устойчивыми в поверхностных условиях

и поэтому вместе с другими тяжелыми минералами могут скапливаться в россыпях и вообще сохраняться в составе рыхлых элювиальных и делювиальных отложений. Существует мнение среди геологов, особенно американских, что эти минералы не выдерживают далекого переноса водой и поэтому редко встречаются в аллювии. В условиях Сибири можно считать это положение только до некоторой степени справедливым для вольфрамита, который очень редко обнаруживался в шлихах аллювия, взятого даже вблизи известных месторождений вольфрамита. Шеелит же, повидимому, является минералом более устойчивым, и в ряде районов Красноярского края этот минерал обнаружен с достаточной четкостью, что, с одной стороны, говорит о значительной его стойкости и, с другой—о возможной распространенности его коренных месторождений.

Вольфрамит представляет по химическому составу соединение железа и марганца с вольфрамовой кислотой $(Fe, Mn)WO_4$ и встречается в виде серовато-черных или черной окраски пластинчатых кристаллов, легко раскалывающихся поперек с образованием блестящих ровных плоскостей. Твердый, стеклом почти не царапается и редко—просвечивает. Тяжелый. Узнается по форме, частому сочетанию с кварцем (жильным) и химическому анализу.

Шеелит по составу является соединением кальция с вольфрамовой кислотой $(CaWO_4)$; часто—белый, как молочный кварц или полево шпат; в рудах с поверхностных горизонтов желтоватый, буроватый, реже—зеленоватый. В последнем случае иногда может содержать вместо кальция свинец (штольдит). Прозрачный или просвечивающий; по весу легче вольфрамита и поэтому в общем случае должен поверхностными водами уноситься на более далекое расстояние, чем вольфрамит. В неизмененных рудах трудно отличим от других ему сопутствующих минералов, например, кварца и кальцита. Поэтому для его определения в шлихах и рудах требуются оптические и химические контрольные исследования. Узнается по цвету, весу, хрупкости и способности при раздроблении давать гладкие поверхности (спайность).

Хотя вольфрам и относят к редким элементам, но в породах земной коры он очень распространен*. Встречается чаще золота, серебра и элементов группы платины. Во многих породах магматического происхождения его содержание достигает 0,007%. Среднее его содержание в горных породах земной коры можно считать выше 0,001%. Тем не менее из породы, содержащей такое количество металла, при современных достижениях техники мы добывать его не можем. В общем, коренные месторождения вольфрама редко разрабатываются с содержанием WO_3 меньше 0,4%.

Рудами вольфрама, в главной массе, являются жильные кварцы, в которых минералы, содержащие вольфрам, легко

наблюдаются невооруженным глазом. Кварц этих жил очень характерен. Большая часть его бывает окрашена в молочно-белый цвет, часто наблюдаются стекловатые серые кварцы с значительным количеством светлых слюд, что особенно характерно для кварцевых жил, содержащих вольфрам и олово. От других сходных с ним по окраске пород жильный кварц отличается высокой твердостью (ножом не царапается). В молочно-белых кварцах, обогащенных только шеелитом, часто (в условиях Кузнецкого Алатау) встречается золото. В этом случае требования к содержанию вольфрама в этих рудах должны понижаться. Наиболее освоенными промышленностью являются кварцевые руды с вольфрамитом. Очень часто рудую, содержащую вольфрам, является не кварц, а слюдяно-кварцевая порода, залегающая в виде оторочек в зальбандах кварцевых жил. Эта порода образуется за счет изменения гранита (превращение в слюду полевого шпата) рудообразующими высокотемпературными растворами, характерна для кварцево-вольфрамитовых жил и носит название грейзена.

Вторым типом вольфрамовых руд являются шеелитонесные скарны. Состав этих пород очень сложен и разнообразен*. В пределах настоящей статьи описать отличительные черты этих пород и входящих в их состав минералов не является возможным. Но, при условии даже малой квалификации, поисковик, после небольшой тренировки в кабинете и полевой обстановке, быстро приобретает навыки отличать их от других горных пород.

В процессе выветривания руд коренных месторождений вольфрам и шеелит, как это выше уже указывалось, могут попадать в состав рыхлых пород. Последние при условии концентрации в них значительного количества рудных минералов могут также являться рудой. Количество вольфрам-содержащих минералов в россыпях может быть значительно меньшим, чем в рудах коренных месторождений. Впрочем, содержание вольфрама в промышленных рудах может в значительной степени меняться в зависимости от их состава. Так, например, содержание золота или олова в песках может понизить требование промышленности к содержанию в них шеелита или вольфрамита. То же нужно сказать и о рудах коренных месторождений, присутствие в которых цветных или редких металлов может в значительной мере повышать их ценность.

Обработка вольфрамовых руд в основном сводится к обогащению—получению из бедных вольфрамом руд богатых концентратов. Так как удельный вес вольфрам-содержащих минералов, особенно у вольфрамита, высокий, то обогащение достигается очень легко. Из россыпей уже получают

* См. медь, контактовые месторождения.

промывкой почти чистые концентраты, а кварцевые руды после предварительного измельчения пропускаются через особые обогатительные приборы, принцип работы которых основан на разделении материала руды на отдельные фракции, отличающиеся друг от друга минералами разного удельного веса. Обычно, полученные таким образом, концентраты содержат 60—65% вольфрамовой кислоты (WO_3) и в таком виде вольфрам обращается на мировом рынке, так как в основном он употребляется в металлургической промышленности как присадка к железным рудам при изготовлении специальных сортов быстрорежущей стали. Кроме того, металлический вольфрам применяется для электролитического покрытия других металлов, на изготовление специальных вольфрамовых сплавов, например, сверхтвердых сплавов (применяются в бурении), на нити лампочек накаливания, изготовление красок и т. д. В этом случае вольфрамовые концентраты подвергаются дополнительной химической переработке для получения сначала вольфрамовой кислоты (WO_3), а из нее уже — различных солей и даже металлического вольфрама.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ВОЛЬФРАМОВЫХ РУД И ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИХ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

Нормальные горные породы не содержат в своем составе вольфрама в количестве, обеспечивающем промышленный процесс извлечения металла. Образование вольфрамовых руд связано с особыми геологическими процессами. По способу происхождения все месторождения вольфрама можно объединить в следующие группы: кварцевые жилы, пегматиты, шеелитоносные скарны и россыпи. Первые три группы месторождений связываются в своем происхождении, а также и пространственно, с процессами застывания огненножидких расплавов, в результате отвердевания которых имеет место образование различного состава вулканических пород. Эти месторождения обыкновенно и являются источниками для образования россыпей, материал каковых поэтому нужно рассматривать как продукт поверхностного разрушения руд и горных пород района месторождений. Первые типы месторождений поэтому называются коренными или первичными по отношению к россыпям, являющимся месторождениями вторичными.

Происхождение кварцевых жил Сибири связано с образованием богатых кремнеземом вулканических пород, отвердевание которых имело место в сравнительно глубоких горизонтах земной коры, когда огненножидкий силикатовый расплав не мог пробиться на земную поверхность. В большинстве случаев при этом из магматического расплава образовывались светлоокрашенные богатые кварцем и полевым шпатом породы — граниты. Изредка в составе гранитных массивов

можно обнаружить темноокрашенные вулканические породы, которые только в редких случаях наблюдаются в больших массах. Гораздо чаще в участках вольфрамовых месторождений встречаются крупные жилы светлых, часто совершенно лишенных темных минералов пород, которые пересекают породы гранитного массива и его контактов и указывают на длительность и сложность вулканического процесса. Эти



Рис. 11. Вертикальный разрез поверхности гранитного тела сложной формы.

породы в зависимости от величины зерна называются различно. Светлые мелкозернистые породы носят название *аплитов*, а крупно-или грубозернистые — *пегматитов*. Кроме полевого шпата и кварца в составе этих пород часто встречаются слюды, особенно светлые; наиболее распространенной слюдой является мусковит.

Для районов развития вольфрам-содержащих кварцевых жил характерными породами являются светлые, богатые кварцем, часто мусковит-содержащие граниты, аплиты и реже — пегматиты.

В процессе застывания из силикатового расплава выделялись горячие растворы, богатые кремнеземом и летучими соединениями металлов, в том числе и вольфрама. Наблюдения показывают, что в особенно значительном количестве выделялись такие горячие растворы в моменты, когда большая часть гранитных пород и даже пород даек аплитов отвердела, так как очень часто кварцевые жилы встречаются в телах самих гранитов и аплитов. Реже наблюдаются случаи залегания кварцевых жил в боковых породах. При этом необходимо отметить, что громадное большинство известных этого типа кварцевых жил обнаружено вблизи границы (контакта) гранита с боковыми породами, что, в связи с иными порядками данными, заставляет считать наиболее благоприятными для развития кварцевых жил с вольфрамитом участки кровли гранитного массива (рис. 11). В этих же участках чаще всего наблюдаются и жилы аплитов.

В Сибири жильные месторождения вольфрамовых руд по минералогическому составу различны и могут быть разделены на две группы: а) жилы с вольфрамитом и б) шеелитоносные кварцевые жилы. В Красноярском крае промышленных месторождений жильного типа не известно, но даже

небольшие данные о составе шлихов из различных золотоносных районов и случайные находки дают серьезные основания предполагать, что в районах края должны встречаться оба типа жильных месторождений.

Вольфрамит был обнаружен в шлихах золотоносных песков с р. Сисима, в В. Саяне, и с р. Усы, восточного склона Кузнецкого Алатау. Можно надеяться, что в пределах гранитных массивов в этих районах рано или поздно откроют месторождения вольфрамовых руд, и больше шансов за то, что они явятся кварцевыми жилами или пегматитами.

Шеелит-содержащие жилы установлены на зап. склоне Кузнецкого Алатау. Геологическое строение восточного склона этого хребта, входящего в состав Красноярского края, мало чем отличается от западного, и поэтому имеются основания ожидать этот тип месторождений и на этом склоне. Как бы подтверждением высказанного положения является факт наличия шеелита в золоторудной кварцевой жиле рудника Знаменитого. Шеелит встречался в значительных количествах в шлихах из района Балахчинского золоторудного месторождения. Во многих районах Зап. Саяна в шлихах обнаружен шеелит. Коренные месторождения его могут быть различны, но находка кварцевой жилы с шеелитом и молибденитом в системе р. Ура, заставляет думать, что жильного типа месторождения являются возможно одним из главных его источников. Несколько труднее разгадать возможные источники шеелита, обнаруженного в шлихах, доставленных с южной окраины Енисейского края (бассейн нижнего течения р. Кана и золотоносных россыпей Ю.-Енисейской тайги). Впрочем, в последнем районе геологи обнаруживали шеелит в кварцевых жилах Татарского гранитного массива. Еще менее понятным является совсем слабо изученный Восточный Саян. Шеелит встречается в шлихах и из этого района, но можно думать, что в нем могут быть развиты и иного типа коренные руды—шеелитоносные скарны, развитые, например, в районе Ольховского золоторудного месторождения.

Пегматитовые жилы—грубозернистые из кварца, полевого шпата и слюды-состоящие породы, часто содержат вольфрамовые минералы. В Красноярском крае известны данные с вольфрамит-содержащей пегматитовой жиле с р. Белой (В. Саян) и шеелит-содержащих пегматитов Колтаркинского контактового месторождения с восточного склона Кузнецкого Алатау. Последнее месторождение мы рассмотрим вместе с группой контактовых шеелитовых месторождений, к описанию которых мы переходим.

Шеелитоносные скарны по своему происхождению подобны скарнам, являющимся медными рудами, поэтому понятно, что руды многих медных контактовых месторождений Хакассии оказываются в то же время и вольфрамовыми, так как содержат в своем составе шеелит. Сюда необходимо

отнести руды Глафиринского месторождения и скарны некоторых медных месторождений Карышской группы, например, Дарьинского и Алексеевского. В Хакассии встречаются и специфические шеелитовые месторождения контактового типа, к которым следует отнести Туимское и Калтаровское месторождения.

Магматические породы, в связи с образованием которых развиваются скарны, имеют различный состав. На Алтае шеелитоносные скарны наблюдаются в контакте светлых, богатых кварцем гранитов. В Хакассии шеелитоносные скарны очень распространены в районах развития бедных кварцем, большей частью пестрых по окраске гранитовых пород. Особенно часто развиваются скарны в контактах этих пород с известняками.

Далеко не все скарны содержат шеелит. На Алтае шеелит встречается в скарнах, содержащих плавиковый шпат и колчеданы. В Хакассии наиболее часто шеелит встречается в красных гранатовых скарнах с кальцитом; особенно в этом районе приходится обращать внимание на скарны, содержащие значительное количество кварца или богатые колчеданами. Форма рудных тел бывает очень разнообразна. Чаше скарны залегают в контакте гранита с боковой породой или вблизи его в виде неправильной формы полос, тянущихся вдоль линии контакта и падающих согласно с последними. Весь скарн не является рудой, и формы рудных участков оказываются еще более прихотливыми. Иногда рудоносные растворы избирательно проникают в боковые породы по какому-нибудь одному пласту или жиле, и в этом случае скарны могут иметь пластообразную или жилообразную форму.

Туимское месторождение расположено вблизи разъезда Туим, Ачинск-Абаканской ж.-д. ветки к востоку от упомянутого при описании медных руд месторождения Киялых-Узень. Скарны Туимского месторождения приурочены к контакту граносиенитов с древними известняками и образовались преимущественно за счет последних. Рудой являются гранатовые, преимущественно андрадитовые*, скарны, часто развивающиеся в основании пологих останцев кровли на поверхности интрузива. Эти пластообразно залегающие на поверхности интрузива скарны и являются главными рудами месторождения. Скарны, развившиеся по крутым контактам мраморов и интрузивных пород, являются бедными рудами. Среди скарнов рудных полей наиболее обогащенные шеелитом руды содержат, кроме граната и других скарновых минералов, кварц, кальцит и колчеданы. Шеелит встречается в составе жилек кварца, секущих скарны.

Калтаровское месторождение расположено в районе медных месторождений Уленьской группы и по происхо-

* Черный железистый гранат.

Колтаровское м-ние



Рис. 12. 1—измененные глинистые сланцы, 2—гранитоид, 3—аплиты, 4—скарны.

ждению связано с процессом остывания тех же интрузивных гранитоидных пород, что и эти последние месторождения.

В пределах данного месторождения мы имеем дело с участком гранитоидного массива, на котором поверхностные процессы сняли только часть кровли, сложенной измененными глинистыми сланцами (рис. 12). К северу тело гранитоида вскрывается глубже. Скарны наблюдаются вдоль контактов

схема
возможной шлиховой карты на участке
гранитного массива



Рис. 13.

гранитоида с глинистыми сланцами. Сохранившиеся участки кровли также и по своим окраинам содержат скарновые породы. В некоторых участках скарны в виде маленьких пятен залегают внутри гранитоида. Можно думать, что в этом случае сохранилась от размыва только донная часть пологой кровли. Кроме скарнов на участке наблюдаются жилы аплитов и пегматитов. Иногда минерализованными являются и пегматиты. В этом случае наблюдались особо обогащенные шеелитом руды. В отдельных участках скарновых пород встречаются охристые породы и железняки, получившиеся за счет химического выветривания колчеданов. Они также содержат шеелит.

Россыпи вольфрамовых минералов промышленного значения в пределах края пока не известны. В Хакасии по старым сухим логом встречаются пески, содержащие шеелит, иногда в значительном количестве, но они пока промышленностью не освоены. Присутствие шеелита в этих песках всегда сочетается с наличием в вершинах логов скарнов, содержащих шеелит.

ПОИСКИ ВОЛЬФРАМОВЫХ РУД

Основные приемы поисковых работ зависят от типа месторождений. Вольфрамит-содержащие кварцевые жилы про-

странственно и по происхождению обычно связаны с участками развития гранитов; гранитные массивы, таким образом, являются основным объектом для постановки поисковых работ. Особенно внимание поисковика должны привлекать участки гранитных массивов, сложенные двуслюдистыми светлыми гранитами, а также места обильных выходов аплитов и пегматитов. Чаше эти породы встречаются по периферии гранитных массивов или в участках, где поверхностные процессы не успели удалить совершенно остатков кровли. Такие участки могут встретиться и внутри массива. Кварцевые жилы залегают чаще в гранитах или породах мощных аплитовых даек. Иногда они наблюдаются в породах кровли, особенно если последняя бывает пологой. Но и в этом последнем случае они пространственно располагаются близко к выходам гранитных пород. Поиски коренных месторождений в значительной мере облегчаются, если для выбранного участка имеется геологическая и шлиховая карта. В случае, если эти материалы отсутствуют, поисковик может искажением обследовать выбранный им гранитный массив, проводя параллельно сбор шлихов, каковые после их обработки могут дать в будущем очень важный материал для организации на этом участке дальнейших поисков.

Обыкновенно сначала промывают аллювий речек, особенно таких, у которых верховья не выходят за пределы гранитного массива, и после того, как составляется схематическая карточка (рис. 13), на подозрительных участках ставятся детальные шлиховые поиски. На рис. 13 для детальных шлиховых поисков, где придется промывать элювий и делювий, являются I, II, III и IV участки.

Наиболее подходящая для поисков этого типа месторождений обстановка имеется в Западном и, возможно, Восточном Саянах, хотя в них до сих пор таких месторождений обнаружено не было. Поводом к такому заключению является сходство геологического строения Западного Саяна с Алтаем. В районах последнего кварцевые жилы с вольфрамитом пространственно и по происхождению связаны с крупнозернистыми светлыми, часто розовыми гранитами и отличительными признаками для них при поисках считают: а) наличие в зальбандах жил слюдяно-кварцевой породы, называемой грейзеном; б) стекловатый, серый характер кварца; в) наличие вольфрамита; г) частое открытие химическим анализом в кварцах W, Mo и Bi. Находка по р. Ус вольфрамита позволяет допустить существование таких месторождений и на восточном склоне Кузнецкого Алатау*.

* Находка вольфрамита в кварцевых жилах Енисейского кряжа заставляет обратить особое внимание на этот район, где требуется еще и установление специфических особенностей проявления в нем этих месторождений.

Кварцевые шеелитовые жилы были встречены главным образом в Кузнецком Алатау, где многие из них содержали золото. Вопрос о пространственной связи этих жил с массивами гранитоидных пород нельзя считать решенным настолько, чтобы иметь возможность уверенно выбирать для постановки поисков какой-либо участок. В общем случае и этого типа месторождения наблюдаются вблизи или внутри пород интрузивных массивов, и благоприятным признаком для поисков их является наличие даек аплитов. Состав интрузивных пород, повидимому, может быть самым разнообразным. Можно рекомендовать поставить сбор шлихов в районах, известных наличием в них золоторудных месторождений. В общем, в процессе поисковой работы для непосредственного обнаружения свалов и выходов шеелит-содержащих кварцевых жил необходимо обращать особое внимание на участки мелких тел гранитоидных пород, их контакты и места развития жил аплитов и пегматитов.

Контактные месторождения шеелитовых руд особенно распространены в Хакасии. Поскольку в скарнах Ольховского золоторудного месторождения был обнаружен шеелит, нужно предполагать, что интересными для поисков может оказаться вся горная страна В. Саяна, прилегающая к правому берегу р. Енисея. В Хакасии поиски скарнов, содержащих шеелит, особенно удобно могут быть проводимы, так как район изобилует большим количеством выходов гранитоидных пород, контакты которых изобилуют скарнами. Наиболее исследованы Карышский и Уленьский районы, но остальная территория очень слабо с этой стороны освещена. Карты геологические имеются почти для всего района, и выбор участков для постановки поисков не затруднителен. При этом необходимо отметить, что наименее благонадежными в районе для постановки поисковых работ считались массивы щелочных пород (нордмаркитов), и поэтому выбор площади нужно согласовать с геологом. При осмотре массива прежде всего необходимо выявить участки выходов скарнов. Последние наиболее часто встречаются по периферии массива; внутри его скарны бывают приурочены к остаткам кровли—островкам вмещающих гранитоидных пород. Так как далеко не все скарны содержат шеелит, то особое внимание поисковика должны привлекать участки распространения пегматитов и аплитов, охристые, гранатовые (красные) и богатые кварцем разности скарнов. Скарны необходимо толочь, промывать и шлихи здесь же химически опробовать на вольфрам. При надлежащей инструкции химика даже неспециалист может легко проделать качественное испытание на вольфрам. Так как шеелит узнается с большим трудом, а реакция химическая может быть не всегда надежной, то шлихи необходимо сохранять, документировать и отдавать их на обработку. Такого характера поиски могут

сопровождаться сбором шлихов из аллювия рек и промывки рыхлых пород сухих падей и логов, обильных в этом районе. В процессе ее могут быть обнаружены и шеелитовые россыпи, а также и месторождения других редких металлов.

МОЛИБДЕН

СОСТАВ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛИБДЕНОВЫХ РУД

Горячими вулканического происхождения растворами молибден отлагается в виде минерала *молибденита*, представляющего по своему составу соединение молибдена с серой (MoS_2). Молибденит является единственным минералом первичных руд коренных месторождений. Этот минерал очень легко узнается, отличаясь от других минералов следующими свойствами: свинцовосерый, мягкий как графит, листоватый и чешуйчатый, мажет (зеленоватая черта на фарфоровой пластинке), тонкие чешуйки и пластинки обладают на плоскостях спайности (расслоения) металлическим блеском. Несмотря на сравнительно значительный удельный вес (4,6), этот минерал встречается в шлихах лишь как исключение; обладая незначительной твердостью он естественно истирается раньше, чем попадет вместе с другими тяжелыми минералами в пески аллювиальных россыпей. Его в аллювии можно обнаружить в крупных гальках кварца, а при промывке элювия и делювия можно встретить изредка таблички и свободного от жильных минералов молибденита. Находка этого минерала в шлихах всегда ведет к быстрому открытию коренного месторождения, но отсутствие его в них не может свидетельствовать об отсутствии месторождений молибденита в районе, охваченном шливовой съемкой. Считается минералом нормально в шлихах не встречающимся и в руководствах по шливовой съемке даже не описывается.

В условиях поверхностного выветривания молибденит сравнительно медленно разлагается. Все же часто даже в кварцевых рудах, наиболее устойчивых, наблюдаются вместо крупных скоплений молибденита продукты его разложения, из которых наиболее часто встречаются *молибдит* ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{MoO}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) и *повеллит* $\text{Ca}(\text{Mo})\text{O}_4$, обыкновенно называемые молибденовыми охрами, обладающими соломенно-желтой окраской, каковая в присутствии значительного количества повеллита приобретает зеленоватый оттенок. Полное разложение молибденита встречается очень редко, и, несмотря даже на пустоты, образующиеся в кварцах за счет удаления молибденита, все же в поверхностных выходах или свалах жильных кварцев всегда можно при внимательном их исследовании, особенно на свежих изломах, увидеть молибденит. Поэтому при поисках молибденовых месторождений особенно необходимо дробить кварцы.

Молибден считается более распространенным в породах земной коры металлом, чем вольфрам, хотя среднее его содержание только немногим превышает 0,001% (по весу). Россыпей, содержащих значительное количество этого металла, до сих пор не было встречено. Промышленными в мировой практике считают руды, содержащие свыше 1% MoS_2 (молибденита), и только в благоприятных условиях разрабатываются месторождения с пониженным до 0,5% содержанием молибденита.

В главной массе рудами молибденита являются жильные кварцы. По характеру своему кварцы молибденовых жил совершенно тождественны с таковыми вольфрамовых руд. Стекловатые серые кварцы встречаются реже. В молибденитсодержащих жильных кварцах часто наблюдается шеелит. В таких районах по находкам в шлихах шеелита можно открыть коренное месторождение молибденита. Иногда в кварцевых жилах с молибденитом содержатся и колчеданы. Поэтому поверхностные выходы таких руд бывают очень охристые. Руды наиболее крупных мировых месторождений молибденита отличаются присутствием полевого шпата и в этих случаях несколько напоминают пегматиты.

Часто молибденит встречается в скарнах. В условиях Хакассии особенно богатыми им являются скарны, содержащие магнетит, колчеданы и кварц. Молибденит встречается нередко в пегматитах, и иногда в пределах гранитных массивов можно наблюдать участки, в которых по трещинам отдельности гранита вместе с тонкими жилками кварца и пегматита наблюдаются примазки и даже крупные скопления молибденита. Наконец, молибденит часто входит в состав специфических вольфрамовых и оловянных руд; особенно охотно в этом случае он концентрируется в грейзене.

Молибденовые, так же как и вольфрамовые, руды обрабатываются исключительно с целью получения богатых концентратов молибденита. Специфические молибденовые руды после предварительного измельчения пропускаются через различной конструкции обогатительные приборы. Принцип работы последних в данном случае, в зависимости от состава руды, может быть разным. Применяются приборы, работа которых обусловлена разделением материала руды на отдельные фракции, с разным удельным весом; кроме того, в ряде случаев применяют флотацию—обогатительный процесс, при котором из измельченной руды молибденит извлекается в жидкой среде—в обстановке, обеспечивающей избирательное всплывание молибденита на поверхность. Концентраты молибденита обжигаются и после этого подвергаются специальной химической обработке для получения солей молибдена или плавке в электропечах для получения металлического молибдена.

На мировом рынке молибденит обыкновенно обращается

в виде концентратов (85—90% молибденита) и очень редко— в виде металла. Основным потребителем молибденита является металлургическая промышленность, которая поглощает более 90% мировой его добычи, применяя его для изготовления хорошей быстрорежущей стали. Кроме того, он широко расходуется на изготовление красок, применяется также в фарфоровом, текстильном, кожевенном производствах, электротехнике, медицине, цветной фотографии и радиотехнике. Как видно, область применения этого металла очень велика и в мировой технике он почти дефицитен, так как крупные его месторождения единичны.

У нас в СССР поиски молибденовых месторождений являются почетной и важной задачей, удачное разрешение которой имеет громадное значение в хозяйственной жизни страны.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МОЛИБДЕНОВЫХ РУД И ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИХ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

По способу образования все месторождения молибденита в Красноярском крае можно объединить в две группы: кварцевые жилы и скарны. Вторичные месторождения молибденита не известны.

В наших районах кварцевые молибденит-содержащие жилы пространственно и по происхождению связаны, так же как и вольфрамовые месторождения, с богатыми кварцем породами, образовавшимися из лав, не пробившихся на поверхность. Но нужно при этом отметить, что, повидимому, в данном случае молибденовые месторождения связаны не так часто с гранитами, сколько с массивами, сложенными гранитоподобными породами, содержащими в сравнении с гранитом большее количество темноокрашенных минералов и, кроме того, в связи с несколько иным составом полевых шпатов, обладающих серовато-белой окраской, очень редко— розоватых. Это положение подтверждается статистическим материалом мирового порядка. Породы, с которыми связаны крупные молибденовые месторождения, по составу чаще приближаются к нормальным серым гранитам или гранодиоритам. Так же как и в случае месторождений вольфрама, состав гранитного массива не бывает однороден. Среди него часто могут встречаться и светлые аплитовидные породы, жилы аплитов и пегматитов. Присутствие этих последних является характерным и для районов месторождений молибденита.

Кварцевые жилы молибденитовых месторождений также появляются после остывания пегматитов и аплитов. Но бывают случаи, когда некоторое количество молибденита встречается и в породах аплитовых и особенно пегматитовых жил. Это явление очень распространенное, и известны примеры (рудник „Квина“ в Швеции), когда в пегматитовой породе

молибденит содержался в количестве, обеспечивающем промышленную разработку. Так, в одной из пегматитоподобных жил выше описанного шеелитового Колтаровского месторождения при углублении по ней горными работами внезапно были обнаружены богатые молибденитовые руды. Осмотр пегматитов и аплитовых жил имеет значение для поисков и в том направлении, что находка в них небольших коли-

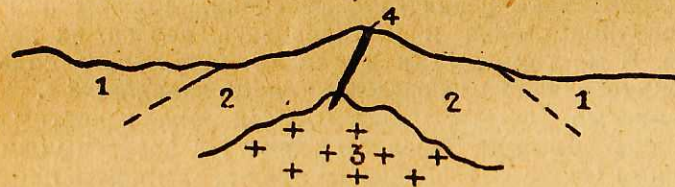


Рис. 14. 1—Нормальные осадочные породы, 2—измененные гранитом осадочные породы, 3—гранит, 4—кварцевая жила с MoS₂.

чество молибденита должна мобилизовать внимание поисковика на поиски и осмотр в этих участках свалов кварца и его выходов. С этой точки зрения необходимо отмечать и часто наблюдаемые в гранодиоритовых массивах примазки по трещинам отдельности и гнезда молибденита. Последнего типа месторождения редко имеют промышленные размеры, но всегда указывают на возможность в таком массиве находок иного типа месторождений молибденита.

Молибденит-содержащие кварцы часто залегают в породах самого гранодиоритового массива, особенно в его краевых частях; нередки случаи, когда обнаруживались крупные жилы молибденоносных кварцев, залегающих в боковых породах, но все же всегда еще измененных действием гранодиоритовой магмы и отстоящих от видимого контакта на относительно небольшом расстоянии. Если поверхностные процессы не вскрыли полностью вершины гранитового тела (рис. 14), то на поверхности могут быть обнаружены кварцевые жилы с молибденитом, залегающие внутри измененных гранитом боковых пород (роговиков) без видимой связи ее с телом магматической породы. Таким образом, при поисках необходимо обращать внимание не только на породы гранитных массивов, но и на участки развития роговиков, располагающихся по периферии массива и встречающихся внутри его в виде остатков кровли. Наконец, необходимо отметить случаи обнаружения особенно богатых и крупных месторождений, которые, хотя их и относят к данному типу, не могут быть названы нормальными кварцевыми жилами. К таковым относится мировое месторождение Клэймакс. Форма выхода рудного тела в этом месторождении напоминает овальной формы пятно, но не нормальную жилу. Руда состоит из кварца, но очень тонкозернистого и часто сохра-

няющего строение породы, замещением которой она образовалась. Замещение шло вдоль зоны нарушения и поражало различные по составу разбитые нарушением породы. Рудное тело имеет форму неправильных очертаний трубы. Такие руды называют кварцитами. Эти породы бывают обогащены не на всем протяжении их развития, а только в отдельных участках, поэтому находки кварцитов, развивающихся в связи с появлением гранитных массивов, должны привлекать внимание поисковика и мобилизовать его на их детальный осмотр. В месторождении Клэймакс молибденит содержится в кварците в виде необычайно тонких включений*.

Кварцевые жилы с молибденитом пока известны лишь в Кузнецком Алатау и Западном Саяне. Не известны они пока в Восточном Саяне и Енисейском кряже. Впрочем, необходимо отметить, что в последних районах поисковых работ на молибденитовые месторождения не ставилось, а в Кузнецком Алатау и Западном Саяне месторождения молибденита открыты лишь за последние годы (1930—1937 гг.).

Кварцевые жилы Копенского месторождения расположены в Бейском районе, Хакасской автономной области, на одной из вершин гольца Копен. Жилы залегают в гранитоидных породах, обогащенных темноокрашенными минералами и прорванных многочисленными дайками аплитов, пегматитов и других пород. Эта типичная картина молибденового месторождения подчеркивается приуроченностью кварцевых жил к окраинным частям массива и банальным составом руд, состоящих из серого кварца и тонких включений молибденита, пирита и халькопирита.

Несколько иной характер имеют руды Сайлюкемского месторождения, расположенного в верховьях р. Уры, левого притока р. Енисея, на южном склоне главного хребта Западного Саяна. Месторождение находится в гольцовой области на высоте около 2 км над уровнем моря. В рудном поле месторождения, в пределах сильноизмененных вмещающих интрузивный массив пород (роговиков), наблюдаются отпрыски интрузива гранодиоритового состава. Породы отпрысков пересечены большим количеством тонких жилок аплита и кварца и поражены включениями молибденита. Руды этого месторождения часто имеют вид вкрапленных руд, каковые представлены позеленевшей несколько окварцеванной гранодиоритовой породой, содержащей включения—пластинки, часто крупные, молибденита. В среднем минерализация оказалась бедной.

Кроме кварцевых жил в Красноярском крае известны скарны, содержащие молибденит. Но среди этих месторождений пока не имеется разрабатывающихся исключительно для

молибденита. Очень часто встречается молибденит в рудах медных контактовых (скарновых) месторождений Хакасии. Черты контактовых месторождений, скарны которых содержат молибденит, мало чем отличаются от шеелитовых месторождений этого типа. Создается впечатление, что молибденит охотнее встречается в скарнах и вмещающих их породах совместно с кварцем, иногда настолько пропитывающим эти породы, что получают кварциты—плотные кремнистые образования.

ПОИСКИ МОЛИБДЕНОВЫХ РУД

Шлиховая карта редко дает поисковому материал для направления поисков. Молибденит не сохраняется в делювии, и даже в элювиально-делювиальных отложениях его можно обнаружить чаще лишь в том случае, если он не разделен от кварца. Поэтому постановка поисков на молибден прежде всего требует геологических предпосылок.

Гранодиоритовые массивы Западного Саяна, Кузнецкого Алатау и прилегающих к последнему горных областей несомненно имеют все данные для постановки на них поисковых работ на кварцевые жилы и скарны, содержащие молибденит. В этом убеждают нас находки в этих районах вышеописанных молибденитовых месторождений.

ОЛОВО

СОСТАВ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУД ОЛОВА

В природных условиях олово встречается практически в виде двух минералов: касситерита, или оловянного камня (SnO_2), и станнина, или оловянного колчедана ($\text{Cu}_2\text{S}\cdot\text{FeS}\cdot\text{SnS}_2$). Оба минерала образуются из магматического происхождения растворов при высокой температуре. Все остальные минералы его содержащие встречаются очень редко, в небольшом количестве и практического значения не имеют.

Оловянный камень по окраске иногда напоминает вольфрамит (черный), но встречается бурые, красные и желтые его кристаллы. От вольфрамита отличается отсутствием спайности—способности при раскалывании давать блестящие плоские поверхности. Часто наблюдаются хорошо образованные кристаллики призматической формы с продольной вертикальной штриховкой на гранях. На кристаллических плоскостях блеск очень сильный, иногда алмазный, на неровных поверхностях излома или на поверхностях неправильных зерен—тусклый, стеклянный и даже смолистый. От черных кремнезем-содержащих минералов отличается твердостью (не царапается стальной иглой), чертой (бурая разных оттенков) на фарфоровой пластинке, большим удельным весом (6,8—7,1) и, наконец, химическими реакциями. Часто встречается в кварцевых жилах совместно с вольфрамитом. Химическому

* Детальное описание см. М. П. Русаков, — О некоторых месторождениях молибденовых руд в САСШ, „Горный журнал“ № 4, 1932.

выветриванию не поддается и поэтому является одним из распространенных минералов в шлихах.

Оловянный колчедан в поверхностных выходах в свежем состоянии почти не встречается. Разложение его происходит с образованием нерастворимого оловянного камня. В свежих рудах он почти никогда не наблюдается в чистом виде или в виде крупных масс. Поэтому отличить его от других сернистых соединений очень трудно, а от некоторых блеклых руд — почти невозможно. Хорошо определяется при исследовании руд на столике микроскопа. В шлихах не попадает. Присутствует иногда в виде тонких включений в минералах руд других цветных металлов, особенно часто встречается в цинковой обманке (сфалерит).

Олово считают несколько более распространенным металлом, чем вольфрам, но на территории Красноярского края коренные месторождения промышленного характера пока не выявлены. Между тем потребность в олове настолько велика, что возможность использовать для поисков месторождений этого металла поисковика-любителя должна быть исчерпана со всей полнотой. С этой целью и излагается весь дальнейший материал, применительно к условиям Красноярского края.

Поиски олова являются актуальнейшей задачей, поставленной партией и правительством перед геологическими организациями Союза.

В мировой практике в зависимости от характера месторождения и его размеров в промышленности начинают считать рудами породы, с содержанием олова от 0,1 до 1%. Россыпи разрабатываются с содержанием долей 1%. Пронизанные тончайшими жилками кварца с касситеритом громадные массы гранита в Альтенберге разрабатываются с содержанием металла от 0,1 до 0,9%. Таким образом, в нормальной руде на-глаз не во всяком куске можно увидеть рудный минерал.

Главным источником олова являются россыпи оловянного камня. На мировой рынок из них поступает больше 50% всей добычи этого металла. Вторым типом руд являются жильные кварцы, наконец, изредка встречаются скарны, содержащие часто, совместно с касситеритом и оловянным колчеданом, вольфрамовые минералы и молибденит. Иногда касситерит присутствует в породах пегматитовых жил.

Кварцы типичных оловоносных жил часто бывают серые стекловатые с значительным количеством слюды, реже наблюдаются молочно-белые кварцы с касситеритом. В составе таких руд нередко встречаются такие редкие минералы, как топаз и берилл. Часто можно видеть флюорит. Наконец, бывает особый случай, когда в жильных кварцах встречаются в большом количестве сульфиды (особенно пирротин, пирит и арсенипирит), в том числе и оловянный колчедан. Последний обыкновенно встречается в молочно-белых кварцах, богатых колчеданами.

Скарны очень редко разрабатываются как оловянные руды. В них встречаются обычные для этих пород минералы с добавлением некоторых специфических. К последним принадлежат: флюорит, кварц, колчеданы и оловянные — камень и колчедан. В пегматитах, часто совместно с кварцем и слюдой, развивается касситерит. Последний тип руд реже бывает промышленным.

Обработка оловянных руд состоит из двух операций. На месте добычи их обыкновенно получают только концентраты, каковые обычно представлены касситеритом. На россыпях концентраты получают непосредственно из промывальных машин, а для извлечения из руд олово-содержащих минералов сооружаются специальные обогатительные фабрики. Металлическое олово получается плавкой концентратов и руд на особых заводах. Заводы иногда отделены от месторождения очень большими расстояниями.

Олово является очень важным и трудно заменимым металлом, используемым в различных видах промышленности. Наиболее крупным потребителем его является жестяная промышленность. Значительное количество олова идет на изготовление легкоплавких (низкотемпературных) сплавов; используется в электротехнической, резиновой и в основной химической промышленности.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОЛОВЯННЫХ РУД И ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

По способу образования оловянные руды могут быть разделены на четыре группы: пегматиты, кварцевые жилы, скарны и россыпи. Первые три группы месторождений связываются пространственно и по происхождению с особо богатыми кварцем так называемыми оловоносными гранитами. Последние часто бывают светлые, содержат мусковит, иногда обладают порфиридным (неравномерно-зернистым) строением, причем наиболее крупными по размерам в них бывают вкрапленники розового полевого шпата. Массивы этих гранитов часто пересекаются большим количеством пегматитовых жил, каковые порою сами содержат в себе оловянный камень, иногда в промышленном количестве. Породы контакта таких гранитных массивов бывают часто превращены в богатые слюдами породы — слюдяные сланцы и гнейсы (присутствует полевой шпат).

Оловоносные пегматиты характеризуются наличием полевого шпата, светлых слюд и обилием кварца. Иногда они переходят в стекловатые кварцевые жилы с оловянным камнем, нередко в таких пегматитах встречается в значительном количестве турмалин (черный, реже — цветной). Пегматиты залегают в самих гранитах или слюдяных породах контакта. Особенно интересными для поисковика должны быть обильные слюдой (светлой) в зальбандах пегматиты. Часто зальбан-

ды таких пегматитовых жил, а также и часть пород жилы бывают превращены в слюдястые массы—грейзены. В некоторых случаях порода пегматитовой жилы бывает нацело превращена в грейзен. Оловянный камень и иногда сопутствующие ему сульфиды особенно охотно концентрируются в зальбандах.

Кварцевые жилы с оловянным камнем встречаются чаще по периферии гранитного массива в его породах или в породах контакта и кровли. Характерной чертой для оловоносных кварцев является развитие грейзена. Происхождение и состав грейзена принципиально являются аналогичными грейзенам вольфрамитовых кварцев с той лишь разницей, что черты строения и состава породы здесь выражаются резче. Слюда бывает обильной и более крупнозернистой. В значительном количестве и разнообразнее проявляются в грейзенах второстепенные минералы, как флюорит, турмалин, берилл. Часто присутствует топаз и др. Грейзен в большинстве случаев является рудой.

Скарны, содержащие олово, мало чем отличаются от шеелитоносных скарнов. Часто развиваются в контактах пегматитовых жил с известняками. Известны случаи залегания оловоносных скарновых пород в известняках без видимой связи с выходами гранитных пород (Таджикистан). При этом необходимо отметить, что пространственное разобщение скарнов с гранитом, повидимому, не бывает очень велико, и в этом районе констатируются обычно выходы мелких тел гранита, свидетельствующие о том, что поверхностные процессы вскрывают только верхнюю часть возможно крупного тела. В контактах гранитных тел обнаруживаются того же характера скарны, содержащие кроме оловянного камня еще шеелит и иногда молибденит.

Россыпи оловянного камня по своим морфологическим чертам ничем не отличаются от россыпей иных металлов, например, золота или вольфрама. Встречен оловянный камень в шлихах ряда районов Красноярского края. Особенно распространены касситерит в шлихах из Енисейского края. В Канско-Ангарском районе он встречался в шлихах россыпей Н.-Канского и Посольнинского районов. В Ю.-Енисейской тайге он встречался в россыпях систем рр. Удерея, Мурожной и Пенченги; имеются указания на присутствие его в шлихах с рр. Татарки и Унтугуна. В С.-Енисейской тайге оловянный камень встречался в шлихах рр. Севаглакона, Нойбы, Кадры, Енашимо, Еруды. Особенно богаты им шлихи с приисков последней реки.

Коренные месторождения олова в Енисейском крае почти не известны. Есть указания, что касситерит встречался в золотых рудах месторождения Эльдорадо. Олово-содержащими оказались кварцево-турмалиновые жилы Ольгинской горы (северная окраина Татарского гранитного массива). Жи-

лы состоят из голубоватого кварца с турмалином и золотом. Не исключена возможность, что в ряде случаев коренными месторождениями окажутся и пегматитовые жилы, очень распространенные в районах Енисейского края*.

В других районах Красноярского края касситерит не встречался, если не считать содержание ничтожных количеств олова в золоторудных кварцевых жилах рудника Думного, расположенного в Абаканском районе Хакассии.

ПОИСКИ ОЛОВЯННЫХ РУД

Основным приемом для поисков месторождений олова является сбор шлихов. Оловянный камень является очень устойчивым как против химического выветривания, так и физического (истирания). Поверхностными водами он может переноситься на значительное расстояние и благодаря своему большому удельному весу концентрироваться в нижних горизонтах речных отложений. Исключительно промывкой шлихов открываются россыпи, а по данным шлиховой карты, с применением дополнительного сбора шлихов из элювия, проводят поиски выходов руд коренного месторождения**.

В районах мало исследованных и задернованных (с малым количеством выходов коренных пород) вначале ведутся шлиховые съемки на больших площадях с редким опробованием. На основе материала этой съемки, а также руководствуясь геологическим строением отдельных участков, выбираются площади для детального обследования. Наиболее благоприятными для постановки поисков в общем случае являются участки распространения богатых кварцем гранитных массивов, особенно в местах развития пегматитовых жил.

Поиски на выделенных небольших участках отличаются не только более частым взятием проб по долинам рек, но также опробованием элювиального и делювиального материалов. Кроме того, большую помощь для отыскания коренного месторождения оказывают количественные определения выхода оловянного камня при промывке. Участки наиболее богатых проб указывают на близость коренных выходов. Наконец, некоторое указание на направление поисков дает учет величины зерна оловянного камня в шлихах. Чем ближе выход коренного месторождения, тем крупнее в шлихах—касситерит. Очень удобно для учета количества оловянного камня в шлихах и величины зерна применять в полевой обстановке химические методы его определения. Наиболее можно рекомендовать следующий. Шлих покрывают неболь-

* Находка в Посольненском районе золотоносных кварцевых жил с вольфрамитом дает основание надеяться на возможность обнаружения кварцевых жил с касситеритом.

** Детальное изложение основных приемов этой работы см. Б. Л. Флеров, — Применение оловометрической съемки при поисках коренных месторождений олова, „Редкие металлы“ № 1, 1935, стр. 31.

шим тонким слоем цинковой пыли и добавляют несколько капель 10-процентной соляной кислоты. Шлих, или его часть, должен быть до операции рассыпан тонким слоем. Вместо пыли можно применять цинковую пластинку или цинковый тигель (ванночку), помещая в них шлих. При этой операции зерна касситерита покрываются зеркально-блестящей пленкой металлического олова.

За последнее время имеются данные, позволяющие по химическому составу оловянного камня и отчасти по его окраске решить о природе и типе коренного месторождения. Так, например, оловянный камень из пегматитовых жил содержит свыше 2% Ta и Nb, касситериты из кварцевых жил содержат до 0,3% WO₃ и десятые доли процента Ta и Nb. В рудах сульфидных месторождений в касситерите обнаруживаются Sb, Y, W, но совсем отсутствуют Ta и Nb. Таким образом, для направления поисков изучение свойств касситерита имеет особое значение.

РТУТЬ И СУРЬМА

СОСТАВ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РТУТНЫХ И СУРЬМЯНЫХ РУД

В природных условиях самым распространенным и почти единственным ртуть-содержащим минералом является киноварь (HgS). Образование этого минерала мы обязаны вулканического происхождения растворам, из каковых отложение киновари происходит в условиях низких температур, резко отличных от тех, при которых происходит образование первичных руд вольфрама, молибдена и олова.

Киноварь обладает характерно кирпичной или яркокрасной окраской; при раскалывании зерен минерала образуются гладкие блестящие плоскости (спайность); твердость небольшая, он легко царапается иглой и очень легко истирается, обладая к тому же хрупкостью. Удельный вес значительный; выше чем у оловянного камня (8,0—8,2)*.

Химически это соединение очень устойчивое, и лишь в редких случаях в условиях поверхностного выветривания за счет киновари образуются металлическая ртуть или каломель (HgCl₂), являющиеся очень редкими и промышленного значения не имеющими минералами.

В районах азиатской части СССР киноварь часто встречается в шлихах, хотя в мировых литературных сводках, например, американских, ее относят к „редким аллювиальным минералам“.

Такое положение может быть объяснено только относительно большим распространением в наших районах коренных месторождений киновари, так как этот минерал, обладая

* Цифра в скобках показывает во сколько раз киноварь тяжелее воды.

большим удельным весом, является в то же время очень мягким и хрупким и не переносит значительного транспорта. Находки киновари в шлихах, и особенно в значительных количествах, предрешают в большинстве случаев быстрое обнаружение выходов коренных руд, особенно в мало задернованных районах.

Ртуть считают менее распространенным металлом, чем предыдущие. К этому нужно прибавить, что этот металл, повидимому, обладает некоторой склонностью к рассеянию, и в общем случае его руды обладают очень низким содержанием. Промышленность может в благоприятных условиях использовать как руду породы, содержащие 0,2% металлической ртути, так как обработка этих руд очень проста и не требует особенных расходов. Извлекается ртуть из руд возгонкой в особых печах и охлаждением ртутных паров в особых приборах, где они осаждаются в виде жидкого серебристо-белого металла.

Типичной ртутной рудой являются вкрапленники. Ими могут быть разнообразного состава осадочные и вулканического происхождения породы, содержащие в небольшом количестве вкрапления киновари в виде мелких красных точек, иногда тонких жилок. Реже наблюдаются толстые ветвистые жилки сплошной киновари или ее гнезда. Вместе с киноварью в породах по тонким трещинкам отлагаются и другие минералы, источником которых являются те же самые растворы. Наиболее распространены кальцит, кварц (часто халцедон), сидерит, а из рудных — колчеданы (пирит, арсенистый, медный колчедан) и сурьмяные соединения — сурьмяный блеск (антимонит—Sb₂S₃). Последний минерал является характерным для большинства ртутных руд. От всех похожих на него сульфидов он отличается свинцовосерой окраской, металлическим блеском, малой твердостью, призматическим обликом кристаллов; при нагревании на свече или на спичке минерал плавится; на поверхности легко выветривается с образованием характерных светлобурых или светложелтых с оранжевым оттенком сурьмяных охр. В условиях поверхностного выветривания киноварь в рудах сохраняется, но зато остальные рудные минералы, как, например, сульфиды и карбонаты, разлагаются. Вмещающая порода становится глинистой и охристой. Россыпей, имеющих промышленное значение, не известно.

Для сурьмяных руд практически единственным рудным минералом является вышеописанный антимонит, хотя сурьма встречается в составе очень многих рудных минералов. Химически этот минерал мало устойчив, но продукты его разложения не растворимы в поверхностных водах и концентрируются на участках рудных выходов. Опыт шлиховых поисков показывает, что в районах распространения сурьмяных руд, например Закавказья, антимонит в шлихах аллювия встре-

чается редко, но легко обнаруживается при промывке элювиально-делювиальных образований.

Промышленность предъявляет к рудам сурьмы, в сравнении с ртутными, высокие требования. Мелкие по запасам месторождения подвергаются выемке руды с содержанием от 12 до 50% металлической сурьмы, гарантирующее получение концентрата ручной разборкой. В США изредка разрабатывались месторождения с содержанием 7% Sb, и только в 1937 году научно-исследовательские институты СССР разработали методы, которыми можно перерабатывать „бедные сурьмяные руды, даже содержащие только 1,5—2% Sb“*.

Очень редко можно встретить руды киновари без антимонита, и в этом случае антимонит, так же как и киноварь, образует вкрапленные руды. Но в промышленных месторождениях сурьмы мы обычно имеем дело с жилами, гнездами или линзами сливных антимонитовых руд, окруженных ореолом слабо минерализованных пород—вкрапленных руд.

Применение ртути в промышленности велико, и поступление на мировой рынок этого металла всегда меньше, чем спрос. Такое положение объясняется, с одной стороны, редкостью ее месторождений, с другой—широким применением в промышленности. Ртуть применяется в медицине, химической промышленности; требуется ртуть для изготовления взрывчатых веществ, красок, в электро- и радиотехнике. Наконец, неограниченным потребителем ртути может оказаться паротехника (ртутно-паровые двигатели).

Сурьма используется в промышленности главным образом для получения сплавов, из которых особенно известны: антифрикционные сплавы (бабиты), типографский металл, сплавы для изготовления столовой посуды, сплав с свинцом, использующийся для покрытия кабелей, и пр. Металлическая сурьма употребляется в красильном деле, для изготовления эмалей, а соли—в медицине и красильном деле.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ РТУТНЫХ И СУРЬМЯНЫХ РУД И МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИХ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

Руды ртути и сурьмы образуются из низкотемпературных магматического происхождения растворов, которые для того, чтобы потерять свою первично высокую температуру, должны были удалиться на значительное расстояние от застывающего огненножидкого расплава. Можно думать, поэтому в районах сурьмяных и ртутных месторождений обыкновенно не находят вулканических пород, с которыми можно было бы связать их происхождение.

Путь, которым движутся магматические растворы, очевидно, отмечается минерализацией, и знать направление цир-

* Н. П. Сажин, Вопросы развития сурьмяной промышленности СССР, „Редкие металлы“, 1937, 5—6.

куляции этих растворов—значит знать направление поисков. Вулканического происхождения растворы, особенно низкотемпературные, по своим свойствам приближаются к подземным водам, как известно, в своем движении пользующимся поверхностями наложения горных пород, трещинными зонами, горизонтами легко растворимых пород. Для месторождений сурьмы и ртути характерным является приуроченность их к крупным тектоническим зонам, с моментом образования которых, повидимому, совпало и развитие вулканического процесса.

Растворы, циркулируя вдоль трещинных зон, естественно, встречаются на пути различного состава и в разной степени измельченные породы, растворимость которых, а следовательно и замещение, бывают различными. Оруденение никогда не охватывает всей зоны разбитых пород, будучи наблюдаемо только в некоторых избранных участках, условия в которых особенно благоприятствуют метасоматическим процессам. Поэтому оруденение не бывает равномерным; в одних участках встречаются крупные гнезда богатых руд, в других—тонкая сетка нитевидных жилок, а в третьих—тонкая редкая вкрапленность. Вместе с киноварью и антимонитом отлагаются и другие минералы, как-то: карбонаты (кальцит, сидерит и др.), плавиковый шпат, барит, кварц, колчеданы. Совершенно естественно, что максимальная концентрация этих минералов может пространственно не совпадать с участками, обогащенными киноварью. Наличие их в отдельных районах может лишь приниматься как косвенное благоприятное указание на направление поисковых работ. Для каждого района практика вырабатывает свои косвенные признаки.

В районах Красноярского края промышленные месторождения ртути пока не обнаружены, а первое сурьмяное месторождение начало эксплуатироваться в 1935 г. Тем не менее, указания на находки ртутных и сурьмяных руд имеются в значительном количестве, и можно надеяться, что в ряде районов края в ближайшем будущем можно ожидать новых открытий.

В Енисейском крае и прилегающих к нему районах киноварь встречалась в шлихах рр. Мельничной, Удерея, Б. Мурожной. В последнем случае вместе с ней встречался галенит. По р. Усолке была встречена галька искусственной киновари. Из этого же района известны куски плавленной сурьмяной руды. Некоторые геологи предполагают, что плавка ртути и сурьмы проводилась на рудах, имеющих в этом районе, и месторождение которых ныне нам не известно.

Сурьмяный блеск (антимонит) встречался в кварцах Сергиевского рудника (Северо-Енисейская тайга), в рудах Савинского свинцового месторождения (район дер. Каргиной) и на золотом прииске Ольгинском (р. Ахтолик). Имеются сведения о находке сурьмяных руд на р. Чукше, правому притоку

р. Чуны. Наконец, в Южно-Енисейской тайге в верховье р. Рыбной, вблизи восточной границы Енисейского кряжа, обнаружено и теперь эксплуатируется Раздолинское сурьмяное месторождение. Простираение рудоносной жилы подчинено простираению нарушенности пород в северо-восточном направлении. Минерализации несомненно предшествовало смятие сланцев, и, таким образом, оруденение приурочено к определенной системе нарушенности в восточной окраине кряжа, что дает основания предполагать о связи этого типа минерализации с тем же юным вулканическим процессом, с которым мы связывали свинцово-цинковые месторождения, приуроченные к зонам разлома западной окраины Енисейского кряжа. Состав жил очень прост—антимонит и кварц; в небольшом количестве встречаются сидерит и пирит. Кроме того, в составе руд месторождения химически обнаружено присутствие золота и серебра; наблюдается часто гребенчатый и халцедоновидный кварц.

В Кузнецком Алатау сурьмяный блеск встречали старатели в россыпях бассейна рр. Черного и Белого Июсов. Имеются сведения о находках кусков антимонита в отвалах горных работ, расположенных вблизи Заводинского озера в Боградском районе, Хакасской автономной области.

В Восточном Саяне антимонит встречался в серебро-свинцовых рудах ключа Свинцового, впадающего в р. Сейбу (Идринский район). Кроме того, в Восточном и Западном Саянах в ряде районов в шлихах золотоносных россыпей была обнаружена киноварь. В Восточном Саяне киноварь обнаружена в песках следующих речек: Алпияк, Биялик, Систикем, верховье Амыла, М. Сейбы, Джейбы, Серлиха, Чинги и Чибижика. В песках последней реки находили гальку киновари, достигающую в поперечнике до 1 см.

В Западном Саяне киноварь была обнаружена в шлихах из песков р. Енисей (у дер. Означенной), р. Юргуни (Усинская котловина) и р. Б. Кызаса (верховья р. Абакана).

Поиски сурьмяных и особенно ртутных руд легко поставить в тех районах Красноярского края, по которым имеются сведения. Привлекают внимание прежде всего восточная и западная окраины Енисейского кряжа, где попутно возможно обнаружить и свинцово-цинковые руды. Вторым районом несомненно является Восточный Саян, где, интересно отметить, подобно Енисейскому кряжу, также имеются основания встретить руды свинца и цинка.

Методика поисков коренных месторождений киновари и сурьмы в основном сводится к прослеживанию—картированию тектонических зон и сбору в этих участках шлихов. Детальное обследование шлиховой съемкой этих участков в большинстве случаев дает надежный материал для находок коренного месторождения. Приемы поисковой работы совершенно аналогичны описанным в предыдущих главах.

РУДЫ ВИСМУТА, ТЕЛЛУРА, РЕДКИХ ЗЕМЕЛЬ, КОБАЛЬТА, ВАНАДИЯ, ТАНТАЛА, НИОБИЯ И БЕРИЛЛИЯ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ

Руды перечисленных элементов бывают комплексными, всегда разрабатываются с попутной добычей ряда металлов, среди которых названные элементы далеко не всегда играют главную роль.

Висмут в Красноярском крае встречался в золоторудных кварцевых жилах и в медных рудах контактовых месторождений. Значительное количество висмута в виде минерала висмутинна содержалось в рудах месторождений Знаменитого, Коммунара, Случайного и др., расположенных на восточном склоне Кузнецкого Алатау. В виде виттихенита ($\text{Bi}_2\text{S}_3\text{Cu}_2$) встречался висмут в рудах Алексеевского медного месторождения и в виде беегерита ($\text{Bi}_2\text{S}_3\text{PbS}$) в рудах свинцового месторождения Юлии. В некоторых золоторудных месторождениях вместе с висмутом встречался теллур в виде минерала тетрадимита $\text{Bi}_2(\text{Te},\text{S})_3$. Кроме того, висмутовые минералы встречались в шлихах из районов Енисейского кряжа, Восточного Саяна и Западного Саяна. В последнем были обнаружены и коренные сложные по составу жилы висмутовых руд, промышленное значение которых пока не установлено. В громадном большинстве случаев находки в шлихах висмутовых минералов помогают поискам коренных выходов руд золота и цветных металлов.

Редкие земли входят в состав очень сложного минерала монацита, каковой содержит всегда некоторое количество радиоактивного элемента—тория. Монацит очень часто входит в состав богатых кварцем гранитов и сопутствующих этим последним пегматитов, образующих жилы в краевых зонах интрузивных тел. Коренные месторождения монацитовых руд не известны, так как в гранитах и пегматитах этот минерал не скапливается в значительных количествах. Зато при выветривании этих пород монацит как устойчивый минерал сохраняется от химического разложения и скапливается в значительных количествах в речных песках, образуя россыпи. В шлихах многих районов Красноярского края содержится монацит, но особенно значительное количество его обнаружено в россыпях Канского района по р. Тараке. Кроме этого типа месторождений в Красноярском крае, в Восточном Саяне, в Курагинском районе, вблизи дер. Тагашет известны пегматитовые жилы, содержащие редкие минералы—циркон и тороциркон, в составе которых, кроме тория и циркония, имеются и редкие земли. Жилы пегматита пространственно и по происхождению связаны с выходами особых щелочных гранитоидных пород, распространенных в западной части Восточного Саяна, примыкающей к правому берегу р. Енисей. Возможно, торий-содержащие пегматиты

имеются и на левом берегу р. Енисей. Так, геолог Эдельштейн отметил присутствие торий-содержащего минерала—торианита в щелочных породах, обнажающихся в окрестностях Тырданова улуса, Хакасской автономной области.

Ванадий впервые в Красноярском крае был обнаружен в районе дер. Потехиной (Хакассия), где на участках развития черных воючих известняков встречались гнезда охристых пород, содержащих цветные поверхностного происхождения минералы меди, вторичные лиловые минералы кобальта—эритрин ($\text{Co}_3\text{As}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) и минерал фольбортит, являющийся соединением ванадия с барием, медью и кальцием. Нужно предполагать, что в данном случае мы имеем дело с зоной окисления какого-то сложного месторождения, состав первичных руд которого нам не известен. Кроме того, ванадий был обнаружен в составе медных руд Печищенского месторождения, а кобальт—в марганцовых рудах Мазульского месторождения, расположенного в Ачинском районе.

Тантал, ниобий и бериллий обычно встречаются вместе в пегматитовых жилах, каковые часто разрабатываются на олово, слюду или литий. Тантал и ниобий вместе входят в состав минералов, группа которых носит название тантало-ниобатов. Бериллий встречается главным образом в виде минерала берилла $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$. Пегматитовые жилы, богатые бериллом, обнаружены в Канско-Тасеевском районе в Кондаковском слюдяном месторождении, где эти месторождения разрабатывались как слюдяные. Можно думать, что берилл часто встречается в пегматитовых жилах, столь распространенных в этом районе. Тантало-ниобаты встречались в шлихах из речек Енисейского кряжа, где развиты пегматиты, являющиеся нормально единственным источником образования этих минералов. Наконец, литий содержащие литиевые слюды встречаются среди кристаллических пород междуречья рр. Теи и Енашимо, в Северо-Енисейской тайге, где они залегают в зальбандах пегматитовых жил, которые могут представлять интерес и как возможное сырье для редких элементов—цезия и рубидия.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение	5
Медь	7
Цинк и свинец	22
Вольфрам	31
Молибден	42
Олово	47
Ртуть и сурьма	52
Руды висмута, теллура, редких земель, кобальта, ванадия, тантала, ниобия и бериллия в Красноярском крае	57

Редактор В. П. Кузнецов.

Техн. редактор В. Ф. Петрас.

Сдано в набор 19 октября 1938 года. Подписано к печ. 19 января 1939 года.
Формат издания $60 \times 92^{1/16}$. Печат. лист 3,75. Авт. лист 3,7. Тираж 3000 экз.
Индекс ЭК—3—6. Уполномоченный крайлита № 31. Цена 75 коп.

Тип. из-ва „Красноярский рабочий“, просп. им. Сталина, 55. Заказ № 5439.