

2. Туресебеков. А.Х. Суперкрупные техногенные месторождения меди, благородных и редких элементов Алмалыкского рудного района (Узбекистан) // Геология и минеральные ресурсы №4, 2008, с. 30-35
3. Туресебеков А.Х., Уздебаева Л.К. и др. Вещественный состав и технология обогащения «рудных шлаков» // Горный вестник Узбекистана. 2006. № 26. 3. С. 53-56.
4. Туресебеков А.Х., Уздебаева Л.К. Технология извлечения благородных и цветных металлов из медного клинкера цинкового производства. Сборник материалов. Конгресс обогатителей стран СНГ. 2005. Том I. С. 24-27.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ВТОРИЧНЫХ РУД ОБЪЕДИНЕННОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА АЛМАЛЫКСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

Шамаев О.Т.¹, Туресебеков А.Х.¹, Игнатилов Е.Н.²

¹Институт геологии и геофизики АН РУз, Ташкент, Узбекистан

²Государственная Пробирная Палата, Ташкент, Узбекистан

Объединенное хвостохранилище №2 (ОХХ) АГМК, предназначенное для складирования перерабатываемых на комбинате медно-молибденовых и свинцово-цинковых руд, расположено на северных склонах Кураминского хребта, в 15 км юго-западу от г. Алмалыка. Общая длина возведенной дамбы составляет 12,5 км, относительное превышение над местностью варьирует от 16 до 42 м (в местах естественного понижения рельефа у дна саев), в среднем составляя 20-25 м. Абсолютные отметки верхних уступов дамбы от 469 до 472 м. Высота уступов 5-5,5 м. Общая длина пульпопровода от АГМК до хвостохранилища составляет примерно 30 км, включая 12,5 км по дамбе. Область разгрузки материала пульпы находится, таким образом, только с одной стороны хвостохранилища (рис. 1). На распределение вещества в пространстве ОХХ влияют множество факторов – осадочно-гравитационная дифференциация, проявляющаяся наиболее характерно в придамбовых участках; морфология дна и восточной границы; руслотеченный фактор, особенно в обособленных участках; оловый фактор – в сухой период; режим работы комбината – массовые сбросы, и т.д.

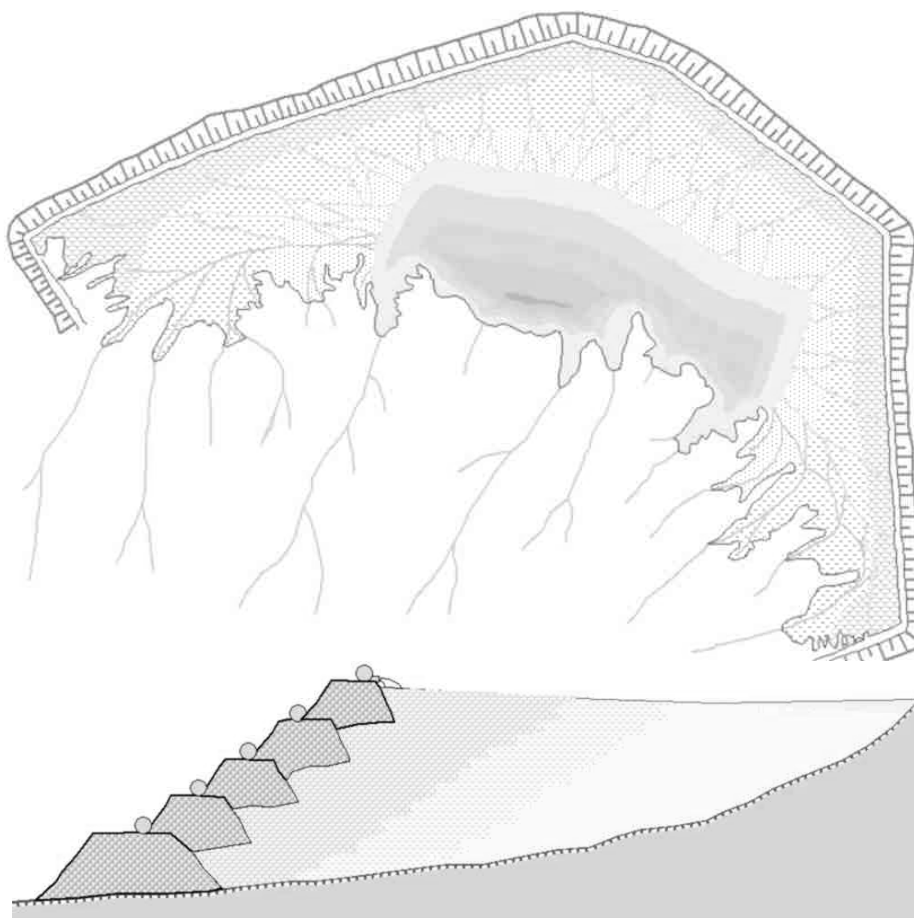


Рис. 1. Объединенное хвостохранилище АГМК в плане и разрезе

С целью изучения вещественного состава вторичных руд хвостохранилища были проведены минералого-геохимические исследования, задачами которых являлись выявление форм нахождения основных и попутных компонентов, степень вскрываемости их и, как следствие, степень обогащения различными технологическими схемами, а так же поминеральный баланс распределения ценных элементов-примесей (серебро, кадмий, висмут, кобальт, никель и др.) в рудах хвостохранилища.

Вещественный состав вторичных руд изучался на промпродуктах технологической переработки двух проб (табл. 1).

Таблица 1. Перечень изучаемых технологических продуктов

№ брикета	Продукт	Вес (в гр.)
1	Концентрат стола, опыт 1, проба 1	134.7
2	Концентрат стола, опыт 2, проба 2	148.8
3	Концентрат 1 перечистки, проба 1, нав.3-4	48.0
4	Концентрат 1 перечистки, проба 2, нав.1-2	38.0
5	Проба 2, опыт 14(винт+стол), концентрат стола	112.5
6	Проба 2, опыт 13(отсадка+стол), концентрат стола	89.7
7	Концентрат центрифуги в бромформе, проба 1	
8	Концентрат центрифуги в бромформе, проба 2	

Это гравитационные концентраты стола (№ 1, 2) обеих проб, их флотационные концентраты 1-й перечистки (№ 3, 4) и гравитационные концентраты второй пробы, полученные по усложненной схеме: винтовой сепаратор плюс концентрационный стол (№5) и отсадка плюс концентрационный стол (№6). Кроме этого, из расклассифицированного материала двух проб был взят на исследования класс <0,044мм, из которого был получен утяжелённый концентрат центрифужированием в бромформе: центрифуга лабораторная ЦЛН-2, 8000 об/мин, 15мин (№7,8). Из всех этих продуктов на основе эпоксидной смолы были изготовлены полированные брикеты с соответствующими номерами (табл. 1), которые исследовались на микрорентгеноспектральном аналитическом комплексе JEOL JXA-8800R “Superprobe” (Япония) с энергодисперсионной приставкой Link ISIS (Oxford, Англия), аналитик Шамаев О.Т.

Качество концентратов оценивалось с помощью программы Area Measurement на энергодисперсионной приставке Link ISIS (Oxford, Англия). По десяти произвольным площадям на поверхности брикета производились замеры площадного соотношения рудных и нерудных минералов в концентрате, сумма которых приводилась к 100%. Далее рассчитывались средние показатели для каждой пробы (табл. 2). Пересчёт на весовые соотношения с учётом удельных весов минералов, исходя из предположения о близости таковых для минералов тяжёлых фракций, не производился.

Таблица 2. Количественные соотношения рудных и нерудных минералов в изучаемых продуктах

№ пробы	Вид концентрата	№ брикета	Минералы (100%)		Рудные минералы (100%)	
			Нерудные	Рудные	Пирит	Прочие
1	Гравитационный	1	76,3	23,7	89,8	10,1
2	Гравитационный	2	75,4	24,6	86,8	13,3
1	Флотационный	3	71,1	28,9	88,6	11,4
2	Флотационный	4	70,2	29,8	87,4	12,6
2	Гравитационный	6	71,1	28,9	91,5	8,5

Для обеих проб по результатам гравитационного обогащения получены близкие показатели (23,7% рудных минералов в пробе 1 и 24,6% – в пробе 2). Среди рудных минералов в гравитационных концентратах доминирующая роль принадлежит пириту (около 90% в пробе 1 и 86,7% – в пробе 2). Несколько увеличено количество рудных минералов в брикете №6, но качественно (по пириту) этот концентрат хуже остальных.

Остальные рудные минералы представлены в порядке убывания: сфалеритом, галенитом и вторичными минералами свинца и цинка, халькопиритом, магнетитом (гематитом) и гидроокислами железа, вольфрамитом, арсенопиритом и др. Для флотоконцентратов степень обогащения рудными минералами чуть выше (25-30% рудных и 70-75% нерудных), но соотношение пирита к остальным рудным минералам остаётся на том же уровне (87-89% к 11-13%). Степень вскрываемости минералов во флотоконcentратах значительно выше по сравнению с гравитационными, но и в них она редко превышает 80%.

Минеральный состав вторичных руд изучаемого хвостохранилища несущественно отличается от свинцово-цинковых руд месторождений Алтынтюпканского и Алмалыкского рудных полей, перерабатываемых ранее на СОФ АГМК. Различия касаются в основном только степени окисления

рудных минералов (преимущественно галенита). Нерудные минералы представлены характерными для скарновых месторождений Алтынтопкана пироксеном, гранатом, эпидотом, амфиболом, хлоритом, кварцем, кальцитом, волластонитом и более характерными для месторождений Алмалыка плагиоклазом, ортоклазом, мусковитом, биотитом, анкеритом, баритом. Рудные минералы, как отмечалось выше, представлены пиритом, сфалеритом, галенитом, церусситом, англезитом, смитсонитом, магнетитом, гематитом, гетитом, ярозитом, халькопиритом, арсенопиритом, вольфрамитом, пирротинном, блёклой рудой, минералами золота, серебра, висмута. Из акцессорных и вторичных минералов диагностировались сфен, рутил, ильменит, апатит, периклаз. Основное внимание при микрозондовых исследованиях уделялось рудным минералам.

Пирит – по 6 брикетам были проведены 62 количественных анализа на волновых спектрометрах (WDS) и 4 – на энергодисперсионных (EDS) (табл. 3). Из попутных элементов-примесей в пирите оценивались Cu, Ag, Se, Te, As, Sb, Bi, Pb, Co, Ni..

Таблица 3. Результаты количественного микрорентгеноспектрального анализа пирита (средние данные)

№ бр.	Fe	S	Ag	Cu	Te	Se	As	Sb	Co	Ni	Pb	Total
1	45,70	53,24	0,02	0,02	0,02	0,01	0,05	0,06	0,06	0,03	0,00	99,2
2	46,22	53,56	0,03	0,03	0,02	0,01	0,15	0,04	0,08	0,02	0,04	100,2
3	45,71	53,32	0,02	0,18	0,03	0,01	0,03	0,07	0,06	0,09	0,05	99,69
4	45,80	53,79	0,021	0,03	0,03	0,03	0,12	0,02	0,06	0,02	0,06	99,99
5	46,03	53,96	0,04	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,08	0,03	0,05	100,27
6	46,31	53,07	0,02	0,03	0,02	0,01	0,07	0,04	0,06	0,02		99,65

Можно отметить следующие особенности распределения этих элементов в пирите. Повышены по сравнению со средними показателями содержания мышьяка в пробе 2: среднее 0,15% в гравитационном концентрате (№ 2; до 0,3%, 0,4%, 0,5% в замерах 20, 11, 18 соответственно). Скорее всего, это пириты месторождения Кургашикан, руды которого отрабатывались на СОФ АГМК ранее. Количество подобных мышьяковистых пиритов в пробах составляет не более 10%. Немного повышены содержания меди в пиритах флотационного концентрата пробы 1 – до 0,18% (№ 3). По содержанию серебра в пиритах флотационные концентраты проб 1 и 2 отличаются на порядок (0,002% – № 3 и 0,021% – № 4).

Кобальт – наиболее типичный из элементов-примесей пирита. Диапазон содержания его в пиритах колеблется от 0,001 до 0,1% и близок к среднему (0,064%) в различных концентратах проб.

Морфологически пирит представлен также разнообразно. Это хорошо ограненные кристаллы различной размерности (до 1мм в гравитационных концентратах), агрегированные сростки с рудными и нерудными минералами, микровключения в других минералах. В свою очередь он является одним из главных минералов, содержащих включения других рудных минералов – галенита, сфалерита, халькопирита, арсенопирита, блеклых руд, серебряных минералов (рис. 2). Количество пирита в сростках достигает 60% в гравитационных концентратах, и менее 40% – во флотационных. Из нерудных минералов, тесно ассоциирующих с ним, наиболее часто наблюдались типичные для скарновых месторождений Алтынтопканского рудного поля пироксен, гранат, эпидот, хлорит, кварц, кальцит, реже амфибол, и более характерные для месторождений Алмалыка плагиоклаз, ортоклаз, мусковит, анкерит, амфибол, реже эпидот, магнетит, кварц, кальцит, хлорит.

Сфалерит – второй по встречаемости рудный минерал вторичных руд хвостохранилища. По сфалериту проведены 57 количественных анализов на волновых спектрометрах (WDS) и 21 – на энергодисперсионных (EDS) (табл. 4). Из попутных элементов-примесей в сфалерите оценивались Fe, Cd, Cu, In, Se, Te, As, Sb, Bi, Pb, Co, Ni, Ga, Ge, Mn, Ag. Во флотационном концентрате пробы 2 отмечается повышенное количество марматита с содержанием железа до 10%. Здесь также наблюдаются повышенные содержания свинца, мышьяка (0,02%) и селена (0,023%). Во флотационном концентрате пробы 1 повышено содержание германия (до 0,06%). Индий в сфалерите встречается в значимых количествах в 45% анализов. Для селена и теллура этот показатель приближается к 60%.

Размеры сфалеритовых зерен колеблются в диапазоне от 3*5 до ≥200мкм. Степень вскрываемости его значительно выше, чем у галенита и достигает 60%. Достаточно часто встречаются относительно крупные свободные зерна, в которых наблюдается халькопиритовая эмульсия различной степени коалесценции. Наиболее обычные минералы-спутники в сростках с ним – это галенит, пирит и минералы скарнов (пироксен, гранат, амфибол), реже эпидот, магнетит, кварц, кальцит, хлорит.

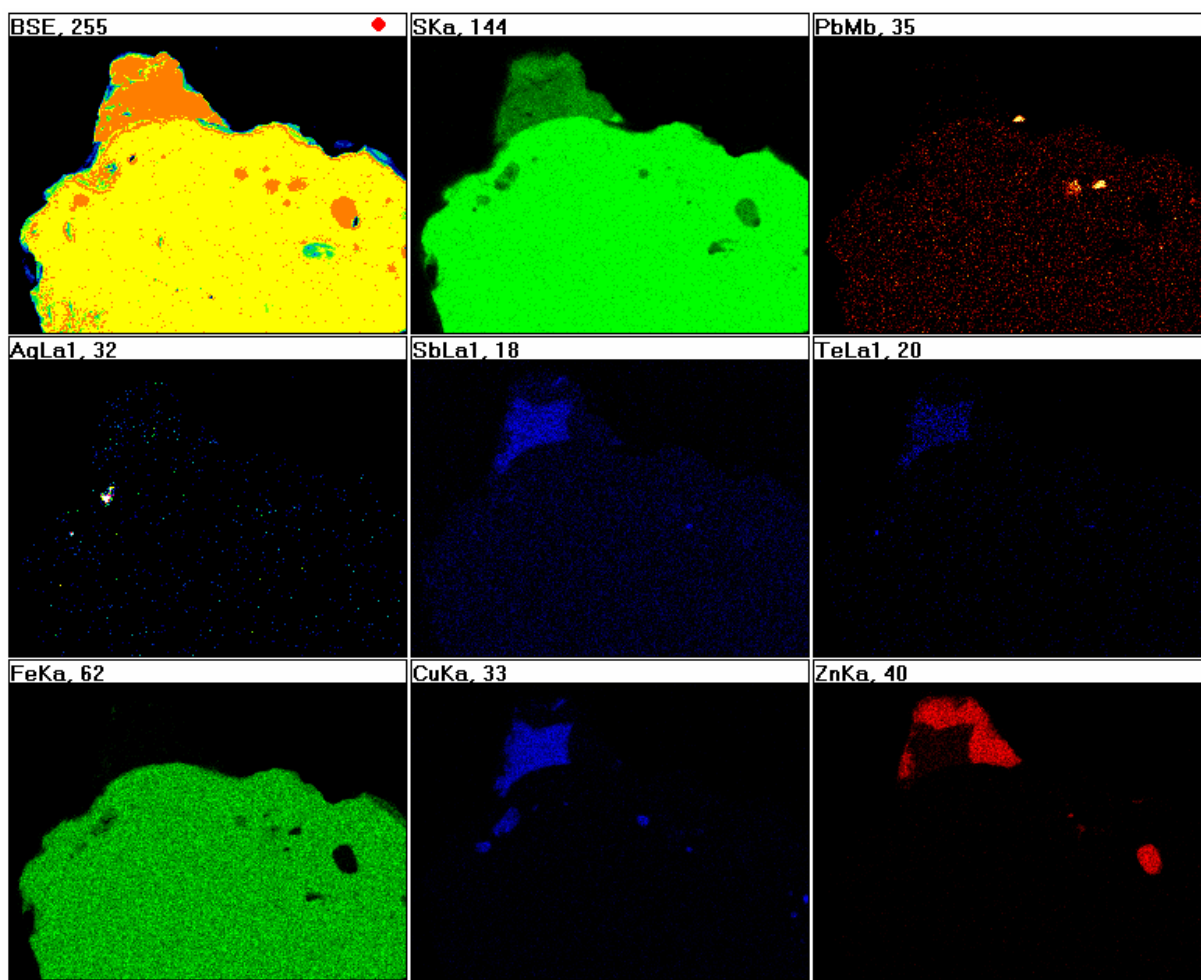


Рис. 2. Блеклая руда и сфалерит на контакте с пиритом. В пирите микровключения галенита, сфалерита, серебряных минералов. Цветные изображения во вторичных электронах и растровые картинки распределения S, Pb, Ag, Sb, Te, Fe, Cu, Zn. Проба 1. Брикет 1. Увеличение 750^x. Размер изображения 136*111мкм

Таблица 4. Результаты количественного микрорентгеноспектрального анализа сфалерита (средние данные)

№ бр.	S	Fe	Cu	Zn	As	Sb	Bi	Cd	In	Te	Co	Ga	Mn	Ge	Сумма
1	33,42	1,48	0,85	61,33			1,94	0,79	0,23	0,16		0,03			99,13
2	33,17	2,32	0,09	61,97	0,37	0,04	0,58	1,11	0,11	0,10		0,15		0,11	99,44
3	34,13	1,32	0,61	61,97				0,96		0,05				0,15	99,09
4	33,15	1,63	0,37	62,35	0,22	0,21		0,49	0,09	0,07	0,02	0,15	0,65	0,08	98,93
5	32,97	1,42	0,13	64,09				0,78		0,20	0,03	0,07	0,08		99,60
6	34,34	1,71		60,95				1,07					1,84		99,91

Примечание: бр.1 – Pb=0.79, Ag=0.06

Галенит в пробах наблюдается в тесной ассоциации с другими рудными минералами: пиритом, сфалеритом, халькопиритом, магнетитом, а также с характерными для скарновых месторождений нерудными: гранатом, пироксеном, амфиболом, эпидотом, хлоритом, кварцем, кальцитом. Наиболее часто он встречается в пирите в виде микровключений размером 3-5 мкм и менее, размеры порядка 10-40 мкм встречаются реже. Такие же размеры характерны для многочисленных включений галенита в сфалерите и магнетите. Отдельные, раскрытые зерна практически не встречаются. Как правило, свинец в хорошо вскрытых зернах размером до 100 мкм представлен окисленными минеральными формами: церусситом, англезитом. Наиболее крупные (до 130 мкм) зерна галенита встречаются в ассоциации с халькопиритом, сфалеритом и апатитом в кварце.

По галениту в виду незначительных размеров его выделений проведены 2 количественных (WDS) и 42 приближенно-количественных (EDS) анализа. Почти всегда отмечаются незначимые содержания Se, Te, Ag. Серебро встречается и в значимых количествах (до 1,3%) и, как правило, коррелирует в этих случаях с висмутом (табл. 5.).

Таблица 5. Результаты количественного микрорентгеноспектрального анализа галенита (средние данные)

№ бр.	S	Pb	Fe	Cu	Zn	As	Sb	Bi	Se	Te	Ag	Сумма
1	13,62	84,33	0,98	0,27	0,26	0,13	0,06	0,60	0,32	0,19	0,17	100,92
2	13,53	83,71	0,50	0,06	0,85			0,50	0,22	0,20	0,46	100,03
3	13,21	86,12		0,05					0,21	0,21	0,21	100,00
4	14,02	84,90						0,51	0,39	0,14	0,30	100,24
5	13,74	85,90						0,09	0,27	0,21	0,10	100,30
6	13,83	85,40	0,32					0,88	0,16	0,22	0,21	101,02

Из всех медных минералов, присутствующих в отвальных хвостах текущего намыва, халькопирит является доминирующим минералом, на его долю приходится от 55 до 75% от общего количества медных минералов. Количество свободного от сростков халькопирита составляет 45%, в сростках с пиритом, магнетитом, молибденитом и нерудными минералами: кварцем, хлоритом, ортоклазом, гидрослюда и др. – до 55% (придачковые участки хвостохранилища).

Результаты факторного анализа, проведенного по рудам и концентратам, свидетельствуют, что золото в рудах ОХХ в значительном количестве находится в свободном состоянии, в самородном виде, что позволяет прогнозировать его поведение. Факторный анализ резко разделил халькофильные и сидерофильные элементы. Это свидетельствует о высокой степени сульфидности полученных концентратов, с обычным для них набором минералов – пирит, халькопирит, молибденит, галенит, сфалерит и характерными для этих минералов элементами-примесями: кобальт, никель (в пирите), серебро (в галените) и золота (преимущественно в халькопирите). Также отмечается, что даже после прохождения всего технологического цикла обогащения минералы позднего полисульфидного парагенезиса (кальцит, галенит, сфалерит) продолжают оставаться между собой в более тесной связи, нежели с другими минералами медно-порфировых руд.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ НА СТАДИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Вишняков А.К.¹, Молоштанова Н.Е.²

¹ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», г. Казань

²Пермский государственный университет, г. Пермь

Основным предметом технологической минералогии является комплексное изучение технических и технологических свойств минералов как функции состава и строения конкретной породы, а также эти же свойства и самой породы. При этом необходимо учитывать всю эволюцию их образования и преобразования. Это позволяет устанавливать причины различного поведения в технических и технологических процессах одних и тех же минералов не только из тех или иных месторождений, но и из разных их участков. Все работы по технологической минералогии базируются на исследованиях минералогических, химических и физических свойствах как продуктивных, так и вмещающих их пород и слагающих их минералов, так как в получаемой рудной массе вмещающие породы в той или иной мере всегда присутствуют.

Весь комплекс исследовательских работ по технической минералогии калийных солей может быть подразделен, как минимум, на два этапа. Первый – это изучение технических и технологических свойств и особенностей пород и минералов продуктивных горизонтов и вмещающих их пород. Второй – предварительное картирование исследованной площади (участка) по выделенным свойствам и особенностям.

Первый этап включает в себя несколько направлений обусловленных существующими способами добычи и переработки.

Изучение технических свойств обусловлено тем, что калийные соли могут разрабатываться как по технологии добычи твердых их частиц (подземная шахтная добыча, скважинная гидродобыча, а для сульфатных солей – кроме того, добыча открытым способом в карьерах) [12, 17], так и по технологии добычи рассолов, получаемых из твердой соли (добыча искусственных рассолов при шахтном растворении солей, при геотехнологической разработке соляных залежей через скважины с поверхности или из шахтных) [1, 2, 10].

При добыче твердой калийной породы шахтным или скважинным гидродобычным способами огромное значение приобретают методы изучения минералого-петрографических их особенностей и физико-механические свойства как собственно калийных, так и вмещающих их соляных пород. Из минералого-петрографических особенностей важнейшими служат определения в шлифах крупности и формы зерен, слагающих исследуемую породу, контуры и характер плоскостей срастания зерен, наличие