

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.А. ЧЕРНЫЙ, В.А. ЧЕРНЫЙ

**ДРАГОЦЕННЫЕ И ПОДЕЛОЧНЫЕ КАМНИ
И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ
КАМНЕЙ**

Учебное пособие

Пенза 2007

УДК 669.621.74

Черный А.А., Черный В.А. Драгоценные и поделочные камни и способы получения искусственных камней: Учеб. пособие – Пенза: Пенз.гос.ун-т, 2007. – 53 с.: 2 ил., 8 табл., библиогр. 5 назв.

Изложены особенности образования драгоценных камней в природе, их применения и замены искусственными камнями. Приводятся новые разработки по созданию искусственных камней, алгоритм математического моделирования и компьютерные программы, позволяющие выявлять математические модели для совершенствования процессов камнеобразования и получения изделий с требуемыми свойствами.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Машины и технология литейного производства» Пензенского государственного университета. Оно может быть использовано в учебном процессе при подготовке инженеров по специальности «Машины и технология литейного производства», а также аспирантами, инженерно-техническими работниками при выполнении научно-исследовательских работ.

Рецензенты:

Научный совет Пензенского научного центра;

А.С. Белоусов, главный металлург ОАО «Пензадизельмаш».

© А.А. Черный, В.А. Черный, 2007

ВВЕДЕНИЕ

Опубликовано много работ, посвященных драгоценным и полудрагоценным камням. Значительный вклад в изучение минералогии драгоценных камней внес академик А.Е. Ферсман. Выявление закономерностей образования драгоценных и поделочных камней в природных условиях позволило разработать способы получения искусственных (синтетических) камней, свойства которых в ряде случаев соответствуют свойствам естественных камней или даже их превосходят.

Возникла потребность заменять дорогие и редкие камни дешевыми искусственными камнями, ассортимент которых расширяется, а себестоимость изготовления уменьшается.

Разработаны новые способы получения композиционных неметаллических материалов литьем из расплавленных шлаков металлургических печей или различных расплавов минеральных материалов. В такие расплавы можно добавлять цветные вещества и создавать требуемые композиции. А это позволяет получать каменное литье для художественных, скульптурных произведений, архитектурных сооружений. Расширяются возможности творческого дизайна.

Дальнейшая разработка новых способов получения искусственных камней может быть ускорена, если при исследованиях использовать эффективные методы планирования экспериментов и математического моделирования процессов. Выявление математических моделей на ЭВМ по компьютерным программам, анализ моделей позволяют прогнозировать, оптимизировать процессы, изобретать.

ОБРАЗОВАНИЕ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ В ПРИРОДЕ

Красота – главное достоинство драгоценных камней [1]. Ее можно считать главным качеством так как красота, обусловленная цветом или прозрачностью камня или сочетанием этих свойств, притягивает взгляд человека к камню. Эти качества связаны со структурой камня; следовательно, драгоценные камни (за исключением таких, как опал и бирюза, которые ценятся как поделочные камни) представляют собой прекрасные образцы кристаллов, на какие только способна природа. Наиболее крупный источник больших кристаллов — это различные *изверженные горные породы*, слагающие земную кору. Эти породы образовались в результате кристаллизации расплавленной магмы, которая поднималась с больших глубин и застывала на поверхности земли или близ нее; при этом интервал температур колебался от 950 до 450°C. Примером такой кристаллизации может служить кристаллизация лавы, изливающейся из жерл вулканов в настоящее время. Но поскольку лава у поверхности застывает быстро, породы в основном оказываются тонкозернистыми и поэтому не могут быть источником драгоценного материала.

В отдельных случаях лава остывает настолько быстро, что затвердевает без кристаллизации, образуя природное вулканическое стекло — обсидиан. Более вероятны находки драгоценных камней в изверженных породах, сформировавшихся на больших глубинах в земной коре или в виде крупных глубинных масс, или в виде ветвящихся и прямолинейных жил (даек), отходящих от этих масс по трещинам во вмещающих породах. В этих условиях магма застывает медленнее, и кристалл успевает вырасти до крупных размеров.

Большая часть магмы, застывающей в коре, близка по составу к вулканической породе — базальту. В ее химическом составе присутствуют (в порядке значимости) кремнезем SiO_2 — около 50%, глинозем Al_2O_3 , окислы кальция CaO , магнезия MgO и железа (FeO и Fe_2O_3). Породы с низким содержанием кремнезема называются основными. Когда начинается кристаллизация магмы, первым в значительном количестве выделяется магнезиальный оливин. Содержание кремнезема в нем понижено по сравнению с содержанием кремнезема в магме в целом; если кристаллы оливина (перидота) составляют большую часть образовавшейся породы, которая называется перидотитом, то эта порода будет по составу ультраосновной. Породы такого типа заполняют алмазоносные трубки Южной Африки; вместе с оливином возможна и кристаллизация пирропа — магнезиального граната, также бедного кремнеземом [1].

Кристаллизация из магмы ультраосновных пород приводит к тому, что оставшая часть расплава обогащается кремнием; образующиеся на более поздних стадиях такого процесса магматические породы имеют более кислый состав. Содержание кремнезема в расплаве повышенной кислотности (70% или более) таково, что большая его часть кристаллизуется с выделением свободного кремнезема в виде кварца. Наряду с повышением содержания кремнезема возрастает концентрация редких компонентов - лития, бериллия,

бора, не принимавших участия в начальных стадиях кристаллизации. Увеличивается концентрация легколетучих компонентов — фтора, хлора, водорода; они играют существенную роль в понижении вязкости расплава на более поздних стадиях, обеспечивая большую свободу роста крупных кристаллов. Поэтому на заключительной стадии магматической деятельности происходит образование крупнокристаллических *пегматитовых тел*, характеризующихся крупными кристаллами кварца, полевого шпата, слюды. Пегматитовая стадия особенно благоприятна для образования таких драгоценных камней, как турмалин, берилл, топаз и сподумен. Зонально окрашенные кристаллы турмалина, характерные для этого драгоценного камня, показывают, как могут меняться условия во время кристаллизации, оставаясь благоприятными для роста кристаллов.

Драгоценный материал, находясь в породе, испытывает влияние выветривания и поэтому может быть легко выделен из выветренной мягкой основной массы горной породы. Когда порода разрушается и ее составные части уносятся водой, драгоценный материал вследствие более высокой твердости и большей плотности остается практически неповрежденным и накапливается в руслах древних или современных ручьев и рек. На камнях можно обнаружить окатанные края, шероховатость граней, что связано с продолжительным трением о соседние частички во время переноса водным потоком.

Важным источником драгоценного материала являются такие вторичные отложения, как песок и гравий. В них можно обнаружить не только минералы, отложившиеся в результате размыва первичных изверженных пород, но также и минералы, например сапфир, рубин, шпинель, принесенные из метаморфических пород. Из аллювия добывают значительное количество алмазов, но и, кроме этого драгоценного минерала, на продуктивный гравий, вероятно, приходится около половины общего объема добычи драгоценных камней.

Песок и гравий представляют собой разновидности *осадочных горных пород*. Этим термином называют все породы, образовавшиеся в результате выветривания первичных пород, их переноса и переотложения водными потоками. Кроме нерастворимого материала, который переносится во взвешенном состоянии и откладывается механически, в растворе находятся и растворимые продукты разрушения пород, которые в итоге, кристаллизуясь, осаждаются, образуя химический осадок, например гипс и некоторые виды известняка. Какая-то часть нерастворимого материала может быть переотложена в результате жизнедеятельности живых организмов; при росте кораллов и образовании жемчуга.

С магматической деятельностью связан еще один способ образования драгоценного материала. Когда большая масса расплавленной магмы перемещается во вмещающих осадочных породах земной коры, последние разогреваются и претерпевают *контактовый метаморфизм*, при котором большая их часть или все они испытывают перекристаллизацию. Особенно подвержены этому процессу известняки. Драгоценные камни, образующиеся в процессе метаморфизма, такие, как рубин и шпинель, могут полностью со-

стоять из материала, присутствовавшего в первичной породе; рубин представляет собой корунд, образовавшийся из глинистых примесей в известняке; окись магния, входящая в состав шпинели, образуется из первичного доломита, кальций-магниевого карбоната. Нередко из интрузивного тела во вмещающие породы проникают летучие компоненты, участвующие в образовании новых минералов, например при образовании ляпис-лазури. Летучие компоненты могут взаимодействовать и с самими изверженными породами; при этом оливин переходит в серпентин, а в трещинах и пустотах могут отлагаться такие материалы, как томсонит, опал и агат. Контактный метаморфизм обычно бывает локальным, но при некоторых условиях в результате *регионального метаморфизма* перекристаллизация окружающих пород происходит на больших площадях. Процесс регионального метаморфизма не столь существен, как контактный метаморфизм, однако и он может способствовать образованию таких минералов, как нефрит, кианит, ставролит и силлиманит. Многие драгоценные минералы метаморфического происхождения, так же как драгоценные камни первично изверженного происхождения, добывают главным образом из вторичных гравелитов, в которых они сконцентрированы [1].

Драгоценные камни достаточно широко распространены, но только в немногих районах возможна их систематическая добыча.

Если исключить алмазы и рассматривать менее ценные камни, то первое место принадлежат Азии благодаря добыче рубинов и сапфиров в Бирме, Таиланде, на острове Шри Ланка (Цейлон) и в Индии (табл. 1).

Разнообразные драгоценные камни добываются в Бразилии. В Северной Америке добываются множество поделочных камней и в небольшом количестве более ценные камни (значительную долю добычи составляет бирюза) [1].

Таблица 1

Распространение драгоценных камней в основных странах мира [1]

Страна	Драгоценные камни
1	2
Великобритания	кварц(горный хрусталь, дымчатый кварц, кернгорм, аметист), халцедон (агат), флюорит («блуджон», синяя разновидность флюорита, встречающаяся в Дербишире), гематит, янтарь, гагат
Франция	циркон, варисцит, кварц (горный хрусталь, аметист)
ФРГ	топаз, гранат (альмандин, пироп), корунд (сапфир), хризолит, кварц (аметист), халцедон (хризопраз, агат), диопсид, флюорит, янтарь
Норвегия	берилл, полевой шпат
Испания	кварц (аметист), гематит, гагат
Швейцария	сфен, кварц (горный хрусталь, дымчатый кварц)

Продолжение табл. 1

1	2
Россия	алмаз, берилл (изумруд, аквамарин), хризоберилл (александрит, топаз), фенакит, турмалин, гранат (гроссуляр, андрадит), бирюза, кварц (аметист), халцедон, лабрадор, нефрит, ляпис-лазурь, обсидиан, диоптаз, гемиморфит, солнечный камень
КНР	нефрит, кварц (аметист, дымчатый кварц), халцедон (карнеол, агат)
Тайвань	халцедон, нефрит
Япония	кварц (горный хрусталь, аметист, розовый кварц, яшма, плазма), жадеит
Афганистан	корунд (рубин), ляпис-лазурь
Иран	бирюза
Индия	алмаз, корунд (сапфир), хризоберилл (цимофан), берилл (изумруд), гранат (альмандин), турмалин, кварц (горный хрусталь, аметист, розовый кварц, авантюрин), халцедон (агат), кианит, эвклаз, серпентин (бовенит), апатит, кордиерит, полевоы шпат (амазонит), циркон, родонит
Пакистан	берилл (изумруд), гранат (гроссуляр), серпентин (бовенит)
Шри Ланка	корунд (сапфир, рубин), хризоберилл (александрит), шпинель, циркон, топаз, гранат, берилл, турмалин, сфен, рутил, кордиерит, фибролит, андалузит, диоксид, апатит, кварц (аметист, кошачий глаз), полевоы шпат (лунный камень), корнерупин
Бирма	корунд (рубин, сапфир), шпинель, жадеит, циркон, кварц, берилл, хризоберилл, топаз, хризолит, скаполит, апатит, фибролит, турмалин, янтарь (бирмит), ляпис-лазурь, диоксид, эпстатит, кианит, данбурит
Таиланд	корунд (сапфир, рубин), циркон
Кампучия	корунд (рубин, сапфир), циркон, кварц (горный хрусталь, аметист)
Вьетнам	циркон
Калимантан	алмаз, корунд (сапфир)
Алжир, Марокко	халцедон, серпентин
Египет	берилл, хризолит, бирюза
Сьерра-Леоне, Гвинея	алмаз, гранат (андрадит), корунд (рубин), циркон
Гана, Берег Слоновой кости	алмаз
Нигерия	топаз
Заир	алмаз, халцедон, диоптаз

1	2
Ангола	алмаз, корунд
Танзания	алмаз, корунд (сапфир, рубин), гранат (альмандин, пироп), кварц, (аметист), фенакит, турмалин, полевой шпат (лунный камень), эвклаз, цоизит
Замбия	кварц (аметист), гранат (гроссуляр)
Малави	корунд (сапфир, рубин)
Зимбабве	алмаз, берилл (изумруд, аквамарин), хризоберилл, топаз, гранат(пироп), турмалин, кварц (аметист), халцедон, нефрит
ЮАР	алмаз, гранат (гроссуляр, пироп), берилл (изумруд), кварц (аметист, розовый кварц, кернгорм, соколиный глаз, тигровый глаз), энстатит
Намибия	алмаз, берилл, турмалин, топаз, кварц (аметист, розовый кварц), халцедон (хризопраз, гелиотроп), кордиерит, лазурит
Мадагаскар	корунд (рубин, сапфир), берилл, гранат (альмандин, спессартин), топаз, турмалин, шпинель, хризоберилл, сподумен (кунцит), кварц (горный хрусталь, аметист, розовый кварц), халцедон, кордиерит, полевой шпат (лунный камень, амазонит), циркон, корнерупин, скаполит, данбурит, гамбургит, родицит
Канада	хризолит, турмалин, апатит, бирюза, кварц (аметист), халцедон (агат), полевой шпат (лабрадор)
Ньюфаундленд	лабрадор
США	алмаз, корунд (сапфир), бирюза, турмалин, опал, халцедон (агат), берилл, полевой шпат (амазонит, солнечный камень), ляпис-лазурь, нефрит, родонит, топаз, сподумен (кунцит, гидденит), поллуцит, цинкит, варисцит, дюмортьерит
Мексика	опал, гранат, кварц (аметист, горный хрусталь)
Гватемала	жадеит
Гондурас	опал
Колумбия	берилл (изумруд), корунд (рубин, сапфир), гранат (пироп, гроссуляр, спессартин), топаз, хризоберилл, турмалин, кварц (аметист, горный хрусталь, цитрин), халцедон (агат), андалузит, эвклаз, нефрит, фенакит, скаполит, бразилианит
Аргентина	гранат (пироп), берилл, кварц (розовый кварц), халцедон (агат), родохрозит

1	2
Уругвай	кварц (аметист), халцедон (карнеол, агат)
Австралия	алмаз, корунд (сапфир, рубин), опал, берилл (изумруд, аквамарин), циркон, шпинель, топаз, гранат (пироп, спессартин), кварц (аметист), халцедон (агат, хризопраз, яшма), бирюза, хризолит, турмалин
Новая Зеландия	нефрит, опал, халцедон, серпентин (бовенит)

ДРАГОЦЕННЫЕ И ПОДЕЛОЧНЫЕ КАМНИ, ИХ ЦЕННОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ

Драгоценные и поделочные камни (ювелирные камни) — это обширная группа разнообразных камней минерального и органического происхождения, служащих благодаря своей красоте, декоративности, твердости, прочности основным украшением ювелирных изделий и камнерезных изделий [2].

Драгоценные камни могут быть как натурального, так и искусственного происхождения. Для повышения качества камни иногда подвергают облагораживанию.

В зависимости от стоимости, потребительских свойств, редкости драгоценные и поделочные камни делят на группы [2]:

Драгоценные камни (самоцветы)

1 порядка: алмаз, сапфир, рубин, изумруд, александрит, хризоберилл, благородная шпинель, эвклаз, жемчуг;

2 порядка: топаз, берилл, аквамарин, воробьевит, розовый турмалин (рубеллит), демантонд, фенакит, аметист, альмандин, уваровит, гиацинт, благородный опал, циркон, пироп.

3 порядка: гранат, бирюза, турмалин зеленый и полихромный агат, горный хрусталь, сподумен (кунцит), диоптаз, кордиерит, халцедон, агат, сердолик, гелиотроп, хризопраз, празем, лунный камень, лабрадор, гематит (кровоавик), рутил, пирит, янтарь, гагат и др.

Особенно яркие, чистые, прозрачные камни 1 порядка ценятся очень высоко. Камни 1 порядка мутные, с дефектами могут цениться как камни 2 и 3 порядков, И наоборот, отдельные камни 2 порядка, отличающиеся значительными размерами и красотой, могут цениться как камки 1 порядка.

Камни 3 порядка по назначению часто используются как поделочные камни.

Обычно камни имеют кристаллическую структуру, но встречаются некристаллические (аморфные), например бирюза, или скрытокристаллические структуры (яшма).

Камни кристаллической структуры обладают спайностью, то есть способностью раскалываться по направлениям спайности. Отчетливо выра-

жена спайность у слюды, которая при малейшем усилии легко расщепляется на тонкие листочки. Спайность у слюды проходит только в одном направлении, разломать ее по другим направлениям трудно.

Кристаллы представляют собой многогранники различной формы. Существуют и более сложные формы кристаллов. Кристаллическое строение становится заметно под микроскопом.

Камни бывают разнообразных цветов, слегка или густо окрашенными, одноцветными или многоцветными (пятнистыми, полосатыми, с переливами).

Бывают камни прозрачные, полупрозрачные и непрозрачные.

Диагностика ювелирных камней — это определение их минерального вида.

Ювелирными называют материалы, используемые в качестве вставок. Материалы делятся на природные и искусственные.

Природные камни — это материалы, которые создала природа.

Искусственные материалы изготавливают в лабораториях (лейбры).

Искусственные камни делятся на:

- а) синтетические аналоги;
- б) имитация природных камней;
- в) составные камни;
- г) реконструкционные;
- д) облагороженные.

Синтетические аналоги были впервые получены во Франции в XIX веке Вернелем. При их изготовлении берется то же сырье, что и у природных, создаются те же условия, температура, давление. Полученные камни по химическому составу, строению кристаллической решетки подобны драгоценным камням.

Имитация природных камней — это материалы, по своему внешнему виду напоминающие драгоценные камни (корунд имитирует рубин, зеленый фианит — изумруд).

Составные камни (дублеты) состоят из нескольких частей. Их трудно отличить от цельных камней, но лупой или микроскопом можно увидеть место склейки и пузырьки воздуха в клее.

Реконструированные камни — твердые вещества, изготавливаемые путем плавления или спекания мелких кусочков природных минералов (например, плавленный янтарь).

Камни облагороженные — природные материалы, показатели качества которых и прочностные характеристики улучшают.

Поделочные камни представляют собой цветные полупрозрачные или непрозрачные минералы разнообразных цветов и оттенков, неповторимых рисунков, созданных природой. Они применяются для изготовления художественных, декоративных и бытовых камнерезных изделий (чаш, ваз, шкатулок, статуэток), а некоторые из этих камней используют для изготовления вставок и бус.

К поделочным камням относят (по А. Е. Ферсману):

1 порядка — нефрит, лазурит, амазонит, лабрадор, содалит, орлец (родонит), малахит, авантюрин, кварцит (белоречит), дымчатый и розовый кварц, агат и его разновидности, яшма, везувиан (калифорнит), письменный гранит (пегматит), эвдиалит, жадеит, главколит, чароит, хамидон (переливт, празем);

2 порядка — серпентин (змеевик), агальматолит, стеатит, обсидиан, морская пенка, мраморный (восточный) оникс, флюорит, янтарь, ангидрид, каменная соль, лепидолит, фукситовый сланец, графит;

3 порядка — гипс (селенит), мрамор, порфир, лабрадорит, брекчия, кварцит и другие породы.

Поделочные камни ценятся в зависимости от яркости окраски, изыска и богатства рисунка, блеска. Поделочные камни 3 порядка обладают этими свойствами в значительной степени и поэтому чаще используются как облицовочный материал, употребляемый в строительстве.

Для облегчения определения или подбора драгоценных и поделочных камней пользуются определителем их по цвету и прозрачности [2]. Ниже приведена характеристика часто применяемых камней.

Рубин, (яхонт) - минерал, разновидность корунда. Состоит из чистого кристаллического глинозема (окиси алюминия) с незначительным количеством примесей окислов металлов (хрома и железа), которые окрашивают его в красный цвет. Рубин относится к драгоценным камням 1 порядка. Цвет колеблется от темно-красного до светло-красного. Лучшими считаются рубины огненно-красного или темно-красного цвета.

Рубин - прозрачный, его твердость 9, плотность 3,9—4,2 г/см³.

Иногда встречается звездчатый рубин (штерн), имеющий сияние в виде шестилучевой звезды (астеризм), заметное при рассмотрении кристалла сверху вниз на свету.

Рубины густо-красного цвета с легким фиолетовым оттенком, без дефектов наиболее ценятся и называются восточными или ориентальными («голубая кровь»).

Рубины светло-красного цвета (сангены) и светло-розовые (розе) ценятся дешевле.

Рубины гранятся ступенчатой огранкой, таблицей, плоской бриллиантовой огранкой круглой или вытянутой формы, худшие сорта — кабошоном.

Совершенно прозрачные образцы рубинов встречаются редко и ценятся высоко.

Рубины встречаются на Урале, Памире, в Бирме, Таиланде, Индии, Китае, Шри-Ланке, Австралии, Бразилии.

Синтетические рубины применяются в часовой промышленности, точном приборостроении и ювелирном деле. Их получают из порошка Al_2O_3 с примесью Cr_2O_3 при температуре выше 2000°C.

Изумруд (смарагд) - прозрачная разновидность берилла, в состав которого входят кремнезем, глинозем, окись бериллия, окислы хрома и ванадия, окрашивающих минерал в зеленый цвет.

Плотность изумруда 2,67—3,70 г/см³, твердость 7,5— 8,5. Показатель преломления 1,58. Несмотря на то, что изумруд по твердости уступает алмазу, рубину и сапфиру, этот минерал высоко ценят за красивую зеленую окраску. Изумруд относится к драгоценным камням 1 порядка.

Большая часть изумрудов (около 80 %) имеет трещиноватость и подвергается облагораживанию.

Наиболее ценными считаются прозрачные, чистые изумруды густо-зеленого цвета, не имеющие дефектов.

По интенсивности окраски изумруды бывают от густо-зеленого до светло-зеленого цвета, иногда встречаются изумруды винно-желтого, розового, синевато-голубого цвета и бесцветные.

Изумруды обычно гранят ступенчатой огранкой, которая называется изумрудной.

По форме верхней площадки и рундисты камни могут быть правильной, четырехугольной, прямоугольной, восьмиугольной формы, реже встречаются изумруды с таблицей [3] неправильной формы, с бриллиантовой огранкой, кабошон [3]. Они ценятся ниже.

Месторождения изумрудов известны на Урале, в Бразилии, Индии, Бирме, Колумбии, Южной Африке и в других странах. На мировом рынке русский изумруд считается одним из самых ценных камней.

В лабораториях получают синтетический изумруд — игмеральд, но его кристаллы не превышают 1,5— 2 см и трещиноваты.

Сапфир - от греческого «сапферио» — синий. Он, как и рубин, является прозрачной разновидностью корунда, имеет те же свойства, но окраска его обусловлена примесью окислов железа и титана. Относится сапфир к драгоценным камням 1 порядка, имеет синий цвет различных оттенков, иногда встречаются камни красновато-синего или желтовато-зеленого цвета.

Твердость сапфира 9, плотность 3,95—4,10 г/см³, показатель преломления 1,77. Сапфир встречается чаще рубина.

Наиболее дорогими считаются сапфиры темно-синего и васильково-синего чистого цвета без посторонних включений.

Камни фиолетового цвета (аметистового) называют восточными аметистами, они ценятся несколько ниже.

Звездчатые сапфиры — полупрозрачные камни, дающие на ограненной поверхности в отраженном свете световой рисунок в виде шестилучевой звезды, они ценятся очень высоко.

Лейкосапфиры — бесцветные, прозрачные камни.

Сапфиры гранят плоской бриллиантовой огранкой правильной округлой или вытянутой формы и ступенчатой огранкой. Часто используют огранку кабошоном [3], с тем, чтобы выявить бархатистость поверхности камня и световые блики трех- и шестилучевой звезды с жемчужным отливом.

Для мелких сапфиров применяют огранку «каре» с 8 плоскими гранями.

Изготавливают синтетический сапфир, не отличающийся по составу и свойствам от природного.

Александрит (хризоберилл) - разновидность хризоберилла, относится к драгоценным камням 1 порядка. Обладает изменчивостью цвета: при дневном освещении камень имеет густой изумрудно-зеленый цвет, при искусственном — золотисто-красный, его блеск стеклянный, твердость 8,5; плотность 3,7 г/см³.

Под названием синтетического александрита известен травянисто-зеленый корунд, окраска которого меняется при искусственном освещении на розовую. Александрит - редкий камень, в ювелирной практике применяется в основном для серег и колец, встречается на Урале, в Африке, Южной Америке, Тасмании, на Мадагаскаре и Цейлоне.

Назван александрит в 1834 году в честь совершеннолетия наследника русского престола — Александра II.

Александритом нередко называют синтетический корунд со световым эффектом.

Шпинель - группа минералов, относящихся к классу сложных окислов алюминия и магния. Шпинель бывает почти всех цветов: карминного, красно-бурого, фиолетового, синего. Камни карминной и рубиновой окраски без желтоватого оттенка носят название благородной шпинели и относятся к драгоценным камням 1 порядка, остальные виды шпинели — 2 порядка.

Крупные кристаллы шпинели встречаются редко.

Шпинель имеет твердость 8, плотность 3,6 г/см³, показатель преломления 1,71 — 1,74.

Разновидности шпинеля:

хромо-шпинель — шпинель красивого зеленого цвета;

рубин-балэ — шпинель розового и темно-розового цвета;

шпинель-рубицед — желтовато-красного и оранжевого;

альмандиновая шпинель — с красновато-фиолетовым оттенком.

Под действием света шпинель постепенно теряет первоначальный цвет. Шпинель известна с глубокой древности, ее ярко-красные разновидности не отличали от рубина.

Топаз - прозрачный минерал золотисто-желтого, густо-оранжевого, винно-желтого цвета, зеленоватый, розовый, фиолетово-розовый, светло-красный, синевато-зеленый, бесцветный и редко — синий.

Топаз относится к группе алюмосиликатов. Состоит из кремнезема, глинозема и фтора. Относится к драгоценным камням 2 порядка. Его твердость 8, плотность 3,5 г/см³, показатель преломления 1,62.

Топаз обладает стеклянным блеском, имеющим «безжизненный вид» по сравнению с блеском алмаза, на плоскостях спайности отливает перламутром; его показатели лучепреломления и светорассеяния невелики, но выше, чем у горного хрусталя и берилла.

Наиболее ценные топазы окрашены в золотистый и розовый цвет.

Богатые месторождения топаза находятся на Урале, в Сибири, Забайкалье, в Бразилии и Саксонии. Уральские топазы выделяются красотой оттенков, прозрачностью и величиной кристаллов.

Топаз используется как ювелирный камень, превосходный, хотя и трудный в обработке.

Бесцветные топазы нередко принимались за алмазы.

В ювелирном деле топазами называют также некоторые разновидности кварца, которые однако отличаются от топаза твердостью и плотностью: золотистый (испанский) топаз — горный хрусталь, окрашенный в золотистый цвет; дымчатый топаз (раухтопаз) — горный хрусталь дымчатого цвета.

Берилл – (греческое «бериллос») — собирательное название драгоценных камней. Такие разновидности берилла как изумруд, аквамарин, гелиодор — красивые драгоценные камни.

Но драгоценные бериллы в природе редки. Обычно этот минерал образует шестигранные неправильные кристаллы и друзы белого, зеленовато-белого, желтого, зеленовато-желтого цветов.

Минерал, состоящий из кремния, аммония и бериллия (до 14 % окиси бериллия), - это прозрачный минерал различных цветов: бесцветный, золотисто-желтого (золотистый берилл), ярко-зеленый (изумруд), цвета морской воды (аквамарин), вишнево-розовый (воробьевит), бледно-розовый (морганит).

Твердость берилла 7,5-8, плотность 2,6-2,84 г/см³, показатель преломления 1,58.

Четкая форма, красивые цвета делают эти камни хорошим декоративно-художественным и коллекционным материалом.

Воробьевит (морганит) назван в честь русского минералога В. И. Воробьева, открывшего этот минерал. Воробьевит встречается редко в месторождениях на Урале, в Забайкалье.

Аквамарин - прозрачный камень обычно бледно-голубого цвета, отчего и получил свое название от латинского «аквамарины» (морская вода).

Встречаются аквамарины зеленовато-голубые, сине-зеленые и бесцветные. Аквамарин является разновидностью берилла. По составу сходен с изумрудом, обладает стеклянным блеском.

Его твердость 7,5-8, плотность 2,6-2,8 г/см³, показатель преломления 1,58.

Наиболее ценятся аквамарины густой сине-зеленой окраски.

Аквамарин относится к драгоценным камням 2 порядка, часто используется в изделиях вместе с бриллиантами, Подделки под аквамарин отличаются от природного камня наличием пузырьков.

Встречается аквамарин на Урале, в Бразилии, Индии, США, на острове Мадагаскаре.

Турмалин - хрупкий минерал сложного и изменчивого цвета. Относится к бороалюмосиликатам.

Его твердость 7—7,5, плотность 2,94—3,24, показатель преломления 1,63. Он прозрачен в разных степенях от водно-прозрачного до непрозрачного, отличается большим разнообразием цветов и оттенков:

шерлы — черного цвета,
рубеллиты — вишнево-красные,
ахронты — бесцветные,
верделит — зеленый различных оттенков,
дравит — коричневый,
апириты — розовые,
индиголиты — синие,
агниты — фиолетовые.

Ювелирные турмалины сравнительно редкие, наиболее ценные среди них камни различных тонов красного цвета.

Турмалины встречаются на Среднем и Южном Урале и в Сибири, а также в Бразилии и Канаде. Наиболее ценные — Уральские турмалины.

Гранат - по цвету имеет более 30 оттенков и в зависимости от окраски бывает прозрачным, полупрозрачным и непрозрачным. Состоит он из кремниевой кислоты и окислов металлов.

Твердость граната 6,5—7,5, плотность 4,0—4,3 г/см³, показатель преломления 1,93.

По форме кристаллы граната напоминают зерна, отсюда и его название от латинского «гранатус» (подобный зернам).

Разновидности граната имеют в ювелирной практике свои собственные названия.

Пироп — в ювелирной практике называется гранатом. Он имеет кроваво-красный цвет с огненным оттенком. Лучшие гранаты — пиропы, найденные в Чехословакии.

Родолит — имеет густо-розовый цвет.

Альмандин — наиболее ценная разновидность гранатов, прозрачен или просвечивает. Его окраска кроваво-красная, красно-фиолетовая, иногда с голубоватым оттенком. Имеет сильный стеклянный блеск, близкий к жирному. В древности альмандин называли карбункулом. Назван по имени города Алабанда в Малой Азии. Наиболее популярная форма огранки альмандина в виде блюдечка. Встречается альмандин на Цейлоне, в Индии, Бразилии. Его показатель преломления 1,78—1,81.

Демантоид — редкая разновидность граната, прозрачная, золотистого или ярко-зеленого цвета. Впервые этот камень был найден в 60-х годах XIX века на Урале, вблизи Нижнего Тагила. Свое название этот камень получил от немецкого слова «диамант» — «алмаз» за почти алмазный блеск. Раньше его называли уральским хризолитом. Ценится значительно дороже других гранатов, обычно ему придается бриллиантовая, реже — ступенчатая огранка.

Гранаты:

уваровит — гранат изумрудно-зеленого цвета, имеющий повышенную твердость — 8,

эссонит — гранат коричневого цвета,
румяновит — буровато-красного или красновато-бурого цвета,
гроссуляр — яблочно-зеленого цвета,
меланит — черного цвета с сильным стекляннным блеском,
перенеит — черновато-бурого цвета,
ротифит — желто-бурого цвета,
топазолит или *сукцинит* — ярко-желтого цвета,
колофонит — желтовато-бурого цвета со смоляным блеском.

Андрадит — бывает разной окраски: бурой, желтой, красной, зеленой, черной. Назван так в честь португальского минералога д'Андрادا. Красно-бурые блестящие кристаллы дальневосточного граната — андрадита, образующие друзы — замечательный декоративно-художественный и коллекционный материал.

Опал - аморфный минерал, разновидность двуокиси кремния (кварца). Состоит из кремнезема с небольшими примесями окиси железа, глинозема, извести. Содержание в нем воды меняется от 1 до 15 %. Известно множество разновидностей опала, отличающихся по цвету. Опал - хрупкий камень. Твердость опала 5,5—6, плотность 2—2,2 г/см³, показатель преломления 1,44—1,46.

Белый или молочно-белый опал с сильным блеском, отливом и игрой всевозможных цветов (опалесценция, ирризация) называется *благородным опалом*. Он известен и ценился с глубокой древности. Может также быть голубоватого, желтоватого или даже черного цвета.

Разновидности опала:

гиалиит — бесцветный, прозрачный опал,
огненный опал — красивого винно-желтого или красного цвета,
молочный опал — полупрозрачен, молочно-белого цвета, менее ценен.

Встречаются также опалы зеленого, синего, фиолетового и розового цвета.

Лучшими считаются опалы светло-розового и золотистого цвета. Благородный опал — драгоценный камень 2 порядка. Для выявления радужных переливов в камне опалы шлифуют кабошоном [3].

Встречаются опалы в Венгрии, Мексике, Гватемале, Австралии.

Есть сведения об успешном синтезе опалов, как белых, так и черных.

Горный хрусталь - прозрачная, бесцветная разновидность кварца (SiO₂). Относится к драгоценным камням 3 порядка или поделочным камням первого порядка. Его твердость 7, плотность 2,65 г/см³, показатель преломления 1,55. Горный хрусталь на ощупь холодный, в глубокой древности его считали окаменевшим льдом.

Камень не дорогой.

Аметист - разновидность кварца, представляет собой прозрачный минерал от светло- до густо-фиолетового цвета с красным оттенком и стекляннным блеском. Встречаются аметисты зеленовато-синего и черно-фиолетового цветов. Особенно ценятся густо-фиолетовые аметисты.

Равномерно окрашенные кристаллы редки, чаще всего окраска усиливается к вершине кристалла. Твердость аметиста 7, плотность 2,6—2,66 г/см³, показатель преломления 1,56.

Относится аметист к драгоценным камням 2 порядка, светлые аметисты к камням 3 порядка.

Некоторые аметисты имеют кроваво-красную раскраску. Низкокачественные аметисты, которые при нагреве до 250—300 °С приобретают желтую окраску, используются для имитации желтых драгоценных камней. При температуре 500°С происходит полное обесцвечивание камня. Блеск на изломе аметиста жирный.

Встречается аметист на Урале, в Бразилии, Уругвае, Саксонии. Уральские аметисты считаются лучшими в мире.

Восточным аметистом в ювелирной практике называют фиолетовый сапфир, разновидность корунда, но в отличие от сапфира при искусственном освещении он теряет свою красоту, приобретает сероватый оттенок.

Известен аметист с глубокой древности. Название произошло от греческого слова в переводе на русский «непьяный».

Аметисты выращиваются в промышленных масштабах. От природного он отличается более низкой теплопроводностью.

Гиацинт - название камень получил от имени греческого цветка гиацинтос.

Гиацинт - разновидность циркона, представляет собой прозрачный, блестящий камень темно-красного, малиново-оранжевого, красно-оранжевого, желто-оранжевого или бурого цвета. Встречаются также зеленоватый, фиолетовый и бесцветный гиацинты. Бесцветный гиацинт можно получить искусственным прокаливанием минерала. Также прокаливают темные гиацинты для придания им красивого красного цвета (температура прокаливания - 400°С). Гиацинты относятся к драгоценным камням 2 порядка, обладают высокой дисперсией, близкой к бриллиантовой.

Твердость гиацинта 7—8, плотность 4,4—4,7 г/см³, показатель преломления 1,92—1,97.

Встречаются гиацинты на Урале, острове Цейлоне, в Таиланде.

Хризопраз - название происходит от греческих слов «хризос» - золото и «празос» — лук-порей.

Это просвечивающий минерал изумрудно зеленого и яблочно-зеленого цвета, разновидность халцедона, он содержит никель.

Твердость хризопраза 7, плотность 2,57 г/см³, показатель преломления 1,53. Со временем хризопраз под действием света постепенно теряет цвет. Однако окраска восстанавливается, если камень поместить во влажную среду.

Хризопраз - поделочный и ювелирный камень 3 порядка, известен с древнейших времен.

Этот камень популярен был в XVIII веке, вставки из него осыпали бриллиантами, камень ценился дорого.

Бирюза – от персидского слова «фирюза», что означает камень счастья.

Это непрозрачный минерал аморфной структуры небесно-голубого, зеленовато-голубого, яблочно-зеленого цвета, встречается бирюза пятнистой окраски с коричневыми полосками.

По химическому составу бирюза представляет собой водный фосфат со следами меди, относится к драгоценным камням 3 порядка, отличается хрупкостью.

Ее твердость 5—6, плотность 2,6—2,83 г/см³. Бирюза склонна к изменению цвета.

Ценится небесно-голубая бирюза, не изменяющаяся от времени и имеющая плотную структуру.

Зеленые разновидности бирюзы (кок-бирюза) используются в недорогих украшениях,

Огранку бирюзы производят только кабошоном. Используют в качестве вставок в ювелирных изделиях, бусах.

Крупные месторождения бирюзы известны в Иране, на Синайском полуострове, в Средней Азии, Казахстане.

Имитация бирюзы из стекла и пластмассы широко распространена в ювелирной галантерее.

В настоящее время широкое распространение получили синтетическая бирюза, близкая по составу и свойствам к природной, а также имитации бирюзы — венская бирюза, необирюза, неолит.

Халцедон (переливт) - представляет собой одно из плотных видоизменений мутно-прозрачного и просвечивающего кварца.

Цвет халцедона серовато-голубой, серовато-фиолетовый и серый, часто со светлыми разводами.

Существует много разновидностей халцедона: одноцветные и многоцветно-рисунчатые.

К группе халцедонов относятся: сердолик, яшма, авантюрин, оникс. Твердость халцедона 6,5—7, плотность 2,5— 2,8 г/см³.

Этот камень, по-видимому, назван по местности в Малой Азии — Халцедону.

Кварц - твердый минерал, бесцветный, белый или различных цветов, по составу двуокись кремния, или кремнезем, важная часть многих горных пород, один из самых распространенных минералов земной коры. Встречается в кристаллах, а также в зернистых и сплошных массах. Ценится как поделочный камень. Некоторые яснокристаллические разновидности кварца имеют в зависимости от окраски собственные названия: горный хрусталь, аметист, цитрин, дымчатый кварц, морион, празем, кошачий глаз, тигровый глаз, соколиный глаз, молочный кварц,, серебристо-белый, розовый и голубой. Среди скрытокристаллических разновидностей кварца наиболее известны халцедон, кварц-волосатик.

Разновидности кварца применяются в ювелирном деле для вставок, бус, в художественной промышленности для изготовления чаш, бокалов, блюд, скульптур.

Лучшие образцы кварца добываются на Урале, Кавказе, Памире, в Бразилии, Японии, Альпах, на Мадагаскаре.

Ниже приводятся разновидности кварца.

Морион — эта разновидность кварца имеет густую черную окраску. Его используют в ювелирном деле для вставок в гладко-полированном виде квадратной и прямоугольной форм и в виде гемм. В России встречается морион на Урале, в Забайкалье, за рубежом — в Испании, на Мадагаскаре.

Дымчатый кварц имеет дымчатый цвет благодаря примесям битуминозных составов. Иногда дымчатый кварц называют рух-топазом. Окраска его бывает неравномерной, от светлого до темно-бурого и дымчато-коричневых цветов.

Желтый кварц — цитрин, камень желтого цвета, иногда с бурым оттенком. Его можно получить искусственно, путем слабого обжига дымчатого кварца.

Кошачий глаз — цифоман, камень серовато-зеленого цвета или цвета рога с переливами. Он является разновидностью агата. Отшлифованный кабошоном камень при движении дает отлив и игру наподобие глаза кошки, отсюда и его название. Хорошей шлифовки считается камень, в котором отлив располагается узкой прямой полоской.

Кошачьим глазом называют также полупрозрачный кристаллический кварц желтой, желто-зеленой и красно-бурой окраски с тонкими нитями асбеста.

Тигровый глаз имеет цвет коричневый, буроватый, золотисто-желтый.

Соколиный глаз — имеет синий цвет с голубым отливом.

Празем бывает зеленого цвета.

Сердолик (карнеол) - является разновидностью халцедона ярко-красного, желтого или оранжевого цвета, вызванного наличием примесей окиси железа. Лучшим считается сердолик темно-красного цвета и почти совершенной прозрачности. Густота окраски и яркость цвета могут быть улучшены путем прокаливания сердолика перед шлифовкой в герметично закрытых сосудах.

Применяют сердолик для изготовления вставок в ювелирные изделия, а также как поделочный материал для художественных изделий, мозаичных наборов.

Твердость сердолика 6,5—7, плотность 2,5—2,8 г/см³.

Сердоликовым ониксом называют разновидности агата красно-желтой, ярко-красной и молочно-белой окрасок, характеризующиеся слоистым строением. Из сердоликового оникса изготавливают камеи и геммы, а также различные декоративные изделия: флаконы, шкатулки.

Имитации сердолика представляют собой искусственно окрашенный серый халцедон или серо-белый агат.

Назван сердолик по имени горы Сардис в древней Малой Азии.

Моховик - представляет собой бесцветную или зеленую полупрозрачную разновидность халцедона. Он содержит включения листообразных чешуек какого-либо минерала, по внешнему виду напоминающих мох и ветвистые растения. Иногда его называют дендритом. Используется моховик для изготовления вставок в броши, кольца, а также художественных изделий — вазочек, портсигаров.

Обсидиан представляет собой стекловидную темную горную породу вулканического происхождения (вулканическое стекло). Окраска обсидиана может быть черной, коричневой, серебристо-ирризирующей, рисунчато-красной, с характерной пятнистостью или полосатостью, создающей различные оттенки и отливы черного, коричневого, серого или оранжевого цвета.

Твердость обсидиана 5, он хорошо полируется. Недостатком камня является хрупкость. Используют обсидиан для изготовления ювелирных вставок, а также разнообразных декоративно-художественных изделий.

Лунный камень (адуляр) - разновидность шпата с перламутровым опалесцирующим отблеском или с шелковистым нежно-синеватым отливом, напоминающим лунный свет прозрачно-молочного цвета.

Его твердость 6, плотность 2,53—2,58 г/см³, показатель преломления 1,44 — 1,46. Применяется для вставок в ювелирные изделия, шлифуется кабошоном[3].

Амазонит является разновидностью калиевого полевого шпата, относится к драгоценным камням 3 порядка, непрозрачен, голубовато-зеленого цвета с жилообразными или петельчатыми вростками белого натриевого полевого шпата — наиболее распространенного порообразующего минерала. Имеет блеск стеклянный, иногда перламутровый, при нагревании до температуры 300—500⁰ С обесцвечивается.

Его твердость 6 — 6,5, плотность 2,55 г/см³. Ценными считаются однородно и ярко окрашенные камни.

Амазонит встречается на Урале, в США, Мадагаскаре, в Африке, используется для ювелирных вставок, браслетов, бус, кулонов, ваз.

Орлец (родонит) - минерал красивого малинового и розового цвета с различными оттенками, с черными и бурными ветвистообразными прожилками.

Орлец состоит из соединений марганца с кремнеземом, с прожилками окислов марганца, непрозрачен, слегка просвечивает, легко полируется.

Его твердость 5,5—6,5, плотность 3,4—3,7 г/см³.

Применяется орлец для изготовления декоративно-художественных изделий (чаш, ваз, пепельниц), инкрустаций шкатулок, пудрениц, ювелирных изделий, хорошо сочетается с металлической оправой под старое серебро, покрытой позолотой.

Добывается орлец на Урале, в Испании, Швеции, США. Уральский орлец — лучший в мире. Огранка камня производится в основном кабошоном[3].

Гематит (*кровавик, железный блеск*) - минерал железа (железная руда), содержит 70 % железа. Имеет цвет темно-вишнево-красный до черного, блеск сильный, металлический, твердость 5,5—6, плотность 5,0—5,3 г/см³.

Используется в ювелирной промышленности для недорогих изделий.

Пирит - распространенный минерал: серый или железный колчедан. Его твердость его 6—6,5, плотность 4,9—5,2 г/см³.

Встречается на Урале. Камень хорошо обрабатывается, его полированная поверхность не тускнеет от времени. Цвет пирита золотисто-желтый, блеск металлический. Используют его для вставок в ювелирные изделия и как материал для сувениров.

Агат - разновидность халцедона, поделочный камень 1 порядка. Название камня происходит от реки Ахашес на острове Сицилия.

Агат бывает самых причудливых узоров, цветов и оттенков. Лучшим считается агат розового цвета, с изумрудно-зелеными прожилками.

Его твердость 7, плотность 1,9—2,3 г/см³. Агат имеет слоистое строение (количество слоев иногда доходит до 100 в 1 мм) или пятнистые вкрапления различно окрашенных непрозрачных разновидностей халцедона, иногда с примесью яшмы, кварца, аметиста и других видов аморфной или кристаллической двуокиси кремния.

По рисунку и расположению узоров-слоев различают агаты: ленточные, звездчатые, облачные, ландшафтные, руинные, бастионные, кружковые, молочные, точечные, обломочные, глазчатые, трубчатые, радужные, коралловые.

Агат природный пестро-цветной окраски встречается редко, Добываемый агат состоит преимущественно из слоев с различными волокнами однообразного серого цвета.

Для придания агату декоративности в его структуру вводят окрашивающие растворы. Созданы разнообразные рецептуры окраски агата в синий, оранжевый, красный, медово-красный (под сердолик), зеленый (под хризопас), розовый, коричневый и черный цвета. Черный цвет получают путем пропитки агата медом и последующей обработкой серной кислотой. Черный агат используют как фон для бриллиантов и жемчуга. Агат - трудно обрабатываемый камень из-за твердости, плотности и скрытоволокнистого строения.

Используют агат для вставок в ювелирные изделия, для мозаики, бус. Из агата изготовляли камеи, амулеты и талисманы.

Хризолит — это прозрачный минерал от золотисто-зеленого до густо-зеленого цвета с сильным стекляннным блеском, разновидность оливина — силиката магния и железа.

Название камня происходит от греческих слов «хризос» — «золото» и «литое» — «камень».

Хризолит - редкий камень, обладает двойным лучепреломлением.

Твердость хризолита 6,5—7, плотность 3,32—3,5 г/см³, показатель преломления 1,66.

В ювелирном деле этот камень используется с глубокой древности.

Нефрит - ценный поделочный камень, имеет следующие цвета: белый, желтый, медовый, черный, красный, серый, разнообразный зеленый (травянисто-зеленый, изумрудно-зеленый, черно-зеленый). Характерной особенностью нефрита является глубина и мягкость тона, влажно-маслянистый блеск и красивая просвечиваемость.

Нефрит является разновидностью минералов актинолита и тремолита (соединение кремнезема и магнезия). Он плотный, вязкий, полупрозрачный, очень прочный (в 2 раза прочнее стали), хорошо полируется. Твердость его 5,5—6,5, плотность 2,96—3,01 г/см³.

Известны местонахождения нефрита в Сибири, на Урале, в Китае, Новой Зеландии, на Аляске.

Применялся нефрит еще первобытным человеком для изготовления предметов домашнего обихода, из него изготавливают различные декоративные и бытовые изделия: фигурки, вазочки, туалетные приборы.

Внешне схожи с нефритом поделочные камни жадеит и серпентин.

Лазурит (ляпис-лазурь) – «камень неба», так называли его в древности. Название происходит от арабского слова «азул» — «небо, синева». Это - поделочный камень. Лазурит бывает то ярко-синий или фиолетовый, то бледно-голубой до глубокого и спокойного синего тона, то зеленовато-синий. Иногда камень окрашен ровно, но чаще бывает с белыми и сизыми пятнами, с прожилками и многочисленными вкраплениями медного колчедана (золотистого цвета).

Лучшие сорта лазурита окрашены в глубокие синие тона, иногда с фиолетовым или зеленоватым оттенком.

Лазурит состоит из кремнезема, глинозема, извести и окислов металлов. Его твердость 5,5—6, плотность 2,38—2,42 г/см³. Камень хрупкий, со стеклянным блеском, хорошо полируется, при электрическом освещении теряет яркость, которую имеет при солнечном свете и становится темным и мрачным.

Месторождения лазурита имеются в Прибайкалье (на реке Слюдянке), Афганистане (Бадахшан).

Лазуритом облицованы колонны алтаря в Исаакиевском соборе в Петербурге.

В настоящее время используется как ювелирный и поделочный камень: для вставок в ювелирные украшения, бус, ваз, блюд, шкатулок и других изделий, путем склеивания тонкими пластинками.

Малахит - красивый непрозрачный минерал ярко-зеленого цвета благодаря высокому содержанию меди (57,4 %), может иметь разную интенсивность цветов и оттенков. Слоистое строение малахита с чередованием темных и светло-зеленых цветов создает красивый рисунок. По рисунку различают ленточно-струистые и радиально-лучистые сорта малахита. Плотный лучистый малахит имеет шелковистый блеск.

Твердость малахита 3,5—4, плотность 3,9—4 г/см³.

Ценится малахит из медных месторождений Урала. Имеются месторождения малахита в Румынии, Конго, Южной Африке, Австралии, США.

Малахит используют для различных вставок. Из-за невысокой твердости малахит быстро утрачивает полировку. Крупные изделия (например, шкатулки) обклеивают пластинками из малахита.

Авантюрин (искряк) - поделочный камень 1 порядка, разновидность мелкозернистого горного кварца, коричневого, золотистого или серого цвета с искристым мерцающим золотистым блеском, который объясняется вкраплением в камень мельчайших прослоек: смолы, чешуйчатого гематита или водных окислов железа. Камень имеет блеск неметаллический. Авантюрин непрозрачный, легко шлифуется кабошоном, хорошо полируется.

Его твердость 7, плотность 2,5—2,8 г /см³, добывают на Южном Урале.

Применяют авантюрин для вставок в кольца, для бус, запонок, ювелирных украшений, а также для декоративно-художественных изделий.

Свое название камень получил от итальянского слова, в переводе означающего «случайно», так как считается, что его стеклянная имитация была получена случайно. Древние египтяне добавляли в стекло медные опилки, но затем секрет был утерян и был открыт вновь стеклодувами островов Мурано, расположенных в Венецианской лагуне.

Яшма - поделочный камень, непрозрачная матовая осадочная горная порода, состоящая из плотного мелкозернистого кварца и халцедона с большим количеством примесей в виде тонко рассеянного красящего вещества. Твердость яшмы 7, плотность 2,5—2,8 г /см³. Яшма отличается разнообразием расцветок. Некоторые виды яшмы имеют сложные разнообразные рисунки с мягкими и резкими переходами от одного цвета к другому.

По окраске яшмы делятся на сплошные (красные, белые, розовые, фиолетовые, зеленые, серые), полосатые (ленчатые, волнистые, струйчатые) и пестроцветные.

Добывается яшма на Урале, встречается в больших скоплениях.

Художественная ценность яшмы определяется прочностью и твердостью, красотой рисунков и разнообразием цветовых оттенков. Из нее делают чаши, вазы, шкатулки, пудреницы, ее используют для инкрустации.

Жадеит - плотный, твердый, вязкий минерал, силикат натрия и алюминия, близкий по своим свойствам к нефриту, яблочно-зеленого или белого цвета, иногда с ярко-зелеными пятнами, бывает также красного, золотистого, желтого и голубого цвета, просвечивает. Из него изготавливали чаши, вазы, кубки, броши, браслеты, украшения.

Благодаря декоративным качествам, возможности зеркальной полировки жадеит является ювелирным и поделочным камнем высокого класса. Наиболее ценна просвечивающая разновидность жадеита изумрудно-зеленого цвета. Этот камень используют на вставки в кольца и серьги.

Чароит - был открыт в районе среднего течения реки Чары на стыке Иркутской и Читинской областей (Якутия). Он имеет редкую для минералов окраску от нежно-сиреневого до густо-фиолетового цвета с вкраплениями. При полировке на нем выявляется красивый узор из тонких сливающихся

друг с другом струй различных сиреневых и фиолетовых оттенков. Чароит не имеет в мире аналогов.

Его твердость 5—5,5, плотность 2,54—2,68 г/см³. Камень отличается высокой прочностью и вязкостью, хорошо полируется. Используется как ювелирный, так и поделочный камень.

Из него изготавливают шкатулки, вазы, ювелирные вставки.

Оникс - является разновидностью многоцветного слоистого агата. В нем слои розового цвета чередуются с белыми, а белые с черными или красными.

Ониксом принято также называть особые сорта мягкого лучистого известкового шпата. Его твердость 3, плотность 2,6—2,8 г/см³.

Оникс прозрачный и полупрозрачный минерал светло-зеленого, зеленовато-желтого, серого цветов или с перемежающимися полупрозрачными молочно-белыми, желтоватыми и сероватыми полосками. Называют его также мраморным ониксом. Красивый тон мраморного оникса достигается путем нагревания камня в воде. Мраморный оникс используется для оснований настольных ламп.

Оникс применяется главным образом для изготовления камней, в которых темные слои используются для фона, а белые для изображения. Менее ценные камни из ониксов изготавливаются наклеиванием на фон белого изображения. Используется оникс для вставок в ювелирные изделия. Древние греки и римляне использовали оникс для изготовления амулетов.

Флюорит (плавиковый шпат) - полупрозрачный минерал фиолетового или желтого цветов различных оттенков. Встречается флюорит зеленого, синего, голубого и розового цветов, а также бесцветный.

По химическому составу флюорит представляет собой фтористый кальций.

Твердость флюорита 4. Из него изготавливают различные декоративные камнерезные изделия.

Коралл - это поделочный камень органического происхождения. Коралл - твердый скелет ветвистого строения, образуемый из скелетов некоторых видов коралловых полипов — беспозвоночных морских организмов. Существуют кораллы в основном из карбоната кальция с примесями окиси железа, магнезии и органических веществ. Кораллы обладают красивой окраской: ярко-красной, розовой, белой, могут быть темно-бурые, голубые и черные (акабар), непрозрачные, в тонких слоях просвечивают. Их твердость 3,5-4,0, удельный вес 2,6-2,7 г/см³.

Благодаря невысокой твердости кораллы легко обрабатываются и хорошо полируются. Их применяют в качестве вставок в ювелирные изделия, для изготовления бус. Наиболее ценными считаются кораллы правильной сферической формы, однотонные, без изъянов и включений другого цвета.

Добываются кораллы преимущественно в Средиземном море и северо-западных берегов Африки.

Черный коралл особо ценился в странах арабского Востока.

Перламутр — внутренняя оболочка раковин некоторых моллюсков, преимущественно двустворчатых. Перламутр состоит из углекислого кальция и небольшого количества органических веществ. После соответствующей обработки приобретает красивый радужный блеск, что обусловлено его двойным лучепреломлением.

Перламутр является поделочным материалом для изготовления вставок к ювелирным изделиям, также широко применяется для отделки и инкрустации всевозможных изделий: шкатулок, ларцов. Под действием света перламутр становится хрупким, а его блеск постепенно исчезает.

Раковины моллюсков добываются в Персидском заливе, Красном море, Индийском океане, реках Северной Америки, Московской области, Дальнего Востока.

Гелиотрон – темно-зеленый с небольшими красными крапинками поделочный камень, разновидность халцедона.

Название происходит от греческих слов «гелиос» и «тропэ», что означает «солнце» и «поворот».

Этот камень особо ценился тогда, когда пятна на нем как бы «участвуют» в изображении.

Марказит - минерал, состоящий из железа и серы, образует копьевидные сложные двойниковые кристаллы, гребенчатые сростки. Камень бронзово-желтого цвета, с металлическим блеском, непрозрачен, им украшали пряжки туфель, подвязки, браслеты, корпуса часов, зонтики.

Беломорит - непрозрачный камень, встречающийся в районе Белого моря. Его твердость 6. Он имеет ирригирующий синеватый цвет, хорошо полируется. Состоит из калиево-натриевого полевого шпата. Применяют его для ювелирных вставок, декоративно-художественных изделий и сувениров.

Беломорит причисляют к лунным камням. Это минерал белого цвета с шелковистым нежно-синеватым отливом, напоминающим лунный свет.

В художественной промышленности используется недавно. Особенно эффектно он выглядит с серебром.

Агальматолит (пагодит) - разновидность минерала пирофиллита, относится к поделочным материалам 11 порядка, имеет цвет от яблочно-желтого до белого, просвечивает, легко поддается механической обработке. Его твердость 2,5-3,0, при термической обработке прочность повышается, используется в камнерезной художественной промышленности.

Серпентин (змеевик, офит) - минерал скрытокристаллического или аморфного строения со слабым, маслянистым блеском, обычно темно-зеленый, испещренный крапинками или прожилками бурого и черного цветов, напоминает по окраске змеиную кожу. Встречается серпентин белого цвета с зеленоватым оттенком, желтовато-зеленого и чисто зеленого цветов, просвечивающий по краям, что придает ему внешнее сходство с нефритом.

Его твердость 3-4, плотность 2,5-2,7 г/см³. Используют серпентин для декоративных художественных изделий.

Ангидрит — широко распространенный минерал, плотный, мелкозернистый, белого или голубовато-белого цвета, иногда с синеватым, бледно-

фиолетовым или красноватым оттенком, дымчатый. По химическому составу это безводный серно-кислый кальций, имеет кристаллы прозрачные или просвечивают, его блеск стеклянный, иногда перламутроватый. Он относится к поделочным камням 4 порядка.

Твердость ангидрита 3-3,5, плотность 2,8-3 г/см³. Используют его для изготовления декоративных художественных камнерезных изделий, ваз, пепельниц, пудрениц.

Гагат — разновидность угля, образовавшаяся из древесины хвойных деревьев из семейства араукарий. Относится к поделочным камням 4 порядка.

Встречается редко, имеет глубокий черный цвет и значительную твердость 3-4, не хрупок, хорошо полируется и поддается механической обработке.

Применяется для изготовления мелких галантерейных и ювелирных изделий: бус, брошей, мундштуков, четок.

Гипсовый камень - полупрозрачный минерал мелкокристаллической структуры разнообразной окраски — от чисто-белой, желтовато-белой, зеленоватой с золотистыми или голубоватыми прожилками до темно-серой, пятнистой.

Внешне поделочный гипс сходен с мрамором, но уступает ему в твердости. Его твердость 2, плотность 2,3 г/см³. Он растворяется в серной кислоте.

Используют поделочный гипс для изготовления скульптуры малых форм, художественных декоративных и бытовых изделий.

Селенит - прозрачный бесцветный или снежно-белый минерал, по блеску напоминающий слюду. Он представляет собой разновидность кристаллического гипса. Твердость селенита 1,5-2, плотность 2,3 г/см³.

Применяют его для изготовления разнообразных декоративно-художественных изделий [2].

СИНТЕТИЧЕСКИЕ АНАЛОГИ ПРИРОДНЫХ ДРАГОЦЕННЫХ И ПОДЕЛОЧНЫХ КАМНЕЙ

В 1902 году впервые были получены искусственные монокристаллы рубина весом 20 карат (карат – 0,2 г). Было положено начало выращиванию синтетических аналогов природных драгоценных камней монокристаллов, которые помимо ювелирных качеств, обладают рядом уникальных физических свойств и благодаря этому становятся незаменимыми во многих областях техники. В высокоразвитых странах создана индустрия монокристаллов. Промышленное применение монокристаллов – оптика, радиотехника, приборостроение, металлообработка, полупроводниковая и квантовая электроника [2].

Синтетические камни, аналоги драгоценных – не имитация. Они обладают ювелирными качествами: прозрачностью, богатством цвета, долго-

вечностью, состоят из тех же атомов, расположенных в том же порядке, что и у природных камней.

В природе нет повторяющихся камней. Искусственные кристаллы могут иметь одинаковые свойства. Их могут выпускать в больших количествах. Соперничая с природными камнями по чистоте и красоте, искусственные камни, например сапфиры, аметисты, изумруды, дешевле. Налажено изготовление непрозрачных цветных камней, создан искусственный малахит.

Природных самоцветов остается на земле меньше и они становятся драгоценнее.

Мировое производство синтетических камней уже исчисляется миллионами карат ежегодно.

В индустриально развитых странах занялись синтезом кварца, что объясняется пьезоэлектрическим свойством кристаллов кварца: находясь в переменном электрическом поле, они начинают «вибрировать», причем со стабильной частотой. Кварцевые пластины стали необходимыми деталями радиотехники и электроники. Спрос на кристаллы кварца быстро растет.

Природные кристаллы кварца имеют дефекты, и это ограничивает возможность их использования в радиоаппаратуре.

Выращивают не только кварц, но и исландский шпат, асбесты, синтетическую слюду, аметист, цитрин, морион, которые не уступают естественным. Себестоимость же их во много раз ниже. Кристаллы получают разными способами: из сплава, из раствора, из газовой фазы. В зависимости от способа, от технологических особенностей кристаллы вырастают разные. Так же, как в природе: разные условия образования порождают великое многообразие минерала. Например, берилл в виде обычных кристаллов с дефектами встречается довольно часто. Драгоценные его кристаллы — большая редкость. Чтобы они возникли в природе, необходимы идеальные условия: ничто не должно мешать росту кристалла. Требуется, чтобы он наращивал слой за слоем без нарушения структуры, без изменения состава, без захвата растворов или каких-либо других кристаллов, образующихся в том же растворе. Драгоценный кристалл чаще всего формируется в условиях «свободного роста», в какой-либо полости — кристаллизаторе. В природе ими нередко оказываются полости пегматитовых жил. Но на больших глубинах, где преобладают высокие давления, драгоценные минералы, как правило, не возникают. Только если пегматитовая жила формируется на умеренных глубинах, в ней может сохраняться пустота — кристаллизатор, где без помех растут, например драгоценные бериллы.

Кристаллы кварца природа создает в водных растворах различных минерализаторов, о чем свидетельствует состав включений в минералах естественного происхождения. Разработан способ, отчасти моделирующий природные процессы. В автоклаве создали оптимальные условия для синтеза, в связи с чем скорость роста кристаллов высокая (может достигать 1 мм в сутки).

Электронно-микроскопическое излучение синтезируемых минералов раскрывает тайны внутреннего строения вещества, помогает управлять процессом их получения.

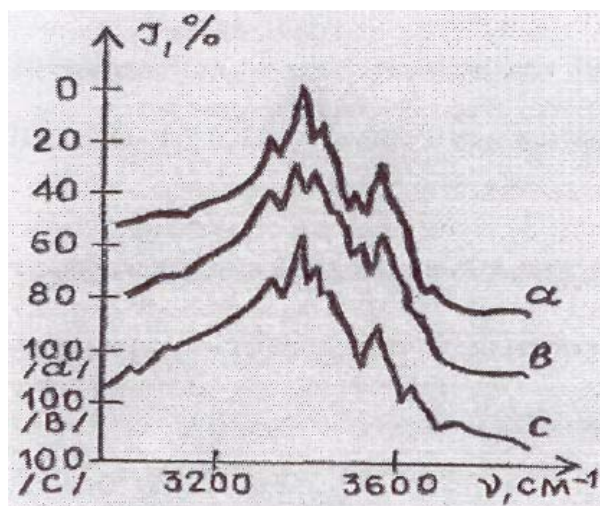


Рис. 1. Инфракрасная спектроскопия аметиста

Инфракрасная (ИК) спектроскопия позволяет судить о происхождении кристалла, о присутствии тех или иных примесей, о различных дефектах в кристаллической решетке. На рис. 1: ν — величина, пропорциональная частоте излучения, J — его относительное поглощение в кристалле. График рис. 1 показывает совпадение ИК-спектров синтетического и природного аметиста: *a* — синтетический аметист после γ -облучения; *b* — после обжига при 450 °C (1 час), *c* — природный аметист из месторождения Ватиха.

Физические методы исследования показали, что аметистовую окраску кварц получает от ионов четырехвалентного железа.

Аметист выращивают так же, как и кварц: в автоклавах путем кристаллизации из растворов. Важно соблюдать требуемое содержание примесей в исходном сырье. (Алюминий, например, ухудшает аметистовую окраску, придает ей непривлекательный дымчатый оттенок).

Цена аметиста в большей степени определяется его цветом. Бледно-лиловые или светло-фиолетовые минералы обычно дешевле аметистов, имеющих «сибирский цвет» — густо-фиолетовый, с красноватыми искорками в глубине.

Чтобы получить темно-дымчатый, почти черный морион, необходимы особые примеси (вводятся добавки алюминия, и выращенные кристаллы облучают).

Нежно-голубой цвет появляется благодаря ионам кобальта. В природе такая разновидность кварца не найдена.

Синтетические кристаллы корунда получают кристаллизацией порошка окиси алюминия в кристаллизационных аппаратах путем расплавления в водородно-кислородном пламени.

Промышленный способ выращивания кристаллов корунда заключается в следующем: в горелку с направленным вниз соплом через внешнюю трубу подводится водород, а через внутреннюю — кислород. В ток кислорода подается измельченный порошок окиси алюминия зернистостью около 20 мкм, полученный прокаливанием аминоаммиачных квасцов, который при этом нагревается до требуемой температуры и затем попадает в водородно-кислородное пламя гремучего газа, где он расплавляется. Внизу под соплом располагается стержень из спеченного корунда, выполняющего роль кристаллоносца. На него стекает расплавленная окись алюминия, образуя шарик расплава. Стержень кристаллоносца постепенно опускается со скоростью 5-10 мм/ч, при этом обеспечивается постоянное нахождение расплавленной растущей части корунда в пламени.

Диаметр образовавшегося кристалла обычно достигает 20 мм, длина 50-80 мм.

В процессе кристаллизации для окрашивания корунда добавляют окислы различных материалов. При добавлении окиси хрома получается красный цвет (рубин), при добавлении окиси железа и окиси титана — синий (сапфир), при добавлении окиси ванадия — синевато-зеленый с фиолетово-малиновым переливом (александрит).

По составу и свойствам искусственно созданный корунд сходен с природным. Твердость искусственно созданного корунда 9, плотность 4 г/см³, показатель преломления 1,8. Он отличается исключительно равномерной и чистой окраской, отсутствием включений и трещинок, а иногда и наличием мелких газовых пузырьков или дугообразных линий, чего нет у природных камней.

Получение искусственных изумрудов имеет не только научный, но и практический интерес.

Исходным материалом для синтеза изумруда являются растворы солей (аммония, бериллия, хлора) в воде. Эти растворы заливают в автоклав. В результате воздействия большого давления (до 150 атм.) и высокой температуры происходит процесс синтеза кристаллов.

По составу и свойствам синтетический изумруд аналогичен природному. Его твердость 7,5-8, плотность 2,7 г/см³, но в этом изумруде нет посторонних включений, которые имеются в природном.

Фианит - синтетические прозрачные кристаллы двуокиси циркония и гафния. При введении в материал примесей окислов лантаноидов кристаллы фианита при кристаллизации окрашиваются в разнообразные цвета, что позволяет имитировать природные прозрачные камни и создавать оригинальные по окраске камни.

Твердость фианита 7,5—8, плотность 6,5—10 г/см³, показатель преломления 2,1—2,2. Высокий показатель преломления, близкий к показателю преломления бриллианта (2,42), делает его пригодным для имитации брилли-

антов и других ограночных камней, но чаще используется как самостоятельный синтетический ювелирный материал. Высокая твердость кристалла придают ему износоустойчивость, благодаря чему он долго сохраняет первоначальный блеск ограненного камня.

Свое название камень получил от четырех начальных букв названия института, где он был создан, — Физический Институт Академии наук СССР [2].

В табл. 2 приведены показатели свойств синтетических ювелирных камней.

Таблица 2

Показатели свойств синтетических ювелирных камней

Название и химическая формула	Твердость по Моосу	Плотность, г/см ³	Показатель преломления света
Аметист $\text{SiO}_2 \cdot \text{Fe} +$	7,0	5,35	1,97
Бирюза $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	5,0	2,84	1,65
Гранат $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	8,0	4,57	1,8
Изумруд $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6 \cdot \text{O}_{18} \cdot \text{C} +$	7,5	2,7	1,5
Кварц голубой $\text{SiO}_2 \cdot \text{CO} +$	7,0	2,65	1,5
Корунд Al_2O_3	9,0	4,0	1,76
Малахит $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	4,0	2,1	1,9
Опал благородный $3\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	6,0	4,0	1,45
Рубин Al_2O_3	9,0	4,0	1,76
Сапфир $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}$	9,0	2,7	1,76
Цитрин $\text{SiO}_2 \cdot \text{Fe} +$	7,0	6,0	1,55
Фианит (окись циркония)	8,5	6,0	2,25
Алмаз С (природный дается для сравнения)	10	3,5	2,42

Страз — стеклянная имитация алмаза или другого ценного камня. Назван по фамилии австрийского химика И. Штрасса, который изобрел стекло с оптическими свойствами. Его опыты привели в 1857 году к созданию хрустального бесцветного стекла, структура которого позволяет его полировать и гранить.

Для обработки стеклянных камней применяется форма алмазной огранки, а полученные таким образом изделия называются «шатоны», а название камней - «стразы».

В процессе исследований в области физики твердого тела вырастили кристаллы многих веществ, которые не встречаются среди природных минералов. Некоторые из них применяются или могут применяться как синтетические драгоценные камни [1].

Титанат стронция – вещество с химическим составом SrTiO_3 , которое вырастили в приборе Вернейля [1], по своей структуре и форме кристаллов относится к группе минерала перовскит CaTiO_3 . Оно имеет кубическую структуру (изотропно). Показатель преломления для натрового света равен 2,410, дисперсия в интервале $B - G$ 0,19 (почти в четыре раза выше, чем у алмаза); при этом вещество почти бесцветно, удельный вес около 5,1, твердость 6. Этот минерал предложили назвать старилианом, теперь он известен как фабулит или диагем.

Кристаллы фабулита не флюоресцируют в ультрафиолетовом свете и для рентгеновских лучей менее прозрачны, чем алмаз.

Находит применение *ниобат лития*.

Свойства этого соединения с химическим составом LiNbO_3 близки к свойствам фабулита. Однако это вещество не изотропное.

Удельный вес его 4,64, твердость 5,5. Это вещество можно вырастить бесцветным или, добавив присадки, любого цвета — от красного до фиолетового. Ниобат лития поступил на ювелирный рынок под названием «линобат».

Еще одна группа соединений, синтезированных физиками, имеет общую формулу $\text{X}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$. По структуре они похожи на гранаты.

Значительный интерес представляет иттрий-алюминиевый «гранат» (ИАГ), или «даймонэр». Эти «гранаты» можно изготовить бесцветными или, добавляя различные примеси, придать им различный цвет. Например, хром придает камням зеленую окраску, и они становятся похожими на демантоид. Но удельный вес этого соединения ($4,60 \text{ г/см}^3$) значительно выше, чем у демантоида. В некоторые из таких камней в виде примесей добавляют редкоземельные элементы, в результате чего они приобретают удивительные оттенки.

Объяснения терминов, относящихся к природным и искусственным драгоценным и поделочным камням, приведены в геммологическом словаре [3].

НОВЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО КАМНЯ

Поделочные камни можно получать из металлургических шлаков, расплавов неорганических отходов производства, строительных материалов, применяя ввод в расплавы цветных добавок.

Разработан способ получения искусственного камня [4], включающий плавку неметаллических материалов, в частности ваграночного шлака, отличающийся тем, что в расплав ваграночного шлака с основностью 0,8 при температуре 1420°C вводят раздробленное цветное бутылочное стекло и блестящие неокисленные стальные опилки, например опилки нержавеющей ста-

ли, в количестве от 2 до 40% от массы расплава, причем так, чтобы стальные опилки были центрами кристаллизации, а частицы цветного стекла размещались в виде вкраплений между металлическими опилками, смесь перегревают до температуры 1430-1470⁰С и заливают в формы.

Технический результат изобретения - получение цветных неметаллических изделий с требуемыми свойствами при минимальной трудоемкости и использовании дешевых отходов.

Изобретение № 2290381 разработано в Пензенском государственном университете (авторы изобретения Черный А.А., Черный В.А., Соломоникина С.И.).

Предлагаемый способ относится к производству каменного литья и может быть применен для получения цветных неметаллических изделий.

Известен способ получения неметаллической (каменной) отливки, включающий плавку неметаллических материалов и заливку расплава в форму (Пеликан А. Плавленные камни. Производство и использование в промышленности. - Пер. с чешск., М., 1959).

Недостатком известного способа является нерешенность проблемы получения цветных неметаллических изделий с требуемыми свойствами при минимальной трудоемкости и использовании дешевых отходов.

Известен способ получения синтетического шлака (Авторское свидетельство СССР №621737, М.Кл.² С 21 С 5/54, заявл. 09.02.76, 2320529/22-02, опубл. 30.08.78, бюлл. №32). Предложенный шлак содержит известь, глинозем, плавиковый шпат, окись магния, кремнезем. Этот шлак предназначен для рафинирования стали в ковше, но его можно использовать для получения каменного литья. Однако это дорого и неэффективно.

Из известных наиболее близким по технической сущности является способ производства каменного литья при содержании по массе в %: 40,86-48,61 SiO₂; 34,76-40,42 CaO; 2,05-3,06 Al₂O₃; 6,18-10,84 MgO; 1,20-1,68 P₂O₅; 0,47-0,71 Fe₂O₃; 0,99-2,26 Cr₂O₃; 0,39-0,97 SO₃; 0,76-1,91 F (Авторское свидетельство СССР №1010037, кл. С 04 В 30/00, 1981). Производство такого дорогого каменного литья связано с требованиями улучшения диэлектрических характеристик материала и повышения их стабильности в условиях климатических и тепловых воздействий. Но при использовании этого способа не решаются проблемы получения цветных неметаллических изделий, использования дешевых отходов, снижения трудоемкости.

Техническим результатом предлагаемого способа является упрощение получения каменного литья, возможность получения цветных неметаллических изделий с требуемыми свойствами при минимальной трудоемкости и использовании дешевых отходов. Сущность предлагаемого способа заключается в том, что производят плавку неметаллических материалов, но в отличие от известных способов расплав неметаллических материалов перегревают до температуры, при которой обеспечивается требуемая жидкотекучесть, а затем в расплав вводят раздробленные порошкообразные цветные или (и) жидкие красящие вещества в количестве от 2 до 40% от массы расплава, создают смесь с требуемой окраской, эту смесь подогревают до температуры

разливки, после чего производят разливку смеси и охлаждение. Способ отличается от известных и тем, что в расплав неметаллических материалов вводят частицы цветного стекла, и тем, что в расплав неметаллических материалов вводят частицы цветных естественных или (и) искусственных камней, неорганических красок, и тем, что в расплаве неметаллических материалов красящие вещества подплавляют, и тем, что в расплав неметаллических материалов совместно вводят твердые и жидкие красящие материалы, суспензии, и тем, что в расплав неметаллических материалов вводят частицы металла, например, чугунные, стальные, алюминиевые, медные, бронзовые, латунные опилки, и тем, что в расплав неметаллических материалов вводят частицы блестящих веществ.

Такое сочетание новых признаков с известными позволяет получать цветные неметаллические изделия с требуемыми свойствами при минимальной трудоемкости и использовании дешевых отходов.

Способ осуществляется следующим образом.

В газовой или электрической печи плавят неметаллические материалы, загружаемые в соответствии с расчетом шихты. Шихта может состоять из кварцевого песка, высокоглиноземистых материалов, глины, известняка, магнезита, оксидов железа, хрома, фосфора, плавикового шпата или естественных камней, доменных, ваграночных, металлургических шлаков, вулканических пород, неметаллических отходов химической, угольной, рудной промышленности, строительной индустрии. Расплав неметаллических материалов перегревают до температуры, при которой обеспечивается требуемая жидкотекучесть (в зависимости от состава расплава до температуры 1400-2700°C). Затем в расплав вводят раздробленные, порошкообразные цветные или жидкие красящие вещества в количестве от 2 до 40% от массы расплава. В расплав неметаллических материалов вводят или частицы цветного стекла (одного цвета или разных цветов), или частицы цветных естественных или (и) искусственных камней, неорганических красок. В расплаве неметаллических материалов красящие вещества подплавляют или сохраняют твердыми. В расплав неметаллических материалов можно совместно вводить твердые и жидкие (расплавленные) красящие материалы, суспензии. В расплав неметаллических материалов можно вводить частицы металла, например чугунные, стальные, алюминиевые, медные, бронзовые, латунные опилки, причем отдельно или в виде металлических смесей и смесей металлических порошков с неметаллическими цветными порошками, частицами, расплавами. В расплав неметаллических материалов можно вводить частицы блестящих веществ.

Расплавы неметаллических материалов можно создавать специально из исходных шихтовых материалов в соответствии с расчетом шихты с достижением заданных свойств или можно полезно использовать образующиеся жидкие шлаки при плавке металлических сплавов в вагранках (коксовых, газовых), дуговых электропечах, электрошлаковых установках. Подбор цветных веществ, вводимых в расплавленные неметаллические материалы, производится в зависимости от назначения получаемого каменного изделия тре-

буемых свойств. При вводе в неметаллический расплав битого цветного стекла (отходов) достигается красивая цветовая гамма полученных изделий для художественного назначения. Если стекло частично подплавляется, то возникают разнообразные цветные узоры в полученном материале. В каждом конкретном случае в зависимости от требований производится подбор вводимых в расплав неметаллических материалов цветных веществ (неметаллических, металлических, смесей). Вводить надо цветных веществ от 2 до 40% от массы расплава неметаллических материалов. При вводе в расплав цветных веществ меньше 2% не достигается требуемый цветовой эффект, а если цветных веществ вводится в расплав больше 40% от массы расплава, то нарушается сплошность изделия при затвердевании расплава.

После получения смеси расплава неметаллических материалов с частицами цветных веществ требуемой окраски эту смесь подогревают до температуры разлива, после чего производят разливу смеси и охлаждение. Смесь можно заливать в формы, если достигается высокая жидкотекучесть, или формировать глыбу требуемого состава, формы и размеров для дальнейшей механической обработки при производстве художественных изделий.

Пример.

Изготавливали искусственные камни в виде кирпичей. Расплавляли кислый ваграночный шлак с основностью 0,8 (отношение количества CaO к SiO_2) в газовой печи. Расплав неметаллических материалов (шлака) перегревали до температуры, при которой обеспечивалась высокая жидкотекучесть. Требуемая высокая жидкотекучесть шлака была достигнута при температуре 1420°C . В расплав шлака ввели раздробленное (битое) цветное бутылочное стекло (зеленое, коричневое, синее, фиолетовое) и блестящие неокисленные стальные опилки (нержавеющей стали). Количество вводимых этих веществ меняли 7 раз (1,5, 2, 10, 20, 30, 40, 43% от массы расплава неметаллических материалов, то есть шлака). Полученные смеси перегревали до температуры разлива ($1430 - 1470^\circ\text{C}$) и заливали смесью шлака с цветными веществами формы-изложницы (чугунные, окрашенные изнутри огнеупорной краской). Заливка производилась в открытые формы, в которых смесь быстро охлаждалась. Получали одинаковые по размерам неметаллические кирпичи, которые после выбивки из формы шлифовали и полировали. Было установлено, что оптимальное количество вводимых в шлак цветных веществ находится в пределах 2-40% от массы расплава неметаллических материалов (при количестве цветных веществ в расплаве шлака меньше 2% изделия получаются непрочные и не достигается эффект цветности, а если цветных веществ в расплаве больше 40%, то резко снижается жидкотекучесть смеси при перегреве и нарушается сплошность изделий после затвердевания смеси). В оптимальных пределах вводимых в шлак цветных веществ изделия получались прочными и разноцветными. Частицы бутылочного цветного стекла размещались в изделиях в виде красивых блестящих вкраплений. Стальные опилки из нержавеющей стали были центрами кристаллизации, то есть повышали плотность, твердость и прочность материала. После полировки изделий они в сочетании со стеклянными цветными частицами создавали красивые узоры в

материале. Изделия можно было использовать для облицовки строительных конструкций, художественного оформления сооружений, памятников.

В отличие от естественных поделочных камней полученные предложенным способом искусственные камни в 5-10 раз дешевле, в них можно достигать заданных декоративных, художественных, прочностных свойств, меняя количество и состав частиц цветных веществ, вводимых в расплав неметаллических материалов. Наиболее приемлемые для получения заданного состава неметаллического расплава и температурных условий являются электрошлаковые печи. В шлак, полученный в этих печах, можно вводить разнообразные раздробленные, порошкообразные цветные или жидкие красящие вещества. Подбор цветных веществ, вводимых в расплав неметаллических материалов, производится по получаемым предварительно опытными образцам, так как требуемые цвета изделий можно установить после затвердевания материала.

Использование малоценных веществ и отходов для получения неметаллического расплава и размельченных цветных неметаллических и металлических отходов, вводимых в расплав, позволяет улучшить экологическую обстановку, экономить средства в связи с уменьшением транспортных расходов и затрат на утилизацию отходов.

Предлагаемый способ получения искусственного камня позволяет увеличить в 3-5 раз твердость, износостойкость изделий по сравнению с применением известных способов.

Предлагаемый способ обеспечивает технический эффект и может быть осуществлен с помощью известных в технике средств. Варианты осуществления предлагаемого способа обеспечивают достижение разнообразных требований к изделиям, предназначенным для строительства, скульптурных произведений, декоративно-художественного оформления, технического применения.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ КАМНЕЙ

Разработана оригинальная методика математического моделирования, позволяющая на основе результатов исследований по специальным планам и применения компьютерных программ, введенных в ЭВМ, выявлять математические модели и по ним оптимизировать, прогнозировать процессы, улучшать способы получения искусственных камней.

Рационально применять математическое моделирование при планировании экспериментов на четырех уровнях факторов [5].

В табл. 3 и 4 представлены планы 4^1 ($X = 4$) и 4^2 ($X = 16$) с обозначением факторов и показателей применительно к компьютерным программам. Величина X соответствует количеству опытов по плану и является управляющим параметром в программах, $A1 = x_{1a}$, $B1 = x_{1b}$, $C1 = x_{1c}$, $D1 = x_{1d}$, $A2 = x_{2a}$, $B2 = x_{2b}$, $C2 = x_{2c}$, $D2 = x_{2d}$, показатели $Y(J)$ соответствуют y_u .

Таблица 3

План 4^1 ($X = 4$)

Номер фактора	Фактор $F(J)$	Показатель $Y(J)$
1	$A1$	$Y(1)$
2	$B1$	$Y(2)$
3	$C1$	$Y(3)$
4	$D1$	$Y(4)$

Таблица 4

План 4^2 ($X = 16$)

Номер опыта	Факторы		Показатель $Y(J)$
	$F(J)$	$H(J)$	
1	$A1$	$A2$	$Y(1)$
2	$B1$	$A2$	$Y(2)$
3	$A1$	$B2$	$Y(3)$
4	$B1$	$B2$	$Y(4)$
5	$A1$	$C2$	$Y(5)$
6	$B1$	$C2$	$Y(6)$
7	$A1$	$D2$	$Y(7)$
8	$B1$	$D2$	$Y(8)$
9	$C1$	$A2$	$Y(9)$
10	$C1$	$C2$	$Y(10)$
11	$C1$	$D2$	$Y(11)$
12	$C1$	$B2$	$Y(12)$
13	$D1$	$A2$	$Y(13)$
14	$D1$	$C2$	$Y(14)$
15	$D1$	$D2$	$Y(15)$
16	$D1$	$B2$	$Y(16)$

Многофакторное математическое моделирование можно выполнять на основе планов $3 \cdot \kappa + 1$, где κ – количество факторов, оказывающих влияние на показатель процесса. В этом случае количество уровней каждого фактора – четыре. Уровни x_{md} – общие и определяются как средние арифметические величины $D1 = x_{1d} = 0,5 \cdot (x_{1a} + x_{1b})$;

$$D2 = x_{2d} = 0,5 \cdot (x_{2a} + x_{2b});$$

$$D3 = x_{3d} = 0,5 \cdot (x_{3a} + x_{3b});$$

$$D4 = x_{4d} = 0,5 \cdot (x_{4a} + x_{4b});$$

$$D5 = x_{5d} = 0,5 \cdot (x_{5a} + x_{5b}).$$

В табл. 5, 6, 7, 8 приведены планы $3 \cdot \kappa + 1$ соответственно для случаев, когда $\kappa = 2$; $\kappa = 3$; $\kappa = 4$; $\kappa = 5$. Математические модели выявляются как для однофакторного процесса при планировании на четырех уровнях каждого фактора. Получаются системы уравнений, в которых столько уравнений, сколько принято факторов, оказывающих влияние на показатель процесса. По мере увеличения количества факторов в плане необходимо увеличивать количество проводимых опытов (при увеличении κ на 1 увеличивается количество опытов на 3).

На рис. 2 показана схема зависимости показателя от факторов при планировании $3 \cdot \kappa + 1$, когда $\kappa = 5$.

Таблица 5

План $3 \cdot \kappa + 1$ при $\kappa = 2$

№	x_1	x_2	y
1	$A1 = x_{1a}$	$D2$	$Y(1)$
2	$B1 = x_{1b}$	$D2$	$Y(2)$
3	$C1 = x_{1c}$	$D2$	$Y(3)$
4	$D1$	$A2 = x_{2a}$	$Y(1)$
5	$D1$	$B2 = x_{2b}$	$Y(2)$
6	$D1$	$C2 = x_{2c}$	$Y(3)$
7	$D1$	$D2$	$Y(4)$

Таблица 6

План $3 \cdot \kappa + 1$ при $\kappa = 3$

№	x_1	x_2	x_3	y
1	$A1 = x_{1a}$	$D2$	$D3$	$Y(1)$
2	$B1 = x_{1b}$	$D2$	$D3$	$Y(2)$
3	$C1 = x_{1c}$	$D2$	$D3$	$Y(3)$
4	$D1$	$A2 = x_{2a}$	$D3$	$Y(1)$
5	$D1$	$B2 = x_{2b}$	$D3$	$Y(2)$
6	$D1$	$C2 = x_{2c}$	$D3$	$Y(3)$
7	$D1$	$D2$	$A3 = x_{3a}$	$Y(1)$
8	$D1$	$D2$	$B3 = x_{3b}$	$Y(2)$
9	$D1$	$D2$	$C3 = x_{3c}$	$Y(3)$
10	$D1$	$D2$	$D3$	$Y(4)$

Таблица 7

План $3 \cdot \kappa + 1$ при $\kappa = 4$

№	x_1	x_2	x_3	x_4	y
1	$A1 = x_{1a}$	$D2$	$D3$	$D4$	$Y(1)$
2	$B1 = x_{1b}$	$D2$	$D3$	$D4$	$Y(2)$
3	$C1 = x_{1c}$	$D2$	$D3$	$D4$	$Y(3)$
4	$D1$	$A2 = x_{2a}$	$D3$	$D4$	$Y(1)$
5	$D1$	$B2 = x_{2b}$	$D3$	$D4$	$Y(2)$
6	$D1$	$C2 = x_{2c}$	$D3$	$D4$	$Y(3)$
7	$D1$	$D2$	$A3 = x_{3a}$	$D4$	$Y(1)$
8	$D1$	$D2$	$B3 = x_{3b}$	$D4$	$Y(2)$
9	$D1$	$D2$	$C3 = x_{3c}$	$D4$	$Y(3)$
10	$D1$	$D2$	$D3$	$A4 = x_{4a}$	$Y(1)$
11	$D1$	$D2$	$D3$	$B4 = x_{4b}$	$Y(2)$
12	$D1$	$D2$	$D3$	$C4 = x_{4c}$	$Y(3)$
13	$D1$	$D2$	$D3$	$D4$	$Y(4)$

Таблица 8

План $3 \cdot \kappa + 1$ при $\kappa = 5$

№	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y
1	$A1 = x_{1a}$	$D2$	$D3$	$D4$	$D5$	$Y(1)$
2	$B1 = x_{1b}$	$D2$	$D3$	$D4$	$D5$	$Y(2)$
3	$C1 = x_{1c}$	$D2$	$D3$	$D4$	$D5$	$Y(3)$
4	$D1$	$A2 = x_{2a}$	$D3$	$D4$	$D5$	$Y(1)$
5	$D1$	$B2 = x_{2b}$	$D3$	$D4$	$D5$	$Y(2)$
6	$D1$	$C2 = x_{2c}$	$D3$	$D4$	$D5$	$Y(3)$
7	$D1$	$D2$	$A3 = x_{3a}$	$D4$	$D5$	$Y(1)$
8	$D1$	$D2$	$B3 = x_{3b}$	$D4$	$D5$	$Y(2)$
9	$D1$	$D2$	$C3 = x_{3c}$	$D4$	$D5$	$Y(3)$
10	$D1$	$D2$	$D3$	$A4 = x_{4a}$	$D5$	$Y(1)$
11	$D1$	$D2$	$D3$	$B4 = x_{4b}$	$D5$	$Y(2)$
12	$D1$	$D2$	$D3$	$C4 = x_{4c}$	$D5$	$Y(3)$
13	$D1$	$D2$	$D3$	$D4$	$A5 = x_{5a}$	$Y(1)$
14	$D1$	$D2$	$D3$	$D4$	$B5 = x_{5b}$	$Y(2)$
15	$D1$	$D2$	$D3$	$D4$	$C5 = x_{5c}$	$Y(3)$
16	$D1$	$D2$	$D3$	$D4$	$D5$	$Y(4)$

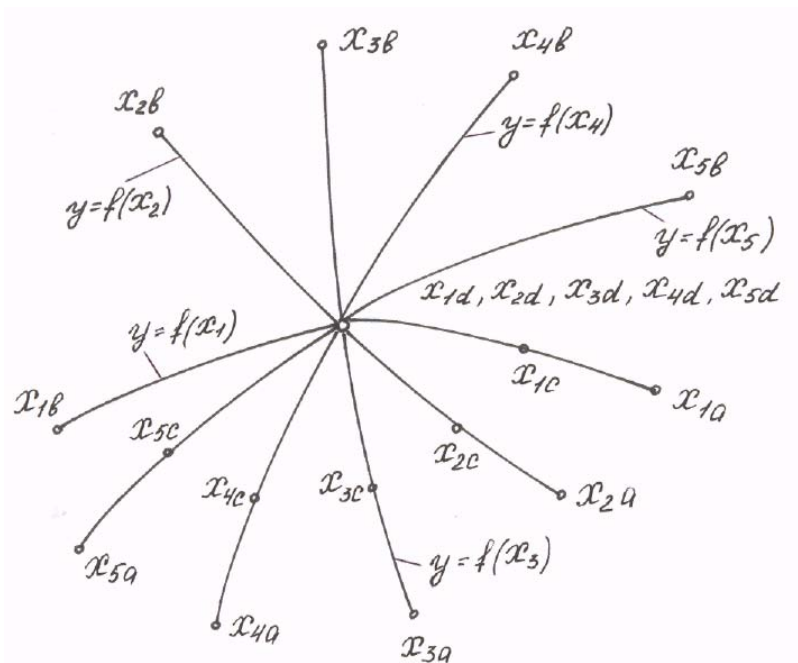


Рис. 2. Схема зависимости показателя от пяти факторов при планировании $3 \cdot 5 + 1$.

Математическое моделирование при планировании $3 \cdot k + 1$ рационально проводить, когда необходимо выявить ряд факторов, оказывающих существенное влияние на показатель процесса. Это моделирование выполняется на основе небольшого количества экспериментальных данных, но позволяет прогнозировать улучшение процессов, определять, при каких условиях можно достигать оптимальных результатов.

Применительно к использованию ЭВМ разработан алгоритм математического моделирования, который сводится к следующему.

1. Начало выполнения программы, ввод количества опытов по плану, величин факторов на принятых уровнях и показателей степени в уравнении регрессии.
2. Расчет коэффициентов ортогонализации.
3. Ввод величин показателей процесса.
4. Расчет коэффициентов регрессии до их анализа.
5. Ввод количества опытов на среднем уровне факторов.
6. Расчет показателей до анализа коэффициентов регрессии.
7. Выявление дисперсии опытов, расчетных величин t – критерия для каждого коэффициента регрессии.
8. Ввод табличного t – критерия.
9. Выявление статистически значимых коэффициентов регрессии.
10. Ввод табличного F – критерия.
11. Расчет показателей после анализа коэффициентов регрессии.
12. Выявление расчетной величины F – критерия и адекватности модели.

13. Выполнение расчетов по модели и проверка точности модели.
14. Вычисления показателей по математической модели с использованием циклов и построение графиков.
15. Конец выполнения программы.

Разработана программа математического моделирования на языке Бейсик на основе изложенных выше теории и алгоритма. Применительно к планированию 4^1 , 4^2 программа математического моделирования имеет наименование WN4.

ПРОГРАММА WN4

```
5 PRINT "ПРОГРАММА WN4,РАЗРАБОТКА А.А.ЧЕРНОГО"
6 CLS
7 PRINT "РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ WN4"
8 PRINT "ЗАНОСЯТСЯ В ФАЙЛ,ИМЯ КОТОРОГО НАДО ВВЕСТИ,"
9 PRINT "НАПРИМЕР, ВВЕСТИ ИМЯ ФАЙЛА WN41"
10 INPUT "ВВОД ИМЕНИ ФАЙЛА ", FAS$
14 OPEN "O", #1, FAS$
17 PRINT "РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ WN4 ЗАНОСЯТСЯ В ФАЙЛ
"; FAS$
40 PRINT " РАЗРАБОТКИ ДЛЯ X=4,X=16"
41 PRINT #1, "РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ WN4, РАЗРАБОТАННОЙ
А.А. ЧЕРНЫМ"
42 DIM F(20), H(20), L(20), Y(20), I(20), K(20), P(20)
44 DIM Q(20), U(20), V(20), O(20), B(20), Z(20), G(20), T(20)
46 DIM K6(20), K7(20), K8(20), J7(20), J8(20), J9(20)
51 PRINT "ВВОД X-КОЛИЧЕСТВО ОПЫТОВ ПО ПЛАНУ "
52 PRINT #1, "КОЛИЧЕСТВО ОПЫТОВ ПО ПЛАНУ "
60 INPUT X: PRINT #1, "X="; X
61 PRINT #1, "ВЕЛИЧИНЫ ФАКТОРОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТЕПЕНИ"
62 PRINT "ВВОД ВЕЛИЧИН ФАКТОРОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТЕПЕНИ"
200 PRINT "ВВОД A1,C1,D1,B1,J1,O1,P1"
210 INPUT A1, C1, D1, B1, J1, O1, P1
213 PRINT #1, "A1="; A1; " C1="; C1; " D1="; D1
215 PRINT #1, " B1="; B1; " J1="; J1; " O1="; O1; " P1="; P1
220 A = A1: B = B1: C = C1: D = D1: N = J1: R = O1: S = P1: GOSUB 3710
230 V1 = V0: U1 = U0: Q1 = Q0: I1 = I0: M1 = M0: F1 = F0
240 PRINT #1, "V1="; V1; " U1="; U1; " Q1="; Q1
243 PRINT #1, " I1="; I1; " M1="; M1; " F1="; F1
245 IF X = 16 GOTO 400
260 IF X = 4 GOTO 600
400 PRINT "ВВОД A2,C2,D2,B2,J2,O2,P2"
410 INPUT A2, C2, D2, B2, J2, O2, P2: PRINT #1, "A2="; A2
413 PRINT #1, "C2="; C2; " D2="; D2; " B2="; B2; " J2="; J2
415 PRINT #1, "O2="; O2; "P2="; P2
420 A = A2: B = B2: C = C2: D = D2: N = J2: R = O2: S = P2: GOSUB 3710
430 V2 = V0: U2 = U0: Q2 = Q0: I2 = I0: M2 = M0: F2 = F0
440 PRINT #1, "V2="; V2; " U2="; U2; " Q2="; Q2; " I2="; I2
443 PRINT #1, "M2="; M2; " F2="; F2
450 IF X = 16 GOTO 770
600 F(1) = A1: F(2) = B1: F(3) = C1: F(4) = D1: GOTO 1130
770 F(1) = A1: H(1) = A2: F(2) = B1: H(2) = A2: F(3) = A1: H(3) = B2
780 F(4) = B1: H(4) = B2: F(5) = A1: H(5) = C2: F(6) = B1: H(6) = C2
790 F(7) = A1: H(7) = D2: F(8) = B1: H(8) = D2: F(9) = C1: H(9) = A2
800 F(10) = C1: H(10) = C2: F(11) = C1: H(11) = D2: F(12) = C1
805 H(12) = B2
810 F(13) = D1: H(13) = A2: F(14) = D1: H(14) = C2: F(15) = D1
815 H(15) = D2
820 F(16) = D1: H(16) = B2: GOTO 1130
1130 PRINT "IF I0=6 GOTO 40-НАЧАЛО"
1135 PRINT "IF I0=7 GOTO 1160-ПРОДОЛЖЕНИЕ"
```

```

1140 INPUT I0: IF I0 = 6 GOTO 40
1150 IF I0 = 7 GOTO 1160
1160 PRINT "ВВОД ВЕЛИЧИН ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПО ПЛАНУ Y(J) "
1161 PRINT #1, "ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СООТВЕТСТВИИ С ПЛАНОМ Y(J)"
1165 FOR J = 1 TO X
1166 PRINT "Y("; J; ")": INPUT Y(J)
1170 PRINT #1, "Y("; J; ")="; Y(J): NEXT J
1180 PRINT "IF I0=1 GOTO 1160-ПОВТОРЕНИЕ ВВОДА ПОКАЗАТЕЛЕЙ"
1185 PRINT "IF I0=2 GOTO 1220-ПРОДОЛЖЕНИЕ"
1190 PRINT "ВВОД I0": INPUT I0: IF I0 = 1 GOTO 1160
1200 IF I0 = 2 GOTO 1220
1220 IF X = 4 GOTO 1320
1270 IF X = 16 GOTO 1370
1320 GOSUB 4210: GOTO 1410
1370 GOSUB 4210: GOSUB 4250: GOTO 1410
1410 S = 0: O(1) = 0: FOR J = 1 TO X: S = S + Y(J): O(1) = O(1) + 1: NEXT J
1420 B(1) = S / O(1): S = 0: O(2) = 0: FOR J = 1 TO X: S = S + I(J) * Y(J)
1430 O(2) = O(2) + I(J) ^ 2: NEXT J: B(2) = S / O(2): S = 0: O(3) = 0
1440 FOR J = 1 TO X: S = S + K(J) * Y(J): O(3) = O(3) + K(J) ^ 2: NEXT J
1450 B(3) = S / O(3)
1460 IF X = 4 GOTO 2000
1480 S = 0: O(4) = 0: FOR J = 1 TO X: S = S + P(J) * Y(J)
1490 O(4) = O(4) + P(J) ^ 2: NEXT J: B(4) = S / O(4): S = 0: O(5) = 0
1500 FOR J = 1 TO X: S = S + I(J) * P(J) * Y(J): O(5) = O(5) + (I(J) * P(J)) ^ 2
1510 NEXT J: B(5) = S / O(5): S = 0: O(6) = 0: FOR J = 1 TO X
1520 S = S + Q(J) * Y(J): O(6) = O(6) + Q(J) ^ 2: NEXT J: B(6) = S / O(6)
1530 S = 0: O(7) = 0: FOR J = 1 TO X: S = S + I(J) * Q(J) * Y(J)
1540 O(7) = O(7) + (I(J) * Q(J)) ^ 2: NEXT J: B(7) = S / O(7): S = 0
1550 O(8) = 0: FOR J = 1 TO X: S = S + P(J) * K(J) * Y(J)
1560 O(8) = O(8) + (P(J) * K(J)) ^ 2: NEXT J: B(8) = S / O(8): S = 0: O(9) = 0
1570 FOR J = 1 TO X: S = S + K(J) * Q(J) * Y(J): O(9) = O(9) + (K(J) * Q(J)) ^ 2
1580 NEXT J: B(9) = S / O(9)
1600 S = 0: O(10) = 0: FOR J = 1 TO X: S = S + U(J) * Y(J): O(10) = O(10) + U(J) ^ 2
1610 NEXT J: B(10) = S / O(10): S = 0: O(11) = 0: FOR J = 1 TO X
1620 S = S + I(J) * U(J) * Y(J): O(11) = O(11) + (I(J) * U(J)) ^ 2: NEXT J
1630 B(11) = S / O(11): S = 0: O(12) = 0: FOR J = 1 TO X: S = S + K(J) * U(J) * Y(J)
1640 O(12) = O(12) + (K(J) * U(J)) ^ 2: NEXT J: B(12) = S / O(12)
1660 IF X = 16 GOTO 1930
1930 S = 0: O(13) = 0: FOR J = 1 TO X: S = S + L(J) * Y(J): O(13) = O(13) + L(J) ^ 2
1940 NEXT J: B(13) = S / O(13): S = 0: O(14) = 0: FOR J = 1 TO X
1950 S = S + P(J) * L(J) * Y(J): O(14) = O(14) + (P(J) * L(J)) ^ 2: NEXT J
1960 B(14) = S / O(14): S = 0: O(15) = 0: FOR J = 1 TO X: S = S + Q(J) * L(J) * Y(J)
1970 O(15) = O(15) + (Q(J) * L(J)) ^ 2: NEXT J: B(15) = S / O(15): S = 0
1980 O(16) = 0: FOR J = 1 TO X: S = S + L(J) * U(J) * Y(J)
1990 O(16) = O(16) + (L(J) * U(J)) ^ 2: NEXT J: B(16) = S / O(16): GOTO 2390
2000 S = 0: O(4) = O: FOR J = 1 TO X: S = S + L(J) * Y(J): O(4) = O(4) + L(J) ^ 2
2010 NEXT J: B(4) = S / O(4): IF X = 4 GOTO 2390
2390 PRINT #1, "B(J) ДО АНАЛИЗА": FOR J = 1 TO X
2395 PRINT #1, "B("; J; ")="; B(J)
2397 NEXT J: PRINT
2400 PRINT "ВВОД N0-КОЛИЧЕСТВО ОПЫТОВ НА СРЕДНЕМ УРОВНЕ ФАКТОРОВ"
2407 INPUT N0

```

```

2408 PRINT #1, "КОЛИЧЕСТВО ОПЫТОВ НА СРЕДНЕМ УРОВНЕ ФАКТОРОВ"
2410 PRINT #1, "N0="; N0
2420 IF X = 4 GOTO 2520
2470 IF X = 16 GOTO 2570
2520 GOSUB 4400: GOTO 2610
2570 GOSUB 4580: GOTO 2610
2610 PRINT #1, "РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Z(J) ДО АНАЛИЗА B(J)"
2620 FOR J = 1 TO X: PRINT #1, "Z("; J; ")="; Z(J): NEXT J
2630 PRINT "ВВОД F8=N0-1": INPUT F8
2633 PRINT #1, "F8=N0-1="; F8
2635 PRINT "F8="; F8
2640 PRINT #1, "ПРОВЕРКА ПО РАЗНОСТИ Y(J)-Z(J)"
2641 PRINT #1, "В ПРОЦЕНТАХ (Y(J)-Z(J)) * (100/Y(J))"
2650 FOR J = 1 TO X: PRINT #1, "Y("; J; ") - Z("; J; ")="; Y(J) - Z(J)
2651 PRINT #1, "(Y("; J; ") - Z("; J; ")) * (100 / Y("; J; ")) = "; (Y(J) - Z(J)) * (100 / Y(J))
2655 NEXT J
2660 PRINT "IF I0=3 GOTO 2720-ВВОД РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ "
2663 PRINT "      НА СРЕДНЕМ УРОВНЕ ФАКТОРОВ"
2666 PRINT "IF I0=4 GOTO 2770-ВВОД ДИСПЕРСИИ ОПЫТОВ"
2670 PRINT "IF I0=5 GOTO 3240-ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ И "
2672 PRINT "      РАСЧЕТЫ ПО МОДЕЛИ"
2773 PRINT "IF I0=6 GOTO 40-НАЧАЛО"
2677 PRINT "IF I0=20 GOTO 6830-КОНЕЦ"
2678 PRINT "IF I0=25 GOTO 4880-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ"
2679 PRINT "IF I0=27 GOTO 7000-ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Z(K5)"
2681 PRINT "      С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИКЛОВ И "
2684 PRINT "      ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ"
2689 PRINT "ВВОД I0": INPUT I0: IF I0 = 3 GOTO 2720
2690 IF I0 = 4 GOTO 2770
2700 IF I0 = 5 GOTO 3240
2710 IF I0 = 6 GOTO 40
2715 IF I0 = 20 GOTO 6830
2717 IF I0 = 25 GOTO 4880
2718 IF I0 = 27 GOTO 7000
2720 PRINT "ВВОД G(J)-РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ ";
2721 PRINT "НА СРЕДНЕМ УРОВНЕ ФАКТОРОВ "
2722 PRINT #1, "РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ ";
2723 PRINT #1, "НА СРЕДНЕМ УРОВНЕ ФАКТОРОВ "
2724 FOR J = 1 TO N0: PRINT "G("; J; ")": INPUT G(J)
2730 PRINT #1, "G("; J; ")="; G(J): NEXT J: S = 0: FOR J = 1 TO N0: S = S + G(J)
2740 NEXT J: S0 = S / N0: PRINT "S0="; S0: S = 0: FOR J = 1 TO N0
2750 S = S + (G(J) - S0) ^ 2: NEXT J: U9 = S / F8
2751 PRINT #1, "ДИСПЕРСИЯ ОПЫТОВ U9="; U9
2760 GOTO 2780
2770 PRINT "ВВОД U9-ДИСПЕРСИЯ ОПЫТОВ": INPUT U9
2771 PRINT #1, "ДИСПЕРСИЯ ОПЫТОВ U9="; U9
2780 PRINT #1, "РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ T(J)": FOR J = 1 TO X
2790 T(J) = ABS(B(J) / SQR(U9 / O(J))): PRINT #1, "T("; J; ")="; T(J): NEXT J
2800 PRINT "      ДЛЯ УРОВНЯ ЗНАЧИМОСТИ 5% "
2801 PRINT "      ПРИ F8 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6"
2802 PRINT "СООТВЕТСТВЕННО T0 4.303 ;3.182 ;2.776 ;2.571 ;2.447"
2803 PRINT "F8=N0-1="; N0; "-1="; F8

```

```

2804 PRINT "ВВОД T0-ТАБЛИЧНЫЙ T-КРИТЕРИЙ"
2805 INPUT T0
2806 PRINT #1, "ТАБЛИЧНЫЙ T-КРИТЕРИЙ T0="; T0
2810 PRINT #1, "B(J) ПОСЛЕ АНАЛИЗА": FOR J = 1 TO X
2820 IF T(J) < T0 GOTO 2840
2830 IF T(J) >= T0 GOTO 2850
2840 B(J) = 0
2850 PRINT #1, "B("; J; ")="; B(J): NEXT J
2860 K9 = 0: FOR J = 1 TO X: IF B(J) = 0 GOTO 2871
2870 K9 = K9 + 1
2871 NEXT J
2872 PRINT #1, "КОЛИЧЕСТВО СТАТИСТИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ"
2873 PRINT #1, "      КОЭФФИЦИЕНТОВ РЕГРЕССИИ K9="; K9
2881 PRINT #1, "F9=X-1": F9 = X - 1
2882 PRINT #1, "F9="; F9: CLS
2883 PRINT " ! ! ЗНАЧЕНИЯ F-КРИТЕРИЯ F7 ДЛЯ 5%-ГО УРОВНЯ ЗНАЧИМОСТИ"
2884 PRINT " ! !-----"
2885 PRINT " !F8!           F9           "
2886 PRINT " ! !-----"
2887 PRINT " ! ! 2 ! 3 ! 4 ! 8 ! 11 ! 14 "
2888 PRINT " !-----"
2889 PRINT " ! 2! 19.0 ! 19.16 ! 19.25 ! 19.37 ! 19.4 ! 19.42 "
2890 PRINT " ! 3! 9.55 ! 9.28 ! 9.12 ! 8.84 ! 8.76 ! 8.71 "
2891 PRINT " ! 4! 6.94 ! 6.59 ! 6.39 ! 6.04 ! 5.93 ! 5.87 "
2892 PRINT " ! 5! 5.79 ! 5.41 ! 5.19 ! 4.82 ! 4.7 ! 4.64 "
2893 PRINT " ! 6! 5.14 ! 4.76 ! 4.53 ! 4.15 ! 4.03 ! 3.96 "
2894 PRINT " !===== "
2895 PRINT " ! F8 \ F9 ! 15...16 ! 19...20 ! 24 ! 26...30 !"
2896 PRINT " !-----"
2897 PRINT " ! 2 !    19.43 ! 19.44 ! 19.45 ! 19.46 !"
2898 PRINT " ! 3 !    8.69 ! 8.66 ! 8.64 ! 8.62 !"
2899 PRINT " ! 4 !    5.84 ! 5.8 ! 5.77 ! 5.74 !"
2900 PRINT " ! 5 !    4.6 ! 4.56 ! 4.53 ! 4.5 !"
2901 PRINT " ! 6 !    3.92 ! 3.87 ! 3.84 ! 3.81 !"
2902 PRINT " !-----"
2907 PRINT "F8="; F8; "F9="; F9
2908 PRINT "ВВОД F7-ТАБЛИЧНЫЙ F-КРИТЕРИЙ"
2909 INPUT F7: PRINT #1, "ТАБЛИЧНЫЙ F-КРИТЕРИЙ F7="; F7
2920 IF X = 4 GOTO 3020
2970 IF X = 16 GOTO 3070
3020 GOSUB 4400: GOTO 3110
3070 GOSUB 4580: GOTO 3110
3110 PRINT #1, "РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЯ";
3115 PRINT #1, " Z(J) ПОСЛЕ АНАЛИЗА B(J)"
3120 FOR J = 1 TO X: PRINT #1, "Z("; J; ")="; Z(J): NEXT J
3121 PRINT #1, "ПРОВЕРКА ПО РАЗНОСТИ Y(J)-Z(J)"
3122 PRINT #1, "В ПРОЦЕНТАХ (Y(J)-Z(J)) * (100/Y(J))"
3123 FOR J = 1 TO X: PRINT #1, "Y("; J; ")=Z("; J; ")="; Y(J) - Z(J)
3124 PRINT #1, "(Y("; J; ")=Z("; J; ")) * (100 / Y("; J; ")) = "; (Y(J) - Z(J)) * (100 / Y(J))
3125 NEXT J
3130 S = 0: FOR J = 1 TO X: S = S + (Z(J) - Y(J)) ^ 2: NEXT J
3140 F6 = S / (F9 * U9)

```

```

3145 PRINT #1, "РАСЧЕТНАЯ ВЕЛИЧИНА F-КРИТЕРИЯ F6="; F6
3150 IF F6 <= F7 GOTO 3170
3160 IF F6 > F7 GOTO 3180
3170 PRINT #1, "АДЕКВАТНО,ТАК КАК F6<=F7": GOTO 3190
3180 PRINT #1, "НЕАДЕКВАТНО,ТАК КАК F6>F7"
3190 PRINT "IF I0=7 GOTO 3240-ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ И "
3193 PRINT "          РАСЧЕТЫ ПО МОДЕЛИ"
3194 PRINT "IF I0=8 GOTO 40-НАЧАЛО"
3197 PRINT "IF I0=17 GOTO 4880-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ"
3198 PRINT "IF I0=22 GOTO 7000-ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Z(K5)"
3200 PRINT "          С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИКЛОВ И "
3203 PRINT "          ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ"
3207 PRINT "IF I0=9 GOTO 6830-КОНЕЦ": PRINT "ВВОД I0": INPUT I0
3210 IF I0 = 7 GOTO 3240
3220 IF I0 = 8 GOTO 40
3227 IF I0 = 17 GOTO 4880
3228 IF I0 = 22 GOTO 7000
3230 IF I0 = 9 GOTO 6830
3240 PRINT "ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ И РАСЧЕТЫ ПО МОДЕЛИ"
3241 PRINT "F(S),H(S) -1, 2-Й ФАКТОРЫ,"
3243 PRINT "ГДЕ S=X="; X; "-КОЛИЧЕСТВО ОПЫТОВ ПО ПЛАНУ"
3245 PRINT #1, "РАСЧЕТЫ ПО МОДЕЛИ"
3260 IF X = 4 GOTO 3350
3310 IF X = 16 GOTO 3420
3350 FOR S = 1 TO X: F(S) = 0: Z(S) = 0: PRINT "ВВОД F("; S; ")"
3360 INPUT F(S): PRINT #1, "ФАКТОР F("; S; ")="; F(S)
3370 IF X = 4 GOTO 3400
3400 GOSUB 4210: GOSUB 4400: GOTO 3412
3412 PRINT #1, "Z("; S; ")="; Z(S): NEXT S: GOTO 3610
3420 FOR S = 1 TO X: F(S) = 0: H(S) = 0: Z(S) = 0
3430 PRINT "ВВОД F("; S; "),H("; S; ")": INPUT F(S), H(S)
3432 PRINT #1, " ФАКТОРЫ F("; S; ")="; F(S); "H("; S; ")="; H(S)
3470 IF X = 16 GOTO 3530
3530 GOSUB 4210: GOSUB 4250: GOSUB 4580: GOTO 3552
3552 PRINT #1, "Z("; S; ")="; Z(S): NEXT S: GOTO 3610
3560 FOR S = 1 TO X: F(S) = 0: H(S) = 0: L(S) = 0: Z(S) = 0
3570 PRINT "ВВОД F("; S; "),H("; S; "),L("; S; ")"
3572 INPUT F(S), H(S), L(S): PRINT #1, "ФАКТОР F("; S; ")="; F(S)
3574 PRINT #1, "ФАКТОРЫ H("; S; ")="; H(S); "L("; S; ")="; L(S)
3590 PRINT #1, "Z("; S; ")="; Z(S): NEXT S
3610 PRINT "IF I0=10 GOTO 3240-ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ И ";
3611 PRINT "РАСЧЕТЫ ПО МОДЕЛИ"
3612 PRINT "IF I0=11 GOTO 4880 - МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ"
3615 PRINT "IF I0=14 GOTO 7000-ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Z(K5)"
3616 PRINT "          С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИКЛОВ И "
3617 PRINT "          ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ"
3620 PRINT "IF I0=12 GOTO 6830-КОНЕЦ"
3625 PRINT "ВВОД I0": INPUT I0
3630 IF I0 = 10 GOTO 3240
3640 IF I0 = 11 GOTO 4880
3650 IF I0 = 12 GOTO 6830
3653 IF I0 = 14 GOTO 7000

```

```

3710 N0 = (A ^ N + B ^ N + C ^ N + D ^ N) / 4
3720 R0 = (A ^ R + B ^ R + C ^ R + D ^ R) / 4
3730 S0 = (A ^ S + B ^ S + C ^ S + D ^ S) / 4: L2 = 2 * N
3740 N3 = (A ^ L2 + B ^ L2 + C ^ L2 + D ^ L2) / 4: K2 = 2 * R
3750 R3 = (A ^ K2 + B ^ K2 + C ^ K2 + D ^ K2) / 4: N4 = N + R
3760 N5 = (A ^ N4 + B ^ N4 + C ^ N4 + D ^ N4) / 4: N6 = N + S
3770 N7 = (A ^ N6 + B ^ N6 + C ^ N6 + D ^ N6) / 4: R4 = R + S
3780 R5 = (A ^ R4 + B ^ R4 + C ^ R4 + D ^ R4) / 4: V0 = -N0
3790 U0 = (N0 * R0 - N5) / (N3 - N0 ^ 2): Q0 = -(R0 + U0 * N0)
3800 P0 = (N0 * S0 - N7) / (N3 - N0 ^ 2): Z1 = R0 * S0 - R5 + P0 * (N0 * R0 - N5)
3810 Z2 = U0 * (N0 * S0 - N7) + U0 * P0 * (N0 ^ 2 - N3)
3820 Z3 = R3 - R0 ^ 2 + 2 * U0 * (N5 - N0 * R0)
3830 I0 = (Z1 + Z2) / (Z3 + (N3 - N0 ^ 2) * U0 ^ 2): M0 = I0 * U0 + P0
3840 F0 = -(S0 + I0 * R0 + M0 * N0)
3850 PRINT #1, "КОЭФИЦИЕНТЫ ОРТОГОНАЛИЗАЦИИ": RETURN
4210 FOR J = 1 TO X: I(J) = F(J) ^ J1 + V1
4220 K(J) = F(J) ^ O1 + U1 * F(J) ^ J1 + Q1
4230 L(J) = F(J) ^ P1 + I1 * F(J) ^ O1 + M1 * F(J) ^ J1 + F1: NEXT J
4240 RETURN
4250 FOR J = 1 TO X: P(J) = H(J) ^ J2 + V2
4260 Q(J) = H(J) ^ O2 + U2 * H(J) ^ J2 + Q2
4270 U(J) = H(J) ^ P2 + I2 * H(J) ^ O2 + M2 * H(J) ^ J2 + F2: NEXT J
4280 RETURN
4400 FOR J = 1 TO X: Z(J) = B(1) + B(2) * I(J) + B(3) * K(J) + B(4) * L(J)
4410 NEXT J: RETURN
4580 FOR J = 1 TO X: N3 = B(1) + B(2) * I(J) + B(3) * K(J) + B(4) * P(J)
4590 N4 = B(5) * I(J) * P(J) + B(6) * Q(J) + B(7) * I(J) * Q(J) + B(8) * P(J) * K(J)
4600 N5 = B(9) * K(J) * Q(J) + B(10) * U(J) + B(11) * I(J) * U(J) + B(12) * K(J) * U(J)
4610 N6 = B(13) * L(J) + B(14) * P(J) * L(J) + B(15) * Q(J) * L(J)
4620 Z(J) = N3 + N4 + N5 + N6 + B(16) * L(J) * U(J): NEXT J: RETURN
4880 PRINT #1, "МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ"
4901 IF X = 4 GOTO 6070
4905 IF X = 16 GOTO 6280
6070 PRINT #1, "Z(J)="; B(1); "+"; B(2); "*I(J)"; B(3); "*K(J)";
6080 PRINT #1, "+"; B(4); "*L(J),"
6090 IF X = 4 GOTO 6600
6280 PRINT #1, "Z(J)="; B(1); "+"; B(2); "*I(J)"; B(3); "*K(J)";
6290 PRINT #1, "+"; B(4); "*P(J)"; B(5); "I(J)*P(J)";
6300 PRINT #1, "+"; B(6); "*Q(J)"; B(7); "*I(J)*Q(J)";
6310 PRINT #1, "+"; B(8); "*P(J)*K(J)"; B(9); "*K(J)*Q(J)";
6320 PRINT #1, "+"; B(10); "*U(J)"; B(11); "*I(J)*U(J)";
6330 PRINT #1, "+"; B(12); "*K(J)*U(J)"; B(13); "*L(J)";
6340 PRINT #1, "+"; B(14); "*P(J)*L(J)"; B(15); "*Q(J)*L(J)";
6350 PRINT #1, "+"; B(16); "*L(J)*U(J),"
6360 IF X = 16 GOTO 6600
6600 PRINT #1, "ГДЕ"
6610 PRINT #1, "I(J)=F(J)^"; J1; "+"; V1; ","
6620 PRINT #1, "K(J)=F(J)^"; O1; "+"; U1; "*F(J)^"; J1; "+"; Q1
6621 PRINT #1, "ОБОЗНАЧЕНИЕ: F(J)- 1-Й ФАКТОР "
6650 PRINT #1, "L(J)=F(J)^"; P1; "+"; I1; "*F(J)^"; O1; "+";
6660 PRINT #1, "+"; M1; "F(J)^"; J1; "+"; F1
6661 PRINT #1, "ОБОЗНАЧЕНИЕ: F(J)- 1-Й ФАКТОР "

```

```

6670 IF X = 4 GOTO 6790
6673 IF X = 16 GOTO 6710
6680 PRINT #1, "M(J)=F(J)^"; T1; "+"; G1; "*F(J)^"; P1; "+"
6690 PRINT #1, "+"; H1; "*F(J)^"; O1; "+"; K1; "*F(J)^"; I1; "+"; L1
6691 PRINT #1, "ОБОЗНАЧЕНИЕ: F(J)- 1-Й ФАКТОР "
6710 PRINT #1, "P(J)=H(J)^"; J2; "+"; V2; ";"
6720 PRINT #1, "Q(J)=H(J)^"; O2; "+"; U2; "*H(J)^"; J2; "+"; Q2; ";"
6730 PRINT #1, "U(J)=H(J)^"; P2; "+"; I2; "*H(J)^"; O2; "+"
6740 PRINT #1, "+"; M2; "*H(J)^"; J2; "+"; F2
6741 PRINT #1, "ОБОЗНАЧЕНИЕ: H(J)- 2-Й ФАКТОР"
6750 IF X = 16 GOTO 6790
6760 PRINT #1, "V(J)=H(J)^"; T2; "+"; G2; "*H(J)^"; P2; "+"
6770 PRINT #1, "+"; H2; "*H(J)^"; O2; "+"; K2; "*H(J)^"; J2; "+"
6780 PRINT #1, "+"; L2
6781 PRINT #1, "ОБОЗНАЧЕНИЕ: H(J)- 2-Й ФАКТОР"
6790 PRINT "IF I0=18 GOTO 2660-ПЕРЕХОДЫ"
6792 PRINT "IF I0=19 GOTO 3190-ПЕРЕХОДЫ "
6793 PRINT "IF I0=35 GOTO 1160-ВВОД НОВЫХ Y(J)"
6795 PRINT "IF I0=44 GOTO 6830-КОНЕЦ"
6796 PRINT "IF I0=50 GOTO 40-НАЧАЛО"
6797 PRINT "IF I0=51 GOTO 3240-ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ И "
6798 PRINT "          РАСЧЕТЫ ПО МОДЕЛИ"
6799 PRINT "IF I0=52 GOTO 7000-"
6800 PRINT "          ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Z(K5) "
6802 PRINT "          С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИКЛОВ "
6803 PRINT "          И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ"
6805 PRINT "ВВОД I0": INPUT I0
6810 IF I0 = 18 GOTO 2660
6820 IF I0 = 19 GOTO 3190
6823 IF I0 = 35 GOTO 1160
6825 IF I0 = 44 GOTO 6830
6827 IF I0 = 50 GOTO 40
6828 IF I0 = 51 GOTO 3240
6829 IF I0 = 52 GOTO 7000
6830 CLOSE #1
6832 PRINT "РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ СМОТРИ В ";
6835 PRINT "ФАЙЛЕ "; FAS
6840 END
7000 PRINT #1, "ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Z(K5)"
7004 PRINT #1, " ПО МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ"
7005 PRINT #1, " С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИКЛОВ"
7006 PRINT #1, "И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ"
7010 PRINT "ВВОД I0=61 ПРИ X=4, X=16"
7040 PRINT "IF I0=64 GOTO 40-НАЧАЛО"
7050 PRINT "IF I0=65 GOTO 6830-КОНЕЦ"
7060 INPUT I0
7070 IF I0 = 61 GOTO 7190
7100 IF I0 = 64 GOTO 40
7110 IF I0 = 65 GOTO 6830
7190 PRINT "ВВОД I0=74 ПРИ X=4, I0=79 ПРИ X=16"
7200 INPUT I0
7201 IF I0 = 74 GOTO 7210

```

```

7202 IF I0 = 79 GOTO 7360
7210 F3 = 0: F4 = 0: K5 = 0: PRINT #1, "ФАКТОР F(1)=F3+F4"
7213 PRINT "ФАКТОР F(1)=F3+F4"
7215 FOR J = 1 TO X: F(J) = 0: Z(J) = 0: NEXT J: X = 0
7220 PRINT #1, "F4-ШАГ ПРИРАЩЕНИЯ ФАКТОРА"
7225 PRINT "F4-ШАГ ПРИРАЩЕНИЯ ФАКТОРА"
7226 PRINT #1, "X-КОЛИЧЕСТВО ЗНАЧЕНИЙ ФАКТОРА"
7227 PRINT "X-КОЛИЧЕСТВО ЗНАЧЕНИЙ ФАКТОРА"
7230 PRINT "ВВОД ПРИНЯТЫХ ВЕЛИЧИН X,F3,F4"
7240 INPUT X, F3, F4: PRINT #1, "X="; X; "F3="; F3; "F4="; F4
7250 FOR K5 = 1 TO X: F(K5) = F3 + K5 * F4
7255 PRINT #1, "F("; K5; ")="; F(K5)
7300 GOSUB 4210: GOSUB 4400: GOTO 7320
7320 PRINT #1, "Z("; K5; ")="; Z(K5)
7325 NEXT K5: GOTO 8001
7360 F3 = 0: F4 = 0: H3 = 0: H4 = 0: K5 = 0: PRINT #1, "ФАКТОР F(1)=F3+F4"
7361 PRINT "ФАКТОР F(1)=F3+F4"
7365 FOR J = 1 TO X: F(J) = 0: H(J) = 0: Z(J) = 0: NEXT J: X = 0
7370 PRINT #1, "F4-ШАГ ПРИРАЩЕНИЯ 1-ГО ФАКТОРА"
7371 PRINT "F4-ШАГ ПРИРАЩЕНИЯ 1-ГО ФАКТОРА"
7380 PRINT #1, "ФАКТОР H(1)=H3+H4"
7381 PRINT "ФАКТОР H(1)=H3+H4"
7390 PRINT #1, "H4-ШАГ ПРИРАЩЕНИЯ 2-ГО ФАКТОРА"
7391 PRINT "H4-ШАГ ПРИРАЩЕНИЯ 2-ГО ФАКТОРА"
7392 PRINT #1, "X-КОЛИЧЕСТВО ЗНАЧЕНИЙ 1, 2-ГО ФАКТОРОВ"
7393 PRINT "X-КОЛИЧЕСТВО ЗНАЧЕНИЙ 1, 2-ГО ФАКТОРОВ"
7400 PRINT "ВВОД ПРИНЯТЫХ ВЕЛИЧИН X,F3,F4,H3,H4"
7410 INPUT X, F3, F4, H3, H4: PRINT #1, "X="; X; "F3="; F3; "F4="; F4
7420 PRINT #1, "H3="; H3; "H4="; H4
7430 FOR K5 = 1 TO X: F(K5) = F3 + K5 * F4
7435 PRINT #1, "F("; K5; ")="; F(K5)
7440 H(K5) = H3 + K5 * H4: PRINT #1, "H("; K5; ")="; H(K5)
7540 GOSUB 4210: GOSUB 4250: GOSUB 4580: GOTO 7570
7550 GOSUB 4210: GOTO 7570
7570 PRINT #1, "Z("; K5; ")="; Z(K5)
7575 NEXT K5: GOTO 8001
8001 PRINT #1, "ВЫЯВЛЕНИЕ MAX Z(K5) И MIN Z(K5)": K8 = 0: K8 = Z(1)
8002 PRINT "ВВОД I0=90-ПРОДОЛЖЕНИЕ"
8004 INPUT I0
8010 FOR K5 = 1 TO X
8020 IF Z(K5) >= K8 THEN K8 = Z(K5)
8040 NEXT K5: PRINT #1, "MAX Z(K5)="; K8
8041 FOR K5 = 1 TO X
8042 IF Z(K5) = K8 THEN PRINT #1, "MAX Z("; K5; ")="; Z(K5)
8044 NEXT K5
8050 K7 = 0: K7 = Z(1)
8060 FOR K5 = 1 TO X
8070 IF Z(K5) <= K7 THEN K7 = Z(K5)
8090 NEXT K5: PRINT #1, "MIN Z(K5)="; K7
8091 FOR K5 = 1 TO X
8092 IF Z(K5) = K7 THEN PRINT #1, "MIN Z("; K5; ")="; Z(K5)
8094 NEXT K5: K6 = 0: PRINT #1, "MIN Z(K5)=K7, MAX Z(K5)=K8"

```



```

8095 PRINT #1, "K6(K5)=(Z(K5)+ABS(K7))/(ABS(K7)+ABS(K8))"
8096 FOR K5 = 1 TO X: K6(K5) = (Z(K5) + ABS(K7)) / (ABS(K7) + ABS(K8))
8097 PRINT #1, "K6("; K5; ")="; K6(K5): NEXT K5
8098 J5 = 0: J5 = ABS(K7) / (ABS(K7) + ABS(K8))
8099 PRINT #1, "J5=ABS(K7)/(ABS(K7)+ABS(K8))"
8111 PRINT #1, "J5="; J5
8112 PRINT "IF I0=70 GOTO 7000-ПОВТОРЕНИЕ ";
8113 PRINT " ВЫЧИСЛЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Z(K5) ";
8114 PRINT " И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ"
8115 PRINT "IF I0=80 GOTO 9000-ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА"
8120 INPUT I0
8125 IF I0 = 70 GOTO 7000
8130 IF I0 = 80 GOTO 9000
9000 PRINT "X0="; X0; "Y0="; Y0; "K0="; K0; "K3="; K3
9001 K0 = 0: K3 = 0: K4 = 0: K4 = X: K7 = 0: K8 = 0: X0 = 0: Y0 = 0
9010 PRINT #1, "ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА"
9015 PRINT #1, "ЗАВИСИМОСТЬ K6(K5) ОТ ФАКТОРА"
9020 PRINT #1, "K6(K5)-ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЕЛИЧИНА ПОКАЗАТЕЛЯ"
9025 PRINT #1, "K5-НОМЕР ВЕЛИЧИНЫ ФАКТОРА И ПОКАЗАТЕЛЯ"
9030 PRINT #1, "ВЕЛИЧИНЫ ФАКТОРОВ ЗАДАНЫ "
9035 PRINT "ВВОД: X0-ОТСТУП ВПРАВО ПО ОСИ X (ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНО X0=20)"
9036 PRINT " Y0-ОТСТУП ВНИЗ ПО ОСИ Y (ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНО Y0=180)"
9037 PRINT " K0-ДЛИНА ГРАФИКА ПО ОСИ X"
9038 PRINT " K3-ВЫСОТА ГРАФИКА ПО ОСИ Y"
9045 INPUT X0, Y0, K0, K3
9046 PRINT #1, "X0="; X0; "Y0="; Y0; "K0="; K0; "K3="; K3; ", ГДЕ"
9047 PRINT #1, " X0-ОТСТУП ВПРАВО ПО ОСИ X "
9048 PRINT #1, " Y0-ОТСТУП ВНИЗ ПО ОСИ Y "
9049 PRINT #1, " K0-ДЛИНА ГРАФИКА ПО ОСИ X"
9050 PRINT #1, " K3-ВЫСОТА ГРАФИКА ПО ОСИ Y"
9054 KEY OFF: CLS
9055 COLOR 0, 0: SCREEN 2
9056 FOR K5 = 1 TO K4: K7(K5) = K5 * K0: K8(K5) = K3 * K6(K5)
9057 LINE (K7(K5) - X0, Y0)-(K7(K5) - X0, Y0 - K8(K5)): NEXT K5
9059 J6 = 0: J6 = X - 1: J7 = 0: J8 = 0: J9 = 0: K7 = 0: K8 = 0: J9 = K3 * J5
9060 FOR K5 = 1 TO J6: K7(K5) = K5 * K0: K8(K5) = K3 * K6(K5)
9061 J7(K5) = (K5 + 1) * K0: J8(K5) = K3 * K6(K5 + 1)
9062 LINE (K7(K5) - X0, Y0)-(J7(K5) - X0, Y0)
9063 LINE (K7(K5) - X0, Y0 - J9)-(J7(K5) - X0, Y0 - J9)
9065 LINE (K7(K5) - X0, Y0 - K8(K5))-(J7(K5) - X0, Y0 - J8(K5)): NEXT K5
9071 A$ = ""
9072 A$ = INKEY$: IF A$ = "" THEN 9072
9073 SCREEN 0: CLS : COLOR 2, 0
9074 PRINT "ВВОД I0=75 GOTO 9000-ПОВТОРЕНИЕ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКА"
9075 PRINT "ВВОД I0=85 GOTO 7000-ПОВТОРЕНИЕ"
9076 PRINT " ВЫЧИСЛЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Z(K5)"
9078 PRINT " С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИКЛОВ "
9079 PRINT " И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ"
9080 PRINT "ВВОД I0=95 GOTO 6830-КОНЕЦ": PRINT
9081 INPUT I0
9083 IF I0 = 75 GOTO 9000
9090 IF I0 = 85 GOTO 7000

```

9095 IF I0 = 95 GOTO 6830

ЛИТЕРАТУРА

1. Смит Г. Драгоценные камни: Пер.с англ. – М.: Мир, 1984. – 558 с.
2. Мельниченко Т.А. Товароведение ювелирных товаров и товаров народного художественного промысла: Учебное пособие. Серия «Учебники, учебные пособия». – Ростов-на-Дону: «Феникс», 2002. – 352 с.
3. Рид П. Дж. Геммологический словарь: Пер. с англ. – Л.: Недра, 1986. – 287 с.
4. Пат. 2290381 Российская Федерация. МПК С04В 32/00, С03С 10/00. Способ получения искусственного камня [Текст]/Черный А.А., Черный В.А., Соломоницина С.И.; заявитель и патентообладатель Пензенский государственный университет. - №2005116384/03, заявл. 30.05.05; опубл. 27.12.06. Бюл. №36. – 4 с.
5. Черный А.А. Математическое моделирование при планировании экспериментов на четырех уровнях факторов: учебное пособие/А.А. Черный. – Пенза: Изд-во Пенз.гос.ун-та, 2006. – 86 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОБРАЗОВАНИЕ ДРАГОЦЕННЫХ КАМНЕЙ В ПРИРОДЕ.....	4
ДРАГОЦЕННЫЕ И ПОДЕЛОЧНЫЕ КАМНИ, ИХ ЦЕННОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ.....	9
СИНТЕТИЧЕСКИЕ АНАЛОГИ ПРИРОДНЫХ ДРАГОЦЕННЫХ И ПОДЕЛОЧНЫХ КАМНЕЙ.....	26
НОВЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО КАМНЯ.....	31
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ КАМНЕЙ.....	35
ПРОГРАММА WN4.....	40
ЛИТЕРАТУРА.....	51

Черный Анатолий Алексеевич
Черный Вадим Анатольевич

ДРАГОЦЕННЫЕ И ПОДЕЛОЧНЫЕ КАМНИ И
СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ КАМНЕЙ

Учебное пособие

Издательство Пензенского государственного университета
440026, Пенза, Красная, 40