

30886

ГУУЗ — НКТП — СССР

001
с23

СБОРНИК ТРУДОВ ИРКУТСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

ВЫПУСК I.

Под редакцией
доцента В. Р. Хохлова

30886

И Р К У Т С К
1938

ОТ РЕДАКТОРА

Настоящий сборник научно-исследовательских трудов является первым за семилетнее существование Института, если не считать первого выпуска „Известий Института“ посвященного его образованию. Такой продолжительный перерыв в издании научно-исследовательских работ института объясняется тем, что Институт в первые годы существования не имел оборудованных лабораторий и сформированных кадров научных работников. Основная работа преподавательских кадров состояла в проведении учебных занятий и оборудований учебно-вспомогательных учреждений при кафедрах. Большой ущерб этой важнейшей работе института нанесен бывшим руководством ГУУЗ'а, тормозившим развитие учебных кабинетов и лабораторий.

Постановление Правительства и ЦК ВКП(б) от 23-го июня 1936 г. (о работе Высшей Школы и Постановления СНК Союза «О штатно-окладной системе») создали все необходимые возможности и условия для быстрого развития института и роста кадров научных работников. Ответом на Постановление Партии и Правительства и заботу о научных работниках Великого Сталина, институт выпускает первые труды научных работников и готовит материал для второго выпуска.

В. Хохлов.

20 июля 1938 г.

Иркутский горно-мет. ин-т.

А н а л и з геологического строения Салаирского рудного участка

(Обоснование поисково-разведочных работ)

Геологическая карта — это есть, так сказать, геолого-петрографическое фотографирование района. Вместе с тем, геологическая карта, будучи материалом совершенно объективным, во многих случаях должна являться графическим выражением геологических идей ее автора. Однако, геологическая карта, как и всякий иной продукт интеллектуального творчества, может быть понята читающими ее совершенно иначе, чем это хотел автор, или глубже, чем это он предполагал. Во всяком случае глубокое и всестороннее анализирование объективного материала, зафиксированного на геологической карте, является всегда необходимым: оно может дать весьма ценные и теоретические, и практические выводы.

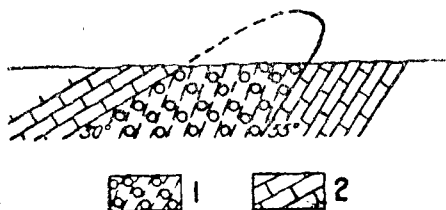
Такой анализ геологической карты Салаирского рудного участка я был мною сделан летом 1936 года. Карта, которая мною была подвергнута анализу, составлена весьма подробно, тщательно и аккуратно в масштабе 1/5000 геологом Лабазиным, много потрудившимся над изучением и разведкой Салаирских месторождений.

Мысли, которые у меня при этом возникли, были проверены материалом, идеально хранящимся в конторе Салаирского рудоуправления С. С. Герингом и П. М. Лопушинским, и отчасти ими же собранным, а также личными моими маршрутами и наблюдениями.

Центральное место на геологической карте Лабазина занимают метаморфические породы, вытянутые в почти строгомеридианальном направлении и выходящие на поверхность в виде несколько неправильного эллипса, длинная ось которого вытягивается по меридиану более, чем на 4 км, а короткая ось не превышает 1,5 км.

В состав этих метаморфических пород входят серицитовые сланцы, кварцевые кератофилы и порфириды, представленные, главным образом, своими сильно измененными разностями, которые Лабазин называет кварцевыми порфироидами. В этих метаморфических породах, которые я в дальнейшем буду называть для сокращения порфироидами, залегают все пока известные полиметаллические рудные тела Салаира.

Порфиroidы со всех сторон окаймлены известняками, *) имеющими почти меридиональное простирание и падение на запад, более крутое в северной части района и несколько менее крутое в южной его части. Более или менее закономерное изменение угла падения известняков наблюдается не только по простиранию их: обычно известняки, окаймляющие порфиroidы с запада, имеют более пологое падение, чем известняки, находящиеся на одной и той же широте восточнее порфиroidов. Так, например, в районе, несколько южнее Первого рудника, известняки, окаймляющие порфиroidы с запада, падают на запад под углом 30° , а известняки на той же широте, ограничивающие порфиroidы с востока, падают на запад же, но под углом $50-55^\circ$ (фиг. 1).



1- порфиroidы (кварцевые кератофиры, рассланцеванные, хлоритизированные и их туфы); 2- известняки.

фиг. 1

Эти элементы залегания дают возможность заключить, что известняки в Салаирском районе образуют брахиантиклинальную складку, в которую они были сложены приподнявшимися их порфиroidами. Такое заключение тем более вероятно, что порфиroidы моложе известняков, и, возможно, в значительной части ассимилировали их.

Не лишено вероятности предположение, что не только эрозия уничтожила седло складки, а значительная часть его могла быть «проткнута» поднимавшимися порфиroidами.

Брахиантиклинальная складка в поперечном разрезе несколько несимметрична: она слегка опрокинута, или, вернее, наклонена к востоку. Большая часть складки имеет погружение на юг под углом $35-38^\circ$, и только самая северная ее часть круто погружается на север.

Опрокинутость складки на восток и ее погружение на юг дают возможность заключить, что внедрение порфиroidов, в результате

*) Согласно исследованиям Б. Ф. Сперанского — возраст известняков С_{м1}.

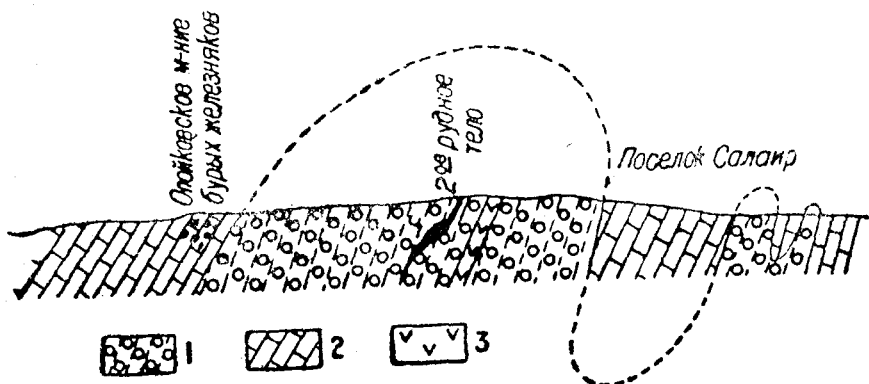
которого образовалась складка, произошло с юго—запада.

Небезинтересно отметить, что склонение рудного тела 2-го Салаирского рудника на юг весьма точно, не только в отношении направления склонения, но и в отношении угла склонения, согласуется с направлением погружения оси брахиантиклинальной складки, а следовательно, и с тем направлением, откуда внедрились изверженные породы. Если же такое склонение не наблюдается в других рудных телах Салаирского района, то это можно объяснить последующей тектоникой, весьма изменившей первоначальную форму рудных тел. Впрочем, возможно, что кажущееся склонение вызвано мизотектоникой.

Еще более интересно отметить то изменение в вещественном составе рудных тел, которое наблюдается по мере продвижения с юга на север и выражается в понижении содержания сульфидов, в увеличении кремнезема и уменьшении барита. Я склонен думать, что это не случайное явление, а явление, связанное с зональностью, т. е. с большей удаленностью северных м-ний от очага рудоносности.

Довольно простая структура Салаирского рудного участка несколько усложняется тем, что порфиroidы давали апофизы в известняки, окаймляющие их с востока, а также и тем, что местами порфиroidы были прорезаны дайками диабазов.

Апофиза порфиroidов и дайка диабазов между прочим видны в широтном разрезе, составленном через старую Яковлевскую шахту 2-го Салаирского рудника (фиг. 2).



1- порфиroidы (кварцевые кератофиры, рассланцеванные, хлоритизированные и их туфы); 2- известняки; 3- дайка диабазов.

фиг. 2.

Также осложняют, но весьма незначительно, структуру Салаирского рудного участка те вертикальные движения, которые здесь имели место, повидимому, в геологически недалеком прошлом. Одно из нарушений, по которому произошло подобное движение, можно наблюдать южнее 1-го рудника на границе порфириидов и окаймляющих их с востока известняков. Движение здесь происходило, как это можно судить по поверхности и по данным, полученным при проходке буровой скважины № 16, по почти вертикальной плоскости сбрасывателя, падающей под углом $82-85^\circ$ к северу. Сброс дал горизонтальное перемещение известняков к западу метров на 150—200. Судя по углу падения известняков, вертикальное перемещение должно было быть почти такой же амплитуды, если бы оно происходило по направлению падения, но так как, судя по подобным же, но весьма незначительной амплитуды дизъюнктивам, наблюдавшимся в руднике, можно думать, что перемещение шло не по падению сбрасывателя, а под углом 30° к горизонту, то вертикальная амплитуда нарушения не превышает 50—70 м.

Учитывая направление падения известняков и горизонтальное перемещение их, можно заключить, что здесь произошло относительное опускание северной части, т. е. висячего бока сбрасывателя и, следовательно, нарушение это будет типа сброса.

Весьма возможно, что подобные же вертикальные перемещения имели место по линиям логов, отделяющих 1-й рудник от 2-го и 2-й от 3-го. Этими вертикальными перемещениями вполне возможно объяснить разницу в глубинах, на которые распространяется зона окисления на этих рудниках. Нижняя граница зоны окисления, считая от устья Преображенской шахты, на 2-м руднике колеблется между 12 м, в висячем боку, и 32 м, в лежащем боку рудного тела. На 1-ом руднике, в районе Троицкого м-ния, зона окисления опускается до 75, а в районе Соймоновского м-ния — до 160 м. На 3-м руднике зона окисления опускается до глубины в 130 м. Если разница в глубине зоны окисления между 2-ым рудником и Троицким м-нием может быть отчасти объяснена повышением рельефа поверхности ко 2-му руднику почти на 40 м, то характером рельефа никоим образом не может быть объяснена разница в глубине зоны окисления между 2-ым и 3-м рудником, так как вертикальные отметки поверхности у обоих этих м-ний почти одинаковы. Точно также не может быть объяснена повышение рельефа на 40 м и разница в глубине зоны окисления на 140 м между Соймоновским м-нием и 2-ым рудником. Вероятно, что разница в глубине, на которую опускается зона окисления в различных рудных телах Салаира, может зависеть от опускания того участка, на котором находится Соймоновское м-ние, и поднятием участка, включающего 2-й рудник, у которого эрозия после поднятия снесла большую часть зоны окисления.

Продолжая анализ структуры Салаирского рудного участка, необходимо отметить, что известные пока рудные тела полиметаллических м-ний района залегают в порфириодах, следовательно, геологи, производящие поиски в районе, должны быть заинтересованы в том, чтобы, по возможности, все порфириоды были нанесены на геологическую карту. Однако, это сделать довольно затруднительно, так как порфириоды весьма слабо противостоят эрозии, и поэтому должны занимать в большинстве случаев пониженные, задернованные и залесенные места района. Если в Салаирском рудном участке порфириоды занимают более возвышенное место, то это, повидимому, следует объяснить недавними поднятиями, что вполне согласуется как с регистрацией дизъюнктивов на этом участке, так и с некоторыми другими явлениями, которые могут быть объяснены только как результат вертикальных подвижек.

Для того, чтобы обнаружить и зарегистрировать порфириоды, можно исходить из структуры Салаирского рудного участка, на котором, как уже отмечалось, известняки образуют над порфириодами брахиантиклинальную складку. Следовательно, если, обнаружив антиклинальную складку в известняках, пойти в направлении обратном погружению оси складки, то там при помощи небольших искусственных обнажений можно рассчитывать обнаружить в ядре складки порфириоды.

Вряд ли можно допустить, что известняки могли быть приподняты в антиклинальную складку эффузией или интрузией каких-либо других изверженных пород. Поскольку это можно установить из наблюдений, более молодые изверженные породы района — диабазы и диориты — не приподнимают известняки в антиклинальную складку, а проникают по трещинам отдельностей в них. При этом вблизи изверженных пород появляются зоны смятия, выраженные особенно тонкой рассланцовкой. Иногда смятие и рассланцовка захватывают и самые даймы изверженных пород, что указывает на более позднее возобновление нарушений по тем же старым швам, по которым проникали изверженные породы.

Подобные явления легко можно наблюдать в железнодорожной выемке, несколько восточнее обогащательной фабрики. В той же выемке хорошо заметна и небольшая довольно симметричная антиклинальная складка в известняках. Ось этой складки, вероятно, тоже погружается к югу, и, следовательно, ядро складки должно выйти на поверхность где то севернее выемки. Возможно, что оно скрыто под наносами где-нибудь недалеко от Поганого Лога, который не так давно разрабатывался на золото.

Возможно, что и золото Поганого Лога образовалось отчасти за счет разрушения железной шляпы полиметаллического м-ния. Правда, есть указание на то, что в Поганом Логу была обнаружена кварцевая жила, которую считали источником россыпного золота, но

наличие золотосодержащей кварцевой жилы не исключает возможности того, что золото россшии могло образоваться и за счет полиметаллического м-ния. Вернее, это будет указывать на наложение двух металлогенических циклов. Между прочим, соседство золотосодержащей кварцевой жилы с полиметаллическим м-нием констатировано и в районе 2-го Салаирского рудника на так называемом Трехсвятительском м-нии.

Таким образом, анализ геологического строения Салаирского рудного участка дает ключ к открытию подобных же структур в задержанной части района, что, безусловно, может иметь большое практическое значение в отношении открытия новых полиметаллических м-ний в районе.

Изучение и анализ описанной выше структуры дают и другие указания для направления поисков.

Из описания структуры Салаирского рудного участка можно заключить, что в западной его части порфирииды залегают под известняками. Едва ли можно сомневаться в наличии в порфириодах слепых рудных тел, не выходящих на поверхность. Следовательно, могут быть слепые рудные тела и в той части порфириодов, которая прикрита известняками. Если эти тела не пронизывают известняки, то это, повидимому, приходится объяснить тем, что известняки были для рудоносных флюидов непроницаемой «покрышкой». Под непроницаемостью «покрышки» должны были скопиться более богатые отложения сульфидов, чем в тех местах, где такой покрышки не было. Однако, вряд ли можно было найти какой-либо критерий для поисков слепых рудных тел, залегающих под известняками, если бы известняки представляли собою абсолютно непроницаемую «покрышку», но так как абсолютно непроницаемых «покрышек», повидимому, в природе не существует, то некоторая, хотя бы незначительная часть рудоносных растворов должна была проникнуть и через известняки. Отложения этой части растворов впоследствии должны были подвергнуться действию внешних процессов, которые в этих условиях не могли не окрасить известняки в бурые, желтые, красные цвета. Вот эта-то окраска известняков и может служить поисковым критерием для отыскания скрытых под известняками рудных тел.

При благоприятных условиях продукты, отложенные в известняках просачившимися сквозь них рудоносными флюидами, могли быть не только изменены, но и переотложены агентами выветривания, и за счет этих продуктов могли образоваться таким образом диалитические м-ния железных и марганцевых руд. Весьма возможно, что именно таков генезис некоторых м-ний этих руд в районе, и, в частности, Опокойковского м-ния бурого железняка. Именно это м-ние, как находящееся ближе других к разрабатываемым полиметаллическим рудным телам Салаирского участка, может быть подпорожено

первую очередь с целью определения возможности обнаружить вблизи некое скрытое под известняками рудное тело с полиметаллическим оруденением.

Не исключена, конечно, возможность и того, что скрытые рудные тела в Салаире могут находиться и под известняками, окаймляющими порфиroidы с востока. Возможное наличие здесь рудных тел будет связано с апофизами порфиroidов в восточную полосу известняков, а не с основной их эффузией. Возможно, что нечто подобное представляет собою рудное тело, пересеченное в окисленной зоне так, называемым, Английским кварцлагом и находящееся в контакте порфиroidов с восточной полосой известняков.

Так как под восточной полосой известняков рудные тела могут быть связаны только апофизами, то больше шансов обнаружить оруденение под известняками, окаймляющими порфиroidы с запада, и поэтому на западную полосу известняков и должно быть направлено большее внимание геологов-разведчиков.

Таким образом, краткий анализ структуры Салаирского рудного участка дает возможность уяснить целый ряд явлений и устанавливает направление и критерии поисковых работ, что в данное время является особенно актуальным для Салаирского рудоуправления.

Список литературы:

1. Лабазин Г. С. Отчет о результатах геолого-разведочных работ, произведенных Салаирской геолого-разведочной базой в 1933 г. (Рукопись в делах ГМБ Салаирского рудника).
 2. Лабазин, Г. С. Рудные м-ния Салаирского района. (Рукопись в делах ГМБ Салаирского рудника).
 3. Усов, М. А. Проблема рудного Салаира. Вест. Зап. Сиб. ГРТ. 1933 г. № 4. Стр. 1—20.
 4. Усов, М. А. Формации м-ний полезных ископаемых Салаира. Вест. Зап. Сиб. ГРТ. 1933. № 6, стр. 1—29.
 5. Лопушинский, П. М. Разведка Цинкстроя на Салаирском кряже. Вест. Зап. Сиб. ГРТ. 1933. Стр. 54—63.
 6. Лопушинский, П. М. Цинково-колчеданное м-ние «2 Линза». Вестник ВСГГГТ. 1935. № 3, стр. 35—53.
 7. Болгов, Г. П. Минералогические исследования полиметаллических руд Салаирских м-ний. Материалы по геологии Зап. Сиб. Края. 1936. Вып. 15, стр. 44.
 8. Шаманский, Л. И. М-ние 2-ой Салаирский рудник. Вестник Геол. К-та. 1928. № 6.
 9. Сперанский, Б. Ф. Структуры палеозойских формаций Обско - Томского междуречья. Сборник по геологии Сибири. ЗСГРТ, 1933.
 10. Салаир. (Сборник статей). Под общей редакцией проф. Усова, М. А., Харит, Я. Ю., Эдельмана, С. Я. ЗСКр. Пл. Ком. и ЗСГРТ. 1936.
-

Список литературы:

1. Лабазин Г. С. Отчет о результатах геолого-разведочных работ, произведенных Салаирской геолого-разведочной базой в 1933 г. (Рукопись в делах ГМБ Салаирского рудника).
 2. Лабазин, Г. С. Рудные м-ния Салаирского района. (Рукопись в делах ГМБ Салаирского рудника).
 3. Усов, М. А. Проблема рудного Салаира. Вест. Зап. Сиб. ГРТ. 1933 г. № 4. Стр. 1—20.
 4. Усов, М. А. Формации м-ний полезных ископаемых Салаира. Вест. Зап. Сиб. ГРТ. 1933. № 6, стр. 1—29.
 5. Лопушинский, П. М. Разведка Цинкостроя на Салаирском кряже. Вест. Зап. Сиб. ГРТ. 1933. Стр. 54—63.
 6. Лопушинский, П. М. Цинково-колчеданное м-ние «2 Линза». Вестник ВСГГГТ. 1935. № 3, стр. 35—53.
 7. Болгов, Г. П. Минералогические исследования полиметаллических руд Салаирских м-ний. Материалы по геологии Зап. Сиб. Края. 1936. Вып. 15, стр. 44.
 8. Шаманский, Л. И. М-ние 2-ой Салаирский рудник. Вестник Геол. К-та. 1928. № 6.
 9. Сперанский, Б. Ф. Структуры палеозойских формаций Обско - Томского междуречья. Сборник по геологии Сибири. ЗСГРТ, 1933.
 10. Салаир. (Сборник статей). Под общей редакцией проф. Усова, М. А., Харит, Я. Ю., Эдельмана, С. Я. ЗСЖр. Пл. Ком. и ЗСГРТ. 1936.
-

Минералогия руд Ключевского золоторудного месторождения

Краткое геологическое описание месторождения.

Ключевское золоторудное м-ние находится в северо-восточной части Забайкалья в верхнем течении реки Желтуги, на стрелке двух ключей—Алексеевки и Большого Ключа, впадающих в один из ее крупных левых притоков—Богузею.

Географические координаты этого пункта, по определению геофизика Юдаса летом 1933 г., — $53^{\circ}33'$ сев. шир. и $119^{\circ}40'$ вост. долг., считая от Гринвича.

Ключевское месторождение сложено изверженными породами древнего комплекса. Эти породы сильно метаморфизированы и прорваны мощной интрузией гранитов, обладающих различной текстурой; они то гнейсовидны, то массивны и проявляют различную степень порфириовидности. Вместе с тем наблюдаются переходы между указанными разновидностями в гранодиориты, трондьемиты, лейкократовые граниты. Часть этих пород, именно гнейсовидные и порфириовидные граниты секутся пегматитовыми дайками и кварцевыми жилами, генетически связанными с породами всего древнего комплекса. Дайки и жилы встречаются в приконтактных зонах пород этого древнего комплекса. Эта интрузия условно палеозойского возраста; она внедрилась по тектонически нарушенным зонам северо-восточного простирания, определяемого по слоистой параллельной ориентировке минералогических компонентов.

Заметим, что наши гнейсовидные граниты похожи на «огнейсовидные граниты», описанные Мелиоранским, В. А., и Смирновым, С. С., для Восточного Забайкалья. Возраст их указанные авторы принимают палеозойским.

Возраст нормальных гранитов и гранодиоритов по аналогии с другими районами Восточного Забайкалья можно считать терцидным, а порфириовидных гранитов послетерцидным.

Помимо перечисленных гранитоидов в строении района принимают также участие юные изверженные породы гиабиссальной фации, с которыми генетически связано образование кварцтурмалиновых жил и сульфидного оруденения. К ним относятся гранодиорит-порфиры, грано-диорит-порфиры, диорит-порфиры, кварцевые порфиры, кварцевые порфиры и кварц-турмалиновая порода. Все они являются дифференциатами одной интрузии, в среднем отвечающей составу грано-диорита. Они отличаются от пород древнего комплекса и по вещественному составу, и по характеру проявления, и по условиям залегания, и, наконец, по своим структурным особенностям. По форме они относятся к жильным или линзовидным образованиям, залегающим в теле самого массива гранодиорита или в его периферических частях. При этом «полугеффузивный характер» структурных и текстурных разностей подчеркивает гиабиссальность юных магматических очагов.

Что касается возраста юной интрузии, то как ни заманчиво привести аналогию с похожими на наши породы породами Приаргунья, в данное время, за отсутствием достаточного фактического материала, приходится воздержаться.

Кроме отмеченных изверженных комплексов в строении района принимают участие и осадочные породы. Окаменелостей до сих пор в них не найдено, и лишь по литологическим особенностям их относят к палеозойскому возрасту.

Преобладающий изверженный комплекс как более древних формаций, так и более юных интрузий несет на себе следы тектонических движений.

Результатом таких движений явились ослабленные зоны СЗ простирания в более древнем комплексе.

Более юные интрузивы тоже поражены трещинами, но более выдержанного простирания, с резко выраженными стенками, со следами движения в виде борозд и зеркал скольжения. Если мы к этому прибавим наличие эндокинетических трещин, часто крайне неправильных очертаний,—мы получим сложную картину нарушенности интрузивных тел.

Рудные тела кварцтурмалиновой формации залегают в трещинах эндокинетического порядка, причем в самом процессе формирования рудного тела, в первичной минерализации, можно установить несколько последовательных этапов. Фактами, свидетельствующими об известной пульсации оруденения, являются и вещественный состав рудного тела и форма нахождения золота.

Питотермальность кварца, турмалина, пирита, отчетливо доказуемая при обработке материала, с одной стороны, а с другой, отчет-

ливая гипабиссальность полисульфидной части вещественного состава и наличие теллуридов—все это говорит, по крайней мере, о двух периодах минерализации, быть может значительно разобценных во времени.

Наконец, связь золота с сульфидами (главным образом с пиритом) и с теллуром (а может быть и висмутом)—является фактом, утверждающим кратность выносов металлоносных эманаций.

В связи с такой сложностью процессов минерализации, их разнотемпературностью находится различие как в самом механизме оруденения (выполнение и метасоматоз), так и образование, помимо жильных форм, скоплений вкрапленников золотосодержащих колчеданов, часто в виде мелкой сыти.

Специфический характер моей темы не позволяет детализировать вопросы чисто геологического порядка, но все же нельзя не отметить эффективное значение процессов гипергенеза.

Прежде всего процессы гипергенеза обнимают солидный промежуток времени, обусловив, с одной стороны, типичный эрозионный рельеф района, с другой, глубокую денудацию и отпрепарировку огромной площади интрузивов. Наконец, гипергенез, образовав мощные толщи россыпей, осыпей и других форм рыхлых отложений, создал значительную толщу зоны окисления и цементации, изменив существенно формы нахождения золота. Это последнее обстоятельство является, между прочим, одной из главных причин того, что в начале разработки Ключевского месторождения англичанами, золото извлекалось самым обычным процессом амальгамации; но уже с III гаризонта, амальгамация оказалась неподходящим процессом, так как золото было в иной форме нахождения, в иных сочетаниях, соединениях. Мало того, и химические анализы одних и тех же проб, произведенные при одинаковых условиях, одними и теми же аналитиками, давали различные, порой даже противоречивые результаты. И это тоже надо отнести за счет резкой разницы в форме нахождения золота в зонах окисления, цементации и первичных руд.

Руководствуясь суммой всех анализов, произведенных по Ключевскому месторождению, можно составить таблицу, характеризующую элементно-генетический состав минерализации.

Таблица 1.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	O	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	H										B	C		O			2
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl		K	Ca		Ti		Cr	Mn	Fe	4
5	Cu	Zn			As							Zr		Mo		Ni	6
7	Ag				Sb	Te											8
9	Au			Pb	Bi												10

Из приведенной таблицы становятся ясными свойства, характер руды и количество сульфидных минералов.

Металлогенетические элементы, входящие в состав руды в виде различных сульфидов и их аналогов, вполне аналогичны таковым полиметаллических месторождений, но количественно они подчинены петрогенетическим элементам.

Минералогический состав Ключевской руды характеризует кислую магму грано-диоритового состава, свойственную для многих элоторудных месторождений В. Сибири.

Форма рудного тела и условия его залегания.

Для выяснения формы рудного тела и элементов его залегания в Ключевском месторождении были произведены разведочные работы. На площади 4—5 кв. км. было пробито 280 канав, 7 шурфов, 6 штолен и 2 шахты. Эти выработки открыли кварц - турмалиновую породу, залегающую в виде жил и ясно выраженных выклинивающихся линз или штоков. Число открытых жил—40, число линз—6. 46 жил с мощностью от 2 до 20 м., остальные меньше 2 м. Из 16 жил 9 находятся в центральной части рудного поля на площади около половины квадратного километра. Наибольший практический интерес представляют жилы, между тем, как выклинивающиеся линзы в результате опробования дают в большинстве случаев низкое содержание золота. Лучше изучена главная жила № 1; на ней строится план дальнейших разведок и эксплуатации; она разведана по простиранию штольнями и канавами на 550 мтр и по падению 120 мт. Она имеет простирание северо-западное 275—280°. Около шахты № 1 она быстро поворачивает на северо-запад до 315°—320°—330°. Падение вначале северо-восточное, затем постепенно меняется на юго-западное. Угол падения также меняется в пределах от 60° с юго-восточным падением до 80—85° юго-зап. Мощность жилы от двух до двадцати метров. Все жилы данного месторождения имеют примерно аналогичные условия залегания с главной жилой; так: простирание северо-западное от 280 до 330°, с падением на юго-запад, иногда на северо-восток, причем угол падения на ЮЗ от 70 до 85° и на СВ от 55 до 75°.

Кварц-турмалиновые жилы залегают преимущественно в диорит-порфиритах и кварцевых порфирах, т. е. в породах той же интрузии, с которой связаны и сами жилы.

Описание отдельных минералов.

Пирит является самым главным и распространенным рудным минералом в Ключевском месторождении. Встречается почти во всех исследованных образцах, составляя 30—35% всего количества сульфидов.

Количество его минимально в зоне окисления, где он почти нацело замещен лимонитом, и максимально в зоне первичных руд. В

первом случае он встречается едичными зернами (0.001 мм) внутри окисленных минералов, а во втором—богатой вкрапленностью еугедральных зерен, в виде кубов и пентагонов, в виде агрегата зерен (0,5—0,001 мм) (фот. 4) и в виде прожилков (5 мм) секущих кварц-турмалиновую породу.

Иногда пирит находится в зернистом еростании с халькопиритом и теннантитом. Часто происходит замещение пирита лимонитом, гидрогематитом и халькозином в виде оторочек и сетки секущих янлок, разедающих периферию зерен, вследствие чего пирит теряет первоначальный идиоморфный характер.

Иногда же замещение заходит настолько далеко, что от пирита остаются маленькие островки или он нацело исчезает; чаще образуются псевдоморфозы гидрогематита по пириту.

Эти процессы окисления или замещения ниже второго горизонта встречаются крайне редко.

В большинстве случаев пирит является самым ранним минералом (не считая молибденита) в руде, по сравнению с остальными сульфидными минералами, т. к. пирит имеет более еугедральные формы и затем разедается такими минералами как халькопирит, теннантит, галенит. В зоне вторичного обогащения пириту сопутствует халькопирит, халькозин, ковеллин и борнит.

При рассматривании пирита Ключевского месторождения можно сделать вывод о существовании двух генераций пиритов.

Пирит второй генерации встречается в виде скоплений неправильной формы зерен вокруг халькопирита, который они разедают, а также в виде тонких прожилков секущих зерна ефалерита (фото 9).

Халькопирит. Халькопирита около 4% всего количества сульфидов в руде. Встречается большей частью в микроскопически малых размерах (0,1—0,001 мм) аугедральными зернами. Иногда находится в зернистом еростании с теннантитом и ефалеритом, причем последний иногда имеет эмульсионные включения халькопирита (фот. 9). В зоне вторичного обогащения халькопирит почти нацело замещен вторичными медными сульфидами, преимущественно халькозином.

Замещение происходит по краям в форме касок или по тончайшим трещинам в халькопирите, образуя итевидную структуру замещения (ф. 3). Подчас халькопирит выноляется нацело халькозином с сохранением мельчайших островков первого. Иногда же это бывают чередующиеся концентрические образования ковеллина и халькозина.

Таким образом, халькопирит исчезает почти полностью в зоне вторичного обогащения. По мере приближения к более глубоким частям м-ния имеет место замещение халькопирита голубым халькозином или слабо выраженное замещение ковеллином в виде тонких суб-

графических прорастаний или игольчатых зерен. Наблюдается замещение халькопирита лимонитом и борнитом. Что касается относительного времени выделения халькопирита, так он выделялся одновременно со сфалеритом, судя по эмульсионным его включениям в сфалерите, и раньше теннантина, так как разбедается последним.

Теннантит, — мышьяковистый аналог тетраэдрита присутствует в руде в несколько большем количестве, чем халькопирит (примерно, 5 % всего количества сульфидов). Под микроскопом теннантит довольно трудно отличить от тетраэдрита, т. к. это промежуточный член изоморфного ряда мышьяковистых и сурьмянистых сульфоселей. Микрореакция дала положительный результат на мышьяк и сурьму. Теннантит находится в породе рассеянно в виде мелких анисдральных зерен (0,1—0,001 мм.), которые иногда образуют зернистые срастания с халькопиритом и сфалеритом.

В зоне вторичного обогащения теннантит не менее интенсивно, чем халькопирит, замещается халькозином и ковеллитом в виде тонких жилок и каемок. Теннантит отлагается раньше галенита и несколько позднее халькопирита.

Фрейбергит. Фрейбергит $(\text{CuAg})_8\text{Sb}_2\text{S}_7$ является серебристой разновидностью тетраэдрита.

В отраженном свете от тетраэдрита он отличается по травлению HNO_3 (иризирует) и дает микрореакцию на серебро и сурьму. Фрейбергит главным образом приурочен к кварцевым жилам Алексеевки, где встречается в довольно обильном количестве (15% штольня № 2) в виде неправильной формы зерен (0,5—0,01 мм), которые в более поверхностных частях интенсивно замещаются карбонатами меди (азуритом, малахитом) (фот. 5).

Сфалерит. Сфалерит редкий и не характерный минерал для состава руд этого месторождения. Он встречается только в гранодиорите (висячий бок, жилы в штольне 2-го горизонта и в кернах буровой скважины № 2) вкраплениями неправильной формы 0,2 мм., совместно с пиритом, арсенопиритом, галенитом, теннантитом и халькопиритом, причем с последними двумя находится в зернистом срастании. Сфалерит часто содержит мельчайшие эмульсионные включения халькопирита, образуя эмульсионную структуру (фото 9).

Молибденит. — Наибольшее количество молибденита встречается в кварцевых жилах Алексеевки (в штольне № 1). Ближе к поверхности он, окисляясь, переходит в молибденовую охру. Молибденит развит обособлено от других минералов волокнистыми зернами и пучками этих зерен в кварце (0,5—0,1 мм) (фото II).

Галенит-буланжерит. — Галенит довольно редкая примесь в руде. Микроскопически он встречается только в гранодиорите (в висячем боку жилы, в штольне 2-го горизонта и в кернах буровой скважины № 2). В кварц-турмалиновой породе микроскопически встречается очень редко. Какого либо практического интереса не пред-

ставляет. В рудах галенит рассеян ангедральными зернами (1—0,1 мм). Находится он обычно в ассоциации с пиритом, арсенопиритом, сфалеритом, теннантитом и халькопиритом, которые он разбедает.

Сильное травление зерен галенита FeCl_3 выявило включение в него буланжерита, который с ним тесно сростается (ф. 8).

Иногда галенит замещается церусситом по спайности в зоне окисления, а в зоне вторичного обогащения изовеллином.

Галенит, повидимому, является самым последним рудным отложением, перекрывающим все прежде отложившиеся сульфиды.

Висмутин.—Висмутин был обнаружен только в одном образце. Зерна висмутина ангедральные (1 мм—0,1 мм) удлиненной формы. (ф. 10). Находятся в кварце, пропитанном иглочками турмалина. Присутствие висмутовых минералов (висмутового блеска и самородного висмута) в соседних районах по р. Хорогочи и других по системе р. Амазара констатировано давно Кузнецовым, С. Д., и Ненадкевичем, К. А.

Арсенопирит. — Арсенопирит встречается редко и в небольших количествах, примерно 1,5—2% всего количества сульфидов в руде. Он образует мелкие (0,001 мм) призматические кристаллы, а иногда вытянутые неправильной формы зерна (0,5—0,01 мм), сильно разбеденные обычно халькопиритом (буровая схважина № 2; ф. 6).

Очень редки случаи сростков арсенопирита с другими рудными минералами. Замечается некоторая обособленность арсенопиритовых зерен. В местах же соприкосновения с сульфидами арсенопирит дает более ангедральные формы, но не всегда по отношению к пириту. Это говорит за то, что в ряду последовательности выделения арсенопирит находится на одном из первых мест, но связан с общим процессом оруденения. Отмечается тенденция скопления арсенопирита в кварце.

Магнетит. — Магнетит наблюдается очень редко. Он встречается отдельными распыленными зернами (от 0,01 до 0,001 мм) в порудной массе, преимущественно в ассоциации с гематитом, который окаймляет его в виде оторочек. Магнетит является одним из самых ранних рудных минералов, вероятно, образовавшихся ранее пирита, хотя точных взаимоотношений магнетита с другими минералами наблюдать не приходилось.

Гематит. — Гематит встречается в небольшом количестве. Большинство он находится в ассоциации с магнетитом, который он замещает, образуя псевдоморфозы в виде мартита. Находится обособленно от рудных минералов, преимущественно в кварце,—это гематит вторичный. Первичный гематит встречается в виде тонких длинных иголок от 0,1 до 0,06 мм, иногда сконцентрированных в виде радиально лучистых агрегатов в осветленном диорит-порфирите

(капитальная канава). Гематит первичный следует непосредственно за магнетитом, что можно высказать как предположение, так как гематит в рудах очень редок.

Золото, калаверит и сильванит.

Золото микроскопически обнаружено только в образце из канавы № 132 в диорит-порфирите (0,4 мм). Оно, повидимому, вторичное.

Все шлифы просматривались с увеличением в 250 раз, а отдельные зерна пирита рассматривались с масляной иммерзией (увел. в 500 раз), но золота обнаружено не было. Это, повидимому, нужно объяснить тем, что шлифы изготовлялись без принятия достаточных предосторожностей.

Тем не менее, нами установлено, что форма нахождения золота на Ключах тройкая:

1. самородное золото,
2. золото, механически связанное с сульфидами, преимущественно с пиритами¹⁾,
3. золото, в химическом соединении с теллуром, с образованием минералов калаверита и сильванита.

Естественно возникает вопрос количественного определения каждого из этих форм нахождения или, по крайней мере двух из них: несвязанного и связанного химически. Количественное решение этого вопроса крайне трудно, особенно принимая во внимание ограниченное число свежих выработок и чрезвычайную загрязненность и выветрелость старых. Это последнее обстоятельство имеет существенное значение, если вспомнить особенности теллуридов в соединении с золотом—не давать устойчивых соединений в зоне окисления. Но все же можно подсчитать распределение золота по указанным двум группам, приняв при этом во внимание, что содержание теллура известно нам по концентратам.

Калаверит. ($\text{Au} + \text{Te}_2 + \text{Ag}$) минерал светло-желтого цвета, низкой твердости, полируется хорошо, обладает анизотропностью, от HNO_3 вскипает и чернеет; HCl , KCN , HgCl_2 , KOH не действует, от FeCl_3 — тускнеет. Реакция на теллур положительная.

Сильванит. — (AuAgTe) — несколько светлее калаверита, также низкой твердости, хорошо полируется, от HNO_3 вскипает и чернеет; HCl , HgCl_2 , KOH — не действует. Дает реакцию на теллур.

Как калаверит, так и сильванит находятся в форме рассеянных вкрапленных зерен от 0,001 мм редко до 0,1 мм, как в кварц-турмалиновой породе, так и в кварцевых жилах. Они обособлены от других сульфидов, а между собой находятся в ассоциации (фот. 12).

Принимая во внимание низкотемпературность этих минералов, а также обособленность их от сульфидов и связь как с кварцтурмали-

¹⁾ Химический анализ пиритов установил присутствие в них золота.

новой породой, так и с кварцем, можно сделать вывод об их самостоятельной фазе оруденения. Микроскопически был встречен только калаверит в образце № 148 в кварце в виде зерна желтовато-оранжевого цвета, величиной в 1 мм.

Халькозин. Основная масса халькозина находится в зоне вторичного обогащения; обычно присутствует в небольших количествах. С глубиной он убывает, уступая место ковеллину. Халькозин является интенсивным заместителем почти всех первичных минералов—халькопирита, тетраэдрита, сфалерита, галенита, пирита с образованием вторичных структурных замещений (нитевидной и зональной) (ф. 3 и 4). Халькозин также легко подвергается замещению ковеллином, малахитом; очень редко встречается халькозин белого цвета, больше ему присущи голубые оттенки, обусловленные примесью ковеллина, который содержится в халькозине в виде твердого раствора и дает непрерывный переход оттенков от белого до голубого. Структурные взаимоотношения халькозина с первичными минералами и отсутствие его в первичной зоне заставляет отнести халькозин исключительно к продуктам вторичного обогащения — супергенного и исключить возможность отнести его к гипогенным минералам. Последнее также подтверждается внутренним строением халькозина — при сплошном травлении концентрированной HNO_3 обнаруживается мелкозернистый характер халькозина с структурой, похожей на трещиноватый фарфор (фот. 7). Шнейдерхен говорит, что мелкозернистое строение халькозина после травления HNO_3 указывает на его супергенный характер. О том же говорят экспериментальные работы Тельмана.

Ковеллин.—Ковеллин так же, как халькозин является типичным минералом зоны вторичного обогащения. Для ковеллина характерна тесная связь с халькозином, но иногда он самостоятельно замещает первичные сульфиды, преимущественно халькопирит. Обычно ковеллин встречается в виде неправильных тонких жилок, разбедающих более ранние минералы в виде нитевидных структур замещения. Иногда же он в виде игловатых скоплений (0,001 мм) пронизывает халькозин. По времени образования ковеллин несколько моложе халькозина.

Борнит. Борнит в Ключевском м-нии встречается чрезвычайно редко и в очень незначительном количестве. Он является, повидимому, самым ранним медным соединением в зоне вторичного обогащения. Большею частью он встречается отдельными зернами (0,1 — 0,01) неправильной формы, среди нерудных минералов. Иногда он замещает халькопирит, сам же замещается халькозином и ковеллином в виде оторочек и тонких ветвящихся жилок (ф. 4).

Малахит и азурит. — Из окисленных медных соединений встречаются малахит и азурит. Они приурочены к поверхностным выработкам I горизонта штольни на Ключах, проникая сетью жилок и

пятнами в породе. Наибольшее количество малахита и азурита встречается в кварцевых жилах, где они интенсивно замещают фрейбергит и отчасти халькопирит причудливыми узорами, проникая внутрь минералов (ф. 5).

Марказит. — Марказит обнаружен в двух шпифах в виде тонко-перистого сложения. Является вторичным минералом, образованном кислыми нисходящими водами.

Лимонит и гидрогематит. — Из окисленных железных минералов встречается лимонит и гидрогематит, неправильной формы зернами и сплошными участками, иногда в виде колломорфного сложения. Между собою гидрогематит и лимонит находятся часто в тонком субграфическом срастании. Находясь в дисперсном состоянии, довольно часто окрашивают породу в красный (гидрогематит) и желтый (лимонит) цвет. Как гидрогематит, так и лимонит, замещая пирит, образуют псевдоморфозы.

Жильные минералы. Жильные минералы в Ключевском месторождении представлены в основном кварцем и турмалином, количественно варьирующих между собой.

Турмалин в рудной массе содержится в среднем 48%. Здесь необходимо отметить, что выделение фракции чистого турмалина является невозможным, даже при измельчении 300 меш., т. е. последний тонкими иглами прорастает кварц; количество кварца оценивается примерно в 42%.

Кварц. Кварц встречается в трех видах:

1. крупные ксеноморфные зерна (0,1—3 мм), часто раздробленные, с волнистым и мозаичным усащением, составляют главную массу породы. Некоторые из этих зерен проникнуты тонкими (0,002—0,006) иглами турмалина;

2. средние-зернистый (0,03—2 мм), реже шестоватый, в виде скопления или прожилков (до 5 мм), со слабым волнистым погасанием или ровным. Кварц этого вида обычно содержит небольшое количество турмалина;

3. мелкий или тонко-зернистый агрегат кварца (0,003—0,35) без турмалина в виде тонких жилок, секущих породу в разных направлениях.

Такое деление кварцев говорит за то, что кварцы принадлежат 3-м генерациям.

Турмалин. — Турмалин в виде мелкозернистого агрегата заполняет, главным образом, промежутки между раздробленными и волнисто-погасающим кварцем. Он образует скопления мелких и крупных столбчатых кристаллов, иногда в виде радиально лучистых агрегатов (турмалиновое солнце), реже встречаются мелкие иглы, проникающие в зерна кварца.

Таким образом, можно наметить три разновидности турмалина:

1) зернистую, 2) столбчато-призматическую и 3) тонкие длинные иглы.

Призматический турмалин плеохреирует от синеваато-зеленого до чисто-зеленого. В иглах же турмалина плеохреизм слабее—от светло-зеленого до почти безцветного, изредка наблюдается зонарность.

Макроскопически Ключевской турмалин—черного цвета в виде длинных призматических кристаллов, с длиной призм (0,03—0,4) и шириною (0,001—0,03), в виде тонкозернистого агрегата пропитавшего кварц или в виде длинных игл, длина которых 0,01—0,09 мм.

Химический состав Ключевских турмалинов ¹⁾ (в процентах).

Таблица 2

	Компо- ненты	Образец № 50	Образец № 01
	SiO ₂	41,61	35,76
	B ₂ O ₃	8,16	7,22
	Al ₂ O ₃	33,92	24,87
	Fe ₂ O ₃	—	14,37
	Cr ₂ O ₃	—	следы
	FeO	2,84	3,10
	MgO	10,60	4,75
	CaO	—	1,19
	MnO	0,16	0,02
	K ₂ O+Na ₂ O	2,24	2,64
	TiO ₂	—	1,20
	H ₂ O крист.	0,47	0,73
	H ₂ O	—	0,05
Итого		100,00	95,90

По поводу химического состава турмалинов специальная литература указывает на весьма сложный и разнообразный состав этих чрезвычайно интересных боросодержащих силикатов. По наиболее старинным исследованиям проф. Чермака почти все турмалины могут быть рассматриваемы как изоморфные смеси трех главных борсодержащих силикатов:

1) Определен двумя анализами лабораторией ГИНЗОЛЮТО.

$\text{Tn}=\text{Si}_{12}\text{B}_6\text{Al}_{10}\text{Na}_4\text{H}_8\text{O}_{63}$ — щелочной турмалин

$\text{Tm}=\text{Si}_{12}\text{B}_6\text{Al}_{10}\text{Mg}_{12}\text{H}_6\text{O}_{63}$ — магнизиальный турмалин

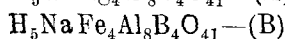
$\text{Tm}^1=\text{Si}_{12}\text{B}_6\text{Al}_{10}\text{Fe}_{12}\text{H}_6\text{O}_{63}$ — железистый турмалин

По Раммельсбергу (1890 г.) для турмалинов лучше всего подходит формула:

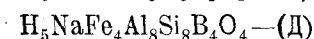
$\text{R}_6\text{SiO}_5-\text{R}''_3\text{SiO}_5-\text{R}'''_2\text{SiO}_5$, где $\text{R}'=\text{Na, Li, K}$; $\text{R}''=\text{Mg, Fe, Ca}$;
 $\text{R}'''=\text{Al, B, Cr, Te}$.

В последнее время W. Kunitz предложил разделить все турмалины на две группы:

1. Магниево-железистые, состав которых определяется формулой:



2. Литиево-железистые, состав которых определяется формулой:



Но уже в самое последнее время Ward возражает против обобщений Kunitz'a, предпочитая формулы Rammelsberga.

Состав Ключевских турмалинов.

Таблица 3.

Компоненты	По Чермаку			По Кунитцу					Несвязано	
	Весовой процент	Эквивал. колич.	Tn	Tm	Tm'	A	B		I подсч.	II подсч.
SiO_2	41,61	693	210	264	41	480	80		478	133
TiO_2	—	—				—				
Al_2O_3	33,92	332	140	110	17	240	40		65	62
Fe_2O_3	—	—				—				
B_2O_3	8,16	127	51	66	10	120	20			
Cr_2O_3	—	—				—				
FeO	2,84	039			39		39			
MgO	10,60	265	—	264	1	240				25
CaO	—	—								
MnO	0,16	001			1		1			
K_2O	2,24	0,35	35			30	5			
Na_2O										
H_2O	0,47	0,22	70	66	10	150	25			
Всего .	—	—	41%	51%	8%	86%	14%	—		

Произведенные подсчеты указывают на принадлежность Ключевских турмалинов к железисто-матниевой группе, с подавляющим преобладанием матнивого борсилката.

Последовательность выделения минералов. При описании порядка выделения отдельных минералов, входящих в состав руды, главным критерием служило разведение минералов, включение одного минерала в другой, взаимоотношение границ различных зерен друг к другу, а также структуры пересечения, к которым относятся жилки и трещинки выполнения и отношения к другим структурам. Иногда сами минералы дают материал, который является показательным в связи с структурными отличиями.

Турмалин. — При микроскопической обработке установлено три генерации турмалина. Период его выделения продолжался недолго, образование полихромного турмалина (бурого, зеленого, зонарного) совпадает с началом кристаллизации фазы «F» и «G». Образование же игольчатого турмалина совпадает с фазой «H».

Кварц. Установлено три периода выделения кварца. Кварц крупно-зернистого строения, молочно белого цвета с волнистым и мозаичным погасанием укладывается в фазу «E», следовательно, первый период кварца предшествовал турмалинизации. Кварц водяно-прозрачный, иногда сахаровидный, с слабым волнистым погасанием выделился в фазу «H», т. е. время его выделения, приблизительно совпадает с концом периода турмалинизации. Поэтому-то и турмалина в этой фазе встречается мало. И, наконец, последний кварц в виде мелко-зернистого агрегата, главным образом, жилочками, является последним этапом гидротермальных растворов. Таким образом, выделение кварца началось раньше турмалина и закончилось позднее его.

Молибденит-висмутит. — Наиболее ранним по отложению среди рудных минералов является молибденит, встреченный в кварцевых жилах Алексеевки. Его изолированность и обособленность от сульфидных минералов, а также отсутствие MoS_2 в кварц-турмалиновой породе говорит за образование его в особый период оруденения. Висмутовый блеск был встречен в одном образце кварца, пропитанного иголочками турмалина; но высокой температуре образования, которая свойственна ему, можно предположительно считать формирование его в период оруденения совместно с молибденитом в фазу «B» и «C».

Магнетит-гематит. Магнетит обычно предшествует пириту, он встречается отдельными эвгедральной формы зернами в породе. Гематит выделялся, по видимому, в фазу B—C одновременно с магнетитом, так как иногда замечаются неправильные зернистые срастания магнетита и гематита.

Пирит-арсенипирит. В Ключевском месторождении пирит занимает определенное место. Главный период его выделения был позднее турмалинизации, так как пирит часто прожилками сечет турма-

линовые скопления, но начало выделения перекрывает турмалиновую фазу (турмалин иногда разъедает зерна пирита). Судя по эвгедральности зерен пирита по отношению к другим сульфидным минералам, он является наиболее ранним из сульфидов и образовался, повидимому, как и все ему сопутствующие сульфиды, в фазу Н—К. Высокая температура кристаллизации арсенопирита позволяет судить о том, что он является одновременно по образованию с пиритом, хотя точных взаимоотношений между этими минералами наблюдать не пришлось. Арсенопирит, хотя и встречается в ассоциации с пиритом, но с зернами последнего не соприкасается.

Из сульфидов после пирита выделились почти одновременно сфалерит и блеклые руды (тепчантин и фрейбергит). Все они находятся в зернистом сростании — это обстоятельство говорит за их одновременность. Халькопирит встречается в виде мелких эмульсионных вкраплений в сфалерите (распад твердого раствора сфалерита и халькопирита). Это говорит за то, что сфалерит выделялся одновременно с халькопиритом и количественно доминирует. По отношению к пириту он ангедрален и кроме того халькопирит интенсивно разъедает арсенопирит и отчасти пирит. Блеклые руды выделились несколько позднее халькопирита, так как находятся с ними в субидафическом сростании, где блеклая руда замещает халькопирит.

Пирит второй генерации выделялся позднее халькопирита, так как в виде неправильной формы зерен окаймляет зерна халькопирита, несколько его корродируя. Так же в форме прожилок встречается в сфалерите.

Галенит-буланжерит. Галенит, повидимому, является самым поздним проявлением рудных отложений, перекрывающим все прежде отложившиеся сульфиды. В некоторых шлифах он интенсивно замещает халькопирит. Одновременно с ним по образованию — буланжерит, который выявляется после сплошных потрав зерен галенита FeCl_3 , находясь с галенитом в тесном сростании.

Золото. На основании технологических исследований Ключевских руд и химических анализов пиритов можно сделать заключение, что часть золота самородного абсорбировано сульфидами, следовательно, период выделения золота совпадает с периодом кристаллизации сульфидов, именно в фазу «Н—К».

Сильванит и калаверит. Теллуристые соединения золота в форме калаверита и сильванита встречаются отдельными зернами обособленно от сульфидов, как в кварц-турмалиновой породе, так и в кварцевых жилах. Судя по присущей им низкой температуре кристаллизации они, повидимому, выделились в фазу между «К» и «L».

Все вторичные минералы как сульфидного обогащения, так и минералы, получившиеся в результате окисления, отлагались уже после законченного оруденения или первичной минерализации.

Морфология Ключевской руды.

1. Текстура руды. Изменения Ключевской руды по зонам — окисления, цементации и первичных — довольно отчетливы. Прежде всего эти изменения отличаются различными текстурными особенностями. Окисленная руда имеет пористый позадраватый характер, вследствие выщелачивания сульфидов. Всягда темного-окрашенная от присутствия турмалина, который устойчив при выветривании. Текстура руд зоны вторичных сульфидов и первичных руд плотная, без видимой кристалличности; редко тонкозернистая текстура с заметными очертаниями игол и призм турмалина, длина которых 1—2 мм. Иногда турмалин располагается в виде радиально-лучистых агрегатов. Преобладают разновидности руды черного цвета (от присутствия турмалина), но встречаются и более светло окрашенные благодаря значительному количеству кварца. Редко, кварц образует пятнистые скопления среди темной массы, создавая пятнистую текстуру. Наблюдается слабо выраженная слоистая текстура, с чередующимися слоями, в различной степени турмалинизированными. И, наконец, брекчиевидная текстура, которая в Ключевском м-нии образовалась двоякими путями: 1) при замещении пород древнего комплекса кварц-турмалиновой породой и 2) при замещении порфириров той же породой в зонах сильного смятия или раздробления.

В первом случае кварц-турмалиновая порода является цементом, связующим обломки грано-диорита и трончемита. (Наиболее ярко выражены в ликах №№ 5 и 6). Во втором случае обломками являются порфириды, а цементом также кварц-турмалиновая порода.

Пиритизация кварц-турмалиновой породы неравномерна. Количество пирита сильно меняется от нескольких процентов до 40—50%. Пиритизация представлена в виде вкрапленников, сплошных участков и прожилков. Порода часто секут тонкие кварцевые жилы в разных направлениях (размер жилок 10 мм). Также встречаются тоненькие (5—10 мм) прожилочки вторичного кальцита.

2. Структура руд. Как последовательность отложений минералов, так и их структуры рассматривались и устанавливались согласно принципам, изложенным в статье И. Ф. Григорьева и сборнике статей Адамса, Калони и других.

Первичные руды рассматриваемого м-ния для кварц-турмалинных пород имеют следующие структуры:

1) неравномерно-зернистая, сложенная из ясно индивидуализированных зерен. Большинство они являются мономинеральными (состоящими из зерен пирита, ф. 1);

2) вкрапленные руды, которые представляют собою густую вкрапленность пирита с теллуридом, а иногда и халькопирита, или же вкрапленность теллуристых соединений золота, в виде мелких, разрозненных включений;

3) субграфическая структура замещения. Здесь имеем тонкое срастание двух минералов теннантита с халькопиритом.

Структуры руд, залегающих в грано-диорите, являются также неравномерно-зернистыми, представляющими зернистые срастания и плотные сцепления неоднородных по составу зерен пирита, теннантита, халькопирита, арсенопирита, сфалерита и галенита. Сюда же относится эмульсионная структура (ф. 9) сфалерита, содержащего очень мелкие эмульсионные включения (0,001 мм) халькопирита.

Шнейдерхсен и Ван-дер-веен (Metall und Erz, стр. 68) объясняет это явление распадом смеси сфалерита, насыщенной халькопиритом при пониженной температуре.

Бастин (E. Bastin, U. B., 735 E., стр. 154, 1932 г.), отмечает, что тесное срастание таких минералов как пирита, халькопирита, арсенопирита имеет несомненно гипогенное происхождение. Это является важнейшим критерием для установления гидротермального процесса образования гипабиссальных интрузивов, дающих обычно картину наложения фаз.

В рудах зоны сульфидного обогащения преобладают, главным образом, структуры замещения, но иногда сохраняются и первоначальные структуры отложений. В этой зоне мы наблюдаем:

1) петельчатую структуру замещения халькопирита и пирита вторичными минералами халькозином, ковеллином и лимонитом. Здесь от халькопирита и пирита остались небольшие участки — островки замещенных минералов;

2) штифтовую структуру замещения халькопирита, пирита, теннантита халькозином, ковеллином (ф. 3), малахитом и лимонитом (ф. 5), также халькозином и ковеллином. Здесь замещающий минерал распространяется в первичном минерале системой тонких, связанных между собою жилок; это собственно начало образования петельчатой структуры;

3) зональная структура замещения халькопирита ковеллином и халькозином в виде чередующихся концентрических образований;

4) скелетная структура замещения пирита (обладающего эвгидральной формой) лимонитом и гидро-тематитом; здесь происходит замещение внутренних частей и от первичного минерала остаются узенькие каемки внешних контуров;

5) графическая структура замещения халькозина ковеллином (в виде очень небольших участков). Возможно это не является структурой замещения, а по Бетману, будет структура распада смеси ковеллина и халькозина.

К вторичным структурам также будет относиться раздробленная структура пирита, которая является результатом механических деформаций при тектонических движениях. Сюда же относится тип структуры раскошенной — брекчиевидной пирита в лимоните. II.

наконец, в зоне окисления Ключевского месторождения имеют место метаколлоидные структуры лимонита и гидро-гематита, которые отлагались из холодных водных растворов; структура имеет форму концентрически-полосатых образований. Метаколлоидные или колломорфные структуры встречаются также в марказите в виде радиально-лучистого отложения.

Все перечисленные структуры замещения Ключевского месторождения являются результатом тех изменений и преобразований в рудном теле, которые происходили под влиянием атмосферий в сфере действия прунтовых вод.

Заключение. Полевые наблюдения и вышеприведенные результаты камеральной обработки позволяют свести наши исследования к следующим положениям.

1. Район Ключевского м-ния преимущественно сложен изверженными породами древнего комплекса, сильно метаморфизированными.

2. Эти породы прорваны мощной интрузией грано-диорит-порфира; последняя вызвала интенсивное растрескивание древнего гранита, открывая пути для прохождения рудоносных растворов.

3. Интрузия грано-диорит-порфира внедрилась по тектонически нарушенным зонам северо-восточного простирания. Она условно палеозойского возраста.

4. В строении района также принимают участие юные изверженные породы типа биссальной фации, с которыми генетически связано образование кварц-турмалиновых жил и сульфидное оруженение.

5. Установить возраст юной интрузии за неимением достаточного фактического материала, конечно, нельзя, но породы этой интрузии аналогичные с породами Приартунья, относимыми школой Тетяева, М. М., к Альпийской складчатости.

6. Кроме изверженных комплексов в строении района принимали участие осадочные породы, но роль их подчиненная.

7. Кварц-турмалиновая порода залегает в виде жил и ясно выклинивающихся линз.

8. Все жилы данного месторождения имеют аналогичные условия залегания. Они имеют простирание СВ от $280-330^\circ$, падение ЮЗ, а иногда СВ, с углом падения ЮЗ от $70-80^\circ$ и СВ от $55-75^\circ$.

9. В процессе формирования рудного тела в первичной минерализации можно установить несколько последовательных этапов.

10. Об известной пульсации говорят:

а) вещественный состав рудного тела. (Наряду с гипотермальным кварцем, турмалином, пиритом отчетливая гипабиссальность полисульфидной части вещественного состава, а также наличие теллуридов);

б) связь золота с сульфидами (главным образом, с пиритом) и с теллуrom являеся фактом, утверждающим кратность выносов металлоносных эманаций.

11. Ключи представляют собою м-ние с первичным оруденением, состоящее преимущественно из выкращенников пирита (до 35% всех сульфидов); в очень подчиненном количестве присутствуют молибденит, висмутит, магнетит, арсенопирит, сфалерит, халькопирит, теннантит, фрейбергит, галенит, буланжерит; из теллуридов — калаверит и сивланит.

12) Наиболее сильная концентрация сульфидов, а следовательно и золота, т. к. оно связано с сульфидами, наблюдается в жилах, залегающих в вытячем боку изверженного массива.

13) Турмалин является существенной составной частью кварц-турмалиновой породы; количественно составляет 48% рудной массы. По химическому составу он принадлежит к железисто-магнетизальным турмалинам, с подавляющим преобладанием магниевого боросиликата.

14) Что касается порядка выделения жильных минералов и сульфидов, то первые выделились в фазу «F-G-H», вторые же совместно с золотом выделялись преимущественно в фазу «H-K».

15) Структурные взаимоотношения для первичных руд позволили установить гидротермальность процесса образования в липабиесальных условиях, дающих в таком случае картину наложения фаз.

16) Вторичные структуры замещения, характеризующие зону окисления и зону вторичных сульфидов, являются результатом тех преобразований и изменений в рудном теле, которые проходили под влиянием атмосферий, в сфере действия грунтовых вод.

17) Гипергенез образовал мощные толщи россыпей и осыпей, создал значительную толщу зоны окисления и вторичных сульфидов, изменив существенно формы нахождения золота.

18) Зона окисления в основном состоит из гидроокислов железа и меди, золота, следами пирита и халькопирита.

19) Зону цементации характеризуют вторичные сульфиды — борнит, халькозин, ковеллин; эта зона имеет очень небольшую мощность.

20) Руководствуясь суммой всех анализов, произведенных по Ключевскому м-нию, можно прийти к заключению, что минералогический состав Ключевской руды характеризует кислую мафическую гранодиоритового состава, свойственную многим золоторудным м-ниям В. Сибири.

21) Ключевское золоторудное м-ние относится к типу гидротермальных месторождений.

Л и т е р а т у р а :

- Кузнецов, С. Д., К минералогии Забайкалья, Известия Академии Наук, 1910 г., серия VI, № 9, стр. 711.
- Кузнецов, С. Д., К минералогии Забайкалья, Известия Академии Наук, 1911 г., серия VI, 12 стр. 897.
- Максеров, Я. А. Геологическое исследование в бассейнах рек Амазара, Белого и Черного Урюма и в верховьях реки Тунгира (геологическое исследование в золотоносных областях Сибири, Амурско-Приморской золотоносн. р-н (вып. II, 1911 г., стр. 245).
- Его же. Геологические исследования в бассейнах рек Амазар, Белого и Черного Урюма в верх. рек. Олекмы, Тунгира и Нюкжи (геологич. исследован. в золотоносн. областях Сибири, Амурско-Примор. золотоносн. р-н. (вып. 14, 1912 г., стр. 30).
- Бобр, В. К. Полоса турмалиновых золото-содержащих руд в вост. части Нерчинского горн. округа и геологическое описание Дмитриевского золото-рудного м-ния. Горный журнал, 1915 г., т. 1-й, стр. 237—252.
- Ненадкевич, К. А. Предварит. отчет об осмотре нескольких м-ний висмутовых минералов в Забайкальской обл., Известия Академии Наук, Серия VI, № 15, стран. 1450, 1916 г.
- Вернадский, Заметки о распространении химич. элементов в земной коре, Известия Академии Наук, Серия VI, № 15, стр. 1323, 1916 г.
- Ненадкевич, К. А., Висмутовые минералы в Забайкалье, Извест. Академии Наук, Серия VI, № 7, стр. 447, 1917 г.
- Его же. Заметки о нахождении теллуристых соединений золота, серебра и висмута в Забайкалье, Доклады Академии Наук СССР, Серия «А», стр. 139, 1926 г.
- Болдырев, Курс описательной минералогии, вып. I-й, 1926 г., стр. 154—457.
- Войновский, Кригер, Лисовский, Геологическое строение местности в районе селения Усть-Кары на реке Шилка, Вестник Геолкома, том 2-й.
- Беренс и Клей, Микрохимический анализ, часть I-я, перевод Морозовой под редакцией проф. Реформатского А. И., Ленинград. Ферсман, А. К., Пегматиты, т. I.
- Хрушев, Н. А. Материал по изучению полезных ископаемых сев.-вост. Забайкалья, районы реки Кары-Амазар.
- Смирнов, С. С., Полиметаллические месторождения восточного Забайкалья, труды В.Г.Р.С. Н.Х.Т.П. СССР, вып. 327.
- Адамс, Колонн и друг. Критерии возрастных соотношений рудообразующих минералов по микроскопическим исследов.
- Степанов, В. Л., Металлогения ВСК.
- Davy and Far. Microscopie examination of the ore min., N-York.
- Schneiderköhn. Anleitung zur mikroskopischen Bestimmung und Untersuchung von Erzen und Aufbereitragsproducten, Berlin.
- Borchert, Beiträge zur Kenntnis der Tellurerze, N. Jahrbuch, Min Teile Bd. 61, A—1930, 101-138.
- Schneiderköhn, Lehrbuch der Erzmikroskopie, 326-331.
- Van-der-Veen, Mineralographi and ore deposition, The Hague, 1925.

Рукописный материал:

1904—1910 г. Архивный материал В. Английской концессии.

1930 г. — Чернов, Отчет о Дмитриевском золоторудном м-нии.

1931 г. — Яговкин, Отчет об осмотре Ключевского золоторудн. месторождения.

1932 г. — Степанов, Б. Л., По вопросу об организации Ключевского типа (кварц-турмалинового колчеданистого типа золотых месторождений) на территории Усть-Кара, Амазар в сев. вост. Забайкалья.

1932 г. — Васюта, В. И. Краткая геологич. характеристика Ключевского золоторудного месторождения.

1933 г. — Горностаев. Отчет о консультационной поездке на Ключевское золоторудное месторождение.

1934 г. — Инж. Ли, А. Д., Ключевское золоторудное м-ние (отчет о геологических работах, произведенных 1932—33 г.).

Объяснение к таблицам.

Фото 1. Густая вкрапленность в виде зернистой структуры пирита белого ямчатого), порода серая, ямки черные, увеличение 35. ние 35.

Фото 2. Зернистая структура. Пирит белый ямчатый. Галенит (белый гладкий с треугольниками выкрапывания). Халькопирит (белый гладкий). Галенит раз'едаст пирит. Порода серая, ямки черные, увелич. 180.

Фото 3. Нитевидная структура замещен. халькопирита (белого гладкого), ковеллином (светло-сер. прожилки), увелич. 180.

Фото 4. Борнит (светло-серый, гладкий), окаймляется халькозином (белый гладкий), основная масса породы темно-серая, увелич. 180.

Фото 5. Нитевидная структура раз'едания фрейбергита (белого, гладкого) малахитом (темно-серые прожилки), увелич. 180.

Фото 6. Арсенопирит (белый сильно ямчатый), интенсивно замещается халькопиритом (белый гладкий). Перурдный минерал серый, ямки черные, увел. 95.

Фото 7. Шлиф затравл. концентрированный HNO_3 . Халькозин (основная белая трещиноватая масса). Ямки черные, увелич. 180.

Фото 8. Галенит (светло-серый затравленный), находится во взаимном сростании с буланжеритом (белый гладкий) ямки черные, увелич. 180.

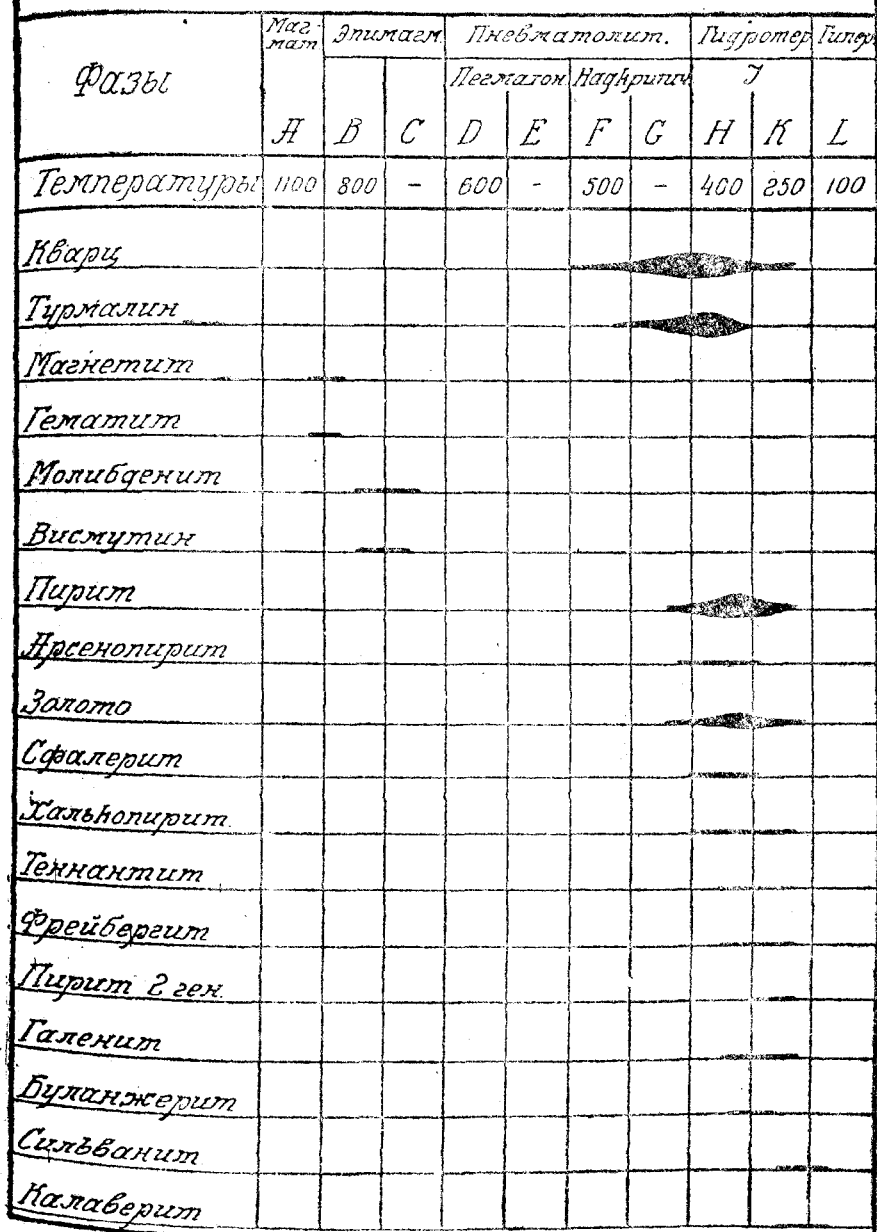
Фото 9. Эмульсия халькопирита (белые гладкие точки) в сфалерите (светлосерая основная масса) с прожилками пирита (белого, ямчатого, рельефного) второй генерации. Ямки черные, увелич. 180.

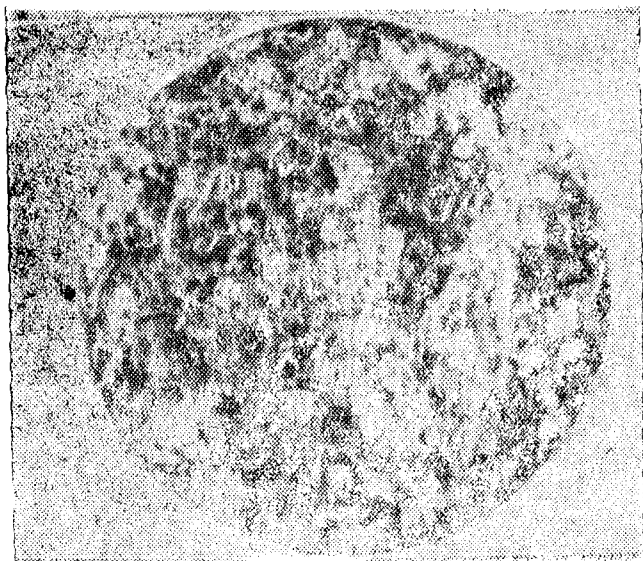
Фото 10. Висмутин (белый, удлиненные зерна), кварц (серая основная масса), ямки черные, увелич. 35.

Фото 11. Волокнистое строение молибденита (белые гладкие удлиненные зерна), ямки черные, увелич. 95.

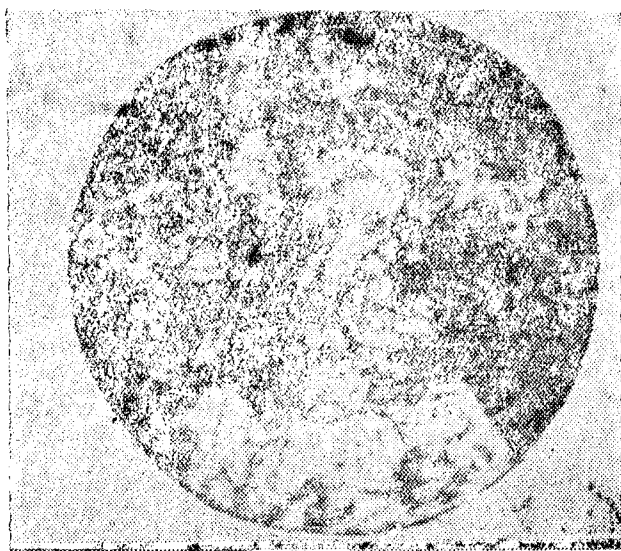
Фото 12. Сильванит (белый гладкий), в перурдном минерале (темно-серый) снят в иммерсионном масле, увелич. 452.

Диаграмма порядка выделения.

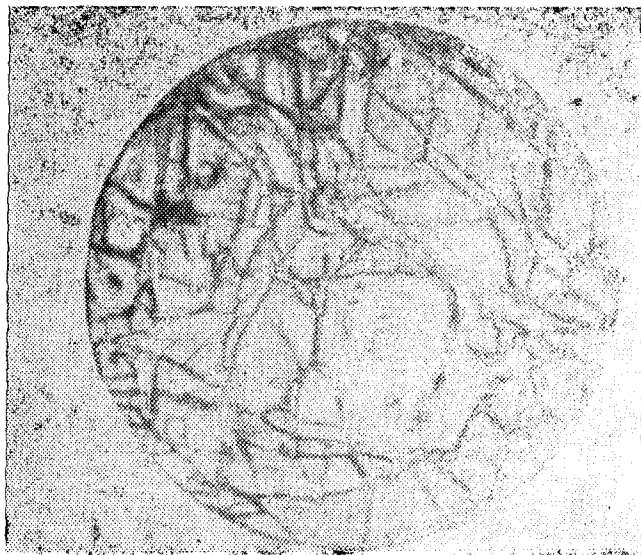




Фот. 1.



Фот. 2.



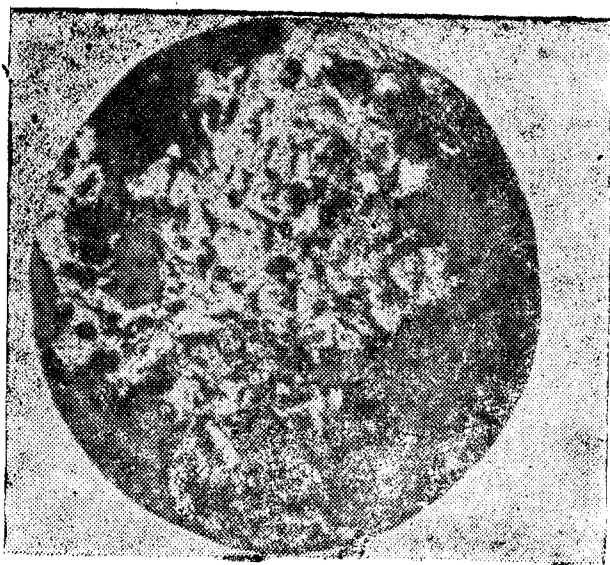
Φοτ. 3.



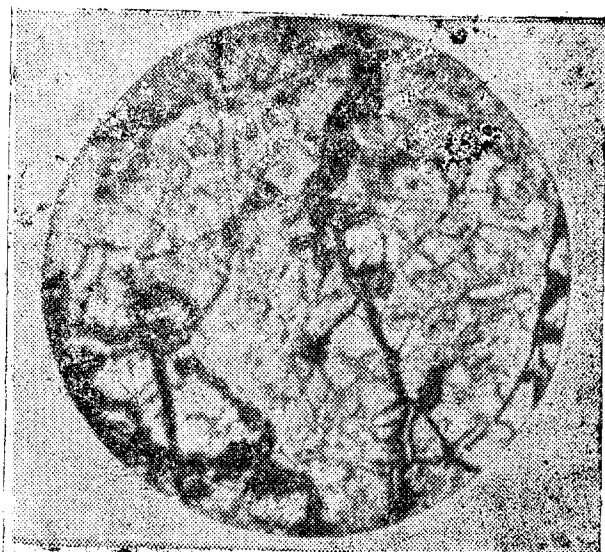
Φοτο. 4



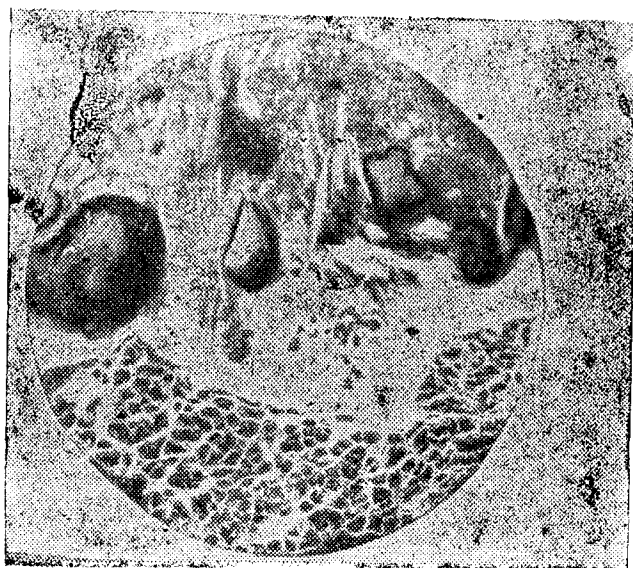
Фот. 5.



Фот. 6.



Фот. 7.



Фот. 8.



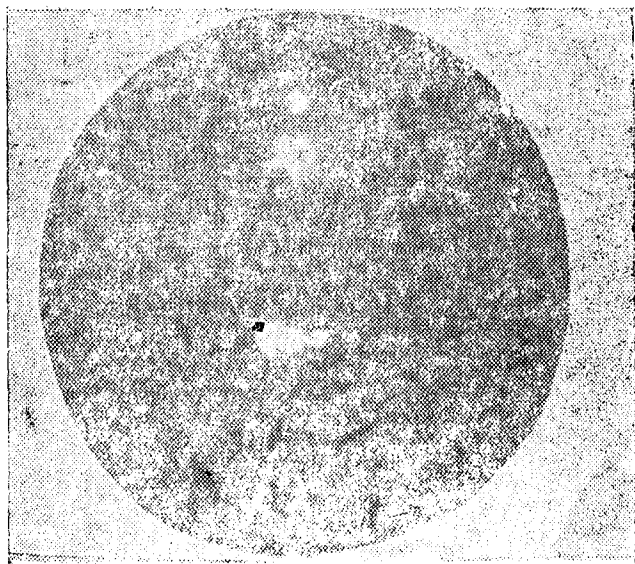
Фот. 9.



Фот. 10.



Фот. 11.



Фот. 12.

Исландский шпат с р. Н.Тунгуски.

I. Введение.

Впервые прозрачные природные разновидности CaCO_3 были установлены и доставлены с острова Исландия, откуда и пошло их название — исландский шпат. Они были подвергнуты исследованию Эразмом Бартолином в 1669 г., который первым установил то особое свойство, за которое этот минерал так высоко ценится, а именно, двупреломление. Это двупреломление долгое время считалось только физическим свойством и не имело никакого применения. Только благодаря трудам Николя работы которого появились в 1828 г., были получены поляризационные призмы (призмы Николя), сыгравшие столь значительную роль при изучении кристаллов, минералов, пород, а вместе с тем, всей литосферы и твердых тел.

Для изготовления поляризаторов необходимо 200—300 кг. чистого шпата в год. Казалось бы, что при громадном распространении CaCO_3 в природе, достать такое количество исландского шпата не составит никакого труда, но это не совсем так. При громадном распространении CaCO_3 в природе исландский шпат известен в весьма немногих местах. Кроме того, капризные, небольшие и непостоянные известные месторождения его в природе всегда держат оптическую промышленность поляризаторов в напряженном состоянии и не обесценивают ее на будущее. Это создало известную тревогу в науке. Вследствие чего многие исследователи пытались заменить исландский шпат в поляризационных приборах другими веществами.

В настоящее время, когда получены прекрасные кристаллы селитры, обладающие несравненно лучшими оптическими свойствами, исландский шпат, повидимому, не является столь необходимым сырьем в оптической промышленности поляризаторов, как это считалось раньше, однако, ценности своей при этом он не теряет. Кроме того, хотя прекрасные кристаллы селитры уже получены, они еще не вошли и не заняли своего места в поляризационных приборах или поляризаторах.

Вот почему, наряду с выращиванием кристаллов селитры (вопросом в настоящее время решенным), необходимо еще некоторое

дальнейшее ее продвижение по изготовлению поляризаторов. Это говорит о том, что еще некоторое время придется прибегать, повидимому, к исландскому шпату. Поэтому поиски исландского шпата еще имеют громадное значение, и всякие указания на это ценное сырье являются весьма важными. Особо важное значение должны приобрести месторождения исландского шпата, связанные с широко распространенными сибирскими трапьями. Материалы одного из таких месторождений мне пришлось проработывать и в результате проработки сделано это сообщение.

II. Описание месторождений.¹⁾

Среди разновидностей кальцита, пользующихся широким распространением в бассейне реки Н. Тунгуски, хорошо известна его бесцветная прозрачная разновидность — исландский шпат. Впервые, в значительном количестве, его доставил оттуда в 1927 г. И. М. Суслов.²⁾ Позднее, начиная с 1930 г. и по 1934 г. включительно (сначала трест Комсеверпути, а затем Главное Управление Северного морского пути) туда ежегодно снаряжали экспедиции за добычей исландского шпата, имеющего большое применение в оптике и служащего предметом экспорта.

За пятилетний период работ по поискам и добыче исландского шпата на р. Н. Тунгуске и ее некоторым притокам, зарегистрирован ряд мест, часть которых имеет, несомненно, промышленное значение. Все работы по поискам и добыче шпата ограничивались сравнительно небольшими районами между р. Виви, р. Коченлю, по р. Н. Тунгуске и ее притокам: р.р. Виви, Ямбукану, Нидиму.

Исландский шпат на этом участке встречается в форме прекрасно развитых кристаллов до 65 кг. весом, образующих гнезда в миндальштейнах, реже, в виде мелких кристаллов, он находится в трапьях и туффитах или залегает жилами в контакте трапьев с туффитами. Почти во всех случаях залежки исландского шпата сопровождаются халцедоном и цеолитами, которые вместе образуют иногда значительные скопления в миндальштейнах пород или жилах. Мочковатость халцедоновых жил весьма различна и бывает от 1 см. до 1,5 м. Они быстро выклиниваются и редко достигают длины на выходе в 10 м. Гнезда с исландским шпатом всегда находятся или непосредственно у лежачего бока жилы с халцедоном, или вблизи нее (не более 2 м.).

Нередко отдельные кристаллы и гнезда шпата связаны между собой жилами кальцита или халцедона, увеличивающего свою мощность по направлению к кристаллам до 2—4 см. Все эти минералы можно встретить и в одном гнезде, и тогда они располагаются в

1) Сведения для этой главы любезно предоставил Л. М. Похоров.

2) Более старые сведения об исландском шпате с р. Н. Тунгуски известны со времен Чекаловского (1).

следующем порядке: кальцит (исландский шпат) занимает среднюю часть жилы, цеолиты — между кальцитом и халцедоном, халцедон располагается по периферии. Взросшие кристаллы исландского шпата, одетые в халцедоновую рубашку, дают обычно наиболее чистые образования.

В породах с халцедоновыми, опаловыми, цеолитовыми и кальцитовыми мицелинами исландский шпат встречается в большом количестве и лучшим по качеству; с приближением к гнезду шпата мицелины увеличиваются в объеме, но становятся реже по количеству.

Из м-ний исландского шпата, заслуживающих дальнейшего внимания, В. П. Левский приводит следующие:

1. Прав. бер. р. Н. Тунгуски, в 68 км. от поселка Туры.
2. Лев. бер. р. Н. Тунгуски, в 60 км. от поселка Туры.
3. Прав. бер. р. Шолджикит, в 2 км. от устья.
4. Лев. бер. р. Н. Тунгуски, в 9 км. от пос. Туры.
5. Прав. бер. р. Н. Нидым, в 89 км. от устья.
6. Прав. бер. р. Н. Нидым, в 94 км. от устья.
7. Лев. бер. р. Н. Тунгуски, в 311 км. от пос. Туры (скалы Кирамки).
8. Прав. бер. р. Н. Тунгуски, в 315 км. от пос. Туры.
9. Прав. бер. р. Н. Тунгуски, в 316 км. от пос. Туры.

Кроме того, исландский шпат в виде небольших гнезд в шурфах был обнаружен на р. Илимнее, а также в коренных залеганиях на склонах миндельштейнов и траппов по следующим рекам:

10. р. Виви, в 74 км. от устья, на прав. бер. реки, гнезда и жилы шпата до 30 см. по мощности залегают на склоне трапповой возвышенности на высоте до 70 м.; в 94 км. от устья в траппе встречаются также небольшие гнезда исландского шпата;

11. р. Уксили, лев. приток р. Виви. На ней, в 12 км. от устья, обнаружены перемежающиеся траппы и миндельштейны. В нижних горизонтах последних имеются небольшие гнезда шпата и цеолитов в миндельштейне, лежащими на туффитах;

12. р. Ямбукам, в 10 км. от устья, на левом берегу в траппе встречаются гнезда исландского шпата;

13. р. Чунчек, лев. приток р. Н. Тунгуски, в 7 км. от устья по склону встречаются многочисленные куски шпата;

14. р. Нидым, в 24 км. от устья, в делювии встречаются куски и кристаллы бесцветного, мутного и трещиноватого кальцита.

15. В низовьях р. Н. Тунгуски исландский шпат был обнаружен лишь в «щеках» на лев. бер. реки, в 105 км. от г. Туруханска. Здесь в крупном трапповом обрыве на высоте 20—25 м. вскрыта трещина, заполненная большими кристаллами кальцита. В глубь скалы эта трещина не прослежена, но, по всем признакам, она имеет значительную мощность и протяжение. Величина отдельных кри-

сталлов кальцита достигает 50 см. в поперечнике. Ниже по склону в делювиальном материале были найдены куски бесцветного и прозрачного, но трещиноватого шпата. Материалы этого последнего м-ния и были доставлены автору этой статьи на исследование.

III. Общая характеристика кристаллов. В моем распоряжении имелось достаточное количество кристаллов (60 шт.) кальцита, которые доставил Л. М. Шорохов с р. Н. Тунгуски. Многие грани ромбоэдра на этих кристаллах достигают 25 см. длины по величине ребра ромбоэдра. Господствующими формами на них являются основной ромбоэдр $r \{ \overline{1011} \}$ (фиг. 1) и два скаленоэдра $w \{ 3145 \}$ и $\{ 3142 \}$ (фиг. 2¹). Сочетание двух последних форм образует над гранью ромбоэдра очень тупую четырехгранную пирамидку. Иногда грани ромбоэдра превращаются в друзовидные поверхности, сложенные мелкими гранями скаленоэдров разных параметров. Эти скаленоэдры ориентируются согласно друг с другом и с основным ромбоэдром (фот. 1—3). Встречаются грани скаленоэдра $v \{ 2131 \}$ (фиг. 3). Редко наблюдаются шероховатые плоскости по пинаконду $s \{ 0001 \}$ (фиг. 4²). Фиг. 4 изображает кристалл, лежащий на плоскости этого пинаконда. Имеются, кроме того, плохо выраженные, а потому и не установленные мною формы кристаллов (фиг. 5). Помимо этих форм есть весьма оригинальные фигуры травления (ямки), когда один ромбоэдр, как бы делится на 3 части при выходе оси 3 подрядка (фиг. 6 и фот. 1, 4).

Двойники и полисинтетические сростки наблюдаются по следующим законам:

1) Двойниковая плоскость есть $s \{ 0001 \}$ Двойники с параллельной системой осей. В случае сростания основного ромбоэдра этот закон представлен фиг. 7.

2) Двойниковая плоскость есть грань гексагональной призмы 1 рода $m \{ 1010 \}$ (фиг. 8). Большая часть двойников и полисинтетических сростков образована по этому второму закону (фиг. 5 и 9). Нечто похожее приводится у Дана (3). Эти двойники и полисинтетические сростки приводятся Гольдшмидтом (Goldschmidt) (6) и Науманом (Naumann) (11).¹⁾ По поводу этого (второго) закона

¹⁾ Эта фигура впервые приводится Гаю (Haüy) (7) из месторождения — Derbyshire Cumberland — и является характерной для него формой.

²⁾ Способность карбонатов давать сколы по $s \{ 0001 \}$ наблюдалась мною весьма отчетливо на материалах других месторождений.

³⁾ Оба автора ссылаются на Гайдингера (Haidinger, E.J.S. 1824, I. Taf. 13, Fig. 9, 12, 13, которую просмотреть мне не удалось), как на литературный первоисточник для этого рода двойников и полисинтетических сростков.

двойников П. А. Замятченский (3) говорит, что они не упоминаются в русской и иностранной литературе. Такое замечание не отвечает действительности уже потому, что у Гольдшмидта, Н. Кокшарова и Наумана мы имеем описание и фигуры для этого двойникового закона.

Здесь уместно сделать сравнение фигур, приводимых в литературе, с моими.

№ №	Goldschmidt	Naumann	Haidinger	Найу	Сасим
1	Фиг. 772	—	—	Фиг. 36	Фиг. 2
2	" 866	Фиг. 696	Фиг. 9	—	" 91)
3	869, 879, 1292	" 692	" 12, 13	—	" 82)

Такие двойники, тройники и полисинтетические сростки на только что описанных кристаллах представлены фот. 1, 2, 3, 4. Описанные мною выше формы кристаллов w и λ приводятся в литературе из следующих месторождений:

1. Больше всего из Derbyshire Cumberland;
2. Island;
3. Oisans (Isere);
4. Branik Böhmen — одиночные сообщения.

Двойники по призме $m \{10\bar{1}0\}$ приводятся из месторождений: 4. Huttenberg Klaruth; 2 Andreasberg (Harz). 3. Кадаинск, Забайкалье; 4. Rossie (St. Lawrence Cty N. J.).

Полисинтетические сростки по призмам $m \{10\bar{1}0\}$ приводятся из месторождения Alston Moor.

На многих ромбоэдрах и скаленоэдрах наблюдаются бороздки и пунктирные линии по спайности кальцита (фот. 2). Наблюдаются участки с весьма хорошо выраженным раковистым изломом. Иногда плоскости кристаллов иризируют.

В заключение общей характеристики кристаллов данного месторождения можно сказать, что, несмотря на обилие доставленного мне материала при очень крупных размерах кристаллов, описываемое месторождение не дало слишком большого количества кристаллических форм. Это особенно выделяет месторождение ввиду общеизвестного богатства формами этого минерала. Выбор форм также своеобразный, а именно, здесь не было заметно ни призмы $m \{10\bar{1}0\}$

1) Все фигуры этого ряда изображают один и тот же закон полисинтетических сростков.

2) Все фигуры этого ряда изображают один и тот же закон двойников.

ни первого тупейшего ромбоэдра — $\frac{1}{2} R' 01\bar{1}2\}$, ни ясно выраженного базисинаконда, и даже $v\{2131\}$ встречается сравнительно редко и играет подчиненную роль. Приводимые же формы кристаллов λ , w и λ далеко не являются обыкновенными. Формы w и λ являются единичными для немногих вышеупомянутых мест, где они занимают далеко не первостепенное положение.

IV. Измерение кристаллов.

Для отождествления описываемых форм с известными в литературе мною было произведено измерение кристаллов. Измерение производилось прикладным гониометром потому только, что кристаллы имели весьма значительные размеры и грани этих кристаллов были далеко не совершенны, чтобы применить более точные способы измерения. Сопоставления произведены с измерениями. Н. Кокшарова (10) и Де Клуазо (9), давшими наиболее обстоятельное измерение этих форм.

Ф о р м а	Де-Клуазо	Кокшаров	Сасим
$r=P=R\{10\bar{1}1\}$			
X	—	105°4'0"	105°3'
Z	—	74°56'0"	74°55'
$w=b^{\frac{2}{5}}R_2\{31\bar{4}5\}$	164°0'	—	164°0'
	130°37'	—	130°40'
$v=d^2=R_2\{31\bar{4}2\}$	144°24'	—	144°20'
	132°59'	—	—
	104°38'	—	—
$v=R^3\{21\bar{3}1\}$			
X	—	104°37'4"	—
Y	—	144°24'10"	—
Z	—	132°59'20"	133°0'
$R=\frac{2}{5}R_2$	167°14'	—	—
$\frac{1}{2}R\wedge\frac{7}{3}X$	—	120°25'20"	—
Y	—	157°4'32"	157°9'
Z	—	88°3'24"	—

V. Характерные физические свойства.

В общих чертах характеристика кристаллов кальцита данного месторождения закончена в предыдущих главах. Переходим к описанию физических свойств.

1. Все кристаллы, описываемые мною, трещиноваты. Это свойство не у всех кристаллов выражено одинаково. У некоторых ин-

дивитумов трещиноватость в середине кристалла увеличивается. Есть участки с редкой трещиноватостью, позволяющие выбить кусочки без трещин до 5 куб. см. и более. Трещиноватость присуща кальцитам в зоне выветривания, а доставленный мне материал происходит из самых верхних частей этой зоны.

2. Все кристаллы окрашены в той или иной степени в слабо-желтый цвет. Встречаются, правда, небольшие участки (1—5 куб. см.) совершенно бесцветных разностей кальцита — исландского шпата.

3. Все кристаллы выросли и сформировались окончательно в 2 призма. В первый прием кристаллы почти достигли указанных выше размеров, затем, после перерыва (возможно некоторого разрушения), были пополнены снова. Такое пополнение прибавило на каждой грани кристалла слой в 0,2—0,5—0,6 редко в 1 и еще реже в 1,5 см. толщиной. Пополнение реально выразилось в нарастании вышеуказанных пирамидок из граней скаленоедров разных параметров. Это пополнение началось нарастанием несколько другого состава материала, что создало в кристаллах зонарность. Существенного практического значения она не имеет, так как основное формирование кристалла совершилось в первый прием. Если в первый прием кристаллизации мы наблюдаем формирование из совершенно чистого материала, т. е. не наблюдается примесей других минералов, то в начале второго прироста наблюдается небольшой привнос сульфидов. Редко сохранились сульфиды от разложения, но мне удалось выбить по плоскости спайности кальцитов участки 2×2 см, усеянным ими. Эти сульфиды извлечены путем растворения кальцитов в слабо-концентрированной HCl. Оказался весьма характерный по кристаллизации марказит (лучистый, копьевидный колчедан шпайсово-желтого цвета). Вид его кристаллов изображен на фигуре 10. К марказиту подмешивается гауерит (марганцевый колчедан) MnS_2 , в шаровидных скоплениях и шестоватых агрегатах. Это вполне согласуется с шределанными химическими анализами (см. табл. II, № 11). Помимо этих сульфидов, встречен (в небольшом количестве) волосистый, весьма тонкий (толщина нитей в микроскопе),¹⁾ до 2 см. длиною (латунно-желтый до шпайсово-желтого цвета), минерал. Этот минерал распространен равноместно во всей второй зоне и изображен на фиг. 11. На основании внешнего вида и микрохимических реакций он признан мною условно за миллерит (желтый никелевый колчедан, волосистый колчедан) NiS . Общий химический анализ не обнаружил присутствия Ni , очевидно, ввиду незначительного его содержания (см. табл. II, № 11). От разрушения сульфидов получается слабо-желтая окраска кальцитов. Есть образцы, на которых это можно проследить. Таким образом, от разрушения сульфидов

1) Более точно толщину этого минерала установить не удалось.

материал исландского шпата превратился в кальцит. Отсюда следует вывод, что весь шпат, где произошло окисление сульфидов, окрашен²⁾ и является негодным для оптических целей. Но в районе реки П. Тунгуски есть все основания встретить шпат с неразложившимися сульфидами, а следовательно и с чистым материалом исландского шпата. Все это заставляет думать, что, в связи с продолжительным ростом кристаллов шпата, данное месторождение может иметь весьма большое значение. Это месторождение заслуживает внимания еще и потому, что материалы его являются весьма чистыми от примеси Mg (см. таблицу анализа), а по физическим свойствам небольшие, отдельные участки кристалла, даже взятые на поверхности, не уступают исландскому шпату. Генезис данного месторождения мало чем отличается от генезиса на о. Исландии.

VI. Химический состав. Для анализа средней пробы шпата были взяты обломки чистых ромбоэдров, выломанных по спайности, с разных участков кристаллов. Подверглись анализу 4 разных образца. Размер образцов, из которых выламывались ромбоэдры для анализов, был: 7) ¹⁾ $18 \times 13 \times 11$; 8) $21 \times 13 \times 11$; 9) $26 \times 20 \times 12$; 10) $23 \times 20 \times 20$ см. Определения произведены на CaO, MgO, FeO и MnO.

Результаты анализа приведены в таблице I. Для сравнения результатов, приведенных в таблице I с анализами исландского шпата других месторождений, приводится таблица II. В этой таблице с №№ 1—6 включительно приведены анализы, занятываемые из работы П. Драверта (2), а с №№ 7—10 включительно мои анализы, произведенные в химической лаборатории Зап. Сиб. Геол. треста А. Григорьевой. Под № 11 во II табл. помещен анализ сульфидов из 10-граммной навески шпата, произведенный в лаборатории цветмета Сиб. Инд. Инст. С. М. Анисимовым.

Из приведенных таблиц видно, что Fe и Mn в моих анализах попали за счет разрушения сульфидов и могут быть без вреда исключены из шпата в зоне не разрушенных сульфидов. Что касается Mg, то его количество в среднем значительно ниже содержания в подлинном исландском шпате. Все это говорит о том, что открытое месторождение исландского шпата, по химической характеристике, стоит, если не выше, то на уровне с подлинным классическим месторождением шпата на о. Исландии.

¹⁾ Цифры 7, 8, 9, 10 обозначают порядковый номер в табл. II.

²⁾ При нагревании в электропечах он обесцвечивается и становится совершенно прозрачным, нужны дополнительные исследования.

Таблица 1.

	7	8	9	10
CaO	55,82	55,95	55,95	55,92
MgO	0,09	0,07	0,02	следы
FeO	0,08	0,06	0,08	0,06
MnO	0,08	0,10	0,08	0,08
CaCO ₃	99,47	99,70	99,70	99,65
MgCO ₃	0,19	0,15	0,04	следы

Таблица 2.

№№	Месторождение	MgO	FeO
1	Helgussta dir, В. Исландия	0,063	0,016
2	„ „	нет	0,029
3	Байдарские ворота, Крым	следы	0,405
4	Р. Афонка, Кубанская обл.	0,288	0,2618
5	Р. Аргода, Забайкалье	0,028	0,26
6	Р. Вилуй, Якутская область	0,0037	0,029
7	Р. Н. Тунгуска	0,09	0,08
8	„	0,07	0,06
9	„	0,02	0,08
10	„	следы	0,06

11 Р. Н. Тунгуска. Анализ сульфидов
в кальците:

Fe — 0.35%

Mn — 0.15%

Ni — нет

VII. Выводы.

1. Господствующими формами на изученных кристаллах являются основной ромбоэдр $r\{10\bar{1}1\}$ и 2-скаленоэдра: $w\{31\bar{4}5\}$ и $\lambda\{31\bar{4}2\}$

2. Подчиненными формами являются скаленоэдр $v\{21\bar{3}1\}$ и несколько других скаленоэдров разных параметров. Встречено несколько неопределенных форм.

3. Двойники наблюдаются по диакоиду с $\{0001\}$ и весьма часто встречаются двойники и полисинтетические сростки по призме Грота.

4. Окрашен инат, в разной степени трещиноватый, в слабо-желтый цвет. Встречаются участки в 1—5 см. совершенно бесцвет-

ных разновидностей кальцита — исландского шпата, вполне годных для изготовления поляризаторов.

5. Формирование кристаллов произошло в два приема:

а) рост без приноса других минералов почти до наблюдаемой величины;

б) пополнение от 0,2 по 1,5 см. толщиной, в начале которого был принос марказита, гаурита и до конца пополнения — принос миллерита. Последний минерал химическим анализом не подтвержден.

Пояснения к фотографиям.

На всех фотографиях, изображена для масштаба линейка в 17 см.

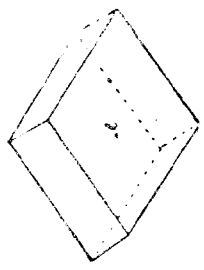
Фот. 1. Изображен тройник фиг. 9. На гранях ромбоэдра у этого тройника развиты скаленоэдры w , λ и пирамидки (разных параметров) скаленоэдров—фиг. 2. Один кристалл (слева) несет на месте выхода оси третьего порядка ямку травления—фиг. 5.

Фот. 2. Изображен тройник с характерными гранями скаленоэдра w и λ фиг. 2. Хорошо заметны бороздки и пунктирные линии на гранях скаленоэдров w и λ , направленные по спайности шпата (см. теневые грани w).

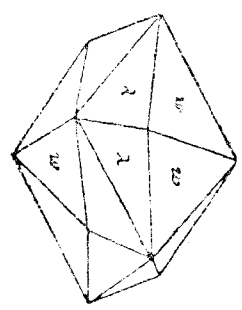
Фот. 3. Изображен кристалл ромбоэдрического облика, фиг. 1, грани которого усеяны пирамидками из скаленоэдров разных параметров. Рядом двойниковое сращение меньшего размера с гранями.

Фот. 4. Изображен тройник фиг. 9 (левый) Ромбоэдр с гранями w , λ и фигурой травления при выходе оси 3 порядка (правый).

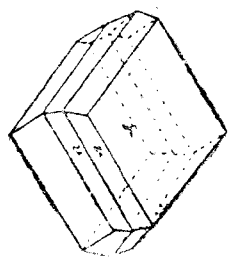
1.



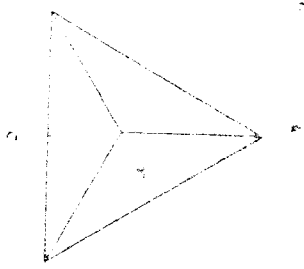
2.



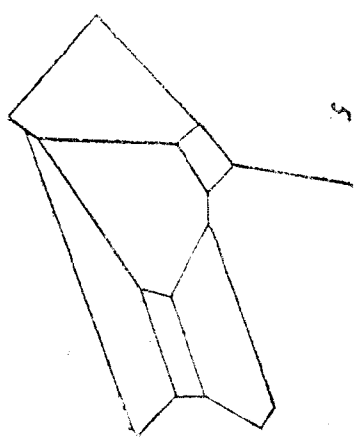
3.



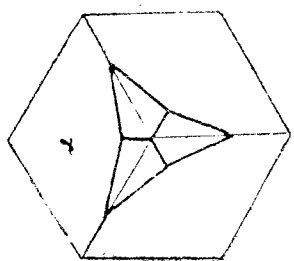
4.



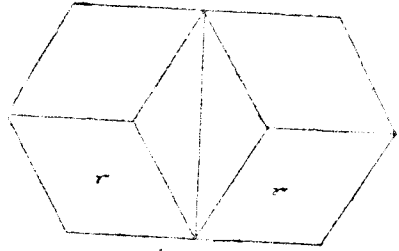
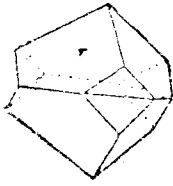
5.



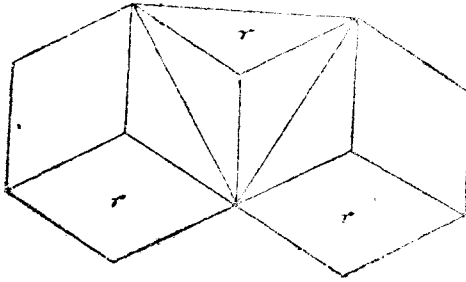
6.



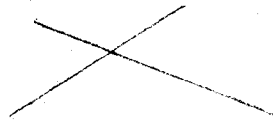
8



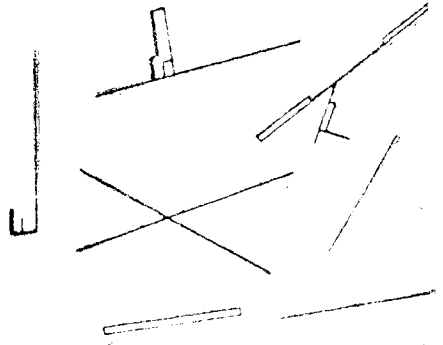
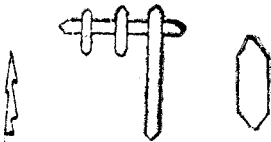
9

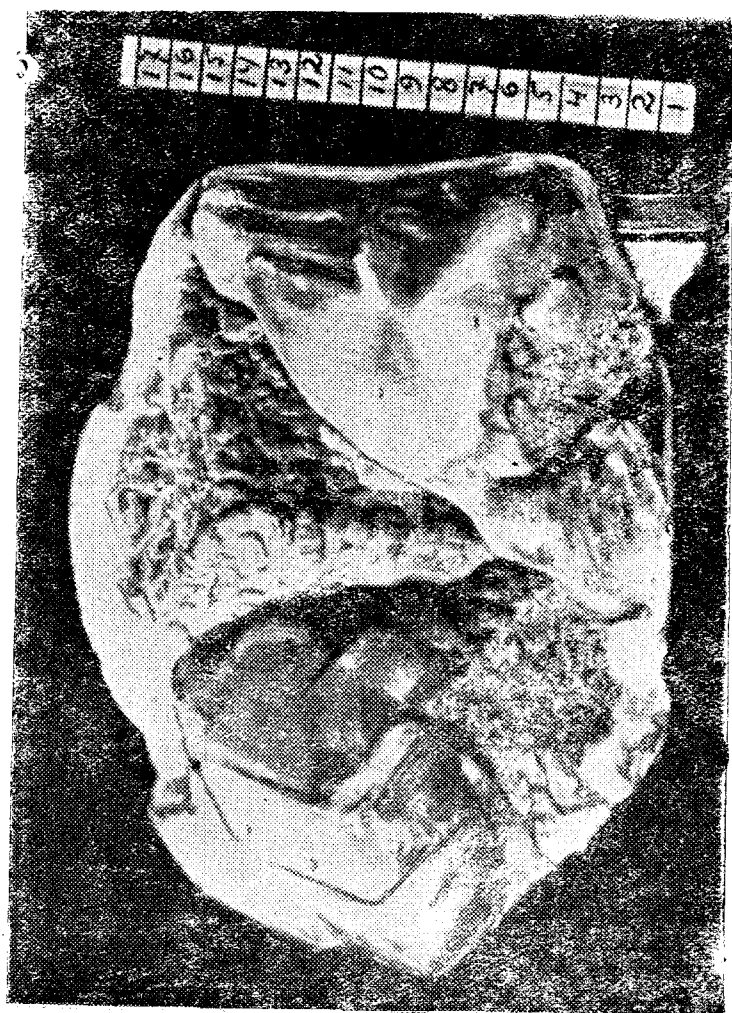


11.



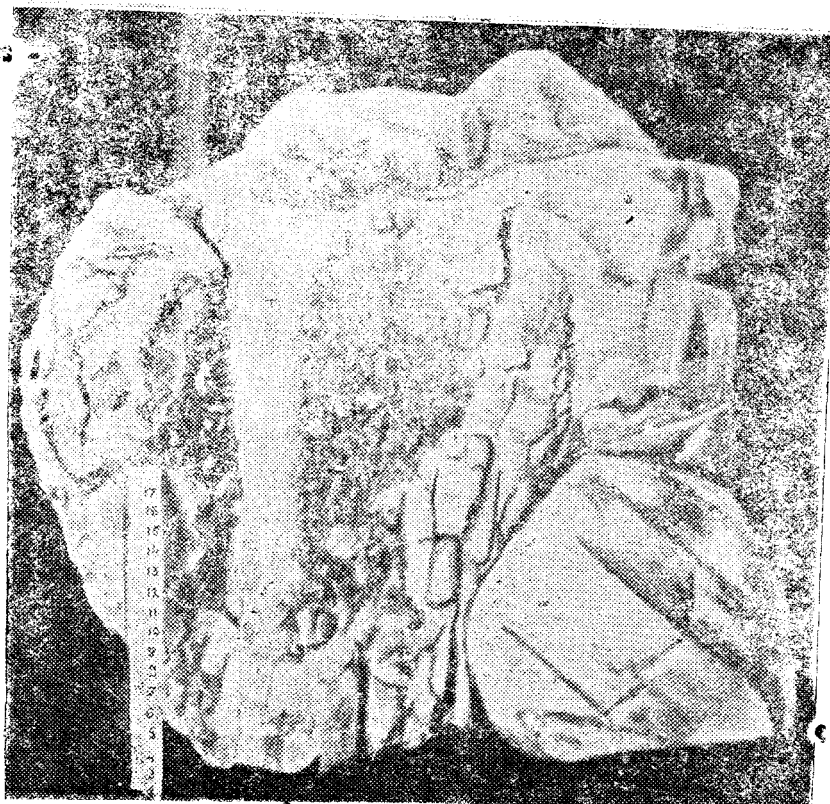
12



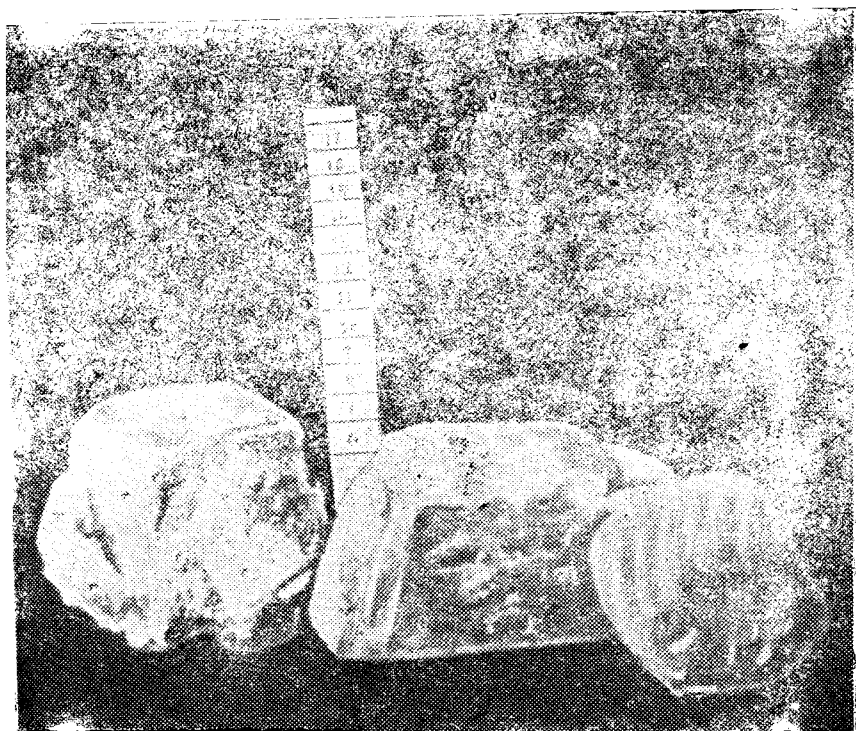




Φοτ. 2.



Φοτ. 3.



Фот. 4.

Л и т е р а т у р а:

1. Н. А. Быховер, Е. П. Дворшан, С. И. Набако. Минерально-сырьевая база СССР, вып. 40, 1935.
2. П. Драверт. Исландский шпат в киргизском крае и Восточной Сибири.
3. П. Зомятченский. Кальцит с горы Форос и первые русские ниголи. Тр. Спб. Общ. Естествоиспытателей, 1901-02, т. XXX вып. 1, 9.
4. Е. Ревуцкая. Русские месторождения исландского шпата. К. Е. П. С., № 14, 1917.
5. П. Сасим. Замена исландского шпата в поляризаторах селитрой, Томск, 1936.
6. V. Goldschmidt. Atlas der Kristallformen Heidelberg, 1913. В. II. Фиг. 772, 866, 869, 879, 1292.
7. R. J. Haüy. Traite de Mineralogie, Paris, 1822, 1, 321 Pb 7. Фиг. 36.
8. Dana, The System of Mineralogie, 1900, 262. Фиг. 30
9. Des Cloiseaux, Manuel de Mineralogie, 1874—1893. 97.
10. N. Kokscharow, Material. z. Min. Russlands. 1875, Bd. 7. 59.
11. Dr. Naumann. Lehrbuch r. und angew. Krytallographie, Leipzig 1839. 307. Taf XXX, Fig 691, 692, 696.

Флотация золота Байкальской россыпи

При неуклонном стремлении к увеличению добычи золота в нашей стране, очень важным является вопрос о максимальном извлечении золота из россыпей, распространенных в большом количестве на территории Советского Союза.

Обычно, при существующих методах промывки россыпного материала, извлекается только довольно крупное золото; что же касается мелкого, пластинчатого, плавучего золота, то оно уносится потоком воды и часто является потерянним, несмотря на ряд мер, предпринимаемых для его улавливания.

Низкий процент извлечения золота при промывке россыпного материала не раз уже отмечался в специальной литературе (4, 5, 6, 13, 29).

Потери золота при промывке бывают самые разнообразные, что объясняется различным характером россыпного материала, различной крупностью и формой золота, а также конструкцией аппаратуры и тщательностью ее регулировки. Отмечены случаи, когда извлечение золота при промывке достигало только 50% (4).

Изучение других методов обогащения, кроме промывки, обеспечивающих лучшее извлечение золота, особенно толстого и плавучего, является вполне целесообразным. В этом отношении большой интерес представляет проблема флотации золота из россыпного материала. Естественно полагать, что флотационный процесс обогащения может и должен найти себе применение для извлечения определенной категории золота из россыпей. Проблеме флотации золота из россыпного материала уделяется чрезвычайно мало внимания. Как в русской, так и в иностранной специальной литературе не встречается неперывающих данных по флотации россыпного золота.

Можно отметить по этому вопросу небольшие статьи Фаренвольда (16, 17), Ливера и Вульфа (29) и другие краткие сообщения (18, 19, 20, 21, 22).

Следует указать, что за границей флотация россыпного золота применяется иногда уже и в производственных условиях, даже ус-

танавливаются флотационные машины на драгах (19, 20, 21). У нас на Дальнем Востоке имеются установки фирмы Денвер, включающие флотационные машины (9).

В 1933 году («Советская золотопромышленность», № 5, 1935 г. а затем в 1934 г. (11) мною ставился в печати вопрос о необходимости проведения в широком масштабе исследовательских работ по изучению флотации россыпного золота.

В журнале «Советская золотопромышленность», № 2, 1936 г. опубликованы результаты моих исследований по флотации россыпного золота Зейского месторождения (10). В 1936—37 году мною же были проведены исследования по флотации россыпного золота Кельбесского месторождения (12).

Исследования, проведенные по флотации россыпного золота и Зейской россыпи и Кельбесской россыпи, выявили основные условия флотированности россыпного золота.

Исследования по флотации золотосодержащего россыпного материала Байкальской россыпи были проведены уже с учетом ранее выявленных условий.

Условия проведения исследований. В последнее время уделяется очень большое внимание изучению флотированности золота из руд синтетических смесей не только за границей (23, 24, 25, 26, 27) но и у нас в СССР (2, 15, 16).

Имеется уже достаточное количество накопленного фактического материала по флотации свободного золота.

Условия, благоприятствующие успешной флотации золота, судя по данным литературы и учитывая результаты ранее проведенных исследований по флотации россыпного золота, будут следующие:

а) золото не должно быть крупнее 0,4 мм. — 0,5 мм.;

б) золото должно быть свободно от пустой породы и не покрыто окисленными пленками;

в) для флотации необходимо применение активных флотореагентов, усиленной агитации пульпы, высокого уровня пульпы в машине, тонкого слоя пены и быстрого ее удаления (26);

г) флотация в машине субаэрационного типа;

д) флотация в нейтральной или слабо-щелочной среде;

е) в качестве основных флотореагентов могут быть приняты обычные реагенты: сосновое масло и коллектор-этиловый ксантат калия.

Крупность флотируемого материала была принята — 10 меш. Проводилось два параллельных опыта, продукты их объединялись и анализировались. Только при такой значительной навеске была гарантия получить сравнительно стабильные результаты, при очень неравномерном распределении золота в материале. Температура

пухлы колебались в пределах $14^{\circ} - 16^{\circ}$. Продолжительность агитации 5 минут, продолжительность флотации 10 — 15 минут.

Последовательно были изучены следующие моменты, связанные с флотацией россыпного золота:

1. определение расхода этилового ксантата калия,
2. определение влияния плотности пухлы,
3. определение влияния крупности частиц пухлы,
4. определение времени флотации.

После проведения опытов по определению условий флотируемости золота ставились контрольные опыты по флотации золотосодержащего россыпного материала с целью определения основных показателей флотации.

Характер исследуемого материала. Исследуемая проба россыпного материала была получена из россыпи, расположенной недалеко от с. Лиственничного, на берегу Байкала.

С целью получения проб для ситового, пробирного и минералогического анализа, вся полученная проба материала подвергалась методическому сокращению по существующим правилам.

Материал Байкальской россыпи довольно промывистый, имеет гальку, иногда довольно крупную.

Так, по данным ГИНЗолото, распределение материала по крупности может быть представлено в следующем виде:

Крупность мм.	Распределение в % по объему
+ 64	22,5
+ 32	7,8
+ 16	12,0
+ 4	17,2
+ 1	7,8
+ 0,25	11,2
— 0,25	21,5

По данным же ГИНЗолото имеет место следующее распределение золота в материале — 4 мм. по классам:

— 4 + 1 мм.	— 18,8 %
— 1 + 0,25 мм.	— 60,9 %
— 1 0,25 мм.	— 60,9 %
шлам	— 0,1 %

Всего 100 %

Для определения характера флотируемого материала по крупности был проведен ситовой анализ материала — 10 меш. Для определения содержания золота в различных классах был проведен пробирный анализ классов ситового анализа.

Для анализа применялись сита системы Тэйлора; просеивание осуществлялось 45 минут, при помощи аппарата Ро-гэл.

Результаты ситового и пробирного анализов приведены в таблице I.

Таблица I.

К л а с с ы			Выход в ‰		Распределение золота,	
Меш	мм.		По классам	Суммарный	По классам	Суммарный
—10+20	—1,65	0,83	13,05	13,05	3,71	3,71
—20+35	—0,83	0,42	24,81	37,86	61,20	64,91
—35+65	—0,42	0,21	31,26	69,12	20,78	84,69
—65+150	—0,21	0,1	15,32	84,44	13,06	97,75
—150	—0,1		15,56	100,0	2,35	100,0
И т о г о			100,0‰		100,0‰	

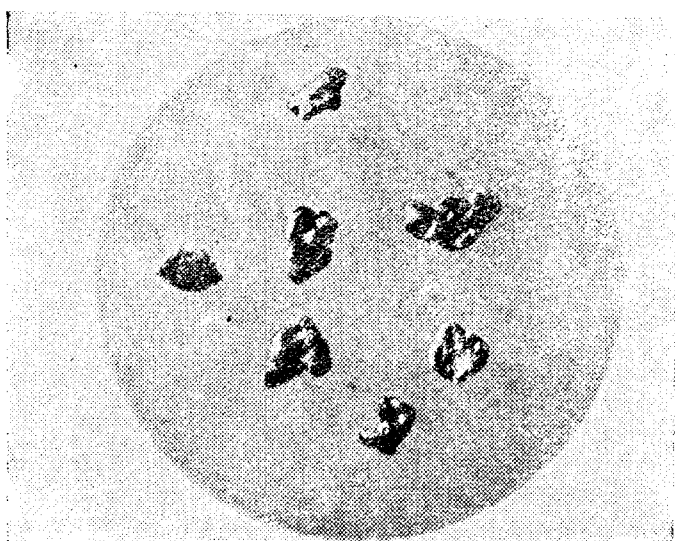
Результаты проведенных анализов показывают, что золото в данном россыпном материале преимущественно представлено частицами размером от 0,8 до 0,1 мм. Большая половина частиц золота имеет размер от 0,4 до 0,8 мм. Шлиховой комплекс характеризуется наличием следующих минералов: магнетит, ильменит, гематит, гранат, монацит (немного), циркон и шпинель.

При изучении золотинок под микроскопом и при рассмотрении их микрофотографии, сделанных при увеличении в 20 раз (фиг. 1), можно составить определенное впечатление о характере золота в исследуемом материале.

Золотинки встречаются в основной своей массе не слишком мелкие. Преобладающий размер 0,4—0,6 мм., что согласуется с данными опробования классов ситового анализа. Золото встречается как пластинчатой, так и непластинчатой (почковидной) формы. Линия наружного контура является обычно плавной, не зазубренной. Поверхность золотинок неровная, выемчатая. Золото имеет металлическую поверхность, свободную от каких либо пленок.

Определение расхода этилового ксантата калия. Предыдущие наши исследования по флотации россыпного материала указали на возможность применения ходового коллектора — этилового ксантата калия. Для определения количества ксантата, обеспечивающего максимальное извлечение золота из данного материала, были проведены соответствующие опыты.

Опыты проводились при следующих условиях:



Фиг. 1.

1) Сосновое масло 0,05 кг/т; 2) ж. : т. = 2,5 : 1; 3) Прочие условия, указанные выше.

В таблице 2 приведены результаты опытов по определению расхода этилового ксантата калия.

Таблица 2.

№ опыта	Расх. эт. кс. кал. кг/т.	Извлечение золота, %
1	0,05	29,66
2	0,05	27,39
3	0,10	32,81
4	0,10	37,55
5	0,15	44,12
6	0,15	42,37
7	0,20	46,43
8	0,20	44,83

Результаты этих опытов показывают, что максимальное извлечение золота, при флотации данного материала, имеет место при расходе этилового ксантата калия в 0,15—0,20 кг/т.

Определение влияния плотности пульпы. При наличии основной массы золотых частиц достаточно крупного размера, степень раз-

Для анализа применялись сита системы Тейлора; просеивание осуществлялось 45 минут, при помощи аппарата Ро-тэл.

Результаты ситового и пробирного анализов приведены в таблице I.

Таблица I.

К л а с с ы			Выход в ‰		Распределение золота.	
Меш	мм.		По классам	Суммарный	По классам	Суммарный
—10+20	—1,65	0,83	13,05	13,05	3,71	3,71
—20+35	—0,83	0,42	24,81	37,86	61,20	64,91
—35+65	—0,42	0,21	31,26	69,12	20,78	84,69
—65+150	—0,21	0,1	15,32	84,44	13,06	97,75
—150	—0,1		15,56	100,0	2,25	100,0
Итого			100,00‰		100,00‰	

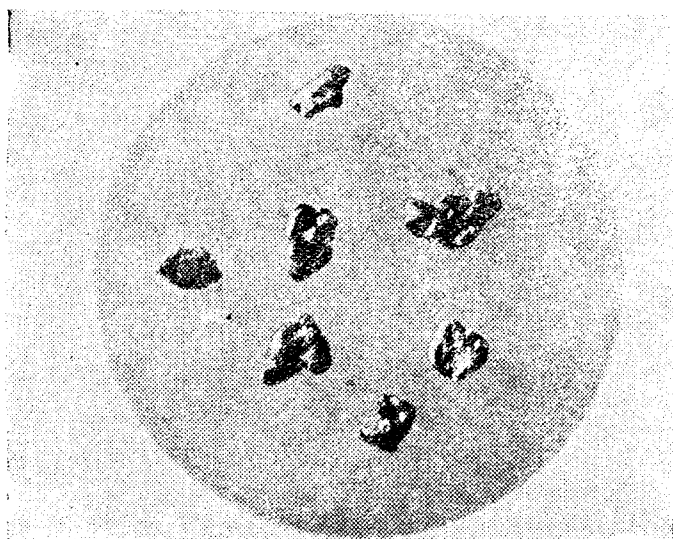
Результаты проведенных анализов показывают, что золото в данном россыпном материале преимущественно представлено частицами размером от 0,8 до 0,1 мм. Большая половина частиц золота имеет размер от 0,4 до 0,8 мм. Шлиховой комплекс характеризуется наличием следующих минералов: магнетит, ильменит, гематит, гранат, монацит (немного), циркон и шпинель.

При изучении золотинок под микроскопом и при рассмотрении их микрофотографии, сделанных при увеличении в 20 раз (фиг. 1), можно составить определенное впечатление о характере золота в исследуемом материале.

Золотинки встречаются в основной своей массе не слишком мелкие. Преобладающий размер 0,4—0,6 мм., что согласуется с данными опробования классов ситового анализа. Золото встречается как пластинчатой, так и непластинчатой (почковидной) формы. Линия наружного контура является обычно плавной, не зазубренной. Поверхность золотинок неровная, выемчатая. Золото имеет металлическую поверхность, свободную от каких либо пленок.

Определение расхода этилового ксантата калия. Предыдущие наши исследования по флотации россыпного материала указали на возможность применения ходового коллектора — этилового ксантата калия. Для определения количества ксантата, обеспечивающего максимальное извлечение золота из данного материала, были проведены соответствующие опыты.

Опыты проводились при следующих условиях:



Фот. 1.

1) Сосновое масло 0,05 кг/т; 2) ж. : т. = 2,5 : 1; 3) Прочие условия, указанные выше.

В таблице 2 приведены результаты опытов по определению расхода этилового ксантаата калия.

Таблица 2.

№ опыта	Расх. эт. кс. кал. кг/т.	Извлечение золота, %
1	0,05	29,66
2	0,05	27,39
3	0,10	32,81
4	0,10	37,55
5	0,15	44,12
6	0,15	42,37
7	0,20	46,48
8	0,20	44,83

Результаты этих опытов показывают, что максимальное извлечение золота, при флотации данного материала, имеет место при расходе этилового ксантаата калия в 0,15—0,20 кг/т.

Определение влияния плотности пульпы. При наличии основной массы золотых частиц достаточно крупного размера, степень раз-

жижения пульпы может оказать значительное влияние на извлечение золота при флотации.

В таблице 3 приведены результаты опытов по определению влияния плотности пульпы на извлечение золота.

Таблица 3.

№ опыта	ж : т	Извлеч. золота, %
1.	2 : 1	48,29
2.	2 : 1	41,47
3.	4 : 1	37,14
4.	4 : 1	32,63
5.	10 : 1	22,73
6.	10 : 1	20,16

Результаты опытов показывают, что для флотации данного золота степень расжижения пульпы имеет большое значение. При сильном расжижении пульпы (ж : т — 10 : 1) извлечение золота заметно уменьшается. При дальнейших опытах по флотации придерживались отношения ж : т — 2,5 : 1 — 2,0 : 1.

Определение влияния крупности частиц золота. С целью определения влияния крупности частиц золота на их извлечение при флотации, были проведены опыты по флотации материала, предварительно расклассифицированного на классы + 35 меш. — 35 меш. Условия проведения опыта аналогичны вышеуказанным.

В таблице 4 приведены результаты этих опытов.

Таблица 4.

№ опыта	Класс меш	Извлеч. золота, %
1.	+ 35	16,71
2.	+ 35	20,38
3.	— 35	75,14
4.	— 35	78,75

Результаты проведенных опытов указывают на то, что золото извлекается из класса + 35 меш в количестве около 20%, извлеченного золота из класса — 35 меш, составляет примерно 75%.

Определение времени флотации. Для определения влияния времени флотации на извлечение золота были проведены соответствующие опыты, при вышеуказанных условиях.

Флотация продолжалась 20 минут и через каждые 5 минут отбирались продукты, пробующиеся самостоятельно на содержание в них золота.

Результаты этих опытов представлены в таблице 5.

Таблица 5.

№ опыта	Время флотации, минуты	Извлечение золота, % (суммарно)
1	5	31,16
	10	42,89
	15	47,14
	20	47,14
2	5	29,44
	10	39,81
	15	42,39
	20	42,39

Результаты проведенных опытов показывают, что при данных условиях основное количество золота извлекается в течение первых 10 минут, за последующие 5 минут извлекается еще дополнительно небольшое количество золота, а затем извлечение почти прекращается. Таким образом, время, потребное для полного извлечения из данного материала, составляет 10—15 минут.

Контрольные опыты по флотации. Характер самого золота в исследуемом материале и результаты всех приведенных опытов показывают, что флотация не может быть основным методом извлечения золота из данного рессынного материала и применение ее возможно лишь совместно с гравитационными методами обогащения.

В соответствии с этими соображениями были проведены опыты по флотации с последующей концентрацией на столе Вильфлея хвостов флотации. Условия опытов: 1. этилов. ксант. камня 0,15 кг/т, 2. Соснов. масло — 0,05 кг/т, 3. ж : т = 2 : 1. 4. Время агитации 5 минут, время флотации 15 минут.

Результаты опытов представлены в таблице 6.

Таблица 6.

№ № опытов	Продукты обогащения	Выход %	Извлечение золота, %
1	Флотац. конц.	1,25	34,12
	Стол. конц.	2,31	52,75
	Стол. хвосты	96,44	13,13
2.	Исходн. матер.	100,0	100,0
	Флотац. конц.	1,68	42,81

№ № опытов	Продукты обогащения	Выход %	Извлечение золота, %
	Столбов. конц.	1,85	47,33
	Столбов. хвосты	96,47	9,86
3.	Исходн. матер.	100,0	100,0
	Флотац. конц.	1,07	29,38
	Столбов. конц.	2,21	58,27
	Столбов. хвосты	95,72	12,35
4.	Исходн. матер.	100,0	100,0
	Флотац. конц.	1,85	48,21
	Столбов. конц.	1,62	35,12
	Столбов. хвосты	96,53	16,67
5.	Исходн. матер.	100,0	100,0
	Флотац. конц.	1,44	38,22
	Столбов. конц.	2,76	48,77
	Столбов. хвосты	95,80	13,01
6.	Исходн. матер.	100,0	100,0
	Флотац. конц.	2,01	43,18
	Столбов. конц.	2,38	48,02
	Столбов. хвосты	55,61	6,80
	Исходн. матер.	100,0	100,0

Характер и форма золота, извлекаемого на флотационный концентратор, зависит от фактора 3×30 .



Характер, размер и форма золота, извлекаемого в столовый концентрат, указаны на фиг. 2 $\times$ 20.



Фот. 3.

Результаты опытов по флотации и концентрации показывают, что выход флотационного концентрата составляет 1—2%. Извлечение золота во флотационный концентрат составляет 29—48%. Выход столового концентрата составляет около 1,5—3%. Извлечение в него золота составляет 32—58%. Следовательно, золото из данного россыпного материала не может быть целиком извлечено одной флотацией. Применяя гравитационные методы обогащения совместно с флотацией, можно получить достаточно высокий процент извлечения золота—83—91%.

Выводы. 1. Исследуемый золотосодержащий материал характеризуется наличием частиц золота имеющих размер в основном—0,8 $\pm$ 0,1 мм.

2. Изучение некоторых основных условий флотации золота из данного россыпного материала показало, что:

а) расход этилового спирта составляет 0,15 кг/т, при расходе соевого масла 0,05 кг/т.;

б) флотация золота идет успешнее при более густой пульпе ж : т = 2 : 1, при сильно разбавленной пульпе (ж : т = 10 : 1) извлечение золота резко падает.

в) золото крупностью + 35 меш. извлекается в количестве около 15—20%, золото крупностью — 35 меш. извлекается в количестве около 75%.

г) время флотации определяется в 10—15 минут.

3. Проведенные опыты по флотации показали целесообразность использования флотации для извлечения мелкого золота из россыпей.

Литература:

1. Анисимов С. М. Флотация золотых руд, ОНТИ 1935 г.
2. Митрофанов С. И., Изучение флотуемости золота «нулевым методом», — Горнообогатительный журнал № 3 — 1937 г.
3. Наслузов И. Г. Форма, размеры и состав золотых частиц, находящихся в продуктах обработки золотых руд, Сов. Золотопробышленность № 1—2 — 1936 г.
4. Пирогов инж. Отчет предварительный по определению снова золота и испытанию золотопробышленных приборов на драге Зейского приискавого управления; прииск Юбилейный, Гинзолото, 1933 г.
5. Плаксин И. Н. Проблемы технической реконструкции золотоплатиновой промышленности во второй пятилетке, Советская Золотопробышленность № 6—7, 1933 г.
6. Плаксин И. Н. Итоги и задачи научно-исследовательских работ по золоту и платине в СССР, Советская Золотопробышленность № 1, 1935 г.
7. Плаксин И. Н. и Шабарин С. К. Форма частиц золота в рудах и влияние ее на процессы извлечения, Сов. Золотопробышленность № 8, 1934 г.
8. Плаксин И. Н. и И. Г. Наслузов Форма и состав золотинок, находящихся в сульфидных рудах, Сов. Золотопробышленность № 10, 1935 г.
9. Разделишин А. Н. Испытание установки Денвер, Горно-Обогатительный журнал, № 4, 1937 г.
10. Славнин Г. П., Флотация россыпного золота, Советская Золотопробышленность, № 2 — 1936 г.
11. Славнин Г. П. К вопросу о флотации россыпного золота. Сборник «Золото» № 1, 1934 г., изд. Гинзолото.
12. Славнин Г. П., Флотация золота Кельбесской россыпи.
13. Тихомиров В. И., Реконструкция промывки золотосодержащих песков, изд. 1934 г.
14. Ясюкевич С. М. и Хан Г. А. Флотация золота, Сов. Золотопробышленность, № 2, 1935 г.
15. Ясюкевич С. М. и Хан Г. А. Флотация золота, Сборник научных трудов 1936 г. Минцветметзолото.
16. A. Fahrenwald, Flotation of Gold from River Sand and Black Sang Mining Yourn., 1933.
17. A. Fahrenwald, Flotation of River Gravels, Eng. and Mining Journ., 2, 1933.
18. E. Кнар, The Mining World anod E. Record, 26, XI, 32.
19. Philip Rabone, The Flotation of Gold, Mining Magazine, Sept. 1934.

20. Eng. and Min. Journal, 1934, March.
21. Bulletin № 33, Denver Equipment Co.
22. James M. Hille, Wake up. „Placer Operator“, Eng. a. Min. Journ № 10, 1935.
23. E. Leaver a. F. Woolf, Flotation of metallic Gold, Relation of flotabiliti, R. 1. 3226, Rep. of Invest USBM.
24. E. Leaver a. J. Woolf, Factors Affecting the Flotation of Gold in Milss, Transac Electr. Soc., V. 40.
25. L. Lange, More Facts on the Flotation of Eree Gold, Eng. a. Min Journ.. III, 1935.
26. John W. Jones, Further Test in Flotation of Free Gold, Eng. a. Min. № 10, 19 5.
27. Technical paper № 16, 1932, Am. Cyan Co.
28. E. Leaver a. J. Woolf, Depressing Primary Slime during the Flotation of Gold in Milling Ores, R. 1, 32 26, Report of Invest. USBM.
29. E. Leaver a J. Woolf, Gold Dredging in California, Mining Technology, Marsh, 1937.

Возможности. использования бурых углей Восточной Сибири.

Вопрос о создании в Иркутской области своей базы для получения жидкого топлива и более широкого использования местных низкосортных видов топлива нужно считать весьма важным и поставку его своевременным. Очевидно, что при широком развитии в нашей области автотранспорта и авиации, потребность в нефтяных продуктах с каждым годом увеличивается и удовлетворение ее встретит большие затруднения, если мы будем рассчитывать только на привозные нефтепродукты.

Необходимо обратить самое серьезное внимание на наши минеральные сырьевые ресурсы в виде бурых углей, горючих сланцев торфа и т. п., которыми так богата Иркутская область, и приступить к их изучению в целях наиболее рационального использования. Не говоря уже о Хахарейских сапропелевых и Черемховских каменных углях, в достаточной степени выявленных и могущих дать большое количество жидкого топлива при сухой перегонке и низких температурах, в Забайкалье имеется целый ряд залежей бурых углей, в настоящее время мало используемых как топливо.

Особый интерес для Иркутской области также могут представлять горючие сланцы, которым вообще суждено сыграть большую роль в народном хозяйстве СССР.

Крупное народно-хозяйственное значение сланцев впервые было подчеркнуто В. И. Лениным в письме от 22-го сентября 1922 г. к ряду руководящих работников.

На ноябрьской сессии Академии наук в 1933 г. были широко дебатированы проблемы, связанные с опромытыми ресурсами местного топлива.

Резолюция XVII Партсъезда также неоднократно подчеркивает значение сланцев. ¹⁾

¹⁾ Техника, 1934 г. № 17.

В первую пятилетку были произведены только широкие геолого-разведочные работы, выявившие громадные запасы сланцев и намечены были пути их добычи и использования сжиганием в энерготехнических установках; изучены также способы использования сланцевой золы.

Совершенно не исследованными остаются другие возможности эксплуатации сланцев—их газификация и химическая обработка.

В природе горючие сланцы довольно распространены и их месторождения находятся во многих странах, но наибольшей известностью пользуются Шотландские сланцы.

Советский Союз по уже разведанным сланцевым запасам стоит на втором месте, что характеризуется следующей таблицей:

США	400	млн. тонн.
СССР	60—80	» »
Швеция	10	» »
Англия	9	» »
Маньчжурия	6	» »
Эстония	6	» »

Наилучшие изученные сланцевые месторождения расположены в Ленинградской области, Средневолжском, Нижневолжском и Горьковском краях и Башкирской Республике.

Наша Иркутская область осталась в этом отношении совершенно не обследованной, не намечены и пути работ на ближайшее время. Поэтому весьма отрядным явлением нужно считать геологоразведочные изыскания Забайкальского треста золотодобычи по выявлению запасов горючих сланцев р. Емурчен. По сообщению вышеупомянутого треста, район распространения горючих сланцев преимущественно сложен метоморфической толщей, серыми биотитовыми гнищами и базальтами. Месторождение горючих сланцев залегает по левому склону долины р. Слонды, впадающей слева в р. Емурчен, являющуюся, в свою очередь, правым притоком р. Витим. Горючие сланцы имеют мулыдообразное залегание с северо-восточным простиранием.

Площадь, занимаемая горючими сланцами, определенная на основе первоначальных геолого-разведочных работ, равна 3,5 кв. км. Средняя мощность 5 метров. Ориентировочно (преуменьшенные) запасы сланцев определяются в количестве 28.000.000 тонн.

В ноябре м-це 1933 г. пробы этого сланца были доставлены в ГИНЗолото для определения возможности получения из них «первичного дегтя».

Присутствуя к их исследованию были поставлены следующие задачи:

1. произвести полный технический анализ 3-х проб сланцев и элементарный для средней пробы;

2. установить выходы первичного дегтя для 3-х проб сланца;
3. подвергнуть первичный деготь средней пробы фракционной разгонке и дать характеристику потокам;
4. извлечение битума из сланца экстрагированием смесью бензола со спиртом (1:1);
5. определить гуминовые кислоты.

Методическая часть. С целью выявления характера горючего сланца были сделаны подробные технические анализы обычными методами; определялась теплотворная способность сланца в калориметрической бомбе Малера; произведен элементарный анализ в электрической трубчатой печи и сделан полный анализ золы.

Для определения продуктов сухой перегонки первичного дегтя пользовались толстостенной алюминиевой ретортой системы Фишера. Толстые стенки реторты предохраняют перегоняемый материал от перегревания, а высокая теплопроводность алюминия гарантирует равномерный нагрев всей реторты и, следовательно, непрерывное удаление паров дегтя без конденсации на верхних частях.

Разгонка первичного дегтя на легкое масло и тяжелое производится в стеклянной реторте, без применения пара, считая, что при анализе для технической оценки дегтя крекирование некоторых его составных частей не имеет значения, так как приблизительно тем же изменениям деготь подвергается при переработке в промышленном масштабе.

Из легкого масла, до его фракционной разгонки, выделялись органические основания и фенолы.

Для выделений оснований легкое масло обрабатывалось в делительной воронке 10% водным раствором серной кислоты. Отделенный сернокислый раствор органических оснований разлагался избытком щелочи и выделявшиеся в свободном виде основания извлекались эфиром. Эфирная вытяжка отделялась, эфир отгонялся и остаток взвешивался.

После удаления оснований легкое масло обрабатывалось повторно 5% водным раствором едкого натра. Соединенные щелочные вытяжки, содержащие фенолы, разлагались 10% серной кислотой и выделявшиеся фенолы повторно извлекались эфиром. В эфирной вытяжке после отгонки эфира взвешивались оставшиеся фенолы.

Легкое масло, освобожденное от оснований и фенолов, подвергалось дробной перегонке в колбе Вюрца, под обыкновенным давлением, на фракции с 50-градусными интервалами до 300°. Остаток от легкого масла, температура кипения которого превышала 230°, был присоединен к общей массе тяжелого масла.

Фракционная перегонка тяжелого масла велась в стеклянной реторте при вакууме в 45 мм давления ртутного столба. Первая фракция собиралась с температурой кипения до 115°, следующие же за ней—в температурных интервалах 150°—200°—250°—300°. Раз-

гонка велась не до конца, оставался в реторте парафинированный пек.

Каждой получаемой фракции производилось определение уд. веса при помощи пикнометра.

Для определения выхода сырого парафина тяжелые, мазеобразные шогены и остаток в реторте собирались вместе и обрабатывались кипящим ацетоном. Полученный раствор оставлялся на 12 часов при 0° для осаждения парафина.

Определение битумов производилось в приборе Грефе экстрагированием измельченной навески сланца, применяя в качестве растворителя смеси спирта с бензолом (1:1).

Наконец, определение гуминовых кислот велось по способу Ердмана.

Экспериментальная часть. Пробы горючего сланца были доставлены в 3-х мешках с одинаковой на всех надписью: «обнажение № 2 р. Емурчен». Сланцы имеют внешний вид плитнообразный, легко разделяющийся на тонкие листы, в изломе бурно-черного цвета, с железно-окисными налетами на поверхности.

Уд. вес сланца 1,67. Сланец легко ломался на кусочки, но ратирался с большим трудом.

Технический анализ был произведен отдельно для каждой пробы. Результаты сведены в общую таблицу:

Таблица 1.

Наименование определений	Образцы №№		
	1	2	3
Влаги при высушив. в эксикаторе	3,40%	4,46%	5,28%
» » » до 105° . . .	4,30%	5,41%	6,41%
Золы	63,85%	65,50%	65,58%
Серы	0,48%	0,52%	1,50%
Выход кокса (с золой)	71,10%	68,78%	68,10%
Летучих органических веществ .	34,60%	25,81%	25,49%
Нелетучего углерода	7,25%	3,28%	2,52%

Теплотворная способность средней пробы 3050 кал.

Образцы сланцев отличаются малым содержанием влаги и значительным количеством золы. Летучих веществ сравнительно много.

Анализ золы средней пробы дал следующие результаты:

Кремнезема (SiO_2)	— 57,70 %
Окиси железа (Fe_2O_3)	— 9,28 %
» алюминия (Al_2O_3)	— 18,69 %
» кальция (CaO)	— 8,64 %

Окиси магния (MgO)	—	2,44%
» марганца (MnO)	—	3,40 %
Фосфора (P)	—	0,33 %

т. е. в основном представляет глину с примесью песку. Необходимо отметить содержание довольно значительного количества марганца.

При элементарном анализе средней безводной пробы сланцев получилось:

Углерода (C)	—	19,33%
Водорода (H)	—	2,51%
Кислорода и азота (O+N)	—	13,18%
З о л ы	—	64,98%

или для органической массы:

углерода (C)	—	55,22%
водорода (H)	—	7,15%
кислорода и азота (O+N)	—	37,63%

Выход первичного дегтя определялся сухой перегонкой каждой пробы в отдельности. Результаты таковы:

Таблица 2.

Название определений	Образцы № №		
	1	2	3
Дегтя	9,00%	9,00%	8,54%
Полукокса	79,71%	78,00%	78,28%
Воды разложения .	6,42%	3,50%	8,28%
Г а з а	4,87%	4,50%	4,90%
Летуч. в полукоксе	10,62%	11,92%	11,70%

Деготь получается мазеобразный, консистенции коровьего масла, темно-бурого цвета с креозотным запахом. Уд. вес при 32° — 0,874, температура плавления около 33°. Присутствие нафталина не обнаружено. Деготь с водою не смешивается и легко от нее отделяется, что указывает на его характер — первичного дегтя.

Для разгонки первичного дегтя на легкие и тяжелые масла был взят деготь средней пробы в количестве 69,52 гр., который нагревался в реторте до 230°. При этом отогналось легкого масла 21,48 пр. или 30,84% от всего взятого дегтя и осталось в реторте тяжелого масла 48,04 гр. или 59,16%.

Легкое масло, после отделения оснований и фенолов, было подвергнуто фракционной разгонке в колбе Вюрца на голом огне, при чем получались:

1. Органических оснований — 0,88 гр. — 1,26%.
2. Фенолов — 1,51 гр. — 2,17%.
3. 1 фракция до 150° — 0,97 гр. — 1,39%, уд. вес — 0,765.
4. 2 фракция до 150°—200°—5,72 гр.—8,22%, уд. вес—0,806.
5. 3 фракция до 200°—230°—7,40 гр.—10,61%, уд. вес—0,852.
6. Остаток от перегонки 5,00 гр. — 7,19%.

21,48 гр. 30,84%.

Таким образом, выход бензиновых погонов (уд. в. 0,765) небольшой; они представляют желтоватую подвижную жидкость.

Выход группы осветительных масел довольно значителен и в сумме равняется 18,83% (уд. в. 0,806—0,852); они окрашены в более темный цвет.

Тяжелые масла, оставшиеся в реторте в количестве 48,04 гр. и остаток от дистилляции легкого масла (5 гр.), были соединены вместе и перегонялись при вакууме в 15 мм. давления.

Результаты сведены в прилагаемой таблице, где проценты пересчитаны от веса всего взятого дегтя (69,52 гр.):

1. Фракция до 150° 5,76 гр. 8,28%, уд. в. при 15° = 0,872.
2. » 150—200° 9,36 гр. 13,46%, уд. в. при 50° = 0,899.
3. » 200—250° 9,20 гр. 13,23%, уд. вес. = 10,900.
4. » 250—300° 10,56 гр. 15,17%, уд. вес = 0,927.
5. Остаток в реторте 17,16 гр. 24,68%
6. Потерь 1,00 гр. 1,44%

Вытя вес и проценты 53,04 гр. — 76,35%

Перенесенного остатка 5,00 гр. — 7,19%

48,04 гр. или 69,19%.

Из погонов тяжелого масла 1-я фракция представляет темно-бурюю маслообразную жидкость, а 2, 3 и 4-я фракции имеют мажеобразную консистенцию. Остаток темно-бурая густая масса.

Соляровых масел (уд. в. 0,872) получается сравнительно мало; остальные погоны, после удаления парафина, дадут тяжелые смазочные масла.

Из остатка в реторте и мажеобразных погонов парафин извлекается горячим ацетоном.

После кристаллизации, фильтрования и промывания холодным ацетоном получилось сырого парафина 8,9 гр. или 12,8% от всего дегтя. Для определения битумов в приборе Грефе три навески

сланца по 40 гр. экстрагировались смесью спирта с бензолом (1 : 1), причем одну пробу брали в сыром виде, не высушивая, а две пробы предварительно высушивались до удаления всей влаги.

Результаты получались следующие:

проба № 1 влажного сланца	—	битумов	0,61%
» № 2 сухого	»	»	0,97%
» № 3 »	»	»	1,09%

т. е. битумов из влажного сланца извлекается значительно меньше, что объясняется тем, что в него растворитель проникает с трудом. В общем выход битумов незначительный. Гуминовых кислот в сланце найдено только следы.

Баланс продуктов перегонки горючего сланца. Исходя из минимального запаса сланца в 28.000.000 тонн и учитывая результаты анализов при низкотемпературной сухой перегонке, из них возможно получить ряд следующих первичных продуктов:

Влаги	7,73%	=	2164400 тонн
Полужококса	78,66%	=	22024800 »
Первичного дегтя	8,85%	=	2478000 »
Газов	4,76%	=	1332800 »

ИТОГО 100,00% = 28000000 тонн

При фракционной перегонке первичного дегтя в количестве 2478000 тонн получится:

1. Органических оснований	1,26%	=	31223 тонн
2. Фенолов	2,17%	=	53772 »
3. Легких масел:			
до 150° —	1,39%		
150°—200° —	8,22%	=	501053 »
200°—230° —	10,61%		
4. Тяжелых масел и пека .	53,83%	=	1333907 »
5. Средних »	8,28%	=	205178 »
6. Парафина	12,80%	=	317184 »
7. Потери при разгонке .	1,44%	=	35683 »

100,00% = 2478000 тонн.

Заключение. Горючие сланцы р. Емурчен по выходу первичного дегтя в количестве 9%, безусловно, можно считать имеющим промышленное значение. У нас в СССР ведутся разработки волжских горючих сланцев с зольностью 50—60% и выходом первичного дегтя около 10%. А известные Хахарецкие «богхеды» Иркутского бассейна дают жидких потонов при низких температурах перегонки в среднем по всему пласту — 13,45%. Положительной стороной сланцев р. Емурчен является малое содержание в них серы (0,5%). После фракционной перегонки первичного дегтя можно получить весьма ценные продукты — бензиновые и керосиновые, и также целый ряд смазочных масел, которые могут применяться, как смазочный материал или перерабатываются крекированием в более ценные летучие осветительные масла.

То же можно сказать и о тяжелых маслах.

Парафин, при его большом выходе (12,8%), будет являться важным продуктом в условиях нашей Иркутской области.

Фенолы с выходом в 2% от всего первичного дегтя могут найти широкое применение в золотопромышленном деле и вообще в производстве цветных металлов, как флотационные реагенты.

Полукокс в виде порошка, остающийся после сухой перегонки сланца, содержит еще 11% летучих органических веществ и может быть использован для газификации и брикетирования.

Сама зола при большом содержании кремнезема (57,7%) может быть использована для изготовления цемента или искусственных строительных камней.

Лабораторными опытами Ленинградского института сооружений, а также произведенными опытами на волжских силикатных заводах установлено, что зола сланцев прекрасное сырье для производства весьма разнообразного ассортимента строительных материалов.

Присутствие в золе марганца в количестве трех процентов не исключает возможности выделения его из полукокса путем обогащения — отфлотировав углерод, получим концентрат марганца на столах Вифлея или другим механическим способом. Пробы в этом направлении будут произведены в ГИНЗолото.

Выход битумов незначительный и практического значения они не могут иметь.

При решении вопроса широкого использования бурых углей, горючих сланцев и других видов топлива Иркутской области необходимо организовать и вести работу в двух направлениях: во-первых, развивать всемерно геолого-разведочные изыскания по выявлению новых месторождений; во-вторых, проводить систематическое и разностороннее изучение существующих и вновь открываемых объектов.

Обогащение свинцовой руды месторождения „Усть-Парная“

В ноябре 1936 года в обогатительную лабораторию Восточносибирского Горного Института от Всесоюзной Конторы «Лакоткрас-сырье» поступила проба свинцовой руды, весом 120 кг., из месторождения Усть-Парная для исследования.

Результаты исследования должны были лечь в основу проектирования небольшой фабрики производительностью 75 т/24 часа.

Присланная руда была представлена I, II и III сортами, причем заказчиком было указано, что смешение сортов руды должно быть в следующей пропорции: I сорта — 1 часть, II сорта — 2 части, III сорта — 4 части.

Исходя из этого, для исследования была приготовлена проба из первой партии (30 кг по 10 кг каждого сорта) и второй партии (90 кг по 30 кг каждого сорта) в следующем виде:

	3 сорт.	2 сорт.	1 сорт.	Всего.
1 партия	10 кг	5 кг	2,5 кг	= 17,5 кг
2 »	30 кг	15 кг	7,5 кг	= 52,5 кг
Итого	40 кг	20 кг	10 кг	= 70 кг.

Целью испытания, как указывалось в договоре, было выявление возможности обогащения данной руды по наиболее простой схеме, без применения флотации, для получения свинцового концентрата.

Процесс исследования средней пробы данной руды на обогатимость было намечено провести следующим образом.

- 1) Подготовка проб для опытов и для анализов — минералогического, ситового, пробирного и химического,
- 2) Минералогический анализ пробы руды,
- 3) Химический и пробирный анализы пробы руды,
- 4) Ситовые анализы продуктов дробления руды,

5) Выбор опытной схемы обогащения данной руды в лабораторных условиях,

6) Проведение лабораторного обогащения руды по выбранной схеме,

7) Построение на основании лабораторного исследования наиболее простой схемы обогащения.

Руда, поступившая на исследование, мелочи почти не содержала. Размер кусков колебался в пределах от 10 мм до 100 мм, причем чаще встречались куски размером 50—75 мм.

Из рабочей пробы в количестве 70 кг путем методического сокращения были получены пробы для ситовых, химических и пробирных анализов, а также приготовлены пробы для опытов по обогащению.

Минералогическое изучение руды. *) Для минералогического изучения были отобраны характерные куски руды, которые подвергались микроскопическому изучению, а также из них были изготовлены шлифы для микроскопического изучения.

В полученной пробе руды месторождения Усть-Парная представлены три типа образцов, отличающихся различными текстурными особенностями. Первые имеют несколько пористый, порозоватый характер, вследствие выщелачивания сульфидов и окрашены в грязновато-желтый цвет от присутствия окисленных соединений железа и свинца. Вторые имеют плотную текстуру с видимой кристалличностью, розовато-белого цвета от присутствия розовых баритов. И, наконец, бледно-розовые образцы, состоящие из агрегата среднезернистого кальцита. Все перечисленные типы образцов имеют включения или вкрапления свинцового блеска.

Первые два типа руды существенно состоят из агрегата зерен розового барита, молочно-белого кварца и вторичного кальцита. Кварц и барит иногда концентрируется отдельными участками.

Третий тип руды нацело состоит из неравномерно ориентированных зерен гидротермального кальцита.

В руде имеются примазки каолина, который, повидимому, принесен по трещинам и является результатом разрушения вмещающих пород.

Главным первичным рудным минералом является галенит. Совокупность зерен его чаще всего имеет закономерную ориентировку в одном направлении, с образованием вида полосчатой текстуры, реже — вкрапленники галенита разбросаны безразлично или концентрируются участками. Иногда зерна галенита не имеют хорошо выраженной спайности, а образуют тонко-зернистый агрегат, который имеет вид свинца.

*) Минералогическое изучение руды проведено при участии ассистентки Горного Института Е. В. Францкой.

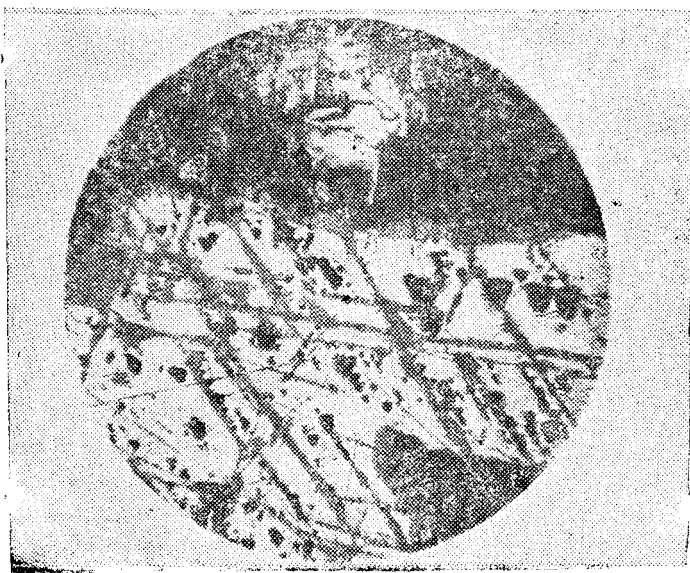
В более поздраватых и охристых образцах присутствует небольшое количество церуссита, как продукта вторичного изменения галенита.

Жильными минералами являются: барит, кварц и кальцит.

Барит, при рассматривании в микроскопе, имеет форму давленных зерен волокнистого строения. Он прорывается кварцем и частично им замещается. Этот последний имеет зернистое строение с нормальным погасанием. Кальцит встречается в форме зерен с хорошо выраженной спайностью. Имеется также кальцит вторичный, который встречается отдельными линзочками и прожилками.

По микроскопическим исследованиям шлифов, вещественный состав руды представлен первичными минералами галенитом и пиритом, в качестве же вторичного минерала присутствует церуссит.

Галенит является главным и распространенным минералом в данной руде. В пористых, окрашенных окислами свинца и железа, образцах галенит часто замещен церусситом.



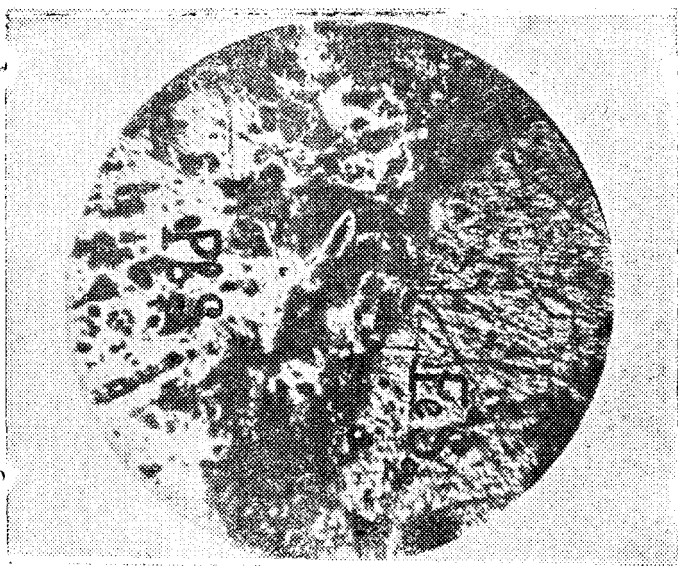
Фот. 1.

Здесь он встречается мелкими зернами часто около 0,01 мм в окисленном минерале. Иногда же замещение галенита церусситом происходит по краям зерен и спайности с образованием прекрасной решетчатой структуры (микро-фото-снимок I). Чаше галенит встречается включениями и вкраплениями ангедральных зерен, имеющими форму — округлую, вытянутую, подковообразную и звездча-

тую (микро-фото-снимки 1, 2, 3, 4). Размер зерен галенита колеблется от 0,01 до 3,5 мм. Основная масса зерен имеет размер от 0,1 до 1,5 мм.

Зерна галенита часто заключены в барите. Кварц разъедает зерна барита и галенита, местами же галенит рассечен прожилками кварца.

В образцах руды, существенно состоящих из кальцита, галенит ассоциирует с пиритом (микро-фото-снимок 2), который иногда находится с ним в сростании. Периферия зерен пирита разъедается галенитом, вследствие чего пирит теряет первоначальный идиоморфный характер.



Фот. 2.

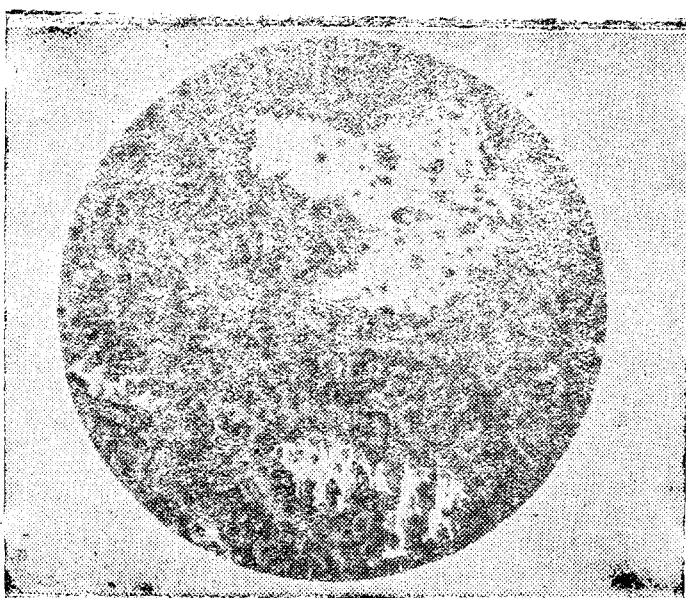
По структурным особенностям жильных и рудных минералов, мы можем наблюдать два типа минерализации. В первом случае галенит связан с баритово-кварцевыми жилами; здесь он ассоциирует с баритом и кварцем, в порядке выделения: галенит, барит, кварц. Во втором случае галенит связан с кальцитовыми жилами. Здесь галенит встречается с пиритом, которого немного; порядок выделения: пирит, галенит, кальцит.

Структура руды: первоначально-зернистая; в качестве вторичной структуры можно указать на решетчатую структуру замещения.

Удельный вес руды, измельченной до — 10 меш, оказался равным 2,86.



Φοτ. 3.



Φοτ. 4.

Пробирный и химический анализы пробы руды. Для определения содержания золота и серебра был проведен пробирный анализ руды. С целью определения содержания свинца и других основных химических элементов в руде был проведен ее химический анализ.

Результаты пробирного анализа на содержание золота и серебра следующие:

Золота (Au)	нет.
Серебра (Ag)	есть.

Результаты химического анализа *) следующие:

1. SiO ₂	64,38%
2. Fe ₂ O ₃	3,35%
3. Al ₂ O ₃	1,75%
4. CO ₂	3,54%
5. H ₂ O	0,14% (при 100° C).
6. CaO	4,04%
7. MgO	0,35%
8. Pb	6,42%
9. Ba	5,48%
10. S (сульфидная) . .	1,78%
11. SO ₄	5,39%
12. Zn	1,59%
13. Cu	следы
14. Прочие	0,096%

Итого 98,306%

Данная руда представляет из себя интересный объект, с точки зрения составляющих ее элементов.

Выбор схемы лабораторного испытания на обогатимость данной руды. Лабораторное экспериментирование имеет конечной целью установить оптимальную схему технологического процесса обработки руды.

Основной задачей обогащения руды является максимально возможное извлечение ценного минерала в концентрат, при наиболее высоком содержании этого ценного минерала в концентрате и при возможно минимальных затратах.

В данном исследовании мы были вынуждены, на основании предложения заказчика, стремиться к получению наиболее простой схемы обработки, которая, однако, не всегда может обеспечить высокое извлечение. По предложению заказчика, схема не должна была включать флотацию.

*) Химический анализ пробы руды был проведен в Химической лаборатории Восточносибирского Горного Института ассистентом В. А. Подгорбунским и лаборанткой В. В. Вечтомовой; ими же был проведен анализ продуктов обогащения.

Представленная для исследования свинцовая руда (точнее—смесь разных сортов руды в определенной пропорции) может быть отнесена к типу бедных руд. По данным химического анализа, смесь руды, взятая в определенной пропорции, содержит 6,42% свинца.

Микроскопический анализ показывает, что основная масса зерен галенита в данной руде имеет размеры порядка 0,1—1,5 мм. Следовательно, по этим уже соображениям, основным методом обогащения может быть признан метод мокрого механического обогащения — концентрация на столах. Однако, для полного извлечения галенита одна концентрация на столах будет недостаточна, так как, при наличии значительного количества зерен галенита размером 0,1 мм и менее, будет происходить недоизвлечение свинца, вследствие потери его в хвостах, при сравнительно грубом измельчении. Будут иметь место и потери галенита в шламмах вследствие его хрупкости при концентрации на столах.

Учитывая требования, поставленные заказчиком, мы были вынуждены сразу же отказаться от включения в схему обогащения процесса флотации и отклонить вариант комбинированной схемы обработки — концентрация и флотация.

Исходя из минералогического состава руды, можно также прийти к заключению, что мокрый механический процесс обогащения — концентрация на столах, как основной процесс, будет необходим, так как в отношении удельного веса галенит значительно отличается от всех остальных минералов, входящих в состав данной руды.

Дробление в лабораторной дробилке Блэка. Исходный материал подвергался дроблению в лабораторной щековой дробилке Блэка, для получения материала крупностью 12 мм.

От полученного после дробления материала была отобрана проба и подвергнута ситовому анализу. Результаты ситового анализа указаны в нижеследующей таблице.

Результаты ситового анализа дробленой руды.

Таблица 1.

Классы ситового анализа	Выход материала в %/о	
	По классам	Суммарный
+ 6,5 мм	50,2	50,2
— 6,5 мм + 4,5 мм	19,8	70,0
— 4,5 мм + 3,5 мм	6,7	76,7
— 3,5 мм + 2,5 мм	4,5	81,2
— 2,5 мм + 1,5 мм	4,1	85,3
— 1,5 мм + 1,0 мм	5,1	90,4
— 1,0 мм + 0,5 мм	3,2	93,6
— 0,5 мм	6,4	100
Итого	100,0	

Измельчение на лабораторных валках. Материал после дробления в лабораторной дробилке Блэка и отсеивания материала — 10 меш был подвергнут измельчению на лабораторных валках до — 10 меш (1,65 мм).

Измельчение на валках до 10 меш определилось тем обстоятельством, что, судя по минералогическому анализу данной руды, основная масса зерен галенита имеет размер менее 1,5 мм.

К материалу, полученному после измельчения на валках, был присоединен материал — 10 меш, отсеянный перед измельчением на валках. От всего этого материала после методического сокращения была отобрана проба для ситового анализа и для определения распределения свинца по классам ситового анализа.

Результаты этих определений указаны в нижеследующей таблице.

Классы ситового анализа (сита Тейлора)		Таблица 2.			
		Выход материала в %/о		Содерж. свинца в %/о	Распред. свинца в %/о
		По классам	Суммарный		
Меш.	мм.				
— 10 + 20	— 1,65 + 0,83	38,1	38,1	4,77	31,76
— 20 + 35	— 0,83 + 0,42	21,3	59,4	6,35	23,74
— 35 + 65	— 0,42 + 0,21	10,9	70,3	6,63	12,60
— 65 + 150	— 0,21 + 0,10	7,7	78,0	10,50	14,20
— 150	— 0,10	22,0	100,0	4,59	17,70
Итого:		100,0		5,71	100,0

Результаты измельчения руды на валках до различной степени указаны в нижеследующей таблице:

Классы ситового анализа (Сита Тейлора)		Таблица 3.			
		Измельчение до—20 меш		Измельчение до—35 меш	
		Выход в %/о		Выход в %/о	
Меш.	мм	По клас.	Суммар	По клас.	Суммар.
— 10 + 20	— 1,65 + 0,83	—	—	—	—
— 20 + 35	— 0,83 + 0,42	20,8	20,8	—	—
— 35 + 65	— 0,42 + 0,21	27,5	48,3	28,5	28,5
— 65 + 150	— 0,21 + 0,10	20,6	68,9	33,7	62,2
— 150	— 0,10	31,1	100,0	37,8	100,0
Итого		100,0	—	100,0	—

Измельчение в шаровой мельнице. Для определения поведения руды при измельчении в шаровой мельнице, были проведены опыты по измельчению руды, в течение различного промежутка времени.

Руда измельчалась 10 минут, 20 минут и 30 минут. Исходный продукт имел крупность — 10 меш. Отношение веса руды к весу воды и в весу шаров было следующее: 1 : 0,5 : 6.

Результаты этих опытов указаны в нижеследующей таблице:

Таблица 4.

Классы ситового анализа (Сита Тейлора)	Измельчение 10 минут		Измельчение 20 минут		Измельчение 30 минут	
	Выход в %		Выход в %		Выход в %	
Меш	По кл.	Суммар.	По кл.	Суммар.	По кл.	Суммар.
— 10 20	—	—	—	—	—	—
— 20 35	1,35	1,35	0,29	0,29	0,26	0,26
— 35 65	18,44	19,79	10,51	10,80	5,22	5,48
— 65 150	44,14	63,93	45,11	55,91	41,77	47,25
—150	35,07	100,0	44,09	100,0	52,75	100,0
Итого 100,0			100,0		100,0	

Исследование поведения руды при измельчении, со всей очевидностью показывает, что руда, даже при сравнительно грубом измельчении (10 меш) дает много мелочи, которая будет при концентрации на столе образовывать шлам.

Потери галенита со шламмами при концентрации на столе будут велики. Это можно предвидеть уже по одному тому, что даже при довольно грубом измельчении на валках до — 10 меш, в классе — 150 меш сосредотачивается 17—18% свинца. При более тонком измельчении галенита, как более хрупкого минерала, в классе—150 меш будет значительное количество ш, следовательно, потери его со шламмами при концентрации на столе будут сильно увеличиваться.

Очевидно, что стремясь при концентрации на столах получить минимальное количество шламов, мы вынуждены осуществлять сравнительно грубое измельчение. Так, при измельчении на валках до — 10 меш получаем приблизительно 20% материала—150 меш. При измельчении до — 20 и — 35 меш количество материала — 150 меш возрастает и составляет соответственно 31% и 38%.

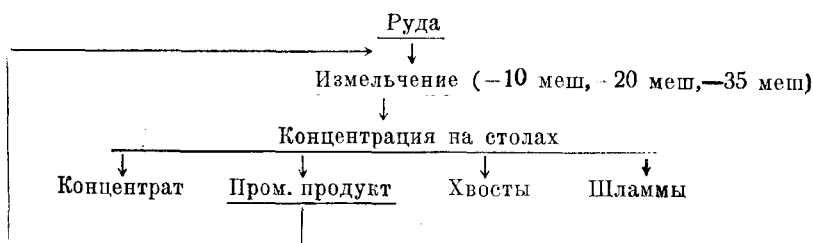
При измельчении в мельнице получается еще большее количество материала — 150 меш.

Изучение концентрации на столе Вильфлея. Работа концентрационных столов, большей частью, связана с гидравлической классификацией и реже с грохочением как подготовительными операциями. Подготовленный тем или иным методом материал обрабатывается на столе гораздо лучше, чем материал неклассифицированный.

Однако, перед нами стояла задача — получить удовлетворительные результаты обогащения при наиболее простой схеме обработки.

Вследствие этого мы вынуждены были устранить из схемы какие бы то ни было подготовительные операции перед концентрацией на столах. Однако, следует отметить, что устранение этих подготовительных операций, вероятно, не будет способствовать получению очень высоких результатов обогащения.

Концентрация на столах подвергался материал различной крупности: — 10 меш, — 20 меш, — 35 меш по следующей типичной схеме:



Предварительно поставленные опыты и микроскопическое изучение продуктов обогащения показали, что нельзя было при таком измельчении (— 10, — 20, — 35 меш) сразу же получить готовый концентрат и отвальные хвосты. Обычно получался промежуточный продукт, представлявший сростки галенита с пустой породой или очень мелкие неосвободившиеся вкрапления галенита в породе.

При концентрации на столе стремились сразу же получить отвальные хвосты.

Измельчение промежуточного продукта отдельно в специальной мельнице, помимо усложнения схемы, оказалось бы на дороговизне всей установки, поэтому было более рационально направлять промежуточный продукт на доизмельчение в ту же мельницу, куда поступает и свежая руда.

Для опытов брались навески руды в 5 кгр.

Результаты опытов концентрации на лабораторном столе Вильфlea указаны в нижеследующей таблице.

Таблица 5.

№№ п. п.	Крупность материала	Продукты обогащения	Выход в %/о	Содерж. свинца в %/о	Распредел. свинца в %/о
1.	— 10 меш	Концентрат	10,50	46,09	66,21
		Пром. прод.	39,96	4,91	26,73
		Хвосты	41,30	0,71	4,01
		Шламы	8,24	2,71	3,05
		Руда	100,0	7,31	100,0

№№ п. п.	Крупность материала	Продукты обогащения	Выход в о/о/о	Содерж. свинца в о/о/о	Распредел. свинца в о/о/о
2. — 10 меш		Концентрат	11,40	44,39	72,30
		Пром. прод.	39,78	3,42	20,03
		Хвосты	43,22	0,83	5,12
		Шламы	5,60	3,19	2,55
		Руда	100,0	7,01	100,0
3. — 10 меш		Концентрат	9,06	49,21	68,36
		Пром. прод.	40,02	3,93	24,14
		Хвосты	44,14	0,50	3,35
		Шламы	6,78	4,00	4,15
		Руда	100,0	6,52	100,0
4. — 20 меш		Концентрат	11,60	50,10	80,15
		Пром. прод.	21,70	2,41	7,21
		Хвосты	53,22	0,82	6,02
		Шламы	13,48	3,57	5,62
		Руда	100,0	7,25	100,0
5. — 20 меш		Концентрат	9,24	54,33	78,01
		Пром. прод.	22,48	2,91	9,55
		Хвосты	56,84	0,74	6,32
		Шламы	10,44	4,02	6,12
		Руда	100,0	6,85	100,0
6. — 20 меш		Концентрат	9,72	52,21	83,22
		Пром. прод.	22,90	1,77	6,33
		Хвосты	56,18	0,54	4,94
		Шламы	11,20	3,01	5,51
		Руда	100,0	6,11	100,0
7. — 35 меш		Концентрат	8,11	54,78	71,33
		Пром. прод.	23,44	2,69	10,14
		Хвосты	47,10	0,73	5,52
		Шламы	21,35	3,78	13,01
		Руда	100,0	6,22	100,0

№№ п. п.	Крупность материала	Продукты обогащения	Выход в %/о	Содерж. свинца в %/о	Распред. свинца в %/о
8. — 35 меш		Концентрат	10,21	42,16	67,45
		Пром. прод.	26,11	2,87	11,08
		Хвосты	43,25	1,06	7,14
		Шламы	20,44	4,48	14,33
		Руда	100,0	6,40	100,0
9. — 35 меш		Концентрат	6,61	50,25	74,01
		Пром. прод.	17,55	3,34	8,73
		Хвосты	58,80	1,02	6,04
		Шламы	18,04	4,18	11,22
		Руда	100,0	6,72	100,0
10. — 20 меш		Концентрат 1	3,62	76,06	40,02
		Концентрат 2	7,13	39,43	41,10
		Пром. прод.	25,42	1,99	7,35
		Хвосты	54,02	0,79	6,21
		Шламы	9,81	3,73	5,32
		Руда	100,0	6,88	100,0

ВЫВОДЫ. Изучая результаты лабораторных опытов по концентрации на столе руды, измельченной до различной степени (— 10 меш, — 20 меш, — 35 меш), мы можем сделать определенные выводы.

1. Наибольший % извлечения свинца имеет место при измельчении до — 20 меш. В этом случае он составляет в среднем 80%. Можно получить и еще большее извлечение свинца, но тогда выход концентрата увеличится, а содержание свинца в нем уменьшится.

2. Извлечение свинца при измельчении до — 10 меш и до — 35 меш колеблется около 75%. В первом случае недоизвлечение свинца обуславливается значительным содержанием свинца в промежуточном продукте в виде сродков. Во 2-м случае, при наиболее тонком измельчении, недоизвлечение свинца в концентрат вызвано, главным образом, потерями его в шламах, образующихся здесь в значительном количестве.

3. Содержание свинца в концентрате несколько выше при измельчении до — 20 меш и — 35 меш, причем при измельчении до — 20 меш результаты получаются более стабильными и содержание свинца в концентрате составляет 50—54%.

4. При проведении опыта стояла задача получения сразу же отвалных хвостов, что и было достигнуто. Содержание свинца в хвостах во всех случаях не превышало 1%.

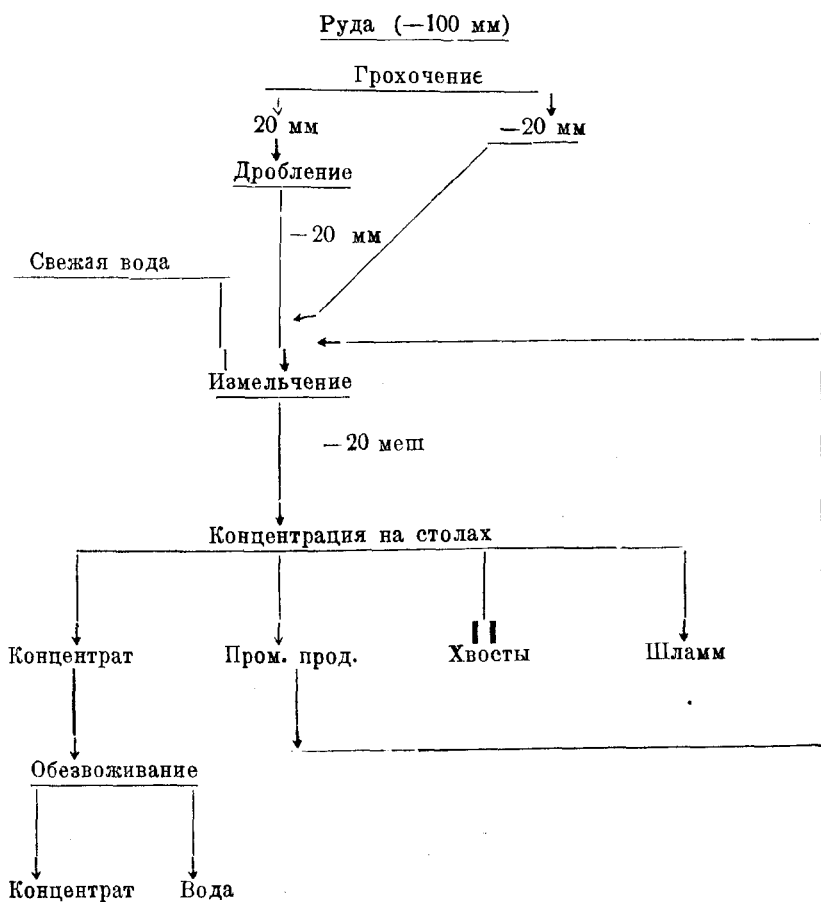
5. При концентрации на столе материала — 35 меш сразу же обнаружилось получение большого количества шлама (около 20%). Вместе с этим шламом проходили очень большие потери перемельченного галенита. От 10 до 15% от всего свинца уходило в этом случае со шламами.

6. Получение высокосортного концентрата может быть вполне осуществимо, однако, при небольшом извлечении в него свинца и при получении параллельно другого, более бедного концентрата. Результаты опыта 10 подтверждают сказанное.

Все эти соображения указывают на то, что при выбранной весьма простой схеме обогащения и при измельчении до — 20 меш можно получить удовлетворительные результаты в отношении извлечения свинца, содержания его в концентрате и потерь его в хвостах.

Дальнейшие исследования было бы целесообразно провести в отношении изучения влияния гидравлической классификации перед концентрацией на столах и в отношении включения в схему обработки данной руды процесса флотации.

На основании результатов исследования по обогащению данной руды можно составить следующую качественную схему:



„Схема обогащения руды“.

Сульфурирование оловосодержащих руд путем сплавления с гипосульфитом и серой.

В методах анализа руд и других горнозаводских продуктов определение олова едва ли не считается химиками-аналитиками самой трудной задачей. Эти трудности в определении олова в рудах обусловлены, во-первых, сопротивляемостью оловянных камней разложению, во-вторых, условиями отделения олова из разложившейся массы от элементов, мешающих его определению, и, в-третьих, необходимостью создания определенной среды при объемном методе определения олова в двухвалентной его форме.

Применяемые способы разложения оловосодержащих руд сравнительно немногочисленны. К ним относятся:

1) разложение концентрированной серной кислотой по Ниссенсону и Кротозкино, применяемое для разложения многих руд, содержащих одновременно мышьяк, сурьму и олово, которые при этом переходят в сульфаты: олово—четырехвалентным, мышьяк и сурьма трехвалентным;

2) сплавление с едкими щелочами и перекисью натрия, с предварительным обогащением обработкой плавиковой кислотой, в случае присутствия в анализируемых образцах большого количества кремневой. Олово при этом переходит в растворимое состояние в виде стапната.

При высоком содержании в рудах вольфрама метод осложняется удалением его раствором аммиака;

3) восстановление водородом при калильном жаре (способ рекомендованный Винклером и Гампэ) с последующим растворением в соляной кислоте и определением олова объемным или весовым путем;

4) восстановление оловянного камня до металлического олова сплавлением с цианистым калием;

5) фрейбертское разложение: сульфурирование руд, содержащих мышьяк, сурьму и олово, сплавлением с углекислой щелочью и серой — способ технически подробно разработанный Клеменс-Винклером;

6) метод Берцелиуса, основанный на разложении руд и разделении элементов нагреванием в токе сухого хлора. Легколетучие хлориды серы, мышьяка, сурьмы, олова, ртути и висмута отгоняются. Селен переходит в дистиллят в виде селеновой кислоты. Труднолетучие хлориды остаются вместе с жильной породой.

Из упомянутых способов разложения руд, содержащих олово в виде оловянного камня, полное разложение путем сплавления с цианистым калием и при Фрейбертском разложении сульфурированием, не всегда достигается (Бильц В. и Бильц Т., стр. 224; Гиллебранд).

Не для всех руд также применимы и окислительные методы разложения серной кислотой по Ниссенсону и сухим хлором по Берцелиусу.

На практике в производственных лабораториях при массовом исследовании на олово руд Забайкальских месторождений, чрезвычайно разнообразных как по количеству содержащегося в них олова, так и по разнообразию составляющих их компонентов, возникает ряд затруднений. Эти затруднения обусловлены тем, что применяемые способы разложения оловосодержащих руд не универсальны и в некоторых случаях, при выборе того или иного способа разложения руд, в зависимости от их состава, не получается удовлетворительных результатов анализа.

Из перечисленных выше методов разложения оловосодержащих руд, внимание аналитической лаборатории ИГМИ привлек метод сульфурирования, так как им достигается не только разложение, но и одновременно производится отделение олова от остальных элементов, кроме мышьяка и сурьмы, присутствие которых в небольших количествах не мешает определению олова йодометрией.

Неудобство этого метода заключается в том, что при сульфурировании сплавлением с углекислыми щелочами и серой требуется соблюдать в точности определенные условия работы, хотя эти условия до сих пор еще и не общеизвестны. (Бильц В. и Бильц Т.).

По Бильцу, который описание сульфурирования при Фрейбертском разложении заимствовал из личных указаний и сообщений Клеменс-Винклера и его последователя Брунка, сульфурирование сплавлением с углекислой щелочью и серой протекает в два периода.

В первом периоде при осторожном нагревании сера не испаряясь образует с углекислой щелочью, наряду с другими продуктами, многосернистую щелочь. Особо важным моментом первого периода является условие полного перехода углекислой щелочи при реакции с серой в многосернистую щелочь. В случае быстрой отгонки серы, что возможно при неосторожном нагревании, остается свободной уг-

лежислая щелочь, которая при последующем сплавлении не вступает в реакцию с веществом, но действует на стенки тигля.

Через 15—20 минут повышают температуру.

Во втором периоде металлы в реакционной смеси сульфурятся. По истечении 10—15 минутного прокаливания начинают охлаждать. Охлаждение производится постепенно, чтобы не вызвать растрескивания тигля от давления застывающей массы.

По указаниям Гиллебранда сульфуривание возможно сплавлением с гипосульфитом, причем он так же, как и другие авторы, указывает на недостаточное разложение касситеритов руд этим способом.

Указание некоторых авторов на неполноту разложения оловосодержащих руд методом сульфуривания и неполный переход олова в сульфосоль, вероятней следует отнести не за счет особо трудной разлагаемости некоторых видов оловянных камней, а за счет наличия в рудах компонентов, мешающих переходу олова в сульфосоль, за счет условий сульфуривания и свойства исходных веществ, взятых для этой цели.

Вполне естественно было предположить, что более удобным реагентом для сульфуривания является обезвоженный серноватистокислый натрий, уже потенциально содержащий в своей молекуле сульфидную серу, разлагающийся при нагревании выше 200° с образованием сульфата и пентасульфата натрия:



Таким образом, многосернистая щелочь в этом случае образуется наряду с сульфатом натрия независимо от условий сульфуривания. Для выявления сульфуривующей способности серноватистокислого натрия (гипосульфита) был поставлен ряд опытов по сульфуриванию чистого препарата SnO_2 .

Имеющаяся в лаборатории х. ч. металолювиная кислота была прокалена в электротигельной печи при светло-красном калении в продолжении двух часов и хранилась в эксикаторе в бюксе над хлористым кальцием.¹⁾

Сульфуривание и определение олова производилось следующим образом.

Навеска SnO_2 в 0,05 — 0,1 гр. растиралась в полированной яшмовой ступке с количеством гипосульфита от 4 до 8 грамм. Смесь переносилась в фарфоровый тигель и подвергалась сплавлению или спеканию в электрической печи, часть серы от разложения гипосульфита при этом испарялась и сторала. Полученный сплав или спекшаяся масса по охлаждении выщелачивалась и сульфосоль от-

1) Сильно прокаленная оловянная кислота становится по своим свойствам очень схожей с природным оловянным камнем. (Менделеев — Основы химии).

фильтровывались. Полисульфидная сера связывалась цианистым калием и сульфосоли разлагались подкислением 10% HCl почти до полной нейтрализации, а затем уксусной кислотой до кислой реакции. Выпавший сульфид олова, после оттаивания за ночь, отфильтровывался, промывался 10—11 раз слабым раствором уксусной кислоты с 1—2% раствором азотнокислого аммония. По высушивании в термостате осадок переносился в тарированный тигель, фильтр озолялся и присоединялся к осадку.

После прокаливании олово определялось весовым путем в виде SnO_2 .

Сульфурование гипосульфитом.

Таблица 1.

№ п. п.	Навеска	Колич. гипосуль- фита в гр.	Сплавление или спекание	Найдено	Разность
1	0,1 гр.	6 гр.	Сплавление	0,0965	0,0035
2	0,1 „	6	„	0,0982	0,0018
3	0,1	6	„	0,0932	0,0068
4	0,1052	8	„	0,0996	0,0056
5	0,1037	4	„	0,0984	0,0053
6	0,1	7	Сплавление	0,0946	0,0054
7	0,1002	7	„	0,1000	0,0002
8	0,1032	8	„	0,1012	0,0020
9	0,1016	8	„	0,0938	0,0078

Из таблицы ясно видна недостаточная сульфурующая способность гипосульфита. На это же указывает и бурый цвет сульфита двухвалентного олова, выпадающего при подкислении сульфосоли.

С другой стороны, полученные результаты давали указания на возможность получения удовлетворительных результатов при сульфуровании сплавлением с гипосульфитом с прибавлением необходимого количества серы.

Поставленные опыта сплавления SnO_2 с гипосульфитом и серой, взятых в таком отношении, чтобы при отгонке части серы была возможность образования более огнестойкого трисульфида, натрия, дали положительные результаты. При этом рядом поставленных опытов было установлено, что полное сульфурование происходит при следующих условиях: 1) тщательное перемешивание (лучше растирание в ступке) исследуемого вещества с сульфурующей смесью; 2) отношение гипосульфита и серы должно быть как 2 : 1, причем,

если половину взятой серы с небольшим количеством $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (от 0,2 — 0,5 гр.) положить на дно тигля, то сульфурование протекает полнее. Очевидно, при осторожном нагревании, сера, возгоняясь по рыхлой массе реакционной смеси, обволакивает каждую частичку исследуемого вещества, способствуя этим полному переходу олова в сульфосоль и восстановлению образовавшегося при разложении гипосульфита сульфата в сульфид; 3) доведение нагревания до плавления реакционной смеси.

После выпечалачивания сплава сульфосоль разлагалась подкислением, как указано выше, сульфид олова (желтый) отфильтровывался и растворялся в 15 мл крепкой HCl , раствор разбавлялся водой до содержания 3—5 мл HCl на 100 мл воды и олово осаждалось сероводородом. Далее по прокаливанию и взвешивании определялось в виде SnO_2 .

В таблице 2 приведены результаты сульфурования путем сплавления с гипосульфитом и серой.

Сульфурование серой и гипосульфитом.

Таблица 2.

№ № п. п.	Навеска	Колич. гипосуль- фита в гр.	Колич. серы	Харак- тер пе- ремеш.	Нагрева- ние до	Найдено	Разность
1	0,05	10 гр.	6 гр.	Растира-	Сплав	0,0504	0,0004
2	0,05	10 гр.	4	ние в	ление	0,0496	0,0004
3	0,05	9	5	ступке		0,0486	0,0004
4	0,05	9	5			0,0486	0,0014
5	0,05	8	4	"	"	0,0496	0,0004
6	0,1	12	4	"	"	0,0998	0,0002
7	0,1	12	4	"	"	0,0970	0,0030
8	0,1	15	4	"	"	0,0998	0,0002

Определение олова при сульфуровании в указанных выше условиях было произведено и объемным методом.

Ход работы до момента растворения сульфида олова в крепкой соляной кислоте тот же, что и при весовом методе определения. По растворении в соляной кислоте раствор разбавлялся равным количеством воды и нагревался в течение 15—20 минут почти до кипения для удаления сероводорода, затем отфильтровывался в Эрленмейеровскую колбу на 500—600 мл. По добавлении 40—50 мл соляной кислоты олово восстанавливалось алюминием. Перед окончанием восстановления еще добавлялось 40—50 мл соляной кислоты, выпавшее при восстановлении олово растворялось при нагревании, и по

охлаждении титровалось санинормальным раствором иода в присутствии крахмала до появления исчезающей синей окраски. Для предотвращения от окисления двувалентного олова с момента перед окончанием восстановления до конца титрования через раствор пропускался ток углекислого газа.

В таблице приведены результаты объемного определения олова.

Объемное определение олова.

Таблица 3.

№№ п. п.	Навеска	Колич. гипосуль- фита	Колич. серы	Найдено	Разность
1	0,05	10 гр.	5 гр.	0,0498	0,0002
2	0,05	10	5	0,0502	0,0002
3	0,05	10	5	0,0503	0,0003
4	0,05	10	5	0,0506	0,0006
5	0,05	10	5	0,0502	0,0002

Титр иода устанавливался по х. ч. олову. Полученные результаты при сульфуривании чистого препарата SnO_2 путем сплавления с гипосульфитом и серой дают основание сделать вывод о полной возможности применения их для целей сульфуривания оловосодержащих руд.

Разложение оловосодержащих руд (Ононских, Шерловгорских, Смирновских, Халчерангинских) методом сульфуривания сплавлением с гипосульфитом и серой. Сульфуриванию сплавлением с гипосульфитом и серой были подвергнуты руды уже исследованные на содержание в них олова в производственных лабораториях, где определение олова в Шерловгорских, Ононских и Халчерангинских рудах производилось сплавлением с едким натром, с предварительной обработкой плавиковой кислотой для удаления кремния, с последующим титрованием раствором иода, и в Смирновских — методом восстановления водородом.

Первые исследования руд на содержание в них олова имели целью выяснить, при каких температурных условиях и каком по внешнему виду состоянии нагреваемой массы, происходит более полное превращение оловянного камня в сульфосоль.

Для этого навески одного и того же образца были подвергнуты нагреванию до моментов спекания и сплавления. Определение олова производилось пометрическим методом, как описано выше.

Влияние термической обработки на ход реакции.

Таблица 4.

№№ п. п.	Лабор. №№ руд	Навеска посульф. и серы	Навеска руды	Содерж. олова	Найдено при условиях	
					Сплавл.	Спекан.
1	3850	12 гил. 8 сер.	1 гр.	0,6%	0,6%	0,29%
2	3966	"	1 гр.	0,28%	0,28%	0,17%
3	3934	"	1 гр.	0,55%	0,55%	0,18%

Из данных табл. 4 видно, что для полного разложения олово-содержащих руд необходимо доводить реакционную смесь до плавления. При этом рядом опытов установлено, что моментом окончания сульфурирования является оседание в тигле реакционной смеси, с характерным видом оплавленной массы, с жидкими каплями или струйками на ее поверхности. Совершенно излишне доводить нагревание до образования легко-подвижного сплава, так как в дальнейшем это затруднит его выщелачивание и ведет к повышенному расходу тиглей. При получении же легкоподвижного сплава осторожным вращением тигля можно равномерно распределить сплав по его стенкам.

Из наблюдений над сплавлением с сульфурiruющей смесью следует отметить, что не для всех руд оно протекает одинаково.

Замечено, что более легко сплавляются руды, содержащие элементы сульфокислот, в особенности мышьяк; труднее—руды, содержащие металлы являющиеся сульфосоединениями. Предпринятая попытка удаления из руды перед ее сплавлением части растворимой в кислотах дала положительные результаты. Сплавление протекает более легко.

Наряду с установлением условий нагревания реакционной смеси были выяснены и условия титрования.

Титрование производилось в атмосфере углекислоты, которая создавалась: 1) от взаимодействия раствора бикарбоната натрия, втягиваемого в колбу при ее охлаждении, с HCl титруемого раствора; 2) при постоянном токе CO₂ из аппарата.

Причем в первом случае при повторных определениях олова в одних и тех же образцах руды получились значительные расхождения.

Приведенные ниже, в таблице 5, данные характеризуют эти расхождения.

Таблица 5.

№№ п. п.	Лаборат. №№ руды	Число сделанных определений			
		1	2	3	4
1	3996	1,39 ⁰ / ₀	1,44 ⁰ / ₀	1,22 ⁰ / ₀	1,28 ⁰ / ₀
2	3992	0,28	0,24	0,29	0,26
3	3928	0,13	0,1	—	—

Кроме того, при титровании в этих условиях получаются пониженные результаты.

Титрование в приборе, с пропусканием углекислого газа перед окончанием восстановления и до конца титрования, дает удовлетворительные результаты и совпадение между основной и параллельной пробой. В табл. 6 приведены результаты ряда определений при титровании в приборе.

Таблица 6.

№№ п. п.	Лаборат. №№ руды	Число проведенных определений				
		1	2	3	4	5
1	б/м Шерл					
2	гора,	3,14 ⁰ / ₀	3,13 ⁰ / ₀	3,06 ⁰ / ₀	3,14 ⁰ / ₀	3,16 ⁰ / ₀
3	3966	0,28	0,28			
4	3400	0,76	0,74			
5	3950	0,6	0,6	0,59		
6	3928	0,15	0,15			
	3934	0,55	0,55			

Ниже в таблице приведены сравнительные результирующие данные по анализам ряда Шерловоторских, Ононских и Халгерайтинских руд, проведенных методом сплавления со щелочами, с предварительным удалением кремния плавиковой кислотой и последующим титрованием раствором иода, в условиях, указанных выше, и данные, полученные методом сульфурирования в лаборатории ИГМИ, с последующим титрованием иодным раствором в приборе.

Таблица 7.

№№ п. п.	Лаборат. № руды	Найдено в ⁰ / ₀	
		Сплавлени- ем со щелочами	В лаборат. ИГМИ методом сульфуриров.
1	3934	0,6 ⁰ / ₀	0,55 ⁰ / ₀
2	3996	1,71	1,6
3	Шерл. гора	3,04	3,14
4	3928	0,12	0,15

№№ п. п.	Лаборат. № руды	Найдено в ‰‰	
		Сплавлени- ем со щелочами	В лаборат. ИГМИ методом сульфуриров.
5	3950	0,52‰	0,60‰
6	3966	0,27	0,28
7	3974	0,06	0,1
8	3400	0,21	0,75
9	3933	0,03	0,03
10	3987	0,05	0,13
11	3957	0,03	0,03
12	682	Нет данных	нет
13	1884 Ханчеранга		6,64
14	1855 „		4,08

Возможно, что при определении олова в рудах методом сплавления со щелочами, помимо указанных причин, влияет на расхождение между параллельной и основной пробами одного и того же образца руды и влечет пониженные результаты наличие в титруемом растворе сравнительно больших количеств железа из железных тиглей, которое по литературным указаниям создает благоприятную окислительную среду для двухвалентного олова. В методе сульфурования железо присутствует в весьма незначительных количествах.

Кроме Ононских и Шерловогорских руд были подвергнуты сульфурованию Смирновские, содержащие олово, свинец, цинк и сурьму руды. Определение олова в них производилось иодометрически с разложением помимо сульфурования методом восстановления водородом.

Таблица 8

№№ п. п.	Лаборат. № руды лабор. ГРГ	Число проведенных определений методом сульфурования				Результаты определен. методом вос- становл. во- дородом
		1	2	3	5	
1	3727	0,58‰	0,56‰			0,59‰
2	3724	0,33	0,33	0,31‰		0,48
3	3728	0,53	0,48	0,56	0,51‰	0,55
4	3737	1,55	1,62	1,52	1,48	1,28
5	3731	1,48	1,52			1,42

Заключение. На основании произведенных исследований, как над чистым препаратом, так и рудами, способ разложения оловосодержащих руд сульфурованием, путем сплавления с гипосульфитом и серой с последующим определением олова иодометрией, можно признать

вноне применимым в лабораторной практике, дающей достаточно для целей технического анализа удовлетворительные результаты.

Тем более он заслуживает внимания при исследовании на олово Забайкальских оловосодержащих руд, определение олова в которых другими методами усложняется наличием в них часто значительных количеств кремния, вольфрама, сурьмы, железа и других элементов.

В ходе анализа при разложении руд сульфурованием с гипосульфитом и серой элементы, мешающие так или иначе определению олова, изолируются и к моменту титрования олова в растворе остаются только олово и сурьма. Причем, по имеющимся в литературе указаниям, последние даже в значительных количествах не вредят определению олова подометрией.

Особенно приходится подчеркнуть отсутствие в методе сульфурования при титровании олова железа, наличие которого, как указано выше, создает благоприятную и окислительную среду для олова. Вольфрам и мышьяк отделяются перед титрованием при растворении сульфидов в соляной кислоте в виде вольфрамовой кислоты и сернистого мышьяка. Кремний, как показали наблюдения, при описанных выше условиях почти не вступает во взаимодействие с гипосульфитом.

Операции фильтрования протекают легко. Фильтрат подготовленный к титрованию, прозрачен, что дает возможность легко определить конечную точку титрования. Осадки сернистых металлов, являющихся сульфессованиями, при сульфуровании переходят в легко фильтруемую крупно-кристаллическую форму.

Возможность применения метода сульфурования проверена большим числом проведенных лабораторией анализов оловосодержащих руд из различных Забайкальских месторождений с различным содержанием в них олова и составляющих их компонентов. В большинстве случаев производилось контрольное разложение другими способами, причем резкого расхождения в процентном содержании определяемого олова не наблюдалось.

Следует также отметить доступность предлагаемого способа с применением недефицитных реактивов отечественного производства и чистоту работы.

Литература:

1. Г. Бильц и В. Бильц. Количественный анализ.
2. В. Гиллебранд и Г. Лендель. Практическое руководство по неорганическому анализу.
3. Д. И. Менделеев. Количественный анализ. Изд. 1866 г.
4. Ф. Тредвел. Курс аналитической химии.
5. А. В. Червяков, А. В. Волкова и А. А. Бабаков. Технический анализ в металлургии, перевод книги С. Стюг.

Поверки нивелира Цейса

Наряду с рассмотрением нивелиров других систем описание устройства и поверок нивелира Цейса можно найти почти в каждом учебнике низшей геодезии.

Значительно более подробно разобрана геометрия этого инструмента в специальных выпусках, посвященных этому прибору.

Нивелир Цейса пользуется большой популярностью среди инженеров и техников, работающих в различных областях нашего народного хозяйства, т. к. конструкция его имеет преимущества перед старыми системами. Однако, в практике приходится наблюдать, что работающие с этим прибором инженеры и техники не всегда ответливо представляют геометрию инструмента. В том случае, когда работа ведется при одном положении уровня, производство поверок сводится, как известно, к определению среднего отчета из 4-х отсчетов при различных положениях уровня и окуляра, наведению средней нити на этот отсчет и исправлению призм и уровня до совпадения концов пузырька.

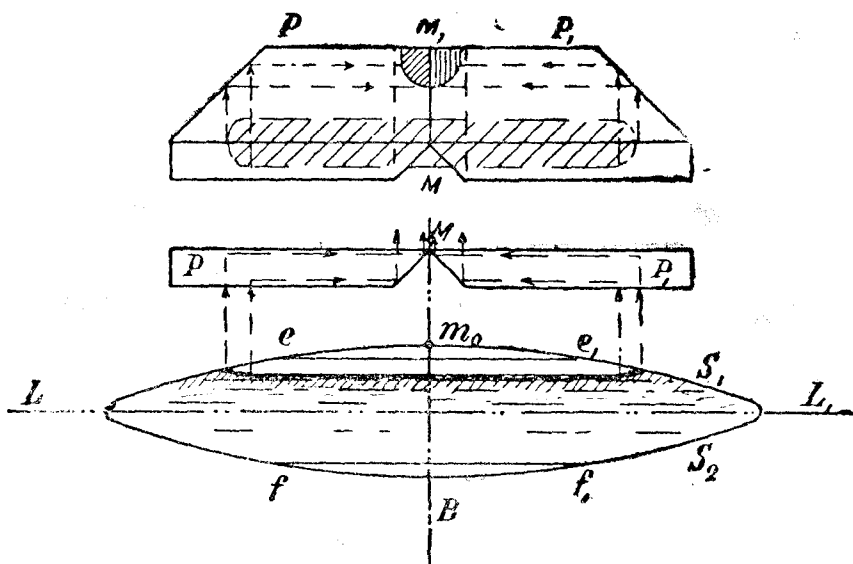
В том случае, когда работа ведется при двух положениях уровня, эта схема не является рациональной, что побудило автора опубликовать настоящую работу в надежде, что она послужит на пользу изучающим и применяющим этот инструмент.

Из общей теории нивелира Цейса известно, что если мы видим в призме концы пузырька уровня совпадающими, пузырек расположен симметрично относительно оси симметрии MM призм PP_1 (черт. 1).

Это следует непосредственно из рассмотрения черт. 1.

Нивелир снабжен поворотным уровнем, у которого имеются две работающие поверхности, дающие в сечении с вертикальной плоскостью дуги S_1 и S_2 . Известно также, что при достаточно тщательном изготовлении уровня всегда мыслятся такие две параллельные хорды ee_1 , ff_1 , и такое положение призм PP_1 , что плоскость, проходящая через MM и биссектрису MB расщепит эти хорды пополам.

Такое положение призм назовем правильным.



Черт. 1

Пусть этому положению биссектрисы призм на дуге S_1 соответствует точка m_0 .

Если пузырек уровня приведен в параллельность хордам ee_1 и ff_1 , хорды займут горизонтальное положение. Среднюю линию LL_1 , параллельную хордам ee_1 , назовем осью уровня. Из чертежа 1 непосредственно следует, что ось уровня можно привести в горизонтальное положение только при правильном положении призм, т. е. при совпадении биссектрисы MB с точкой m_0 ; во всех других положениях (ось MB смещена вправо или влево) совпадение концов пузырька в призме будет происходить в момент, когда ось уровня наклонена к горизонту.

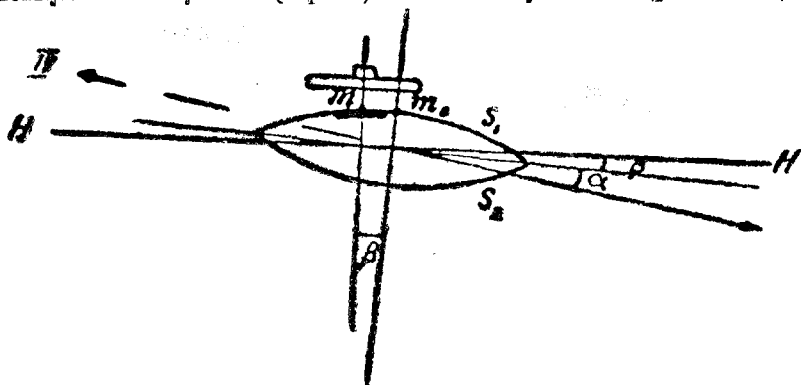
Условимся четыре различных положения, возможных вследствие поворота трубы вокруг своей оси на 180° и перемены места окуляра, называть следующим образом:

- I — окуляр в первом положении, уровень слева (призма сверху),
- II — окуляр в первом положении, уровень справа (призма внизу),
- III — окуляр во втором положении, уровень слева (призма внизу),
- IV — окуляр во втором положении, уровень справа (призма сверху).

Для простоты рассуждений допустим, что обе визирные оси совпадают с геометрической осью трубы, с тем, чтобы в дальнейшем показать, что несовпадение осей не имеет никакого значения.

Условимся также рабочими положениями инструмента считать положение I и II.

Положим, что биссектриса MB призм смещена от точки m_0 на линейную величину mm_0 (черт 2). В таком случае совпадение концов



Черт. 2:

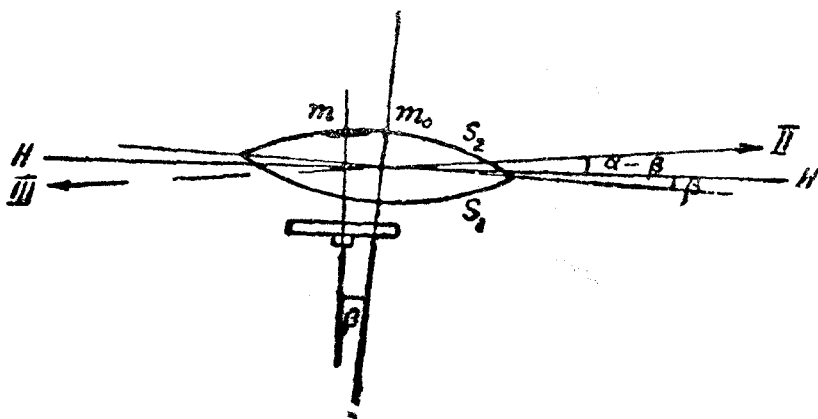
пузырька в призме произойдет тогда, когда ось уровня наклонится к горизонту под углом β . Допустим, что визирная (или при нашем предположении — геометрическая) ось трубы составляет с осью уровня угол α ; тогда визирная ось (положим для положения I) будет составлять с горизонтом угол $\alpha + \beta$. Следовательно, если бы мы сделали при этом положении инструмента отсчет по рейке, то полученный отсчет a_1 , был бы меньше a_0 (соответствующего горизонтальному положению визирной оси трубы) на величину Δa_1 .

Перенесем окуляр во второе положение, оставив уровень на месте. Тогда, имея в виду допущение о совпадении визирных осей, мы получим отсчет $a_1 = a_0 + \Delta a_1$, т. е. визирная ось была бы наклонена к горизонту под углом $\alpha + \beta$.

Отсюда следует, что если бы визирные оси совпадали, то a_0 мы могли бы получить как среднее из отсчетов a_1 и a_4 .

Переведем трубу в положение II (черт. 3) и приведем концы пузырька уровня в совпадение. Тогда ось уровня, благодаря смещению призм от правильного положения в сторону окуляра на величину m_0m , снова займет такое же положение, как и в положении I. Визирная ось будет лежать выше горизонта (при условии $\alpha > \beta$) и составлять с ним угол $\alpha - \beta$. Следовательно, по рейке будет прочтен отсчет $a_2 = a_0 + \Delta a_2$, где $\Delta a_2 \neq \Delta a_1$. Перенеся окуляр во второе положение и сделав отсчет, получим $a_3 = a_0 - \Delta a_2$, т. е. опять a_0 могло бы быть получено, как среднее из отсчетов a_2 и a_3 . Проследим за тем, каково будет влияние на отсчеты несовпадения визирных осей.

Предположим, что вторая ось составляет с осью уровня угол



Черт. 3

$\alpha' > \alpha$ тогда, при наших построениях,

$$\frac{a_1 + a_4}{2} - a_0 = \Delta a \text{ и } \frac{a_2 + a_3}{2} = \Delta a,$$

т. е. в общем случае, когда визирные оси не совпадают, отсчет, соответствующий горизонтальному положению геометрической оси трубы, будет:

$$a_0 = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4}$$

Если мы имеем несовпадение первой оси с геометрической осью, то значения a_1 и a_2 будут содержать погрешности с разными знаками, что не отразится на выводе a_0 ; эти рассуждения применимы и для отсчетов a_3 и a_4 . В дальнейшем будем рассматривать общий случай, т. е. когда возможны несовпадения визирных осей с геометрической осью трубы. Пусть первая и вторая визирные оси и геометрическая ось трубы с осью уровня составляют углы соответственно α_1 , α_2 и α .

Теперь проверки ¹⁾ нивелира Цейса можно формулировать следующим образом:

1. Вертикальные плоскости, проходящие через ось уровня и геометрическую ось трубы, должны быть параллельны.

2. Призмы должны занять такое положение, чтобы при горизонтальном положении оси уровня концы пузырька в призме были совмещены.

3. Ось уровня должна быть параллельна геометрической оси трубы.

1. Проверка производится следующим образом: устанавливается нивелир, и вертикальная ось его приводится по круглому уровню в отвесное положение. Метрах в 50 от нивелира устанавливается

¹⁾ Проверки рассчитаны на работу при двух рабочих положениях трубы I и II.

рейка с тем расчетом, чтобы труба, наводимая на рейку, приходилась над одним из трех подъемных гинтов. Концы пузырька уровня приводятся в совпадение, и на рейке замечается отсчет a_1 . После этого правый и левый подъемные винты вращаются на один оборот в противоположном друг другу направлении (один по ходу часовой стрелки и другой против хода) и труба элевационным винтом снова наводится на отсчет.

Если первое условие выполнено, то концы пузырька останутся совмещенными; в противном случае уровень исправляется горизонтальными исправительными винтами уровня.¹⁾

2. Для выполнения второго условия необходимо установить, совпадает ли первая визирная ось с геометрической осью трубы. Для этого на рейке берутся два отсчета в положениях I и II (не трогая элевационного винта), и расхождение между отсчетами b_1 и b_2 укажет на несовпадение визирной и геометрической осей. Понятно, что это несовпадение устранить нельзя.

Затем берутся четыре отсчета, соответствующие положениям I, II, III, IV (каждый раз совмещая концы пузырька), и образуется арифметическое среднее

$$a = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4}$$

составляются полуразности

$$\frac{a_1 - a_2}{2} \quad \text{и} \quad \frac{b_1 - b_2}{2}$$

и сумма

$$A_1 = a_0 + \frac{a_1 - a_2}{2},$$

при этом необходимо учитывать знак полуразностей.

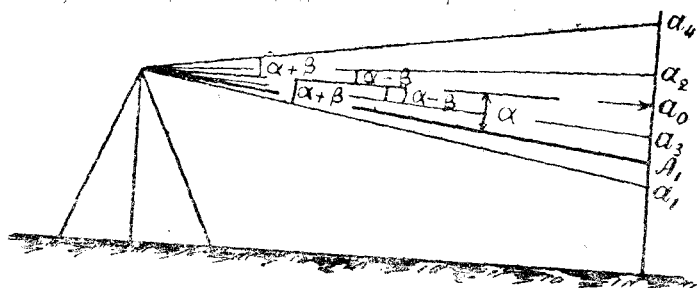
Труба возвращается в положение I и элевационным винтом наводится на отсчет A_1 ; изображения концов пузырька уровня приводятся в совпадение путем перемещения призм, которые займут правильное положение.

3. После выполнения ш. 2 труба наводится на отсчет $A = a_0 + \frac{b_1 - b_2}{2}$ и разведшиеся вновь концы пузырька уровня приво-

¹⁾ Первая проверка изложена применительно к описанию проверок, приведенных в работе О. Г. Дитц. Нивелир Цейса. В том случае, когда имеются основания предполагать, что погрешность эта значительна, строгое устранение ее лучше достигается после того, как будут проделаны 2 и 3 проверки. Но при приведении геометрической оси трубы и оси уровня в горизонтальное положение, эта погрешность легко обнаруживается небольшим поворотом трубы вокруг ее геометрической оси всякий раз, когда подвески уровня не равны, концы пузырька уровня разойдутся. Исправление производится боковыми горизонтальными винтами уровня.

дятся в совпадение вертикальными исправительными винтами уровня. ¹⁾

Доказательство п. 2 следует непосредственно из рассмотрения чертежа 4, являющегося объединением чертежей 2 и 3.



Черт. 4

Абсолютное значение полуразности $\frac{a_1 - a_2}{2}$ соответствует перемещению оси трубы на угол α , т. е. на угол между осью уровня и первой визирной осью трубы; так что при наведении трубы на отсчет $A = a_0 + \frac{a_1 - a_2}{2}$ ось уровня становится горизонтальной; следовательно, концы пузырька уровня должны быть совмещены.

Доказательство п. 3 основано на следующих рассуждениях: при наведении визирной оси трубы на отсчет $A_2 = a_0 + \frac{b_1 - b_2}{2}$ геометрическая ось трубы займет горизонтальное положение, а ось уровня составит с горизонтом угол α .

Так как согласно п. 2 призмы заняли правильное положение, то совмещение концов пузырька при помощи вертикальных винтов уровня приведет ось его в горизонтальное положение, т. е. ось уровня станет параллельной оси трубы.

Таким образом, все поверки нивелира Пейса исчерпаны.

Последнее действие, т. е. приведение концов пузырька в совпадение при помощи исправительных винтов полностью осуществить довольно трудно, но это и не обязательно, так как при правильном положении призмы ось уровня приводится строго в горизонтальное положение, а влияние остаточного угла между осью

1) Если работу предполагается производить только при 1 положении, то при исполнении третьей поверки визирная ось в положении 1 наводится на отсчет a_0 , и концы пузырька с возможной точностью приводятся в совпадение вертикальными исправительными винтами уровня, и лишь остаточное расхождение концов пузырька устраняется перемещением призмы. Отсчетов b_1 и b_2 делать не следует.

уровня и осью трубы из двух положений инструмента I и II совершенно исключается, т. е. только при правильном положении призм, какого мы добились приемом, описанным в п. 2, средний из двух отсчетов a_1 и a_2 равен a_0 . Как только призмы смещены, среднее из a_1 и a_2 уже не дает a_0 .

Как было уже замечено, нивелир Цейса имеет ряд преимуществ перед нивелирами других систем, радикально отличающихся от него по своим конструкциям. Применение нивелира Цейса при Днепровских изысканиях, а равно при изысканиях рек Восточной Сибири, где с этим инструментом пройдено тысячи километров, показали высокие качества инструмента и значительную скорость производства работы. Надо пожелать, чтобы наша промышленность геодезического инструментостроения при разработке моделей массового выпуска использовала преимущества конструкции нивелира Цейса, чем, безусловно, сослужит большую службу делу рационализации нивелировочных работ в Советском Союзе.

Отв. редактор В. Р. Хохлов.

Техн. редактор П. А. Бризон.

Сдан в производство 19 апреля с. г. Подписан к печати 7 июля 1938 г.
Колич. тип. знаков 45000. Объем печатных листов 6³/₄.

Типография «Вост.-Сиб. Правды». Заказ № 667.

Горлит № 999

Тираж 250

СОДЕРЖАНИЕ.

	Стр.
1. Шаманский Л. И. Анализ геологического строения · Салаирского рудного участка	5
2. Францкая Е. В. Минералогия руд Ключевского золо- трудного месторождения	13
3. Сасим П. С. Исландский шпат с р. Н.-Тунгуска . . .	40
4. Славнин Г. П. Флотация золота Байкальской россыпи	57
5. Кропачев Г. К. Возможности использования бурых уг- лей в Восточной Сибири.	68
6. Славнин Г. П. Обогащение свинцовой руды месторож- дения Усть-Парная.	76
7. Подгорбунский В. А. Сульфурирование оловосодер- жащих руд путем сплавления с гипосульфитом и серой. .	90
8. Нуварьев В. С. Поверки нивелира Цейса.	101