



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 434 683** (13) **C1**

(51) МПК  
**В03В 7/00** (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010125942/03, 25.06.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
25.06.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.06.2010

(45) Опубликовано: 27.11.2011 Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2131779 C1, 20.06.1999. RU 2353578 C1, 27.04.2009. RU 2182113 C1, 10.05.2002. RU 2017690 C1, 15.08.1994. CN 101367609 A, 18.02.2009. WO 2008098470 A1, 21.08.2008.

Адрес для переписки:

127486, Москва, ул. Пяловская, 5А, ФГУП  
"Центркваец"

(72) Автор(ы):

Серых Николай Михайлович (RU),  
Борисов Лев Алексеевич (RU),  
Магомедов Камиль Курбанович (RU),  
Козлов Николай Павлович (RU),  
Гришин Юрий Михайлович (RU),  
Скрябин Андрей Станиславович (RU),  
Кулагин Алексей Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Серых Николай Михайлович (RU),  
Борисов Лев Алексеевич (RU),  
Магомедов Камиль Курбанович (RU),  
Козлов Николай Павлович (RU),  
Гришин Юрий Михайлович (RU),  
Скрябин Андрей Станиславович (RU),  
Кулагин Алексей Юрьевич (RU)

## (54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ОСОБО ЧИСТОГО КВАРЦЕВОГО КОНЦЕНТРАТА (ОЧК) ИЗ ПРИРОДНОГО КВАРЦА

(57) Реферат:

Изобретение относится к технологии получения особо чистых веществ. Технический результат изобретения заключается в снижении примесей в кварцевом концентрате до 10-20 ppm с одновременным улучшением экологических условий при получении особо чистых кварцевых концентратов (ОЧК). Предварительно обогащают куски кварца фракции 20-50 мм с содержанием SiO<sub>2</sub> 99,99% методом термодробления с последующими

операциями грохочения, радиометрической очистки, глубокого обогащения полученного концентрата с помощью магнитной, электромагнитной, электростатической сепарации, гравитационной очистки и кислотного травления. Финишную доводку кварцевого концентрата фракции 0,1÷0,4 мм до ОЧК необходимой чистоты на структурном уровне осуществляют с помощью плазмохимического метода и ультразвуковой очистки. 3 табл., 4 ил.

RU 2 434 683 C1

RU 2 434 683 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2010125942/03, 25.06.2010**

(24) Effective date for property rights:  
**25.06.2010**

Priority:

(22) Date of filing: **25.06.2010**

(45) Date of publication: **27.11.2011 Bull. 33**

Mail address:

**127486, Moskva, ul. Pjalovskaja, 5A, FGUP  
"Tsentrkvarts"**

(72) Inventor(s):

**Serykh Nikolaj Mikhajlovich (RU),  
Borisov Lev Alekseevich (RU),  
Magomedov Kamil' Kurbanovich (RU),  
Kozlov Nikolaj Pavlovich (RU),  
Grishin Jurij Mikhajlovich (RU),  
Skrjabin Andrej Stanislavovich (RU),  
Kulagin Aleksej Jur'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Serykh Nikolaj Mikhajlovich (RU),  
Borisov Lev Alekseevich (RU),  
Magomedov Kamil' Kurbanovich (RU),  
Kozlov Nikolaj Pavlovich (RU),  
Grishin Jurij Mikhajlovich (RU),  
Skrjabin Andrej Stanislavovich (RU),  
Kulagin Aleksej Jur'evich (RU)**

**(54) METHOD OF PRODUCING EXTRA PURE QUARTZ CONCENTRATE FROM NATURAL QUARTZ**

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to production of extra pure substances. First, 20-50 mm-fraction quartz pieces with SiO<sub>2</sub> content of 99.99% are preprocessed by thermal crushing followed by sieving, radiometric purification, deep separation of produced concentrate by magnetic, electromagnetic

and electrostatic methods, as well as gravity treatment and acid etching. Finishing of 0.1-0.4 mm-fraction quartz concentrate to extra pure concentrate at structural level is conducted by plasma chemical method and ultrasound cleaning.

EFFECT: content of impurities reduced to 10-20 ppm, less pronounced impact on ecology.

3 tbl, 4 dwg

**RU 2 434 683 C1**

**RU 2 434 683 C1**

Изобретение относится к технологиям получения особо чистых веществ, используемых в отраслях высоких технологий (микроэлектронники, полупроводниковой, волоконно-оптической и др.) и может быть использовано для получения особо чистого кварцевого концентрата (ОЧК) с суммарным содержанием элементов-примесей на уровне 10-20 ppm.

В настоящее время разработчиками технологий получения концентратов ОЧК и производителями этой продукции являются отдельные фирмы зарубежных стран (США, Япония, Германия, Италия), а также некоторые предприятия России (ОАО «Полярный кварц», ОАО «Кыштымский ГОК»), выпускающие концентраты ОЧК в ограниченных количествах, близкие по качеству сортам корпорации Unimin (США).

Разработкой технологий получения ОЧК занимаются также ряд научно-исследовательских институтов России.

Технологии получения ОЧК отличаются между собой сложностью и длительностью проводимых технологических процессов, по финансово-материальным затратам, обеспеченности экологической чистоты и безопасности производства.

Известные в настоящее время технологии получения ОЧК следующие:

1. Технология, разработанная корпорацией Unimin (США), основана на базе переработки аляскитовых гранитов и осуществления многоступенчатых и сложных технологических процессов, обязательным из которых являются высокотемпературное хлорирование (до 1000°C) и флотация. Стандарты чистоты кварцевых концентратов этой фирмы являются эталонными (табл.1). Недостатком этой технологии являются не только сложность получения концентратов ОЧК, сопряженная с опасностью, но и загрязняющие факторы процесса флотации. Кроме того, для организации процесса высокотемпературного хлорирования требуется специальный проект, согласованный с органом «Хлорбезопасность».

2. Технологии получения ОЧК, разработанные ОАО «Кыштымский ГОК» и ОАО «Полярный кварц», основаны на той же технологической схеме корпорации Unimin и имеют аналогичные недостатки и сложности. В отличие от технологии корпорации Unimin указанные предприятия используют в качестве исходного материала гранулированный и прозрачный жильный кварц месторождений Южного и Полярного Урала России.

3. Способ обогащения кварцевого сырья, разработанный Всероссийским НИИ минерального сырья (ВИМС), основан на применении электроплазменной технологии обогащения кварцевого сырья в разрядной камере с проточной промывкой конечного материала в дистиллированной воде. В качестве исходного материала использованы две пробы концентрата гранулированного жильного кварца двух месторождений (Кыштымского №1, Кундравинского №2). Изобретение оформлено патентом №2131779 от 20.06.1999 г. Авторы Данченко В.А., Лапицкий Ю.Я., Терехова А.Е.

Предложенной технологией не определена пригодность кварца других месторождений России и его технологических сортов (прозрачного, молочно-белого) на ОЧК, что ограничивает ее применение.

Кроме того, качество конечной продукции определено по устаревшим техническим условиям - ТУ 41-07-033-88, а не по действующим - ТУ 5726-002-1149665-97 (требования промышленности к качеству концентратов из природного кварцевого сырья), что затрудняет оценку его качества.

В отличие от указанных выше технологий изобретение, разработанное Федеральным государственным унитарным предприятием (ФГУП) «Центркварц» совместно с Московским государственным техническим университетом им.

Н.Э.Баумана, является новым направлением в изучении природных свойств жильного кварца и получении особо чистого кварцевого концентрата требуемого качества.

Особенность предлагаемого изобретения заключается в применении радиометрических методов сепарации кварцевого сырья на предварительной стадии обогащения и финишная доводка концентратов ОЧК на структурном уровне с помощью плазмохимического и ультразвукового методов, которые являются высокоэффективными, безопасными, экологически чистыми и малозатратными.

В качестве исходного материала для получения концентратов ОЧК, пригодного для наплава прозрачного кварцевого стекла по ТУ 5726-002-11496665-97, прилож. 1, использовано кварцевое сырье месторождений различных геолого-генетических типов России (Средний, Южный Урал и др.): жильный гранулированный, прозрачный и молочно-белый кварц с содержанием  $\text{SiO}_2$  (диоксид кремния) 99,99%.

Техническим решением поставленной задачи является проведение в три стадии следующих технологических процессов очистки кварца и его концентратов (фиг.1):

1. Предварительное обогащение кварца в куске фракции 20-50 мм проводится с целью удаления из него минеральных примесей и газовой-жидких включений (ГВЖ), заключенных в микропорах, залеченных микротрещинах и в межзерновом пространстве, благодаря чему происходит повышение коэффициента светопропускания кварца до 80-85%.

Основными технологическими процессами этой стадии являются: термодробление кусков кварца в электрических печах с вращающимися трубами из кварцевого стекла при нагревании до температуры 1000°C (в целях равномерного его обжига и исключения факторов загрязнения кварца), дробление полученного материала, его грохочение, радиометрическая сепарация, включающая в себя фотометрическую, фотоадсорбционную, рентгенолюминесцентную и фотолуминесцентную сепарации.

2. Глубокое обогащение кварца, прошедшего очистку на стадии предварительного обогащения, проводится в целях удаления примесей минералов легкой фракции (мусковит, биотит) и примесей минералов тяжелой фракции (полевые шпаты, магнетит, гематит, рутил, эпидот, хлорит), карбонатов с помощью применения магнитной, электромагнитной и электростатической сепарации, а также использования гравитационного метода обогащения и кислотного травления.

Содержание элементов-примесей после прохождения стадий предварительного и глубокого обогащения кварца и его концентратов составило в среднем по 7 пробам 36.7 ppm.

3. Финишная доводка кварцевого концентрата, прошедшего стадию глубокого обогащения, до концентрации с суммарным содержанием элементов-примесей 10-20 ppm на структурном уровне с помощью плазмохимического метода и ультразвуковой очистки.

Плазмохимический метод основан на применении плазмотронной установки (фиг.2), включающей в себя стационарный плазмотрон (поз.1) с системой электропитания (поз.2), систему контроля и управления параметрами плазмотрона (поз.3), систему водяного охлаждения (поз.4), эксикатор с высокочистой (деионизованной) водой (поз.5), в которой собираются обработанные частицы кварцевого концентрата (поз.6), прошедшие плазменную струю (поз.7), инжектор подачи кварцевых частиц (поз.8), систему подачи плазмообразующего и транспортирующего газа (поз.9) и систему подачи и дозировки кварцевого концентрата (поз.10).

Основные режимные параметры установки должны иметь следующие значения:

потребляемая электрическая мощность  $P_{эл}=10-20$  кВт, суммарный расход плазмообразующего и транспортирующего газа (аргона)  $G=1-2$  г/с, расход обрабатываемой кварцевой крупки  $G_{SiO_2}$  до 1 г/с, диаметр сопла плазмотрона  $D_0=6$  мм, производительность установки 20 кг/ч.

Плазменная очистка концентрата кварца от остаточных элементов-примесей, микроскопических газовой-жидких включений, а также частичное удаление из кристаллических решеток зерен кварца некоторых элементов (Ti, Ni, Al и др.) осуществляется за счет реализации следующего процесса: кварцевый концентрат подается в плазменную струю непосредственно за срезом сопла плазмотрона через инжектор в направлении, перпендикулярном оси струи плазмы. При этом частицы кварца дисперсностью 0,1-0,4 мм подвергаются комплексному интенсивному воздействию в струе плазмы, затем они попадают в стеклянный эксикатор, расположенный на расстоянии 400 мм от среза сопла, где происходит промывка частиц в деионизированной воде.

Эффективность очистки частиц кварца достигается и благодаря воздействию следующих физических процессов:

- корпускулярное воздействие электронов, ионов и нейтральных частиц плазмообразующего газа на поверхность обрабатываемых кварцевых частиц;
- испарение и термическое разложение примесей на поверхности кварцевых частиц;
- термобарическое разрушение кварца, приводящее к выводу из вакуолей ГЖВ.

Особенностью ПХ метода является высокоскоростной нагрев (скорость нагрева  $10^6$  К/с) кварцевого концентрата при ограниченном времени плазменного воздействия (около  $10^{-3}$  с), благодаря чему удается избежать процесса кристобализации кварца, т.е. фактически его помутнения и ухудшения оптических свойств, а благодаря тому что максимальная температура поверхности частиц кварца не превышает температуру его плавления (1883 К), удается избежать оплавления кварцевого концентрата, что привело бы к нарушению его кристаллической структуры.

При разработке указанной технологии были использованы результаты проведенных электронно-микроскопических исследований кварца с целью определения его структурных и других особенностей (фиг.3 и 4).

После ПХ обработки концентрат кварца подвергается сушке и окончательной ультразвуковой очистке на установке «Кристалл-15».

Для определения качества химической чистоты конечной продукции ОЧК подвергался методу контроля с использованием ИСР-спектроскопии.

Результаты исследований проб ряда месторождений прозрачного, гранулированного и молочно-белого жильного кварца Среднего и Южного Урала, прошедших обогащение по заявленной технологии, показали высокое качество по химической чистоте.

Так, суммарное содержание примесей в пробах П-1, П-2 (Пугачевское месторождение прозрачного кварца) составило соответственно 10,43 и 14,86 ppm, что соответствуют сортам концентрата корпорации Unimin -  $I^0ta$  - 4,  $I^0ta$  - 5 и сортам КГО-6, КГО-4 по ТУ 5726-002-11496665-97.

В пробах Бал-1, Л-94 (Баландинское и Ларинское месторождения гранулированного кварца) суммарное содержание примесей составило соответственно 10,59 и 15,35 ppm, что соответствует сортам  $I^0ta$  - 4,  $I^0ta$  - 5, КГО-6, КГО-4.

Пробы, взятые из других месторождений, соответствуют сортам I<sup>0</sup>та стандарт, КГО-3 и др.

В табл.2 приведен состав элементов-примесей исходного кварцевого сырья указанных месторождений.

Результаты ИСР-исследований химического состава кварца на различных этапах технологического процесса представлены в табл.3. Здесь  $C_{i\text{исх.}}$  - концентрация i-й примеси в куске кварцевой фракции 20-50 мм до его предварительного обогащения,  $C_{i0}$  - концентрация i-й примеси в кварце после предварительного и глубокого обогащения.  $C_i$  - концентрация i-й примеси в кварце после его ПХ обработки,  $k_i = C_{i0}/C_i$  - индивидуальный коэффициент обогащения при ПХ обработке по i-й примеси. В табл.3 маркировки проб ОЧК, представленные в левом ее столбце, соответствуют следующим месторождениям: П-1 и П-2 Придорожное, Бал -1 - Баландинское, Л-94 и Л-235-1 - Ларинское, 548-1 - Вязовское, АГ-1 - Агардяшское.

В табл.1 приведены сравнительные данные по кварцевым концентратам корпорации Unimin и ТУ 6726-002-11496665-97.

Себестоимость концентрата ОЧК, полученного по заявленной технологии, по оценкам составляет около 50-70 руб./кг, что ниже себестоимости концентрата ОЧК, получаемого по традиционным технологиям (около 90 руб./кг).

При разработке указанной технологии были использованы результаты проведенных электронно-микроскопических исследований кварца с целью определения его структурных и др. особенностей (фиг.3 и 4).

При проведении стадий технологического процесса учитывались также и другие физико-химические свойства кварца. В частности, кварц (особенно его концентрат) обладает повышенной сорбционной способностью - поглощение из окружающей среды (воздуха, воды) различных примесей, микрочастиц, пыли и аэрозолей.

В связи с этим были выполнены требования, предъявляемые к чистым помещениям (ГОСТ Р ИСО 146 444-2002), промывка кварцевого куска и его концентратов проводилась водой высокой селективной очистки (до 99,5%), подготовленной на установке обратноосмотической фильтрации (ДВС-М/1НА), производительностью 50 м<sup>3</sup>/ч деионизированной воды.

Приоритетом патентоспособности заявленного изобретения является:

1. Получение особо чистых кварцевых концентратов (ОЧК), отвечающих мировым стандартам, на основе изучения природных свойств различных геолого-генетических типов месторождений кварцевого сырья России и применения новейших высокоэффективных, безопасных и экологически чистых методов очистки кварца.

2. Возможность применения полученных ОЧК как базового материала для производства поли- и монокристаллического кремния, используемого в отраслях высоких технологий.

Заявленная технология позволяет организовать выпуск ОЧК требуемого качества при меньших материальных затратах, гарантированном обеспечении безопасности и экологической чистоты, а также ликвидировать в значительной мере ручной, непроемкий труд.

Таблица 1

Сравнение технических требований к концентратам ведущей фирмы по производству кварцевых продуктов «Юнимин» (США) с требованиями отечественных технических условий - ТУ 6726-002-11496665-97

Требования стандартов	ТУ	Содержание химпримесей в кварце, ppm										
		Fe	Al	Ti	Ca	Mg	Cu	Mn	Na	K	Li	Σ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

5	Jota-aT	Юни-мин	3,1	32,9	Нн	4,6	0,1	Нн	Нн	5,9	5,8	Нн	52,4
	Jota-standart		0,7	17,7	1,1	0,5	0,1	<0,05	0,1	1,0	0,6	0,6	22,44
	Jota-CG		0,7	17,2	1,1	0,5	0,1	<0,05	0,1	1,0	0,8	0,7	22,24
	Jota-5		0,28	11,0	1,5	0,65	0,1	<0,05	<0,05	0,4	0,3	0,25	14,36
	Jota-4		0,3	6,8	1,5	1,0	0,1	<0,05	<0,05	1,0	0,4	0,2	11,38
	Jota-6		0,1	6,8	1,0	0,4	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	0,1	0,1	8,12
10	КГО-1	ТУ 6726-002-114966 65-97	3,0	20,0	2,0	5,0	2,0	2,0	0,5	8,0	5,0	5,0	51,0
	КГО-2		2,0	15,0	2,0	3,0	2,0	0,3	0,3	5,0	3,0	3,0	35,6
	КГО-3		1,0	10,0	2,0	2,0	1,0	0,1	0,2	5,0	2,0	1,0	24,3
	КГО-4		0,7	10,0	2,0	0,5	0,3	0,05	0,1	1,5	1,0	0,6	16,75
	КГО-5		0,4	8,0	1,5	0,4	0,15	0,05	0,1	1,0	0,6	0,4	12,6
	КГО-6		0,3	8,0	0,6	0,4	0,1	0,06	0,1	1,0	0,5	0,4	11,45
	КГО-7		0,2	2,0	0,4	0,4	0,07	0,02	0,05	0,5	0,4	0,4	4,44
	КГО-8		0,1	0,15	0,4	0,15	0,05	0,02	0,01	0,15	0,2	0,2	1,43

15

Таблица 2

Состав примесей исходного кварцевого сырья месторождений Среднего и Южного Урала

Пробы	Li	Mg	Al	K	Ca	Mn	Ti	Fe	Cu	Na	Σ
П-1	0,09	4,86	123,9	16,85	16,64	0,06	1,1	8,93	0,15	41,05	213,63
П-2	0,28	18,9	121,4	24,18	6,91	0,25	3,61	24,12	0,42	11,57	211,64
Бал-1	0,35	4,07	15,77	0,16	8,89	0,14	0,7	10,18	0,02	5,27	45,55
Л-94	0,47	6,94	79,08	10,73	16,62	0,36	2,75	145,5	0,06	3,51	266,02
548-1	1,21	0,58	22,73	1,88	111,9	0,27	1,93	15,92	0,01	2,14	158,47
АГ-1	1,06	6,93	473,6	197,4	3,35	0,42	11,5	60,01	0,09	18,65	773,01
Л-235-1	0,79	12,91	150,2	45,13	74,77	0,15	4,84	37,88	0,01	2,06	328,74

25

Таблица 3

Состав примесей и коэффициенты плазмохимического обогащения проб предконцентратов кварца различных месторождений

Примесь проба		Li	Mg	Al	K	Ca	Mn	Ti	Fe	Cu	Na	Сумма
30 П-1	C <sub>10</sub>	0,05	0,69	11,04	7,37	1,65	0,03	0,65	0,7	0,01	4,62	26,81
	C <sub>1</sub>	0,01	0,27	7,74	0,67	0,33	0,02	0,65	0,35	0,01	0,38	10,43
	K <sub>1</sub>	5,00	2,56	1,43	11,00	5,00	1,50	1,00	2,00	1,00	12,16	2,57
35 П-2	C <sub>10</sub>	0,2	0,83	18,18	2,38	0,01	0,01	0,69	13,59	0,04	2,15	38,08
	C <sub>1</sub>	0,06	0,23	11,43	0,97	0,36	0,02	0,58	0,45	0,07	0,69	14,86
	K <sub>1</sub>	3,33	3,61	1,59	2,45	0,03	0,50	1,19	30,20	0,57	3,12	2,56
40 Бал-1	C <sub>10</sub>	0,32	0,01	11,01	0,01	0,01	0,01	0,66	0,43	0,01	0,43	12,90
	C <sub>1</sub>	0,30	0,05	8,80	0,16	0,11	0,01	0,66	0,15	0,01	0,34	10,59
	K <sub>1</sub>	1,07	0,20	1,25	0,06	0,09	1,00	1,00	2,87	1,00	1,26	1,22
40 Л-94	C <sub>10</sub>	0,22	0,45	17,23	0,01	1,55	0,01	1,32	0,15	0,01	5,69	26,64
	C <sub>1</sub>	0,11	0,3	11,5	0,22	0,45	0,02	1,32	0,75	0,01	0,67	15,35
	K <sub>1</sub>	2,00	1,50	1,50	0,05	3,44	0,50	1,00	0,20	1,00	8,49	1,74
45 548-1 Вяз	C <sub>10</sub>	1,09	1,99	23,55	1,87	0,01	0,01	1,82	1,80	0,01	7,92	40,07
	C <sub>1</sub>	1,30	0,25	12,79	0,73	0,21	0,02	2,29	0,47	0,01	0,50	18,57
	K <sub>1</sub>	0,84	7,96	1,84	2,56	0,05	0,50	0,79	3,83	1,00	15,84	2,16
50 АГ-1	C <sub>10</sub>	0,91	0,66	58,04	16,72	0,01	0,05	4,930	4,630	0,010	1,280	87,24
	C <sub>1</sub>	0,74	0,17	13,75	0,63	0,18	0,03	4,29	0,66	0,01	0,38	20,84
	K <sub>1</sub>	1,23	3,88	4,22	26,54	0,06	1,67	1,15	7,02	1,00	3,37	4,19
50 185-1	C <sub>10</sub>	0,78	0,23	31,96	0,79	0,01	0,01	2,03	2,86	0,04	0,01	38,72
	C <sub>1</sub>	1	0,05	16,96	0,34	0,26	0,02	2,09	0,35	0,07	0,48	21,62
	K <sub>1</sub>	0,78	4,60	1,88	2,32	0,04	0,50	0,97	8,17	0,57	0,02	1,79

Л-235-1	C <sub>10</sub>	0,56	0,46	20,05	0,87	0,92	0,01	1,89	0,35	0,01	0,43	25,55
	C <sub>1</sub>	0,65	0,74	15,18	1,01	0,81	0,02	1,85	0,5	0,01	0,73	21,5
	K <sub>1</sub>	0,86	0,62	1,32	0,86	1,14	0,50	1,02	0,70	1,00	0,59	1,19

5

### Формула изобретения

Способ обогащения природного кварцевого сырья в куске фракции 20-50 мм с содержанием SiO<sub>2</sub> (диоксид кремния) 99,99% и его концентрата фракции 0,1÷0,4 мм до особо чистого кварцевого концентрата (ОЧК) с суммарным содержанием элементов-примесей 10-20 млн<sup>-1</sup>, включающий стадии: предварительного обогащения кусков кварца с применением термодробления, дробления полученного материала, грохочения, радиометрических методов очистки; глубокого обогащения полученного концентрата с помощью магнитной, электромагнитной, электростатической сепарации и методов гравитационной очистки и кислотного травления; финишная доводка кварцевого концентрата до ОЧК необходимой чистоты на структурном уровне с помощью плазмохимического метода и ультразвуковой очистки.

20

25

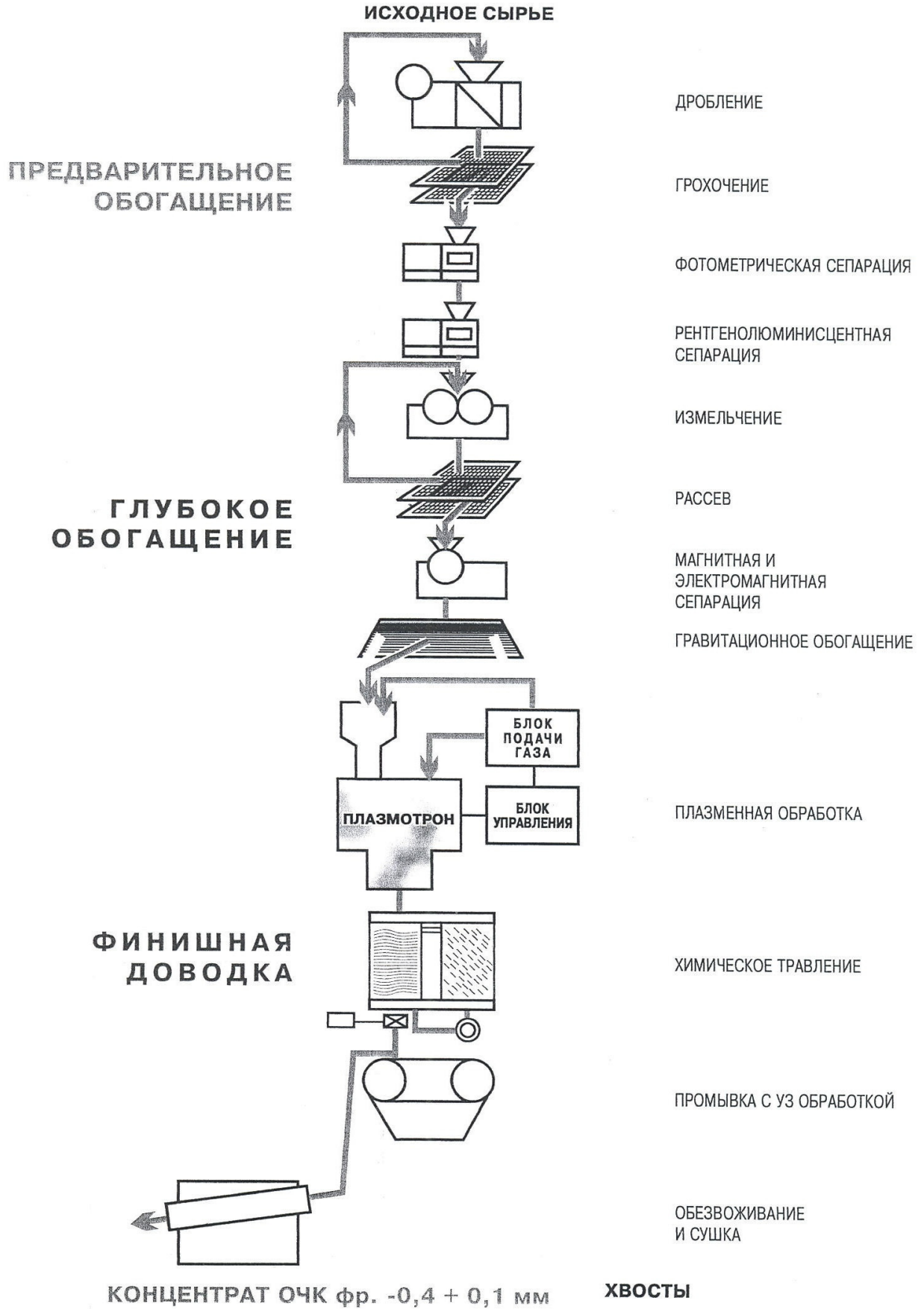
30

35

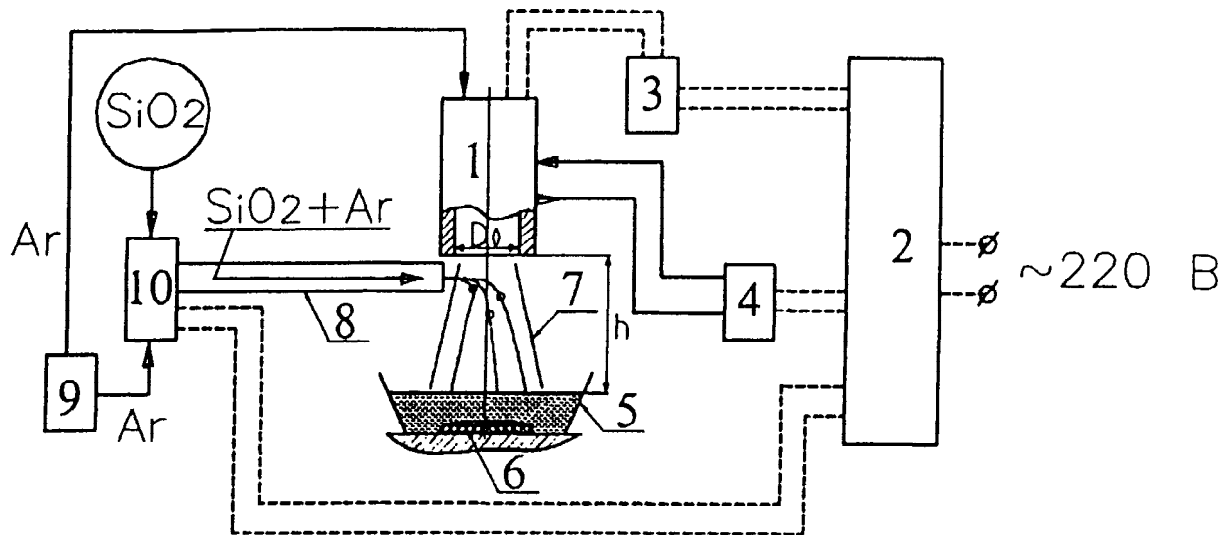
40

45

50

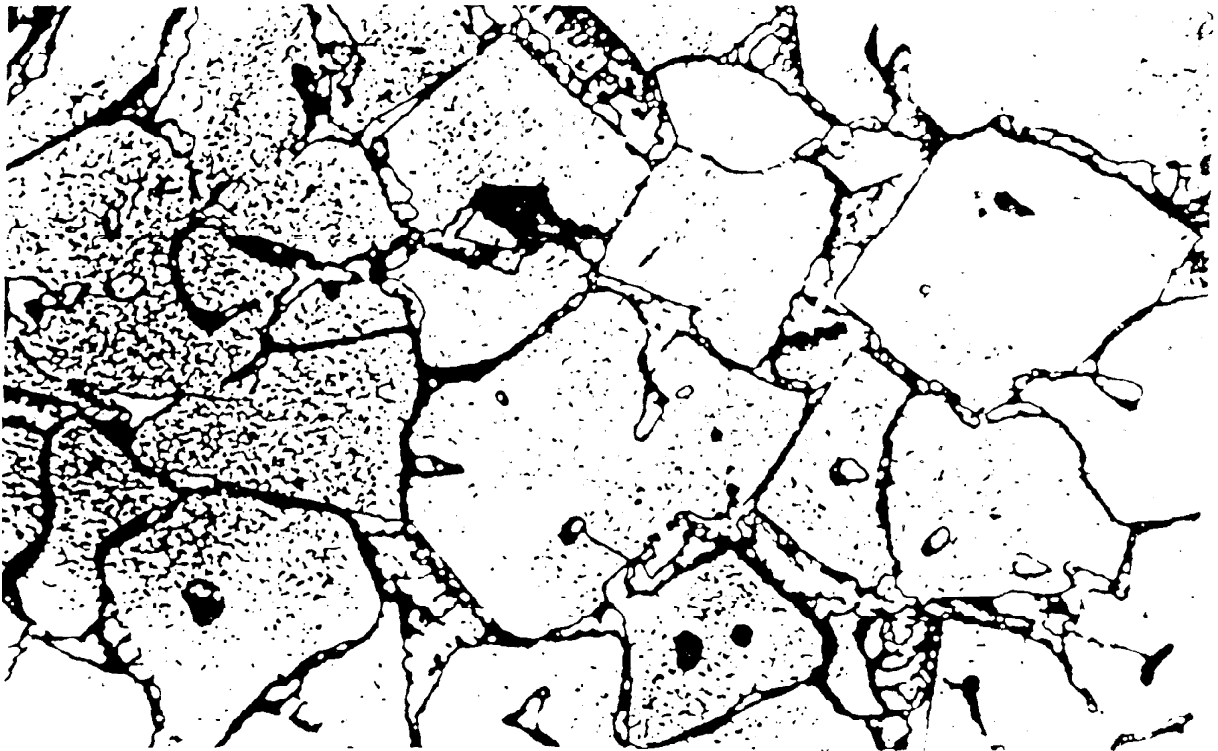


Фиг. 1



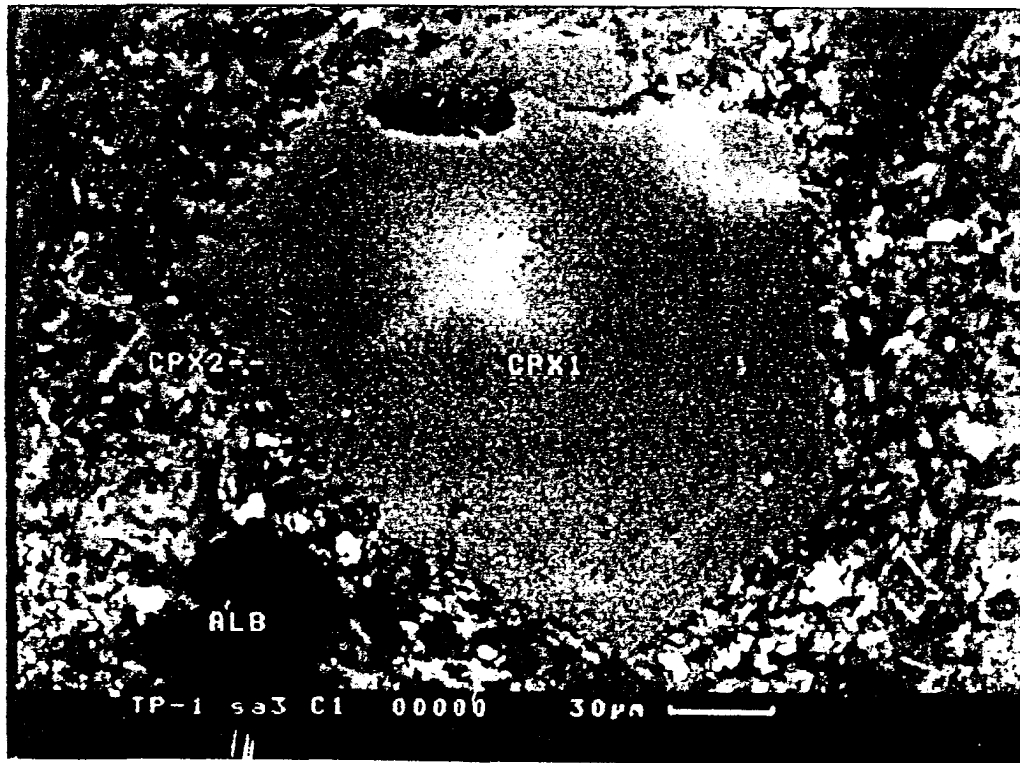
Плазмотронная установка для ПХ очистки кварца:

Фиг. 2



Структура гранулированного кварца под электронным микроскопом «Camscam»: грани кварца отделены друг от друга полигональными залеченными трещинами, на поверхностях и в межзерновом пространстве зерен видны микротрещины и микропоры, содержащие минеральные и газожидкие включения

Фиг. 3



Структура зерна гранулированного кварца под электронным микроскопом «Самсам»: зерно кварца характеризуется изометричной формой с зональным ростом граней, границы граней местами разрушены посткристаллизационными деформациями

Фиг.4