

Е. В. Копченко

Минералогический анализ шлихов

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 55
ББК 26.3
Е11

Е11 **Е. В. Копченова**
Минералогический анализ шлихов / Е. В. Копченова – М.: Книга по Требованию, 2013. – 210 с.

ISBN 978-5-458-36660-1

ISBN 978-5-458-36660-1

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ОБЩАЯ СХЕМА МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ШЛИХОВ

В полевых условиях для определения минералов шлихов приходится пользоваться наиболее простыми методами анализа, не требующими применения сложных приборов. Минералы определяются, главным образом, по внешнему виду (окраске, блеску и форме зерен), удельному весу и с помощью простейших химических реакций.

При анализах искусственных шлихов из дробленых проб определение минералов часто затрудняется из-за плохой сохранности кристаллических форм, нарушаемых при дроблении горной породы. В этом случае приходится чаще прибегать к определению оптических свойств и химического состава минералов.

Иногда в лабораторию поступают шлихи недостаточно хорошо отмытые, т. е. содержащие большое количество кварца, полевых шпатов и других легких минералов. Обычно такие шлихи имеют серую окраску и в промышленности называются «серыми шлихами». Эти шлихи перед анализом предварительно отмывают («доводят»), пользуясь небольшим железным ковшом или алюминиевой или фарфоровой чашкой. Доводку шлиха производят в большом тазу или в ведре. Шлих высыпают в железный ковш (или чашку) и погружают ковш в воду. Встряхиванием взмучивают шлих и, осторожно наклонив ковш, смывают легкие минералы. Даже при очень тщательной отмывке незначительная часть тяжелых минералов смывается вместе с легкими. Поэтому после первой промывки оставшийся в ковше шлих переносят в небольшую фарфоровую чашку, а легкие минералы, находящиеся на дне таза или ведра, вторично отмывают в ковше. Выделенные после второго отмывания тяжелые минералы присоединяют к основной массе отмытого шлиха. Затем шлих высушивают и взвешивают.

Минералогический анализ шлиха делится на две существенно различные части: механическое разделение шлиха на фракции и определение минералов.

В состав шлиха обычно входит большое число различных минералов, многие из которых весьма сходны по внешнему виду. Очень часто наиболее интересные в промышленном или поисковом отношении минералы присутствуют в шлихе в относительно малых количествах и не могут быть обнаружены без предварительного выделения их из общей массы минералов. Разделение шлихов на фракции основано на различии физических свойств минералов: магнитности, удельного веса и размера зерен.

Определение минералов, выделенных из шлихов, в полевых условиях, как уже говорилось, производят по внешнему виду, окраске, удельному весу и с помощью простейших химических реакций. Для более точной диагностики минералов приходится пользоваться определением оптических свойств, люминесценции

минералов в катодных и ультрафиолетовых лучах и другими более сложными методами анализа, которые уже не всегда можно использовать в условиях полевой шлиховой лаборатории.

Общая схема минералогического анализа шлиха приведена на рис. 1 и сводится к следующим операциям:

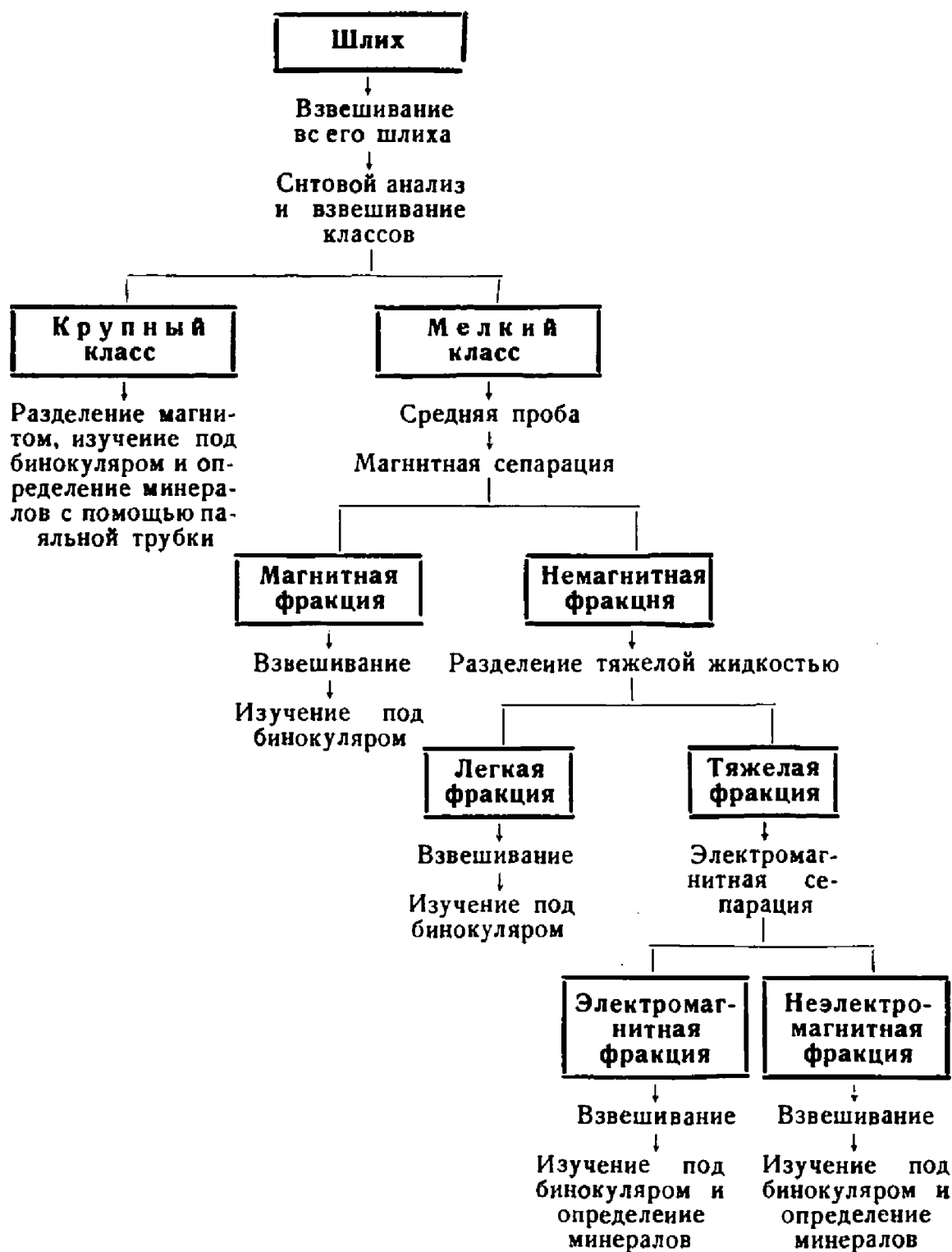


Рис. 1. Общая схема шлихового анализа

1. Взвешивание всего шлиха.
2. Разделение на ситах и взвешивание выделенных классов.
3. Изучение крупного класса под бинокуляром и определение минералов с помощью паяльной трубки.
4. Отбор средней пробы из мелкого класса и взвешивание ее.
5. Разделение постоянным магнитом.
6. Разделение электромагнитом.
7. Разделение тяжелой жидкостью.
8. Изучение фракций под бинокуляром.
9. Определение минералов под микроскопом и с помощью химических реакций.
10. Количественное определение минералов.

ВЗВЕШИВАНИЕ

Взвешивание шлиха и всех выделенных фракций проводят на аптекарских весах с точностью до 0,01 г. Если в лабораторию поступают большие количества шлиха, взвешивание производят на весах Роберваля. Результаты взвешивания записывают в табл. 1.

РАССЕИВАНИЕ НА СИТАХ

Шлих, содержащий минеральные зерна различной крупности, перед анализом должен быть рассеян на ситах, так как неравномернозернистый материал не дает полного разделения минералов магнитом, электромагнитом и тяжелыми жидкостями. Кроме того, ситовой анализ позволяет определить процентное соотношение минералов в классах различной крупности. Если количество шлиха велико и для анализа приходится отбирать среднюю пробу, то ее необходимо отбирать после рассеивания, так как не исключена возможность, что средняя проба, отобранная из шлиха, содержащего зерна различной крупности, будет значительно отличаться от среднего состава всего шлиха. При шлиховом анализе обычно употребляют сита с диаметром отверстий в 2 мм, 1 мм и 0,5 мм.

Часто пользуются набором сит, вставляющихся одно в другое. Колонку сит составляют таким образом, чтобы верхнее сито было самым крупным, а под ним помещались сита с постепенно уменьшающимся диаметром отверстий. Шлих высыпает в верхнее сито и встряхивают колонку сит до тех пор, пока не закончится разделение. После этого сита разъединяют и взвешивают классы, оставшиеся на ситах.

Иногда размеры отверстий сит измеряются не в миллиметрах, а в мешах. Это американская система измерения, по которой число меш соответствует числу отверстий в линейном дюйме. Величина отверстий в миллиметрах для американских сит приведена в табл. 2.

Схема записи результатов минерало

№ п/п	Месторожде- ние, № шлиха	Вес промывной породы, кг	Общий вес шлиха, г	Вес крупного класса, г	Вес мелкого класса, г	Навеска для анализа, г	Магнитная фракция, г	Тяжелая неэлек		
								Вес фрак- ции, г	касситерит	шеллит
1 2	Белая речка									
	Шлих № 260	30	120,52	17,20	103,32	10,0	1,15	0,90	×××	×
	Шлих № 261	30	45,20	21,35	23,85	10,0	0,80	1,15	×××	ед. з.

Примечание: ед. з.—единичные зерна минерала во фракции,
××× — много минерала (50—90%).

Число меш увеличивается с уменьшением размера отверстий.
В последнее время в советской литературе обсуждается во-
прос о единой шкале отверстий сит. П. Ф. Еремин (1949) пред-
лагает проект шкалы отверстий сит, приведенный в табл. 3.

Таблица 2

Размер отверстий сит

Сита системы Тайлора		Сита системы УММ	
число отверстий в линейном дюйме (меш)	величина отверстий мм	число отверстий в линейном дюйме (меш)	величина отверстий мм
3	6,68	5	2,54
4	4,70	8	1,57
6	3,30	10	1,27
8	2,36	12	1,06
10	1,65	16	0,79
14	1,17	20	0,64
20	0,83	30	0,42
28	0,59	40	0,32
35	0,42	50	0,25
48	0,295	60	0,21
65	0,208	70	0,18
80	0,175	80	0,16
100	0,147	90	0,14
150	0,104	100	0,13
200	0,074	120	0,11
		150	0,08
		200	0,06

Таблица 1

гического анализа шлихов

ромагнитная фракция				Электромагнитная фракция							Примечание
циркон	золото	андалузит	апатит	вес фракции, г	ильменит	турмалин	вольфрамит	колумбит	монацит	роговая обманка	
×××	—	ед. з.	ед. з.	1,82	×××	×	—	ед. з.	×	ед. з.	
×	ед. з.	—	—	0,58	×	×	ед. з.	—	×	ед. з.	

×—мало минерала (1—10%), ××—среднее количество минерала (10—50%),

Таблица 3

Шкала отверстий сит

Сантиметровые см	Миллиметровые мм		Микроновые μ
10	10	1	100
8	8	0,8	80
6	6	0,6	60
4	4	0,4	40
2	2	0,2	20
1	1	0,1	10

КРУПНЫЙ КЛАСС

Крупный класс содержит зерна диаметром больше 0,5 мм. Если шлик рассеивался на нескольких ситах, то имеется несколько крупных классов, например: от 0,5 до 1 мм, от 1 до 2 мм и > 2 мм. Каждый из этих классов разделяют магнитом и просматривают под биноклем. Минералы, выделенные из крупных классов, определяют с помощью паяльной трубки или обычными методами шлихового анализа, описанными в настоящей работе и применяемыми для мелких зерен. Результаты определения также вносятся в табл. 1.

СРЕДНЯЯ ПРОБА

Если вес шлика или мелкого класса после ситового разделения превышает 12—15 г, то для анализа отбирают среднюю пробу. При отборе средней пробы необходимо соблюдать опре-

деленные предосторожности для того, чтобы эта проба действительно соответствовала среднему составу всего образца. Сокращение пробы до веса, необходимого для анализа, имеет исключительно важное значение, так как исследование неправильно взятой пробы не может дать хороших результатов даже при самом тщательном анализе ее.

Существуют различные методы сокращения проб, описанные в соответствующих руководствах (С. Т. Волков и Л. В. Тимофеев, 1934; А. А. Глаголев, 1941; В. В. Доливо-Добровольский и Ю. В. Клименко, 1947; Е. В. Копченова, 1940).

Наиболее простым является метод квартования, не требующий специального оборудования и потому пользующийся наиболее широким распространением на практике. При квартовании хорошо перемешанную пробу шлиха высыпают через воронку на большое стекло или на лист плотной гладкой бумаги. Образующийся конус шлиха с помощью другого стекла или гладкой деревянной линейки выравнивают в плоский круг одинаковой толщины и делят крестообразно на четыре части. Две противоположные четверти берут для средней пробы; их тщательно перемешивают и квартуют дальше до тех пор, пока не получают пробу нужного веса.

Средняя проба, полученная методом квартования, часто значительно отличается по своему составу от всего шлиха, как это было установлено С. Т. Волковым и Л. В. Тимофеевым еще в 1934 г. Многие исследователи считают, что методом квартования большой пробы шлиха с малой концентрацией ценного минерала вообще невозможно получить надежную среднюю пробу для анализа.

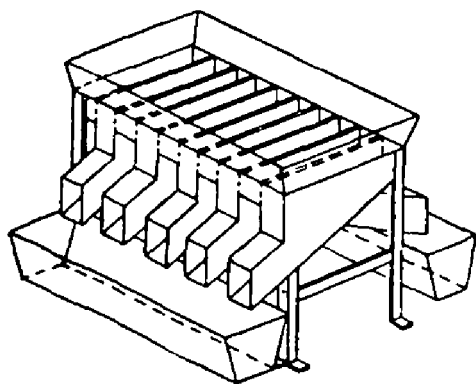


Рис. 2. Схема делителя Джонса

Применение специальных приборов для сокращения позволяет более точно выделить среднюю пробу из большой массы шлиха. Наиболее часто для сокращения проб применяют делитель Джонса, состоящий из ряда желобков одинакового размера, имеющих наклонные днища и разгружающихся в разные стороны (рис. 2). Эти делители изготовляются различных размеров и могут применяться как для деления большого количества шлиха, так и для небольших проб весом 2—3 г.

Применяются также и другие приборы для сокращения, описание которых имеется в работах А. А. Глаголева (1941) И. Н. Плаксина (1947) и других.

Вес средней пробы шлиха, употребляемой для минералогического анализа, зависит в первую очередь от содержания опре-

деляемых минералов и от крупности шлиха. Чем меньше в шлихе ценного минерала, тем большее количество шлиха должно подвергаться изучению, иначе может случиться, что при сокращении в конечную пробу не попадет ни одного зерна определяемого минерала и в результате анализа получится неправильное представление о полном отсутствии его в шлихе.

При анализе шлихов навеска для минералогического изучения часто берется без каких-либо теоретических расчетов, на основании практических наблюдений. В работах В. А. Новикова (1940) и А. Ф. Ли (1948) приводятся теоретические расчеты веса средней пробы, обеспечивающего надежные результаты минералогического анализа.

А. Ф. Ли считает, что степень сокращения пробы зависит от следующих факторов:

- 1) содержания определяемого минерала в шлихе;
- 2) крупности зерен минералов;
- 3) удельного веса определяемого минерала;
- 4) погрешности анализа.

Истинное содержание минерала в шлихе обычно бывает неизвестным и не может точно учитываться при сокращении шлиха. При теоретических расчетах приходится пользоваться предполагаемым содержанием минерала в шлихе.

Размеры зерен шлиха определяются просеиванием через сита.

При высоком удельном весе минерала средняя проба шлиха должна быть больше, чем для минерала низкого удельного веса.

Погрешность или допустимая ошибка анализа является величиной заданной.

При минералогическом анализе шлихов погрешность сокращения часто является общей ошибкой анализа. По аналогии с погрешностями, допускаемыми при химическом анализе, Ли считает, что при содержании, например, вольфрамита, касситерита и других ценных минералов в шлихах до 0,2% точность можно принять равной $\pm 30\%$, а при содержании 1% и выше — равной $\pm 15\%$. Тогда, принимая во внимание в среднем 100-кратную концентрированность минералов в шлихах, при пересчете на исходный материал в первом случае истинное содержание, вместо 20 г/т, будет 14 или 26 г/т, а во втором случае—85 или 115 г/т, вместо 100 г/т.

Теоретические расчеты приводят Ли к выводу, что для шлиха, содержащего 2000 г ценного минерала на тонну, при погрешности анализа 30% и удельном весе минерала 7 (касситерит), средняя проба для анализа может быть вычислена по формуле

$$q = 35 d^3,$$

где q — вес средней пробы;

d — наибольший диаметр зерен шлиха.

Проверка этой формулы на искусственных смесях магнетита, граната, ильменита и касситерита показала, что она с успехом может быть использована при отборе средней пробы для количественного минералогического анализа шлихов.

Вес средней пробы для анализа шлихов различной крупности, вычисленный по формуле А. Ф. Ли, приведен в табл. 4.

Т а б л и ц а 4
Вес средней пробы шлиха

Наибольший размер зерен <i>мм</i>	Вес средней пробы <i>г</i>
0,3	0,9—1
0,5	4,4—5
1	35,0

Во всех случаях навеску для анализа меньше 1 г брать не рекомендуется.

В шлиховой лаборатории ВИМС на основании многолетнего опыта вес средней пробы для качественного анализа определяют в зависимости от минералогического состава шлиха. Если шлик содержит много магнитных минералов (это устанавливается приблизительно по виду шлиха), для анализа берут среднюю пробу мелкого класса (—0,5 мм) весом не менее 15—20 г. Для шлихов с небольшим количеством магнитных минералов берут среднюю пробу в 8—10 г. Если в шлихах производят определение очень редко встречающихся минералов, то для анализа берут большое количество шлиха (100 г и более).

Среднюю пробу взвешивают и вес записывают по схеме, данной в табл. 1.

МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ

Многие минералы обладают постоянной магнитностью, в то время как магнитные свойства некоторых других изменяются в широких пределах. К последним относится группа амфиболов, пироксенов, оливина и подобных им минералов, представляющих изоморфную смесь магнезиальных и железистых силикатов, причем один и тот же минерал может быть отнесен к фракциям различной магнитности в зависимости от количества железа, входящего в его состав.

Магнитная сепарация минералов производится с помощью постоянных магнитов и электромагнитов различной конструкции.

Для отделения сильно магнитных минералов шлик рассыпают тонким слоем на листе бумаги и равномерно передвигают над ним сильный постоянный магнит. Для удобства разделения

полюсы магнита нужно обернуть куском тонкой папиросной бумаги. Когда к полюсам магнита притянется достаточное количество минералов, магнит переносят на другой лист чистой бумаги и снимают папиросную бумагу с полюсов; при этом магнитные минералы падают. Обработку повторяют до полного отделения всех магнитных минералов.

Если в шлихе имеется очень много магнитных минералов, то при разделении они могут увлекать с собой также и некоторое количество немагнитных. В этом случае магнитную фракцию обрабатывают магнитом еще раз и немагнитный остаток присоединяют к немагнитной фракции.

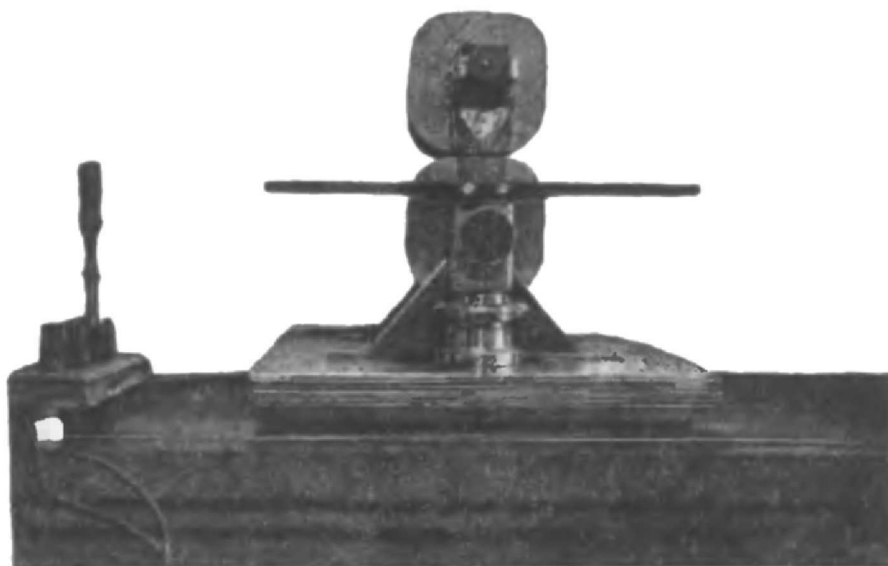


Рис. 3. Электромагнит системы Окунева

В современных лабораторных электромагнитах можно изменять напряжение магнитного поля, что позволяет последовательно выделить несколько фракций минералов различной магнитности. Таков, например, электромагнит системы Окунева (рис. 3). Изменение напряжения магнитного поля этого электромагнита производится путем сближения полюсов или же изменением силы тока, питающего электромагнит.

Разделение проводится следующим образом: на столе под полюсами электромагнита расстилают большой лист бумаги; разделяемый шлик рассыпают тонким слоем на стекле или на листе толстой бумаги, который подносят к полюсам и, включив электромагнит, аккуратно передвигают под полюсами до тех пор, пока минералы не перестанут притягиваться. Тогда отводят стекло со шлихом в сторону и выключают электромагнит. Электромагнитные минералы падают на бумагу. Разделение повторяют до тех пор, пока к полюсам не перестанут притягиваться зерна шлиха.

Если шлик содержит большое количество электромагнитных минералов, то при сепарации они могут увлекать с собою часть неэлектромагнитной фракции. Поэтому повторяют обработку электромагнитной фракции электромагнитом и оставшиеся неэлектромагнитные минералы присоединяют к основной массе неэлектромагнитной фракции. Чтобы избежать засорения одного шлика другим при сепарации, полюсы электромагнита тщательно очищают кисточкой после каждого отделения.

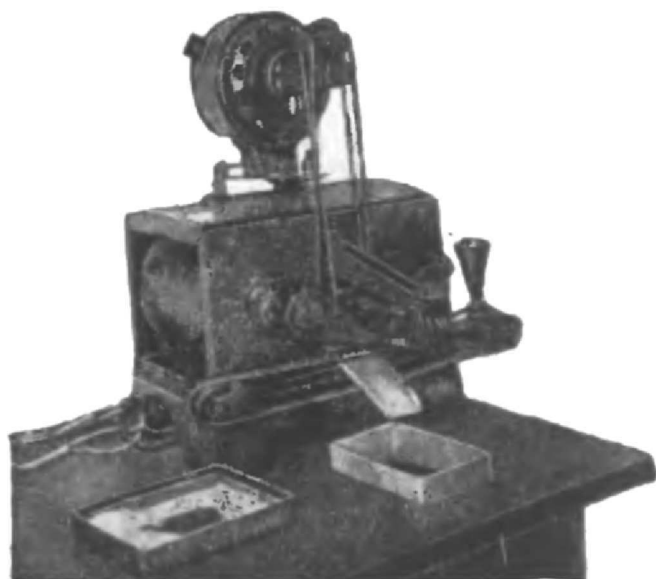


Рис. 4. Электромагнит системы Механобра

Электромагнит системы Механобра (рис. 4) снабжен двумя движущимися лентами, позволяющими вести непрерывную сепарацию большого количества шлика.

В последнее время изготовляют постоянные магниты из специальных сильно магнитных сплавов, позволяющих отделять ильменит, гранат и другие минералы, обладающие незначительной магнитностью (см. работу А. Я. Сочнева, 1948).

Все минералы по их магнитным свойствам можно

разделить на четыре группы: 1) сильно магнитные, притягиваемые обычным постоянным магнитом; 2) средней магнитности, отделяющиеся электромагнитом при небольшой силе тока; 3) слабо магнитные, отделяющиеся электромагнитом при большой силе тока, и 4) немагнитные (табл. 5).

Крупность зерен шлика имеет большое значение при магнитном разделении. Слабо магнитные минералы в крупных осколках не притягиваются магнитом незначительного напряжения, в то время как мелкие зерна притягиваются легко. Однако при разделении очень мелких шлик, благодаря силам сцепления, немагнитные минералы увлекаются вместе с магнитными и полного разделения практически добиться невозможно. При величине зерен меньше 0,2 мм сепарацию приходится проводить в несколько приемов, так как при первом разделении вместе с магнитными минералами увлекается много немагнитных.

При разделении смеси минералов размером меньше 0,2 мм чистота разделения может быть повышена, если сепарацию проводить в воде, так как в жидкости сила сцепления минералов уменьшается и полнота отделения увеличивается. Для этого шлик погружают в таз с водой и отделение минералов постоянным магнитом проводят под водой.