

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН**

**Казахский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И. Сатпаева  
Институт геологии и нефтегазового дела имени К. Турысова  
Кафедра «Геологической съемки, поисков и разведки  
месторождений полезных ископаемых»**

**Кристаллография и минералогия**

для специальности 5В070600 –  
«Геология и разведка месторождений  
полезных ископаемых»,  
ассоциированный профессор К.Ш. Дюсембаева

**Лекция 5. Типы химических связей. Плотнейшие упаковки шаров. Общая характеристика класса самородных элементов.**

**Химическая связь** – совокупность сил, обуславливающих **взаимодействие** атомов друг с другом в химическом соединении.

---



# Типы химической связи и их отличительные признаки

Химическая связь	Связываемые атомы	Процесс в электронной оболочке	Образующиеся частицы	Кристаллическая решетка	Характер вещества	Примеры
Ионная	Атом металла и атом неметалла	Переход валентных электронов	Положительные и отрицательные ионы	Ионная	Солеподобный	Соли (NaCl) Оксиды (CaO) Основания (KOH)
Ковалентная	Атомы неметаллов	Образование общих электронных пар	Молекулы	Молекулярная	Летучий или нелетучий	H <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
			-	Атомная	Алмазоподобный	Алмаз C, Si, SiC
Металлическая	Атомы металлов	Отдача валентных электронов	Положительные ионы и электронный газ	Металлическая	Металлический	Металлы и сплавы

---

## Плотнейшая упаковка

Для образования плотнейшей упаковки необходимо соблюдение следующих требований:

1. Плотнупакованный слой

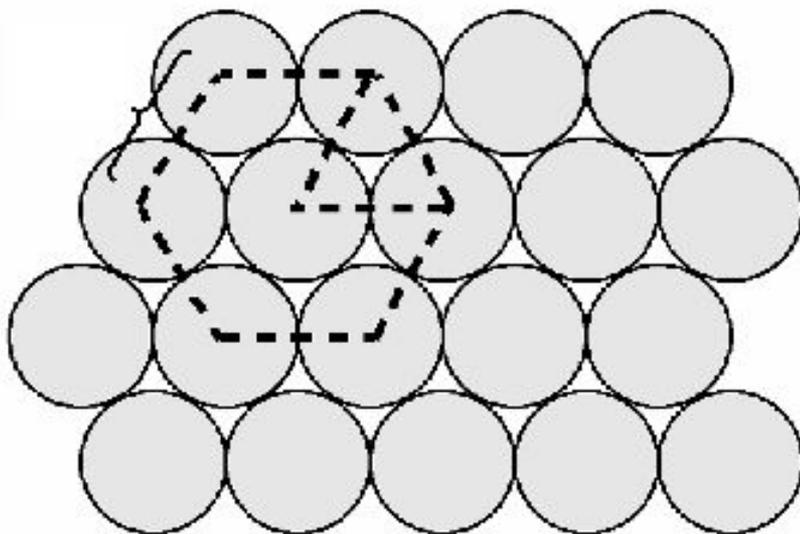


## Плотнейшая упаковка

Для образования плотнейшей упаковки необходимо соблюдение следующих требований:

### 1. Плотнупакованный слой

Содержит  
перпендикулярно  
направленные оси:  
6, 3 и 2



---

## Плотнейшая упаковка

Для образования плотнейшей упаковки необходимо соблюдение следующих требований:

1. Плотнупакованный слой

Плотнейшие упаковки возможны в кристаллах, содержащих оси 3 или 6:

гексагональная / тригональная и кубическая сингонии

---

## Плотнейшая упаковка

Для образования плотнейшей упаковки необходимо соблюдение следующих требований:

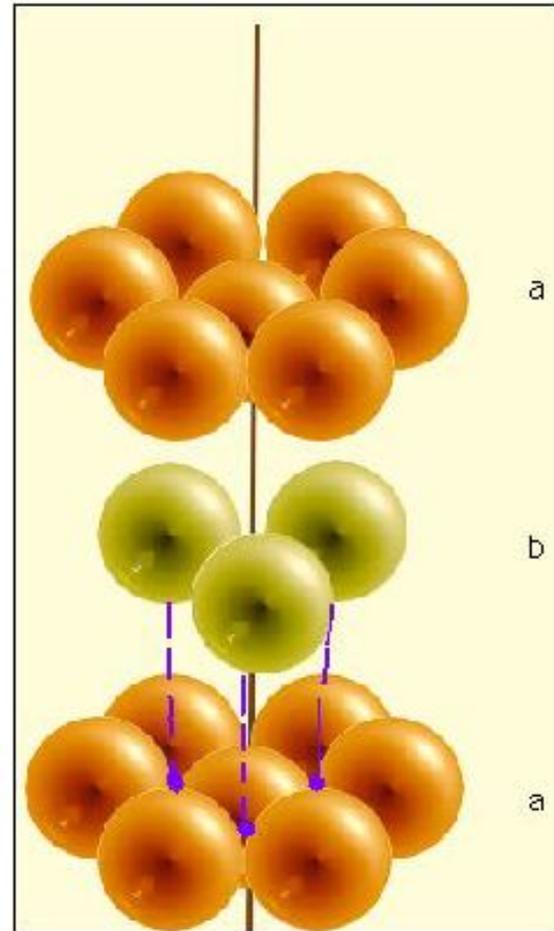
2. Атомы выше- и нижележащих слоев располагаются друг между другом



## Плотнейшая упаковка

Первый слой повторяет третий:  
...АВАВАВАВ...

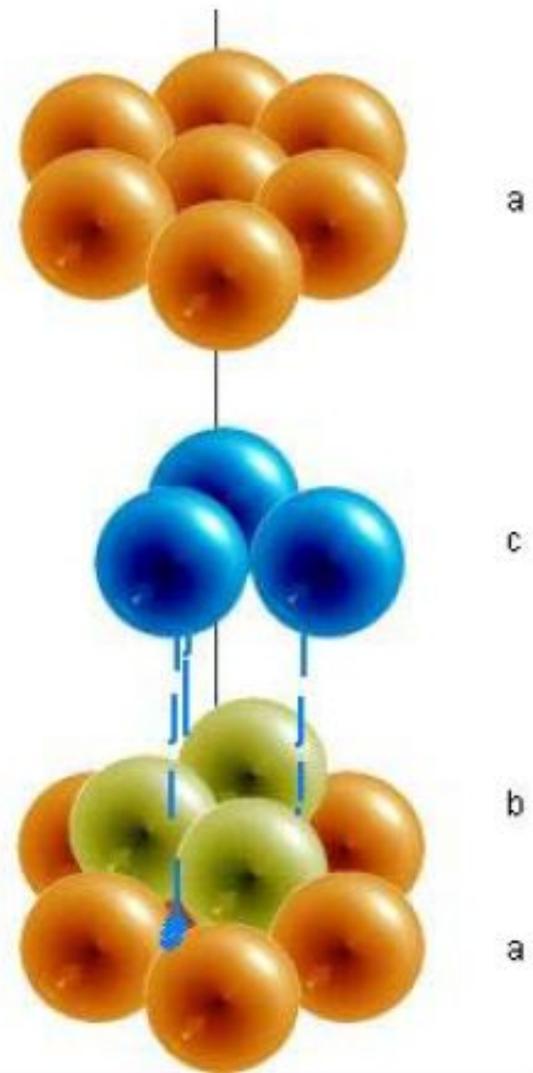
двухслойная (гексагональная)  
плотнейшая упаковка



## Плотнейшая упаковка

Первый слой повторяет  
четвертый: ...ABCABCABC...

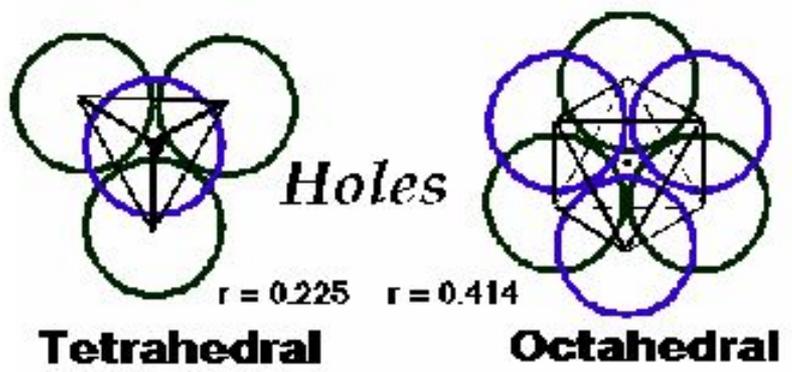
трехслойная (кубическая)  
плотнейшая упаковка



# Плотнейшая упаковка

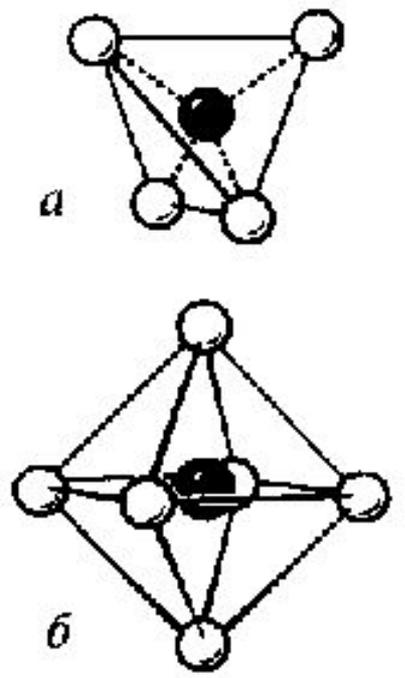
## Плотнупакованные слои и плотнейшие упаковки

плотнейшую упаковку формируют крупные ионы, и обычно это оказываются **анионы**, а мелкие ионы располагаются в пустотах

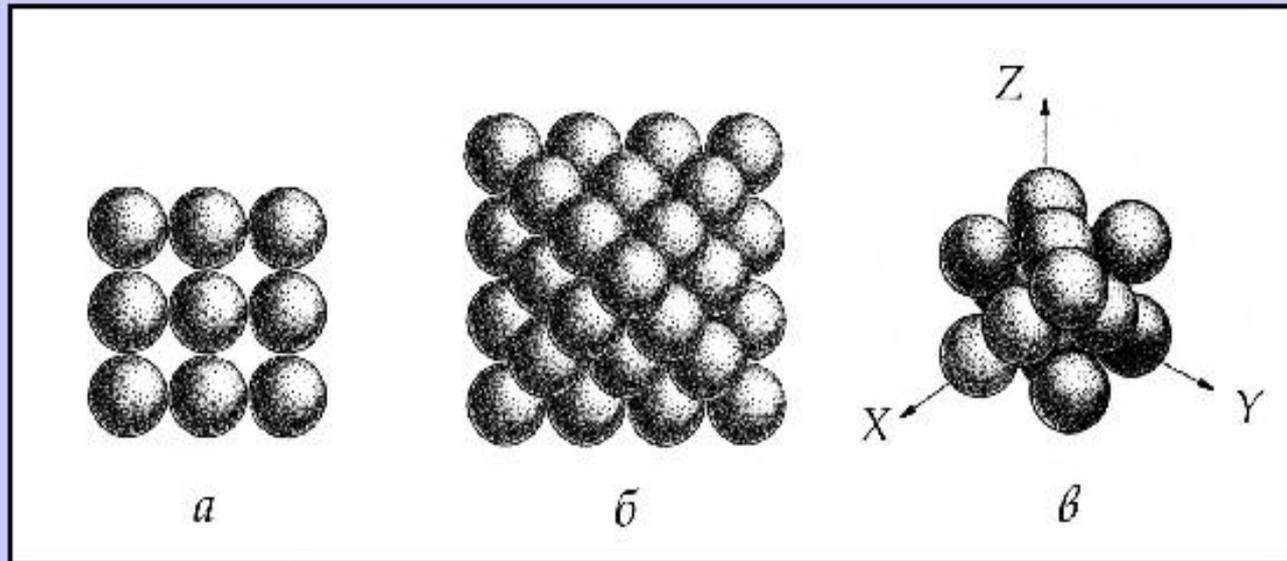


## Пустоты в упаковках

Тетраэдрические ( $2n$ )  
Октаэдрические ( $n$ )



# Теория плотнейших упаковок



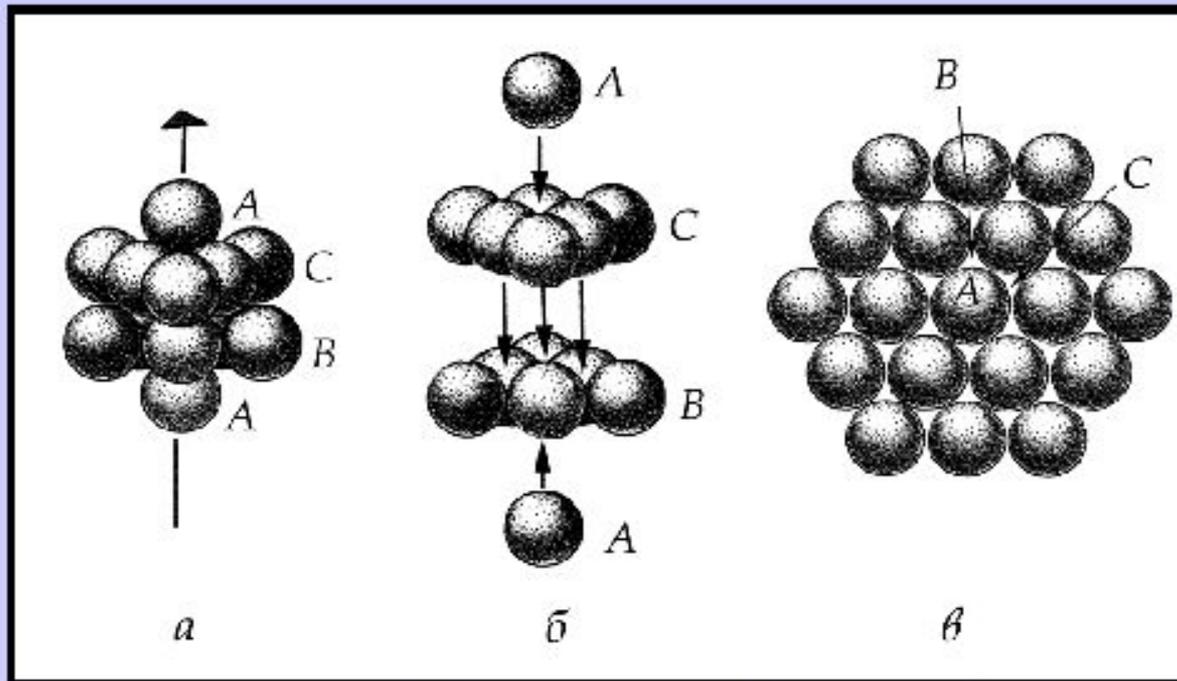
Плотнейшая шаровая укладка из квадратных слоев:

*a* – изолированный квадратный шаровой слой,

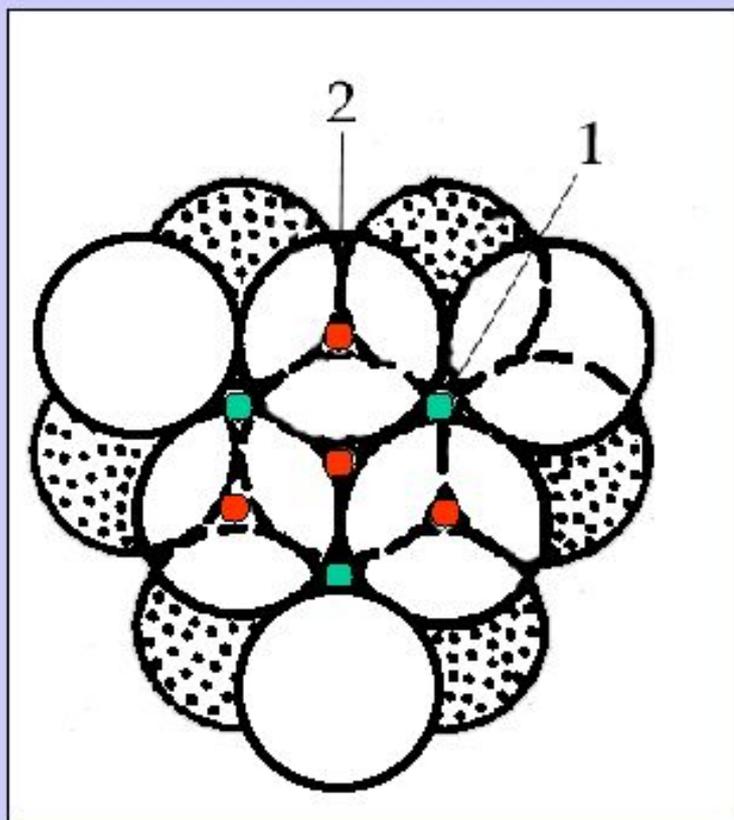
*б* – квадратные слои образуют плотнейшую упаковку,

*в* - шары плотнейшей упаковки служат узлами кубической гранецентрированной (*F*) решетки Браве

**Разделение плотнейшей укладки шаров (*a*) на  
плотнейшие слои (*б*), перпендикулярные  
оси 3-го порядка гексагональной симметрии.**

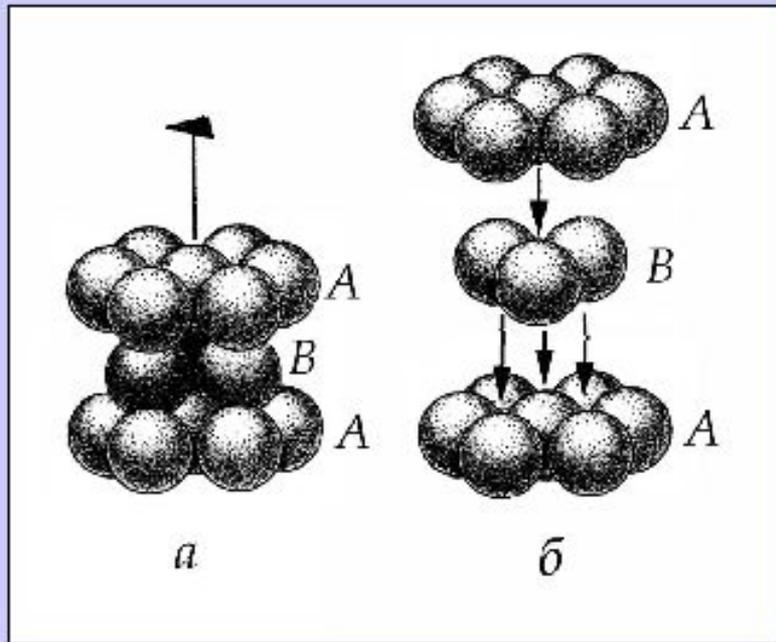


**В изолированном плотнейшем слое (*в*) каждый шар (*A*) окружен шестью лунками (*B* и *C*), а так как каждая лунка образована тремя шарами, то соотношение шаров и лунок 1 : 2**

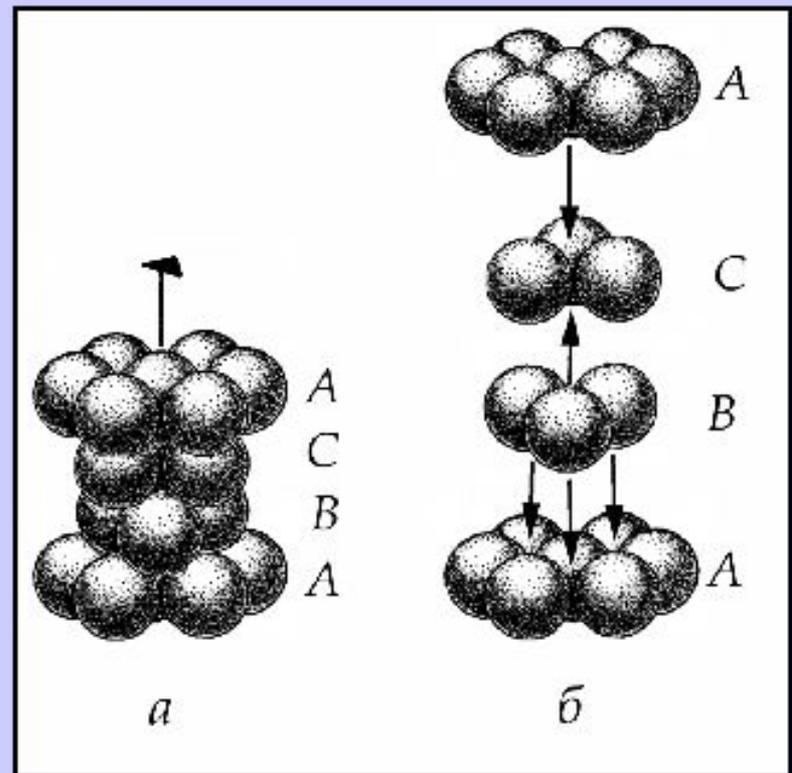


Шары 2-го слоя заполняют  
лишь половину лунок  
предыдущего  
плотнупакованного слоя.  
При этом образуется два  
вида лунок: половина  
**СКВОЗНЫХ (1)** и половина  
**НЕСКВОЗНЫХ (2)**

## Типы плотнейших упаковок

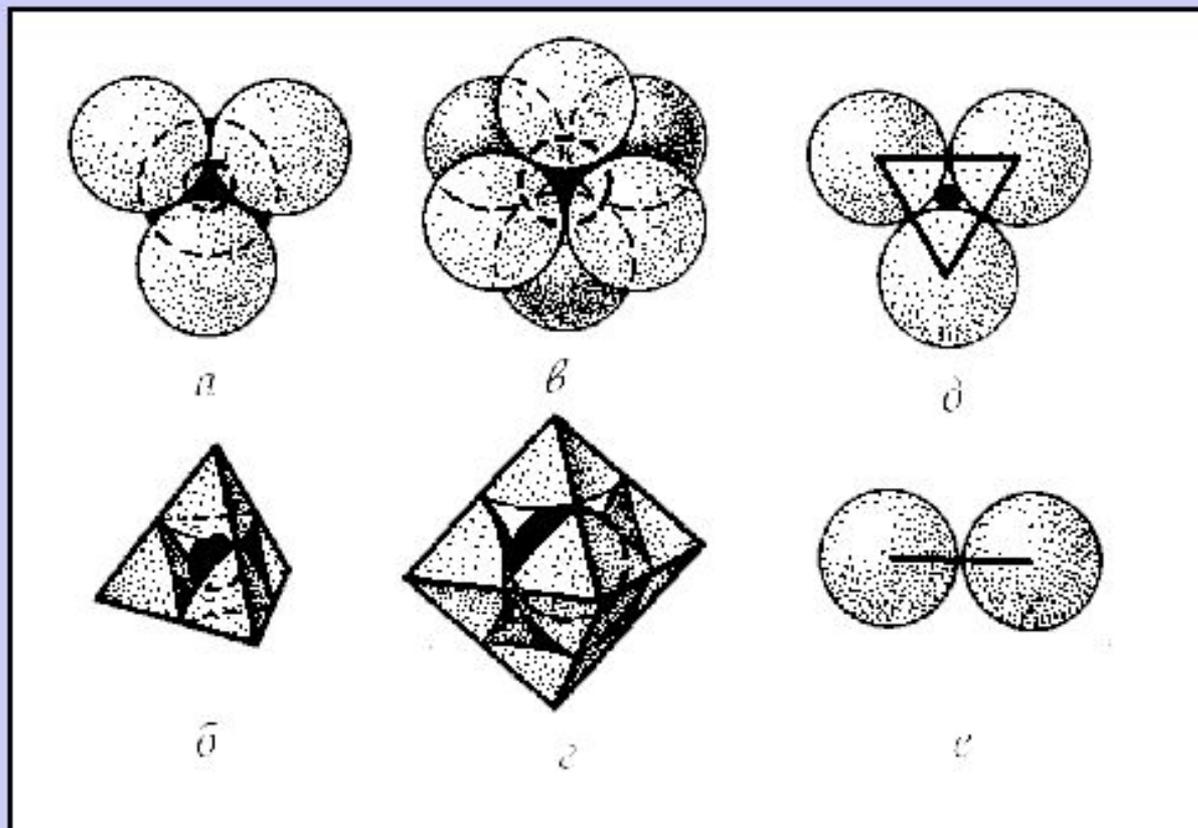


Двухслойная (гексагональная)  
плотнейшая упаковка –  
 $AB AB AB \dots$  (a) и ее разделение  
на слои (б)



Трехслойная (кубическая)  
плотнейшая упаковка –  
 $ABC ABC \dots$  (a) и ее разделение  
на слои (б)

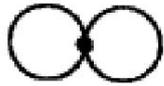
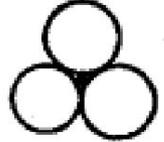
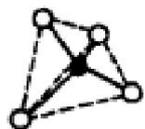
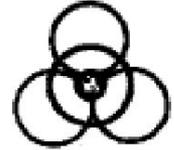
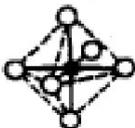
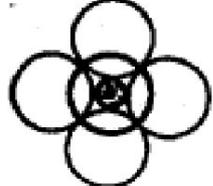
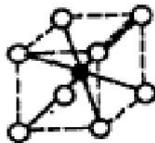
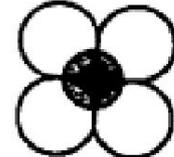
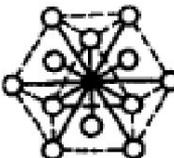
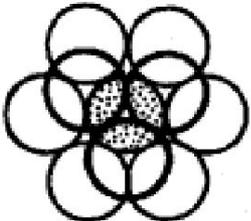
## Типы пустот в плотнейших упаковках

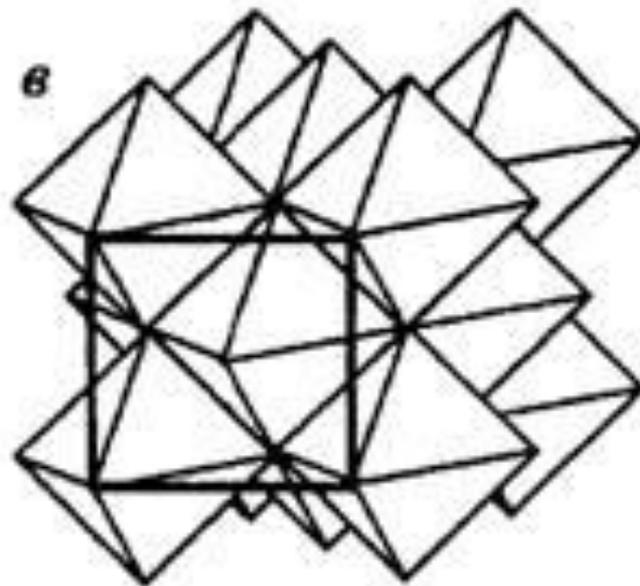
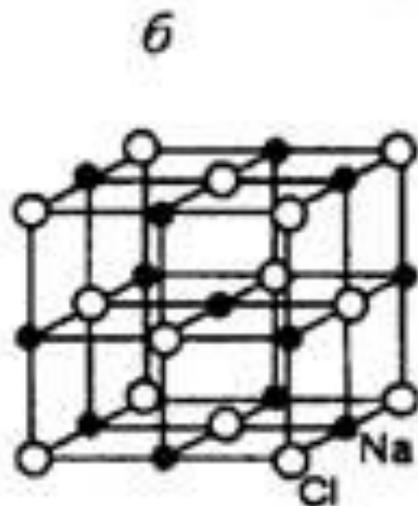
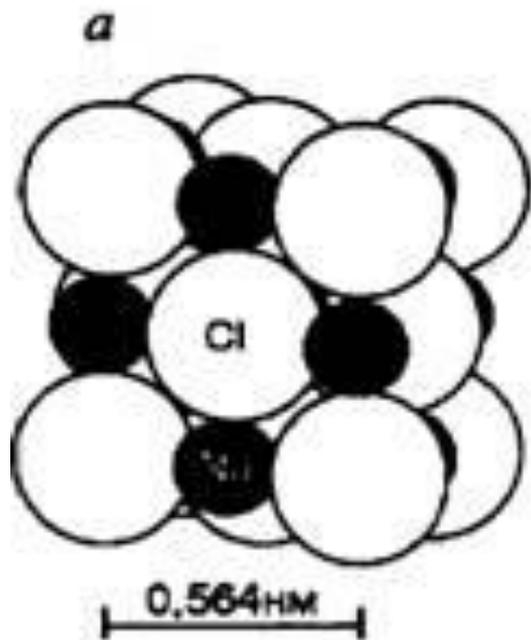


***a, б* – тетраэдрическая, *в, г* – октаэдрическая,  
*д* – тригональная, *е* - двухкоординатная**

Таблица 2 - Определение соотношения катиона к аниону

Координационное число	Форма окружения	Отношения $R_k : R_a$
2	Линия	до 0,15
3	Треугольник	0,15-0,22
4	Тетраэдр	0,22-0,41
6	Октаэдр	0,41-0,73
8	Куб	0,73-1,37
12	Кубо-октаэдр	1

<i>Координа- ционное число</i>			$R_k/R_a$
	<i>2</i>		<i>0</i>
	<i>3</i>		<i>0,15</i>
	<i>4</i>		<i>0,22</i>
	<i>6</i>		<i>0,41</i>
	<i>8</i>		<i>0,73</i>
	<i>12</i>		<i>1</i>



**Структура галита в шариковом изображении (а), в виде сфер (б) и полиэдров (в).**



**The "Holtermann Nugget", discovered at Hill End, north of Bathurst, NSW in 1872.**



Макет известной плиты Холтермана – крупного самородка, найденного недалеко от Сиднея.

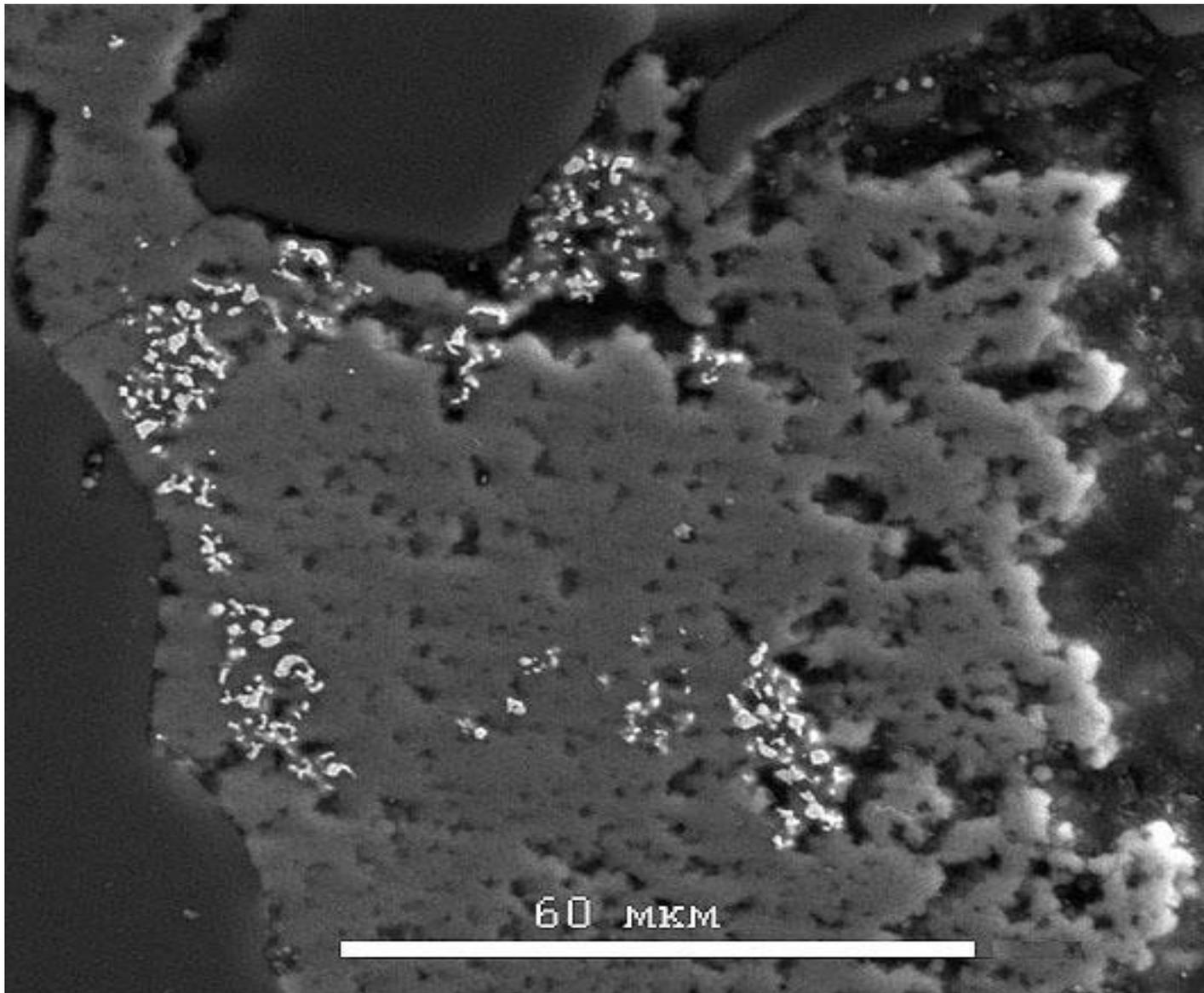
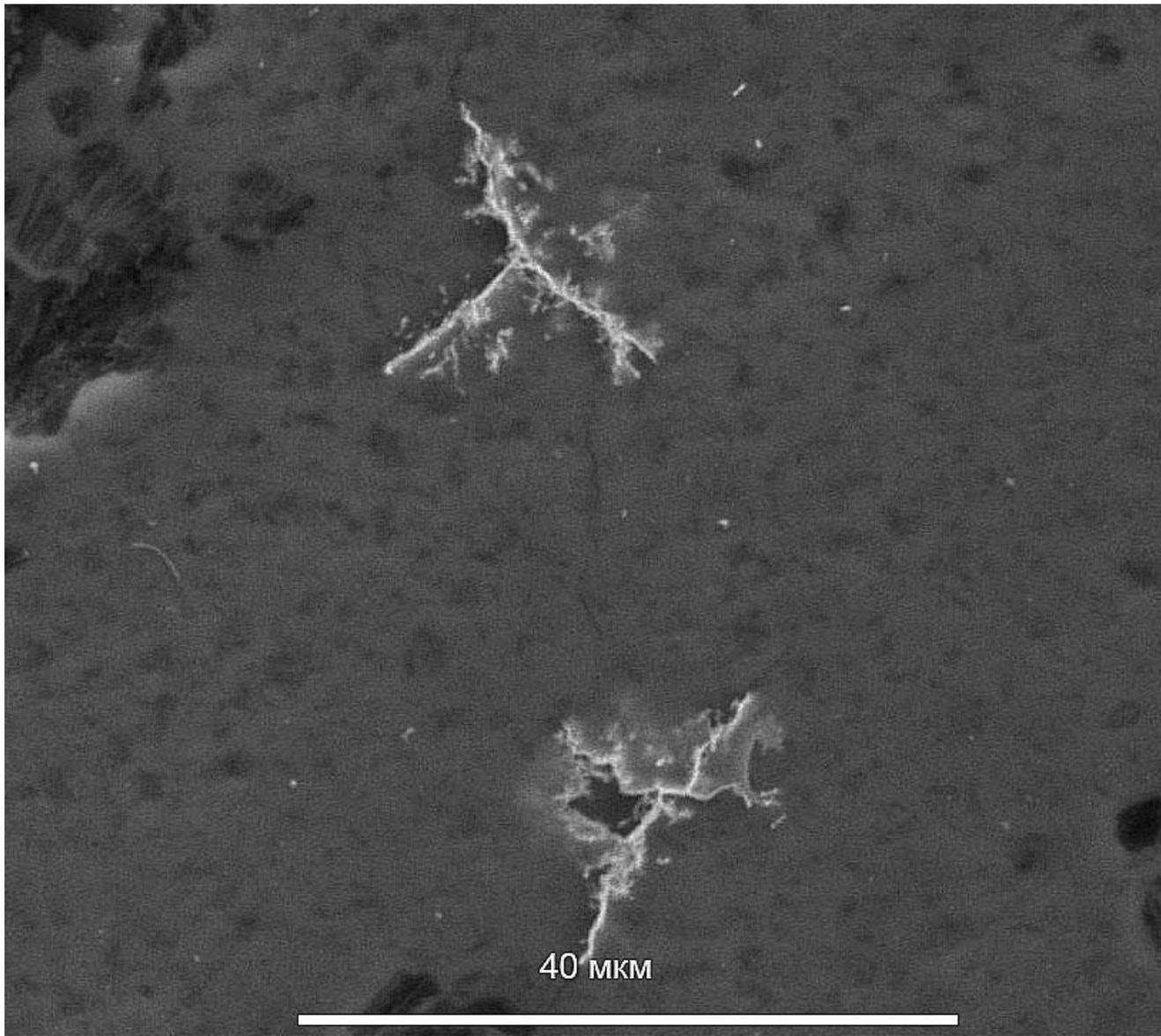


Figure 6 - The gold fine disseminations in the limonite pseudomorph on pyrite.

The Ravninny deposit. X-ray microanalyzer



Figures 9 - Unusual threadlike branching formation of gold in the limonite.  
Ravninnoe deposit. X-ray microanalyzer

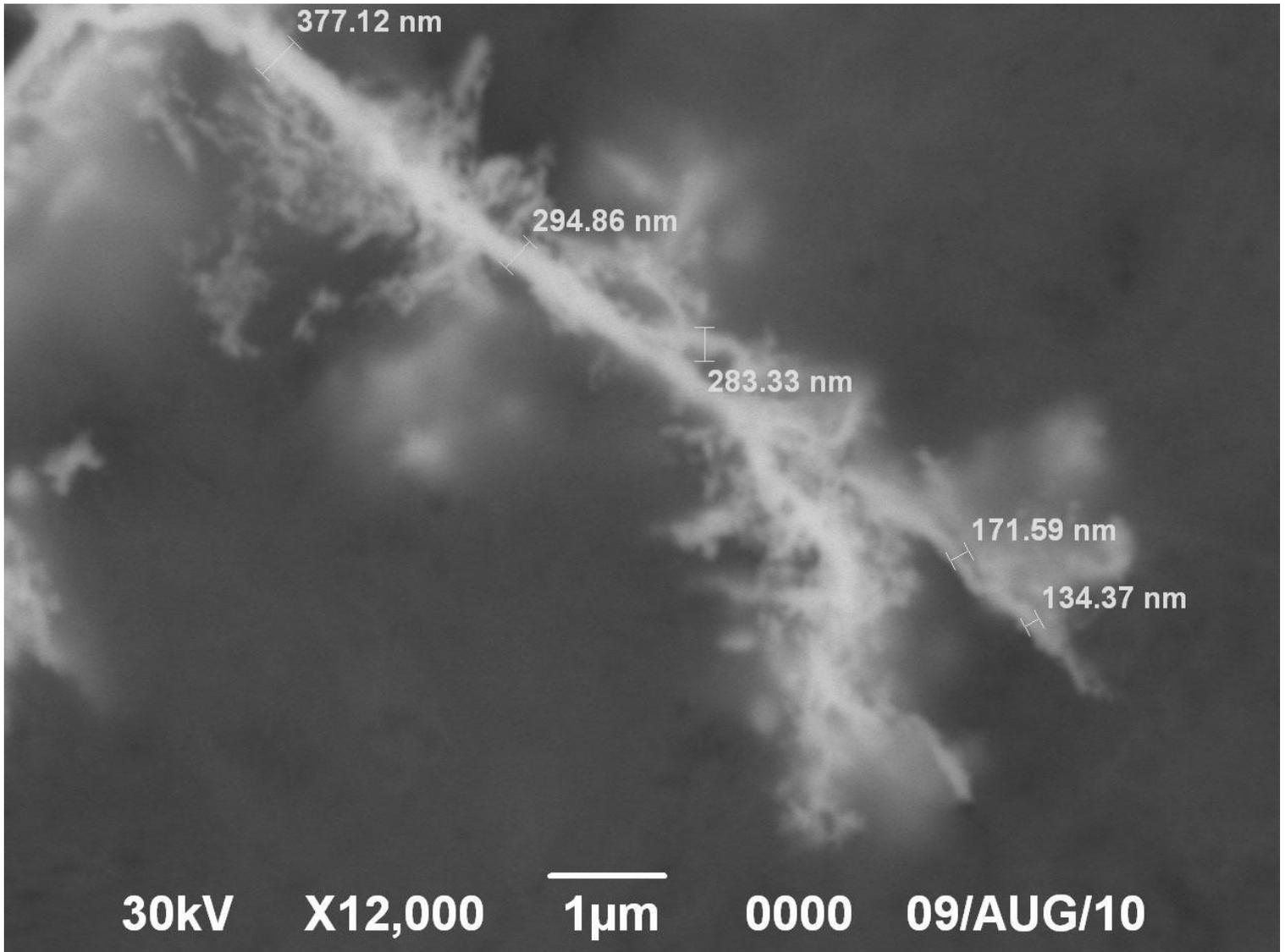


Figure 10 - Unusual threadlike branching selection of gold in a limonite. Ravninnoe deposit. A scanning electron microscope



Самым известным и знаковым алмазом в мире считается «Куллинан» или «Звезда Африки», случайно обнаруженный в ЮАР еще в далеком 1905-ом году. Точная масса алмаза - 3106,75 карата (621,35 грамм), а размеры - 100x65x50 мм.



Самому крупному, названному «Куллинан I» или «Большая звезда Африки» была придана каплевидная форма с 74 гранями и он стал частью скипетра короля Эдуарда VII. Всего же шесть крупных частей Куллинана стали частью реликвий британской монархии.



## ЭКсельсиор

*2 место*

Эксельсиор был найден в 1983 в Южной Африке. Его масса составила 971,75 карата.

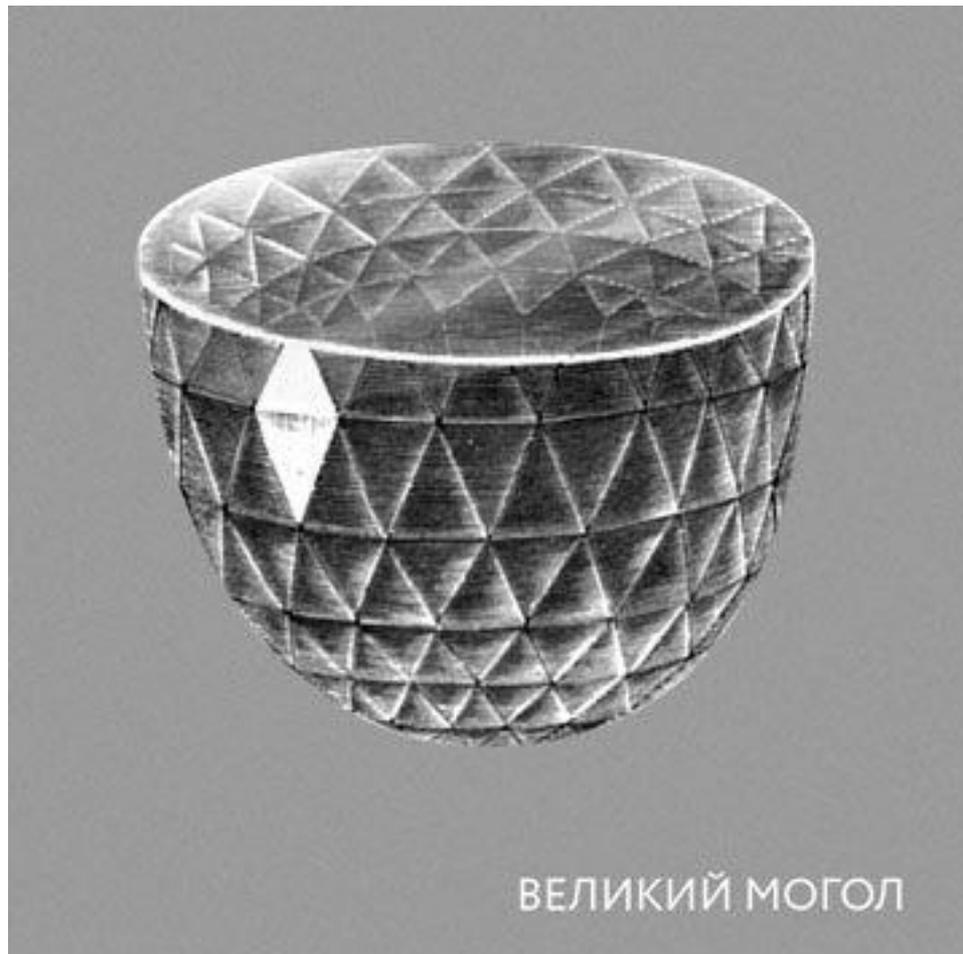
Камень имел уникальный цвет с голубоватым оттенком и обладал исключительно высокими характеристиками. Из Эксельсиора был получен 21 бриллиант, вес самого большого из которых составил 70 ст.



### Звезда Сьерра-Леоне

#### *3 место*

Алмаз получил название по месту обнаружения — в государстве Сьерра-Леоне. В 1972 году, через 9 месяцев после обретения, камень массой 969,8 карата был продан за 2,5 миллиона долларов и огранен до бриллианта в 143,2ст. Однако из-за внутреннего дефекта было принято решение разбить его на 17 более мелких камней, самым крупным из которых стал бриллиант в 53,96 ст. Шесть из полученных ювелирных вставок были закреплены в брошь «Звезда Сьерра-Леоне».



## Великий МОГОЛ

*4 место*

Великий Могол — самый «возрастной» из всех крупнейших алмазов. Он был добыт в 1650 году в Индии и имел массу 787 карат. После огранки венецианским мастером Гортензио Боргисом был получен камень в 279 карат, имевший форму розы. След бриллианта теряется после 1747 года, когда был убит его владелец Надир-шах. Некоторые исследователи считают, что именно из него были изготовлены бриллианты «Кохинур» или «Орлов».



## РЕКА УОЙЕ

### *5 место*

Алмаз Река Уойе имеет и другое название — «Алмаз Победы», так как был найден в 1945 году, когда завершилась Вторая мировая война. Родина камня — Западная Африка. Его изначальная каратная масса составляла 770 карат. Он стал материалом для изготовления 30 бриллиантов, вес самого большого из которых составил 31,35 ст.



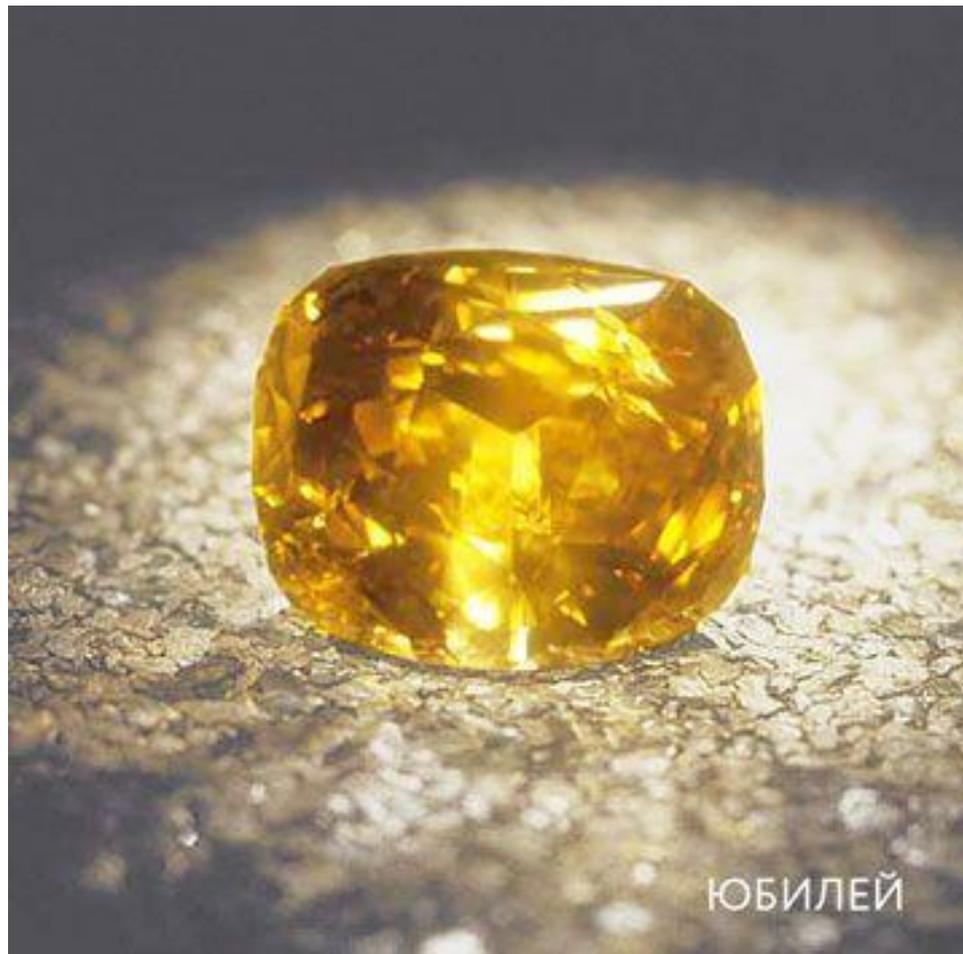
Президент ВЕРГАС  
*6 место*

Камень в 726,6 карат был обнаружен в 1938 году в Бразилии. Имя он получил в честь президента страны — Жетулуи Вергаса. Алмаз был разбит на 29 бриллиантов, масса самого крупного среди которых — 48,26 ст. 14 бриллиантам с наибольшим весом придали огранку, называемую изумрудной.



ДЖОНКЕР  
*7 место*

Алмаз Джонкер, также известный как Йонкер, найден в 1934 году в Южной Африке недалеко от Претории. Название камень в 726 карат (145,2 грамма) получил от фамилии хозяина участка, где он был обнаружен — Якоба Йонкера. Из самородка было получено 12 ограненных бриллиантов, общая каратная масса которых — 370,87 ст, в том числе крупнейшего — 125,65 ст.



ЮБИЛЕЙ  
*8 место*

Алмаз «Юбилей» добыт в 1895 году на руднике Ягерсфонтейн (Южная Африка). Алмаз получил имя в честь бриллиантовой годовщины правления королевы Великобритании Виктории. Из алмаза в 650,8 ст получен одноименный бриллиант массой 245,35 грамм и камень в 13,34 ст. «Юбилей» сегодня входит в коллекцию музея Смитсоновского института (США).



ДЮТОЙТСПЕН (Безымянный)

*9 место*

Масса алмаза «Безымянный» составляет 616 ct (123,2 грамма). Он был найден в 1974 году в Южной Африке. По сей день этот алмаз сохраняет целостность и не подвергается обработке для изготовления бриллиантов.



## БАУМГОЛЬД

*10 место*

Алмаз каратной массой 609,25 ct (121,85 грамм) был обнаружен в 1922 году в Южной Африке. Камень стал сырьем для изготовления 14 бриллиантов разной огранки и каратной массы, величина самого большого составила 50 ct.

Таблица 29. Сведения о некоторых крупнейших алмазах  
(5 кар = 1 г, объем 17,5 кар составляет 1 см<sup>3</sup>)

Первоначальная масса, кар	Название	Место добычи
3106	Куллина	Южная Африка
972	Эксельсиор	»
967	Звезда Сьерра-Леоне	Западная Африка
793	Великий Могол	Индия
770	Войя	Западная Африка
727	Президент Варгас	Бразилия
726	Джонкер	Южная Африка
651	Юбилейный	»
616	Дьютойсен	»
609	Ваумгольд	»
601	Лесото	»
600	Гоас	Бразилия
599	Столетний (Centenary)	Южная Африка
511	Вентер	»
503	Кимберлей	»
469	Империял	»
455	Дарсу Варгас	Бразилия
440	Низами	Индия
434	Светоч мира	Западная Африка
428	Виктория	Южная Африка
428	Де Вирс	»
426	Снежная королева	»
416	Берглен	»
412	Бродерик	»
410	Питт (Регент)	Индия
409	Президент Лутра	Бразилия
400	Коромандель IV	»
343	Имени XXVI съезда КПСС	Якутия
292	40 лет Победы	»
281	Золотой петух	Китай
232	Звезда Якутии	Якутия
201	60 лет ВЛКСМ	»
174	60 лет Якутской АССР	»
173	Академик Сахаров	»
171	Революционер Иван Бабушкин	»
152	XIX Всесоюзная партийная конференция	»
135	Великий почин	»
125	Альенде	»
115	Большая Медведица	»
106	Мария	»
73	Наталья Сарсидских	»
30	Лариса Попугаева	»
30	Без названия	Архангельская обл.
30	Без названия	Урал