

Самородные вещества. Неметаллы.

Самородные неметаллы

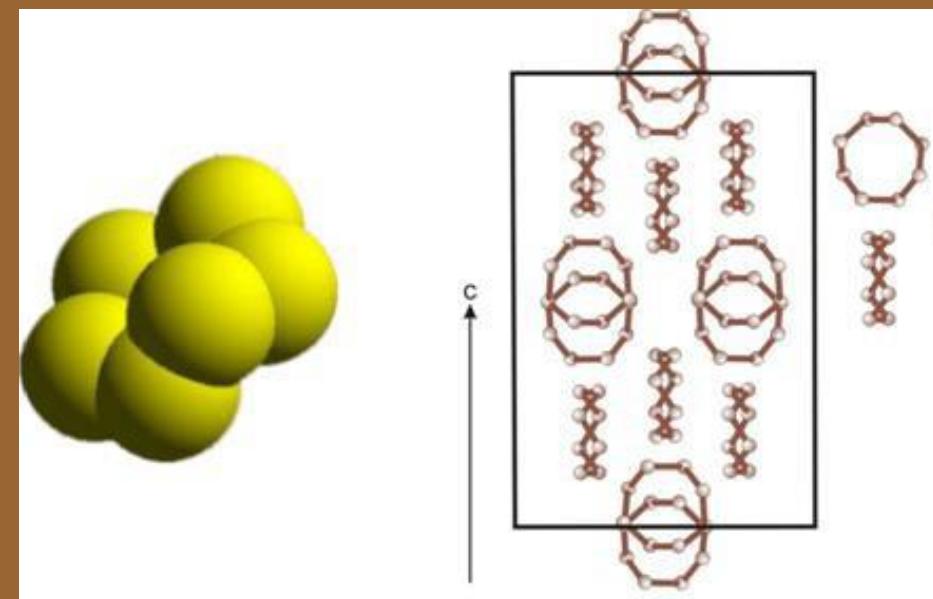
Самородная сера

Модификации:

α -S (собственно самородная сера, ромб.; уст. до $T = 95,6^\circ\text{C}$),

β -S (мон., уст. при $T = 95,6 - 119^\circ\text{C}$).

Другие модификации серы нестабильны.



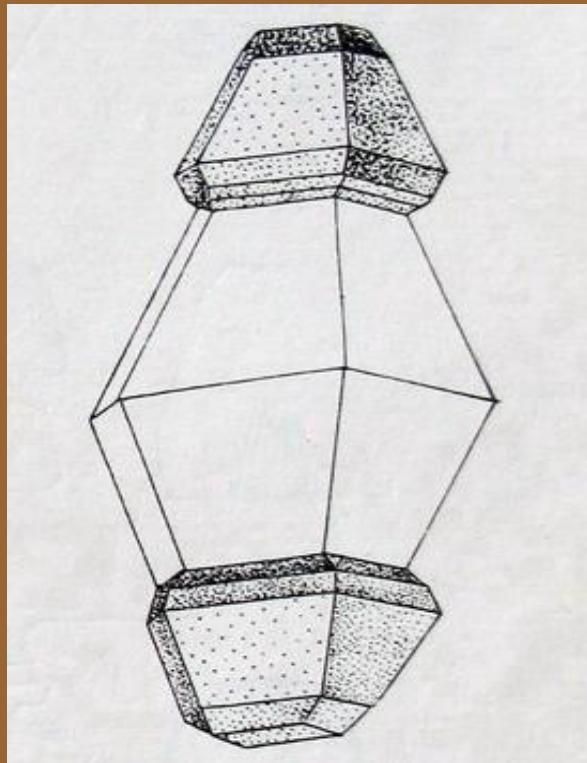
В основе структуры α -S – кольцевые молекулы S_8 (можно представить как два || квадрата, в вершинах которых расположены атомы серы, развернутые 45°). КЧ_S = 2. Расстояние в молекуле $S - S = 2,10\text{\AA}$ (связь ковалентная), между молекулами – $3,3\text{\AA}$ (связь ван-дер-ваальсова). С этим связана низкая твердость (1-2), плотность ($2 \text{ г}/\text{см}^3$) и $T_{\text{пл.}}$ ($112,8^\circ\text{C}$).

Кольца располагаются «слоями» \perp оси с. В соседних слоях плоскости колец развернуты друг относительно друга.

Самородная сера содержит примеси Se (до 5 %), As, Te.

Самородная сера

Форма выделения: типичны дипирамидальные кристаллы, щетки и друзы, встречается в виде плотных масс, порошковатых агрегатов, налетов, в виде застывших потоков.



Автоэпитаксия
серы



Сера. Водинское м-ние, Ср.
Поволжье, Россия. Кристалл
~20 см.

Самородная сера



Сложноограненный кристалл
самородной серы, Италия



Пинокоидальный кристалл
самородной серы на породе, Италия

Самородная сера



Дипирамидальный кристалл
самородной серы на породе, Италия



Друзы кристаллов самородной
серы, Италия

Самородная сера



Застывший поток
расплавленной серы. Вулкан
Головина, о. Кунашир,
Курильские о-ва

Сера каплевидная - результат
кристаллизации серного потока,
стекшего в кратерное озеро вулкана
Эбеко. Парамушир о., Курильские
о-ва

Образование самородной серы

- Гипогенная сера
(лазуритовые
магнезиальные скарны)
- Вулканогенная сера
- Сера зон окисления
сульфидных
месторождений
- Образование серы при
разложении гипсоносных
толщ
- Биогенно-осадочная сера





Остров Вулкано в Эоловом (Липарском) архипелаге к северу от Сицилии, Италия.

Самородная сера в одной из фумарол острова Вулкано.

Фото: A. Tagliaferri.

Самородная сера –
самый известный
из фумарольных
минералов
и, вероятно, первый
из них, который стал
использоваться людьми.

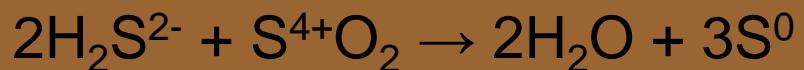




Активные фумаролы с серой и сульфатами. Вулкан Мутновский, Камчатка. Фото: Д. Савельев.

Типичный облик первичной фумарольной серы, кристаллизовавшейся из газовой фазы. Вулкан Менделеева, о. Кунашир, Курилы. Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН. Фото: А. Евсеев.

Сера может возникать при реакциях сероводорода с кислородом воздуха или с сернистым газом:



Сольфатары вулкана
Иджен на острове Ява
(Индонезия) породили
большое богатое
месторождение серы.

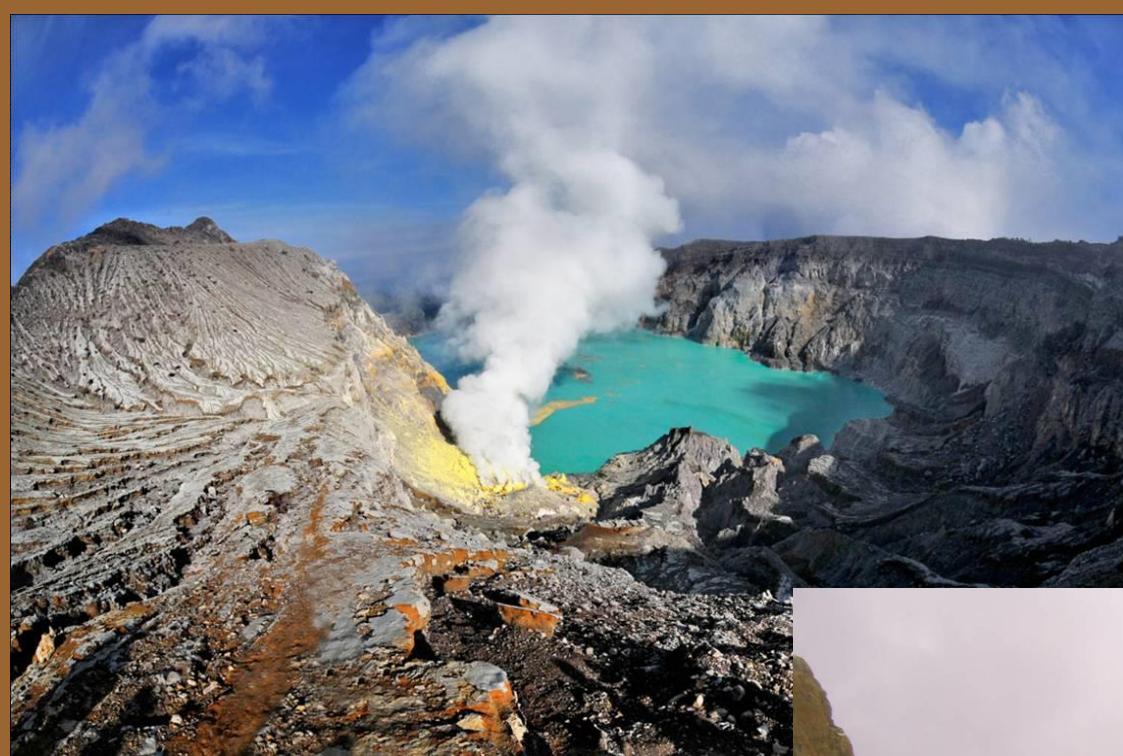


Фото: Н. Лукиных.



Месторождение серы
в кратере вулкана Иджен
сегодня активно
разрабатывается.
Вручную...

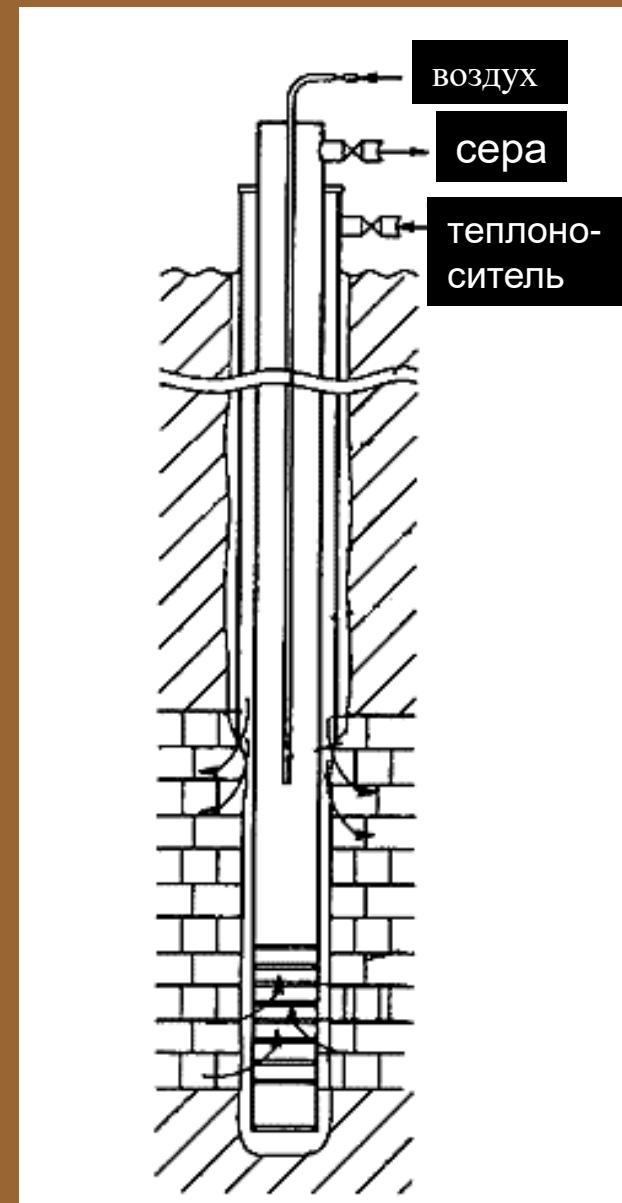


Фото: Н. Лукиных.

Добыча и использование серы

Использование самородной серы:
получение серной кислоты,
производство целлюлозы, ядохимикатов,
резиновая промышленность,
производство ВВ.

Подземная выплавка серы - специальный метод добычи самородной серы, заключающийся в расплавлении ее на месте залегания прогретой водой, подаваемой под давлением по трубам в месторождение, и выдаче жидкой серы на поверхность насосами (аэрифтами). Вскрытие месторождения осуществляется скважинами исключая обычные горные работы.



**Модификации
самородного углерода.**

Минералогия алмаза.

Углерод. Структурные модификации атомов углерода

Известно около 400 минералов, содержащих в своем составе углерод. Это минералы классов самородные элементы, карбиды, карбонаты и некоторые другие.

Порядковый номер 6

Атомный вес – 12,011

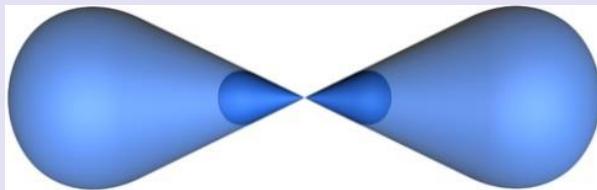
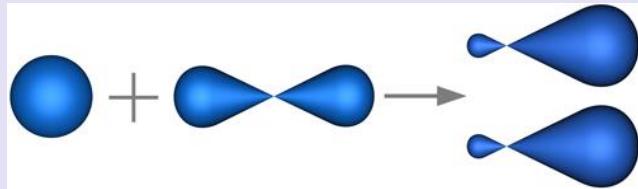
Два стабильных изотопа (C^{12} , C^{13}) и один радиоактивный (C^{14})

Изолированный атом углерода в основном состоянии имеет электронную конфигурацию: $1s^2 2s^2 2p^2$

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА																				
Номер в П.С. эл.	На- именование элемента	Символ	Обозначки субатомных частиц	Последова- тельность заполнения оболочек	Ряд	1	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII						
						a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b			
						s^2	$s^2 p^6$	s^2	$s^2 p^6$	$s^2 p^6$	$s^2 p^6$	$s^2 p^6$	$s^2 p^6$	$s^2 p^6$	$s^2 p^6$	$s^2 p^6$	$s^2 p^6$			
1	2	K	$1 s^2$	$2s^2 2p^6$	1	H	$1 s^2$													
2	8	L	$1 s^2 2s^2$	$2p^6$	2	Li	$1 s^2 2s^1$	$2p^1$	$1 s^2$	$2s^1$	$2p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^2$	$1 s^2 2s^2 2p^3$	$1 s^2 2s^2 2p^4$	$1 s^2 2s^2 2p^5$	$1 s^2 2s^2 2p^6$	$1 s^2 2s^2 2p^7$	$1 s^2 2s^2 2p^8$	
3	8	L	$1 s^2 2s^2$	$2p^6$	3	Na	$1 s^2 2s^2 2p^6$	$3s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6$	$3s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6$	$3s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6$	$3s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6$	$3s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6$	$3s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6$	
4	18	M	$1 s^2 2s^2 2p^6$	$3p^6$	4	K	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$3p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$3p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$3p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$3p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$3p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$3p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$3p^1$
5	18	N	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	$3p^6$	5	Cu	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10$	$3d^10 4s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10$	$3d^10 4s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10$	$3d^10 4s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10$	$3d^10 4s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10$	$3d^10 4s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10$	$3d^10 4s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10$	$3d^10 4s^1$
6	18	O	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1$	$3p^6$	6	Rb	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^1$	$4p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^1$	$4p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^1$	$4p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^1$	$4p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^1$	$4p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^1$	$4p^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^1$	$4p^1$
7	32	P	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6$	$3d^10 4p^6$	7	Ag	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4f^1$	$4f^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4f^1$	$4f^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4f^1$	$4f^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4f^1$	$4f^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4f^1$	$4f^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4f^1$	$4f^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4f^1$	$4f^1$
8	32	S	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10$	$4p^6 4d^10$	8	Cs	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 5s^1$	$5s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 5s^1$	$5s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 5s^1$	$5s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 5s^1$	$5s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 5s^1$	$5s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 5s^1$	$5s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 5s^1$	$5s^1$
9	32	Ar	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14$	$4f^14$	9	Au	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1$	$5s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1$	$5s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1$	$5s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1$	$5s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1$	$5s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1$	$5s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1$	$5s^1$
10	32	Kr	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6$	$5p^6$	10	Fr	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^1$	$5d^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^1$	$5d^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^1$	$5d^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^1$	$5d^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^1$	$5d^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^1$	$5d^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^1$	$5d^1$
11	32	Te	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10$	$5d^10$	11	E-Au	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1$	$6s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1$	$6s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1$	$6s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1$	$6s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1$	$6s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1$	$6s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1$	$6s^1$
12	32	At	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6$	$6p^6$	12	E-At	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1$	$7s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1$	$7s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1$	$7s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1$	$7s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1$	$7s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1$	$7s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1$	$7s^1$
13	32	Eu	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1$	$8s^1$	13	Co	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1$	$9s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1$	$9s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1$	$9s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1$	$9s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1$	$9s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1$	$9s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1$	$9s^1$
14	32	Lu	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1$	$10s^1$	14	Fe	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1$	$11s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1$	$11s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1$	$11s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1$	$11s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1$	$11s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1$	$11s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1$	$11s^1$
15	32	Gd	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1$	$12s^1$	15	Os	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1$	$13s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1$	$13s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1$	$13s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1$	$13s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1$	$13s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1$	$13s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1$	$13s^1$
16	32	Lu	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1 14s^1$	$14s^1$	16	Yb	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1 14s^1 15s^1$	$15s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1 14s^1 15s^1$	$15s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1 14s^1 15s^1$	$15s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1 14s^1 15s^1$	$15s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1 14s^1 15s^1$	$15s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1 14s^1 15s^1$	$15s^1$	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d^10 4f^14 5s^1 5p^6 5d^10 6s^1 6p^6 7s^1 8s^1 9s^1 10s^1 11s^1 12s^1 13s^1 14s^1 15s^1$	$15s^1$
17	32	Yb	$1 s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3d^10 4s^1 4p^6 4d$																	

sp-гибридизация валентных электронов

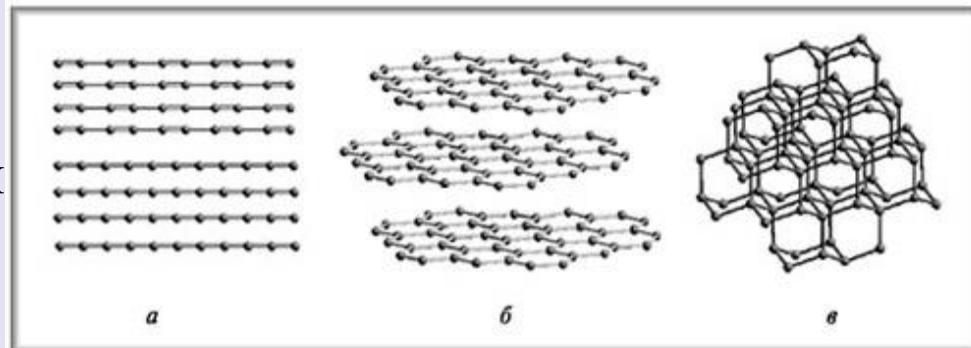
гибридизация одной *s*- и одной *p*-орбиталей



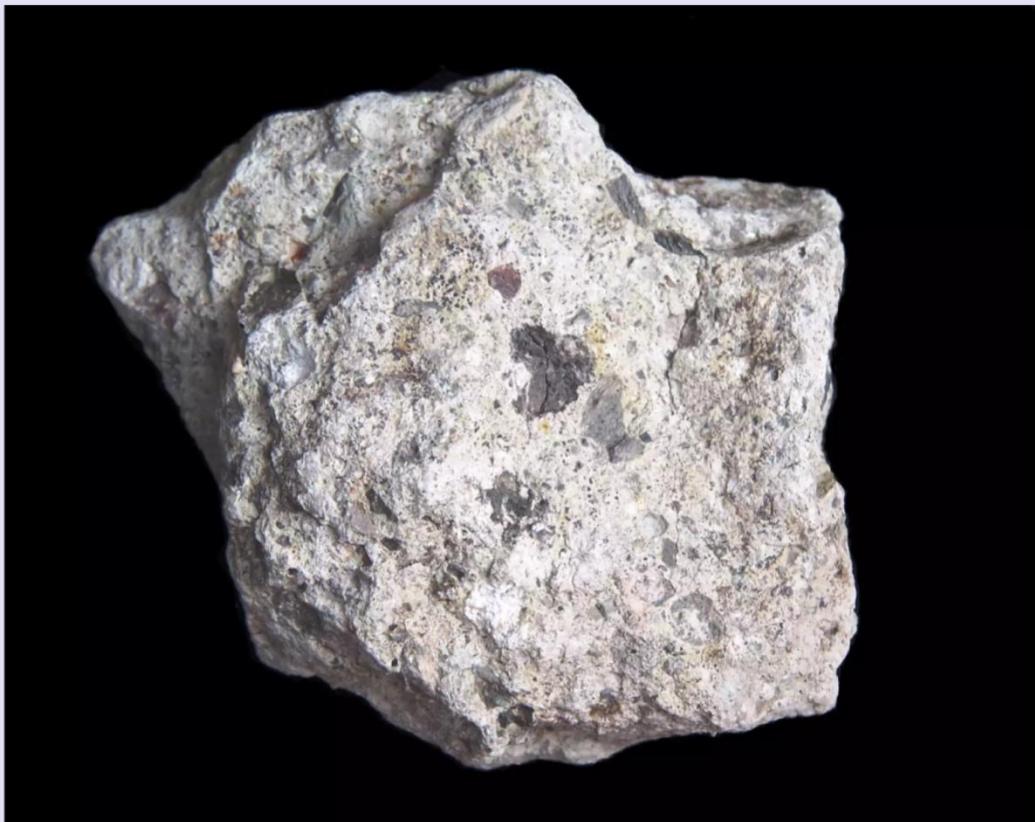
- Карбин – полимер углерода с линейной *sp*-гибридизацией электронов. Впервые был синтезирован в начале 60-х гг в СССР.

Модель атома с *sp*-гибридными орбиталями.

- Позднее был открыт природный аналог карбина – **чаоит**. Он был встречен в кратере Рис (Германия) в виде белых прожилков и вкраплений в графите. Образуется в астроблемах за счет изменения графита.
- Чаоит – кристаллическая ячейка гексагональная, пространственная группа P_6/mmm ; $\rho_0=3,43\text{г/см}^3$.



Чаоит

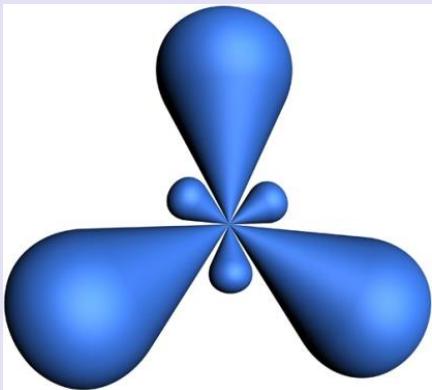


Чаоит

Встречен в виде
тонких прожилков и
вкраплений в
графите.
Ries Crater, Swabia,
Bavaria, Germany

sp^2 -гибризация валентных электронов

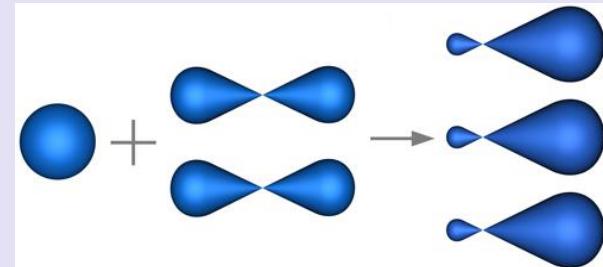
Гибридизация одной s - и двух p -орбиталей



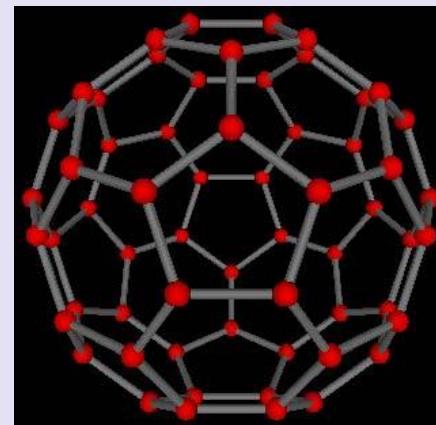
Модель атома с sp^2 -гибридными орбиталями, расположенными в одной плоскости под углом 120°

Фуллерены – C_{60} (C_{70} , C_{110} и с большим числом атомов)

- Фуллерены представляют собой сложные многоатомные полимеры каркасной структуры.
- Весьма прочные и термостабильные вещества
- В 1985 г. были получены фуллерены экспериментально.
- Известны публикации о находках фуллерен в метеоритах, а также в горючих сланцах и некоторых других земных породах.



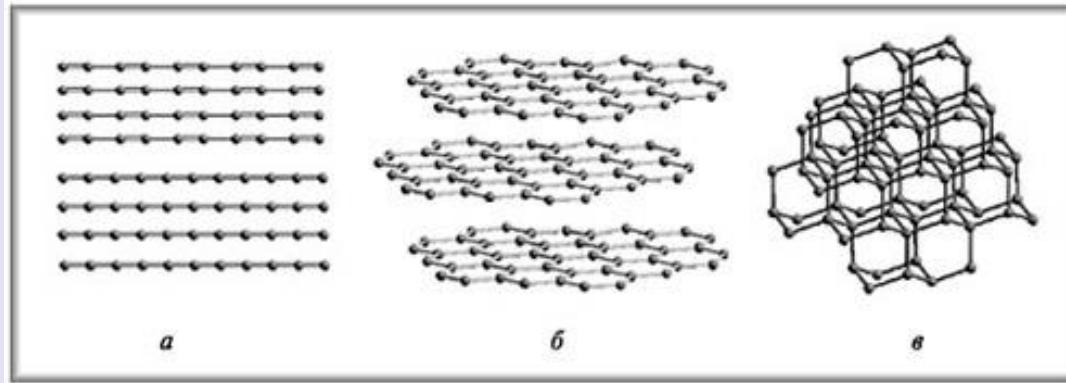
Графит и фуллерит
(последний не утвержден ИМА)



Известный фуллерен
 C_{60} - комбинация 12 пятичлененных и 20 шестичленных колец

Графит

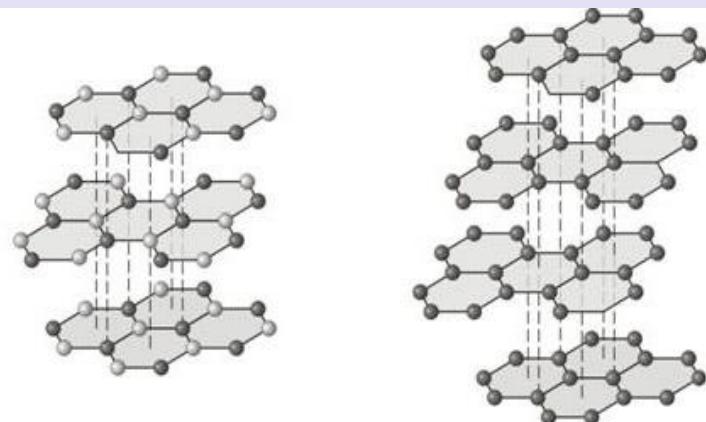
Графит обладает слоистой структурой. Длина связи в пределах сетки $1,42 \text{ \AA}$.



Расстояние между сетками $3,35 \text{ \AA}$.

Атомы углерода в структуре графита находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Р-орбитали, расположенные перпендикулярно плоскости сетки, не участвуют в этой гибридизации. Электроны данных орбиталей образуют непрерывное облако над и под сеткой. Наличие свободных электронов в межсеточном пространстве определяет электрическую проводимость графита (вдоль сеток, в перпендикулярном направлении графит изолятатор!) и образование слабых ван-дер-ваальсовых связей между сетками.

В зависимости от взаимного расположения слоев выделяют два политипа: 2H (наиболее распространенный) и 3R.



Графит

Для графита характерны пластинчатые кристаллы, тонкочешуйчатые (до пылевидных), а также радиально-лучистые агрегаты. Последние типичны для графита неорганического происхождения.

Известны параметры по алмазу!



Пластинчатые кристаллы
графита, Калифорния, США



Радиально-лучистые агрегаты
графита, Ильменские горы



Радиально-лучистые агрегаты
графита, Франклайн, США

Генезис графита

- Типичный акцессорный минерал железных и каменных метеоритов
- Магматический – за счет разложения газообразных соединений углерода (CO , CH_4) и карбонильных комплексов, в результате ассимилированных карбонатных пород; в небольших количествах может выделяться непосредственно из расплава
- Скарны
- Гидротермальные месторождения
- Метаморфический – при метаморфизме органики осадочных пород, разложении карбонатов, пиролизе каменного угля. В ходе прогрессивного метаморфизма структура углеродистого вещества меняется от аморфной до полнокристаллического графита.

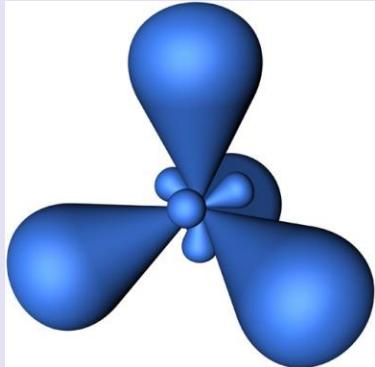
Графит

Из-за слабых сил связи между слоями для графита характерно нарушение упорядоченности во взаимном наложении слоев. Нарушение упорядоченности приводит к увеличению расстояния между сетками. В ходе прогрессивного метаморфизма структура упорядочивается. В условиях регионального метаморфизма параметр *c* изменяется обратно пропорционально изменению Т (графит - термометр для различных метаморфических ассоциаций).

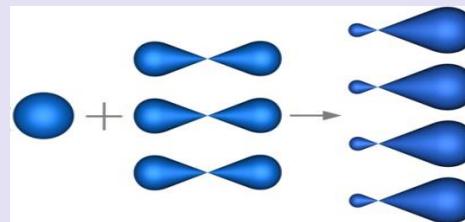
Графит почти всегда содержит сорбированные примеси H, N, CO₂, CO, иногда H₂O, H₂S, NH₃ и др.

sp^3 -гибридизация валентных электронов

Гибридизация одной s и трех p -орбиталей

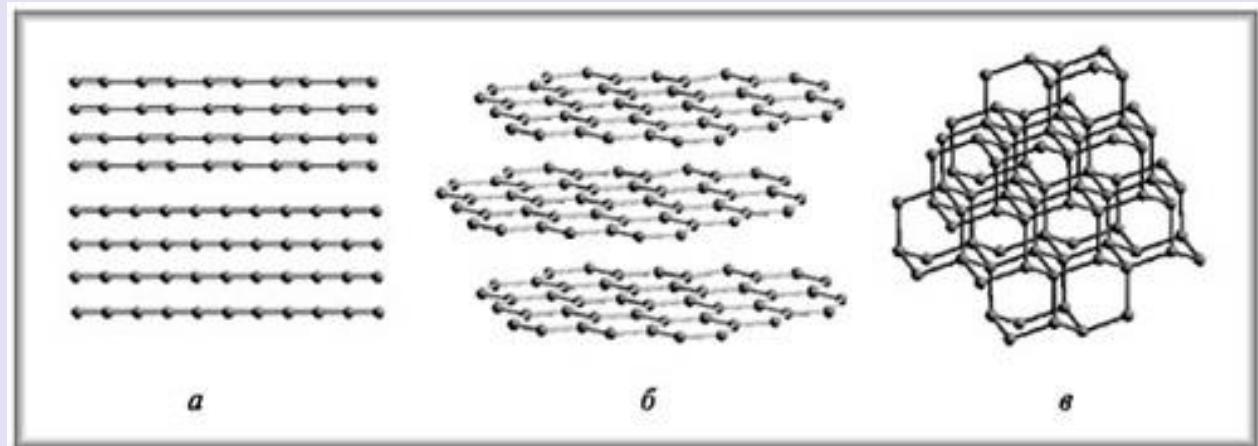


Модель атома с sp^3 -гибридными орбиталями



Образование sp^3 -гибридных орбиталей

При sp^3 -гибридизации образуются 4 равноценных связи под углом $109^{\circ}28'$, направленных к вершинам правильного тетраэдра.

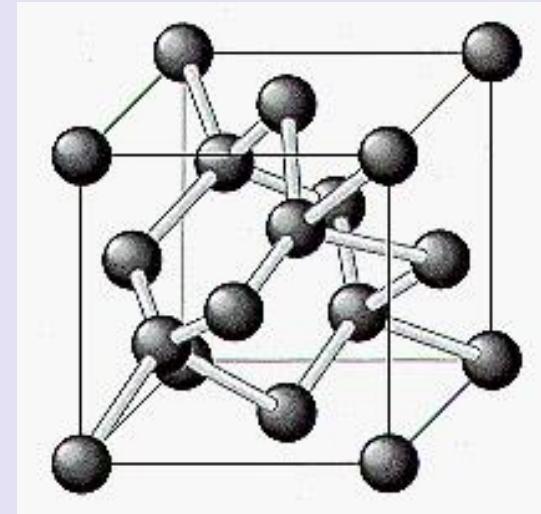


Полиморфные модификации с sp^3 -гибридизацией электронов: алмаз и лонсдейлит

Алмаз и лонсдейлит

Лонсдейлит - ПГУ (АВАВ..., стр. вюрцита), гексагональная сингония. Минерал обнаружен в составе метеоритов (1967 г.) и в породах астроблем (1972 г.).

Алмаз - ПКУ (ABCABC...), кубическая сингония. Элементарная ячейка алмаза гранецентрированный куб, координационный многогранник – тетраэдр ($KЧ=4$).



Свойства алмаза

- Плотность 3,52 г/см³
- Рекордная твердость, анизотропия твердости
- Рекордная теплопроводность, превосходящей в некотором интервале температур серебро и медь в 5-7 раз.

Теплопроводность алмаза

Минерал	Теплопроводность, Вт*м ⁻¹ *К ⁻¹
Алмаз	1000-2600
Графит	280-2400
Синт. муассанит	200-500
Серебро	430
Медь	390
Золото	320
Платина	70
Корунд	40
Циркон	30
Кварц	8

Теплопроводность алмаза

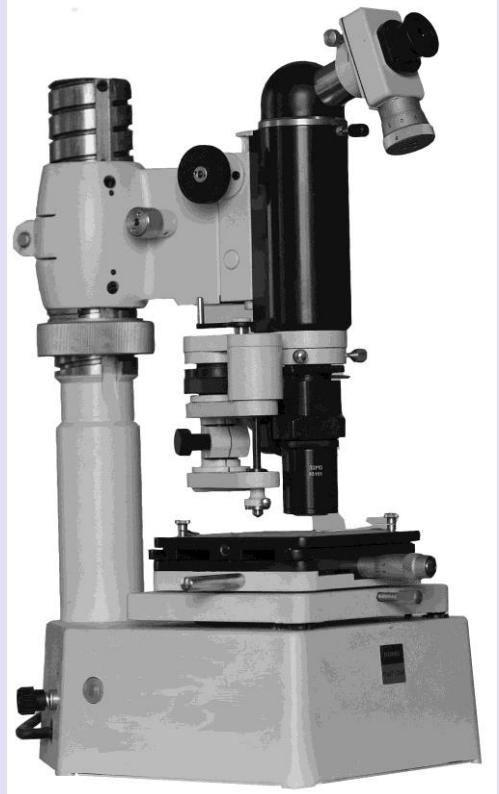


Детекторы алмаза

Твердость алмаза

(по Хрущеву, 1947)

Минерал	Относ. тв. по Моосу	Микротвердость, кгс/мм ²
Тальк	1	4
Гипс	2	58
Кальцит	3	124
Флюорит	4	180
Апатит	5	530
Ортоклаз	6	800
Кварц	7	1075
Топаз	8	1454
Корунд	9	2008
Алмаз	10	10060



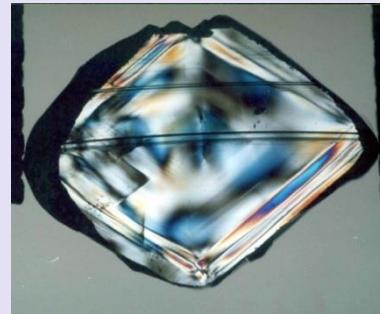
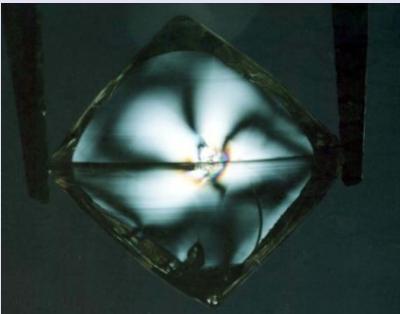
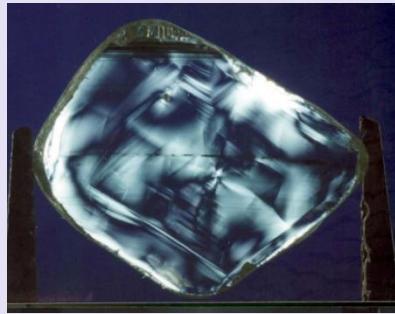
Для алмаза (как и для других минералов) характерна анизотропия твердости. Максимальная твердость проявляется на гранях октаэдра, минимальная – на гранях куба.

Свойства алмаза

- Алмаз – прозрачен во всем оптическом диапазоне (*в космическом зонде на Венеру было алмазное окно!*). Прозрачен в УФ, ИК и рентгеновских лучах.
- Наивысшая электрическая и оптическая прочность.
- Алмаз имеет рекордную стойкость к агрессивным средам. Он не подвержен влиянию самых активных кислот и щелочей.
- Сохранение рабочих свойств в экстремальных условиях – высокие температуры и давления, агрессивные среды.
- Диэлектрик, борсодержащий алмаз – полупроводник.
- Высочайшая скорость звука – 18 км/сек.
- На воздухе алмаз начинает гореть при температуре 850°C, а в потоке кислорода реакция начинается уже при 720°C. При нагревании алмаза до 1500-1800°C без доступа воздуха происходит его графитизация.

Оптические свойства алмаза

- Оптический характер: изотропный
- Показатель преломления: 2,42 (2,417 для желтого света)
- Дисперсия: 0,044
- Двупреломление отсутствует, редко наблюдается аномальное двупреломление



- Прозрачный до просвечивающего

Формы выделения

октаэдр



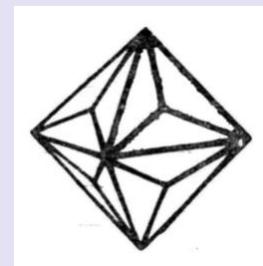
куб



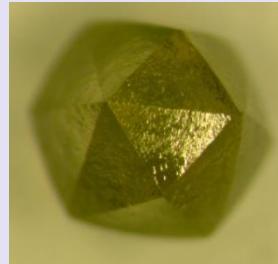
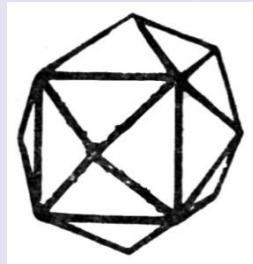
ромбододекаэдр



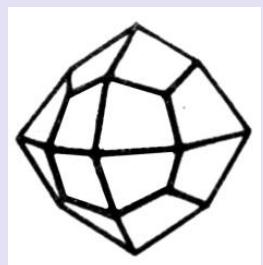
тригонтриоктаэдр



тетрагексаэдр



тетрагонитриоктаэдр



Двойники срастания (шпинелевые, циклические), двойники прорастания

Формы выделения

К поликристаллическим разновидностям алмаза относят **борт, карбонадо и баллас**.

Борт (вероятно, от старофранцузского *bord* или *bort* - неполноценный) - представляет собой дефектные кристаллы или их сростки, непригодные для огранки.

Карбонадо (от португальского «углистый») – обычно темный скрытокристаллический агрегат. Пористый, шлакоподобный, с большим количеством включений. Карбонадо непрозрачный или только просвечивающий.

Баллас - радиально-лучистые агрегаты и сферолиты. Цвет обычно сероватый, черный, реже баллас бесцветный. Темный цвет обусловлен наличием включений графита.



Борт



Карбонадо

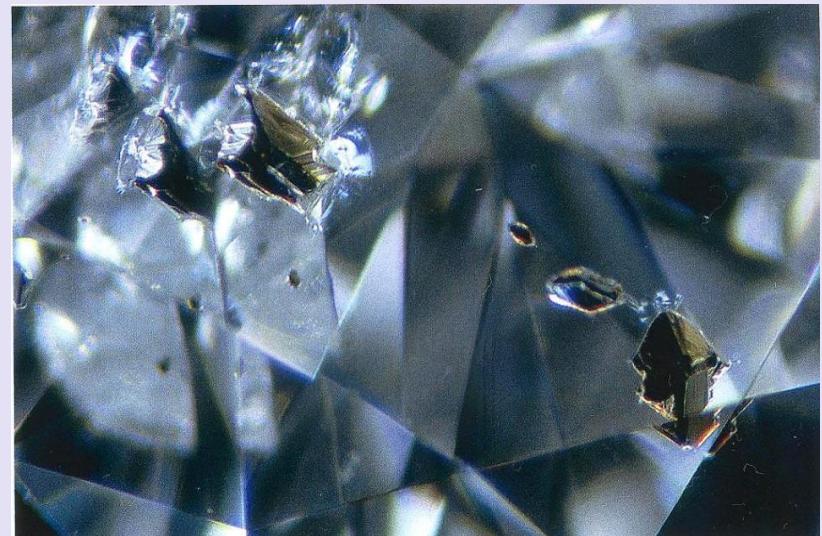


Баллас

Включения в алмазах



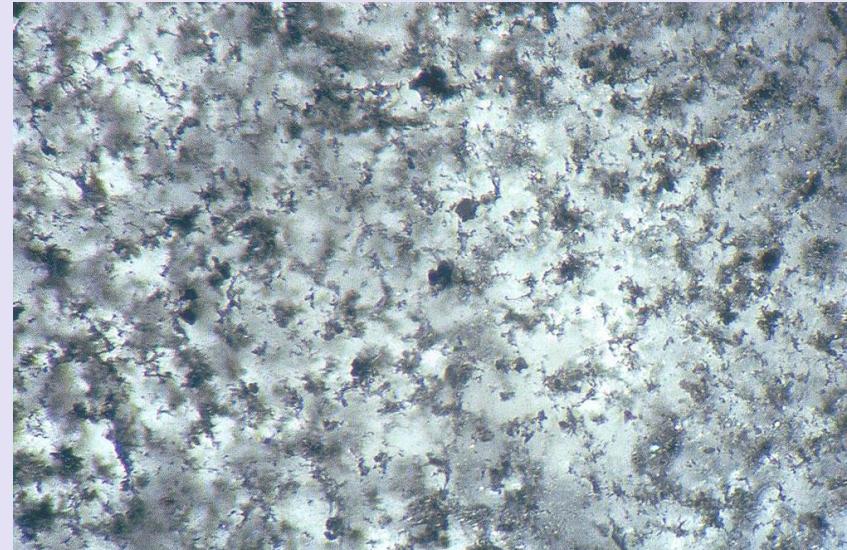
Включение пиропа



Включение хромшпинели



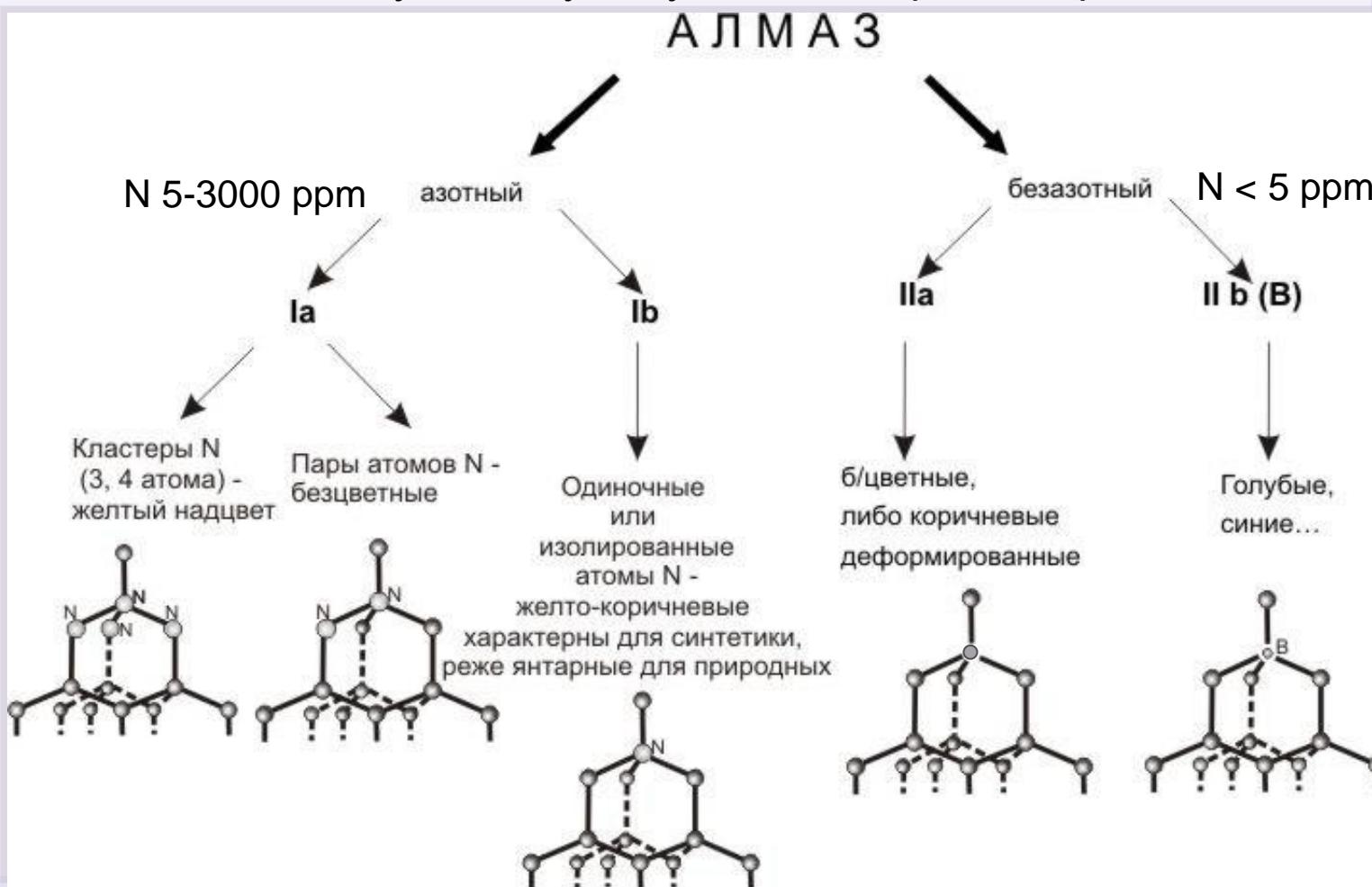
Включение оливина



Включение графита

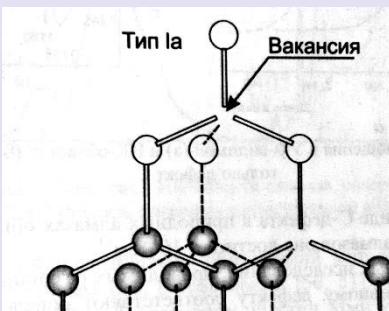
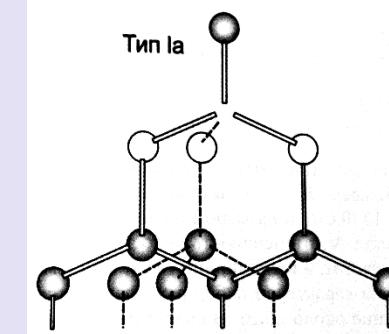
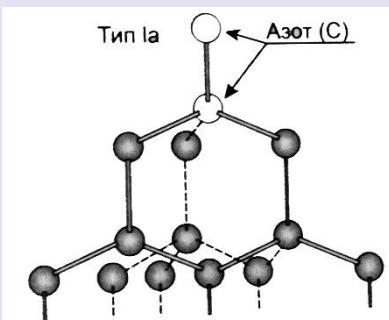
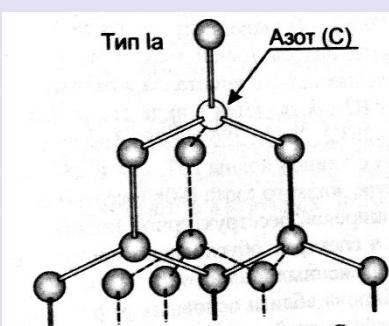
Физическая классификация алмазов

В 1934 г. Робертсон, Фокс и Мартин обнаружили, что в ИК-спектрах поглощения алмазов кроме системы полос в интервале 2-6 мкм, характерной для всех кристаллов алмаза, может присутствовать система полос в интервале 8-33,3 мкм. В соответствии с этим алмазы были разделены на 2 типа. Полосы в интервале 8-33,3 мкм встречается в спектрах большинства кристаллов, отнесенных к типу I, и отсутствует в более редких кристаллах типа II.



Основные азотные дефекты в кристаллах алмазов

- С-дефект – $[(N_c)] \uparrow$ (вызывает желтую, желто-коричневую окраску. В природе алмазы с такими дефектами редки. Характерный центр синтетических алмазов)
- А-дефект – $[(N_c)_2] \uparrow \downarrow$
- Дефект N3 – $[(N_c)_3 V_C] \uparrow$ (с ним связана яркая голубая люминесценция и желтая окраска)
- В1-дефект – $[(N_c)_4 V_C] \uparrow \downarrow$
- В2-дефект (пластинчатые сегрегации атомов N параллельно (100) – platelets)



Природа окраски алмаза



- Бесцветный



- Черная, серая
 - микровключения



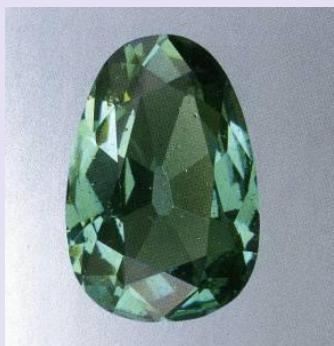
- Желтая и оранжевая – центры окраски, связанные с примесью азота - наиболее распространена



- Синяя – примесь бора



- Зеленая – природное или искусственное радиоактивное облучение гамма-лучами - поверхностная

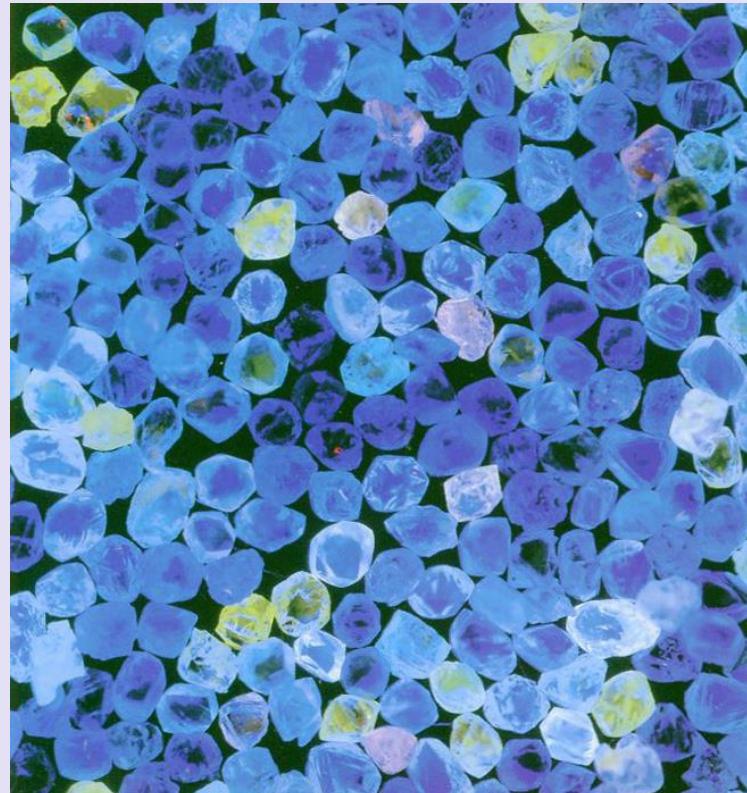


- Красная, розовая, коричневая – пластические деформации (дискуссионная)

Люминесценция алмаза

- Рентгеновская люминесценция
- Катодолюминесценция
- Ультрафиолетовая флюоресценция

*от инертной до сильной,
обычно голубая, реже
желтая, зеленая, розовая и
др. цвета; обычно
сильнее в длинных УФ волнах*



Генезис алмаза

1. Досолнечные алмазы
2. Алмазы из метеоритов
3. Алмазы из импактидов
4. Алмазы из *кимберлитов* и лампроитов
5. Алмазы из метаморфических пород
6. Алмазы из офиолитов, гранатовых
пиroxенитов, вебстеритов, коматиитов и
карбонатитовых комплексов

Генетические типы алмаза из метеоритов

Три генетических типа алмазов метеоритов:

1. Связанные своим происхождением с первичной конденсацией межзвездных облаков - досолнечные алмазы.
2. Магматические, связанные с ранней стадией эволюции материнских планет.
3. Импактные, связанные с прохождением метеоритов через слои атмосферы Земли и ударными воздействиями при соударении их с поверхностью Земли.

Межзвездные или досолнечные алмазы

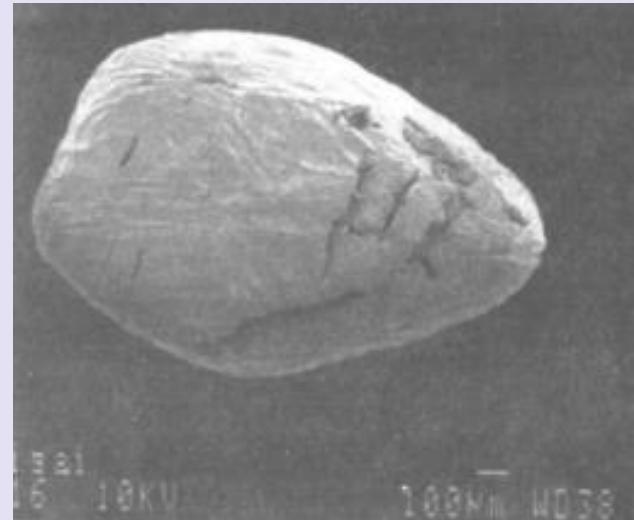
- **Межзвездные или досолнечные алмазы** установлены в космической пыли и примитивных хондритах. Они имеют досолнечный возраст (более 4,5 млрд. лет) и микронные размеры.
- Для них характерна тесная ассоциация с другими углеродсодержащими экзотическими фазами: карбидом кремния - муассанитом, карбидом вольфрама, карбидом циркония и карбидом титана.
- Они характеризуются аномальным изотопным составом благородных газов. В них обнаружен огромный избыток ^{129}Xe и других *тяжелых изотопов ксенона* – ^{136}Xe , ^{134}Xe и ^{132}Xe . Концентрация ^{14}N в них оказалась в три раза выше, чем концентрация этого изотопа на Земле.
- Основываясь на этих фактах предполагают, что образование космических наноалмазов происходило в результате конденсации из газовой фазы в высокоэнергетической плазме при взрыве сверхновых звезд.

Типы алмазоносных метеоритов

Тип метеорита	Минеральные ассоциации
Железные метеориты	Сложены камаситом, тэнитом и их срастаниями, содержат графит, алмаз, троилит, хромит, когенит (карбит железа), муассанит и силикатные включения.
Уреилиты	Оливин-пироксеновые ахондриты с большим количеством углеродистого вещества (графит, алмаз). Также присутствуют троилит, муассанит, когенит.
Хондриты	Сложены оливиновыми, пироксеновыми, пироксен-плагиоклазовыми хондрами в никель-железной матрице. Алмаз в парагенезисе с муассанитом и графитом приурочен к никель-железной матрице.

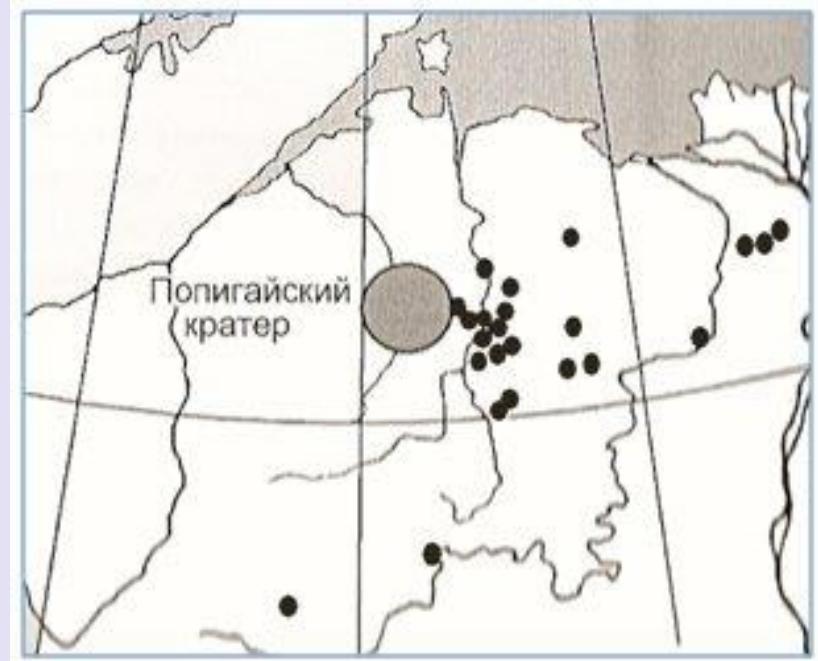
Алмазы из импактиков

- **Алмазы из импактиков** – мелкие, неправильной формы мутноватые зерна размером до первых мм, имеющие облик обломков.
- **Практически во всех зернах алмаза обнаруживается гексагональная модификация углерода** – лонсдейлит. Вероятно, алмаз в импактиках образуется одновременно с этими породами при воздействии высоких температур и давлений, возникших в углеродсодержащих породах земной поверхности при соударении с космическим телом.



Импактные алмазы

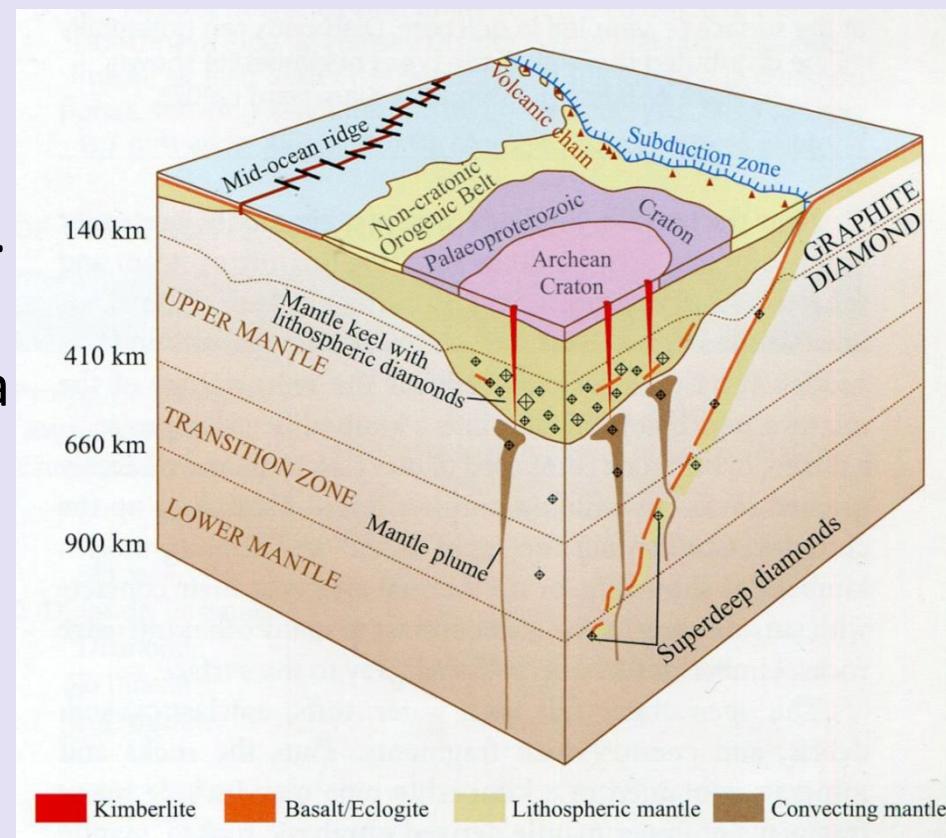
Наиболее известная кольцевая структура диаметром 100 км с промышленным содержанием алмазов – Попигайская астроблема на севере Средней Сибири в 900 км восточнее г. Норильска. Открыта в начале 70-х годов.



По мнению известного геолога-алмазника В.Л. Масайтиса «общие геологические запасы импактных алмазов в этом районе превышают общие запасы алмазов во всех алмазоносных районах мира».

Алмазы из кимберлитов и лампроитов

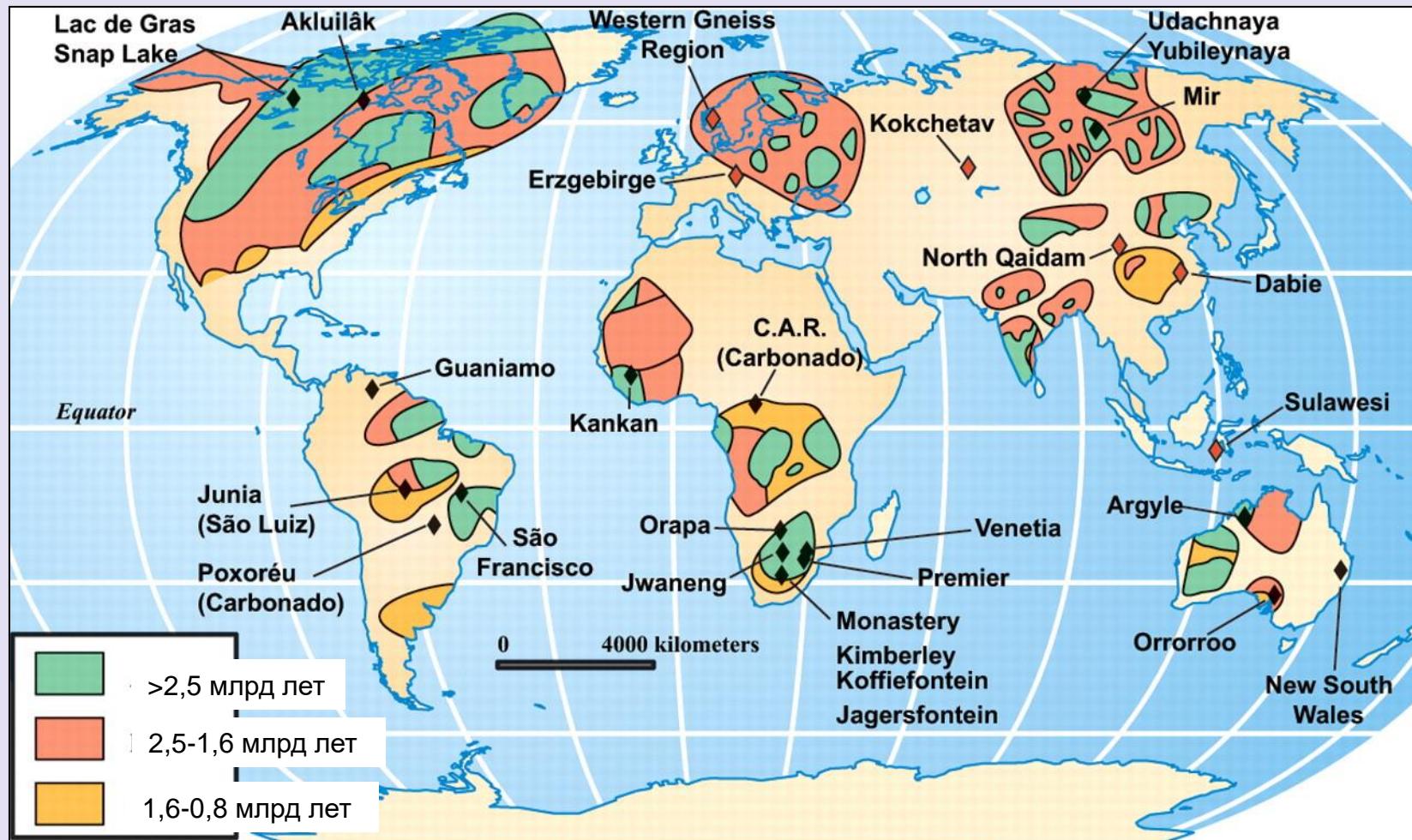
- Эти породы принадлежат к единой формации ультраосновных пород эфузивного облика с повышенным содержанием щелочей.
- **Большинство алмазоносных тел приурочены к древним кратонам**, жестким весьма устойчивым блокам литосферы. Эта закономерность, известная как правило Клиффорда, иногда нарушается (лампроитовая трубка Аргайл с ураганной алмазоносностью находится в восточной части кратона Кимберли в пределах мобильной зоны Холс Крик, Австралия).



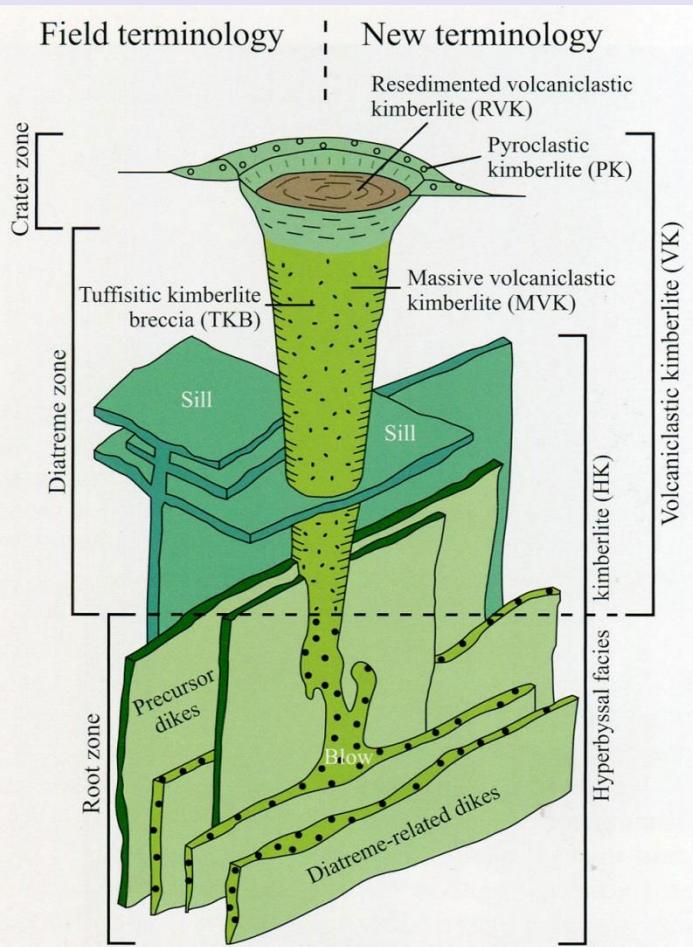
Diamond. The ultimate gemstone. 2017.

Алмазы из кимберлитов и лампроитов

В настоящее время алмазоносные кимберлиты обнаружены на всех континентах (Ваганов, 2005), алмазоносные лампроиты установлены в Австралии (Jaques et al., 1986).



Морфология кимберлитовых тел



- Алмазоносные кимберлиты образуют цилиндрические или овальные трубки взрыва, реже дайковые и жильные тела.
- Имеют сечение от нескольких метров до нескольких сот и даже тысяч метров. Наиболее крупная трубка в мире Камафука-Камазамбо в Анголе имеет площадь 150 га (длина 3,2 км, ширина 0,2 – 0,5 км)
- Трубы прослежены на глубины свыше 1 км. При этом поперечные сечения резко сокращаются (трубка Мир в Якутии на глубине 600 м уменьшается в 5 раз). Часто трубы на глубине переходят в дайки.
- Возраст кимберлитов варьирует в широком диапазоне. Южно-африканские алмазоносные кимберлиты - от докембрия до позднего мела (возраст трубы Примьер 1200 млн. лет, а возраст трубы Монастыри – 90 млн. лет). Трубы ЯАП – 5 периодов кимберлитового магматизма с возрастом от 540 до 100 млн. лет.

Diamond. The ultimate gemstone. 2017.

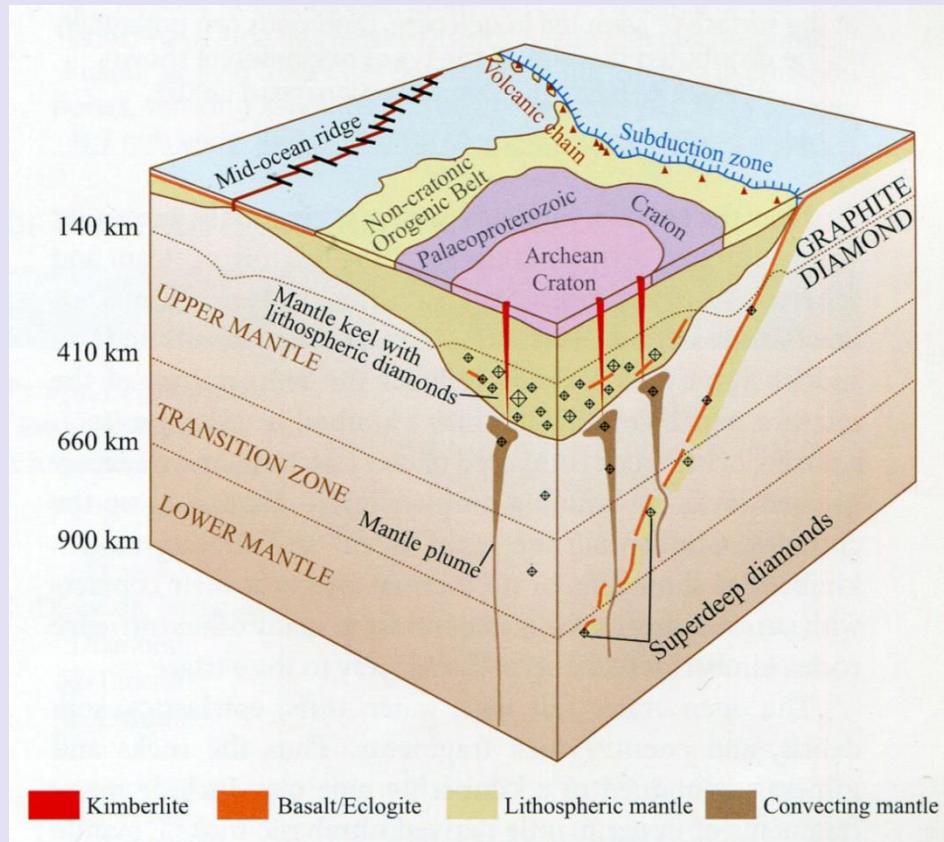
ком диапазоне. Южно-африканские алмазоносные кимберлиты - от докембрия до позднего мела (возраст трубы Примьер 1200 млн. лет, а возраст трубы Монастыри – 90 млн. лет). Трубы ЯАП – 5 периодов кимберлитового магматизма с возрастом от 540 до 100 млн. лет.

Алмазы из кимберлитов и лампроитов

Кимберлиты и лампроиты -
“лифт”, который
транспортирует мантийные
алмазы к поверхности Земли.

Важнейшие среды
кристаллизации алмазов –
ультраосновная перидотитовая и
эклогитовая.

По глубине образования
выделяют литосферные и
сублитосферные алмазы.
В последних нередко
отмечаются включения
высокобарных модификаций
оливина и граната.



Diamond. The ultimate gemstone. 2017.

Алмазы из кимберлитов и лампроитов

Кимберлиты и лампроиты - “лифт”, который транспортирует мантийные алмазы к поверхности Земли. Соответственно, алмазы имеют возраст больший, чем вмещающие кимберлиты.

По результатам Re-Os датирования были выявлены исключительно древние (возраст около 3,5 миллиардов лет) алмазы из канадских месторождений Ekati и Diavik.



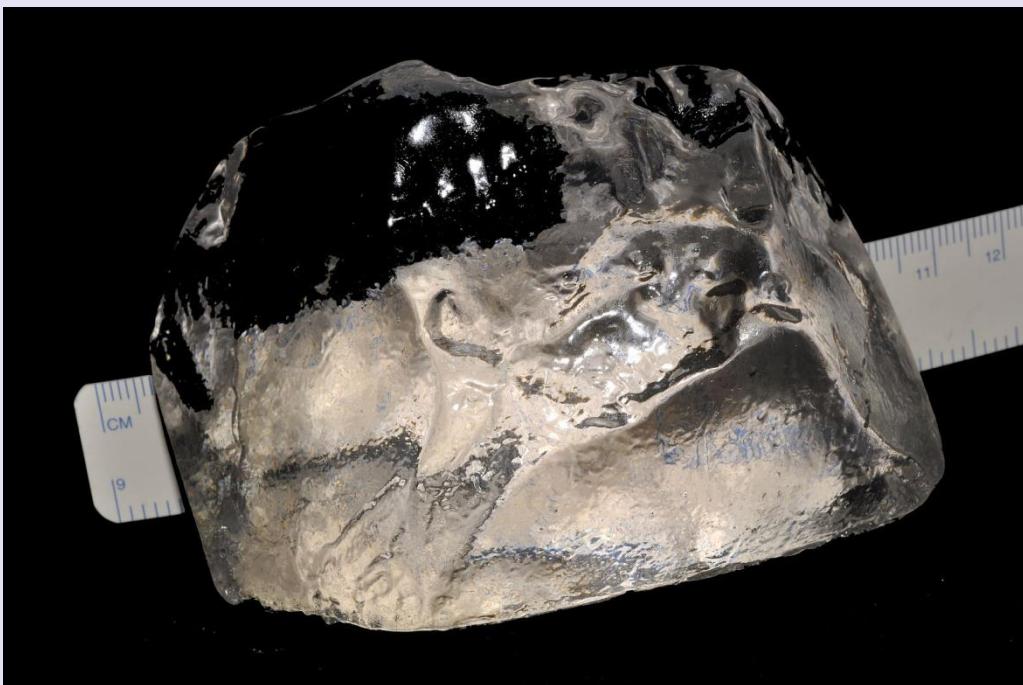
Кристаллы алмаза с сульфидными включениями, пригодными для Re-Os датирования

Tiny Inclusions Reveal Diamond Age and Earth's History: Research at the Carnegie Institution.
<http://www.gia.edu/gia-news-research-tiny-inclusions-reveal-diamond-age>

Алмазы из кимберлитов и лампроитов

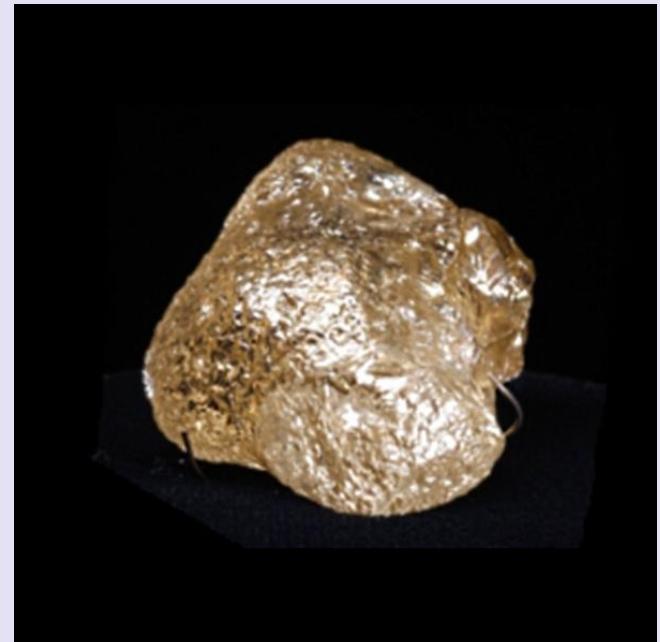
- **Содержание алмазов** в этих породах, особенно в кимберлитах, сильно колеблется (в кимберлитах - от первых десятых долей карата до первых карат на тонну). В трубке Аргайл, сложенной оливиновыми лампроитами, содержания алмаза очень высокие и составляют в среднем 5 карат на тонну.
- В основной массе кимберлитов и родственных им пород кристаллы алмаза находятся в виде вкрапленников с размерами от первых мкм до нескольких см.
- Самый крупный в мире кристалл алмаза "Куллинан", найденный в 1905 г. в трубке Премьер, весил 621,2 г или 3106 карат (1 карат = 0,2 г). При этом кристалл был сколот, поэтому не исключена возможность обнаружения и более крупных кристаллов. Из трубы Удачная (Якутия), которая эксплуатируется с конца 70-х годов, каждый год извлекали до несколько крупных кристаллов алмаза весом 50-150 карат.

Уникальные кристаллы алмаза



«Куллинан» - вес 3106 карат (камень размером с кулак). Найден в 1905 году, назван по имени владельца рудника – Томаса Кулиана.

<https://en.wikipedia.org>



Алмаз «XXVI съезд КПСС» был найден в кимберлитовой трубке "Мир" в 1980 году. Вес найденного алмаза составлял 342,5 карат. Цвет алмаза – лимонно-желтый.

Алмазоносность кимберлитов

Состав кимберлитов зависит от множества факторов - состава мантийного субстрата, типа мантийного метасоматоза, степени плавления, динамики подъема, флюидного режима при подъеме и др. Эти факторы влияют и на алмазоносность, иногда в значительной значительно уменьшая ее.

Для сохранности алмаза требуется высокая скорость внедрения кимберлитового расплава, высокая скорость кристаллизации кимберлитового расплава, восстановительные условия.

Главные минералогические критерии алмазоносности кимберлитов:

- а) морфология кристаллов алмаза,
- б) состав минералов-спутников алмаза (пироп, хромшпинелиды, ильменит и др.),
- в) состав и строение связующей массы кимберлитов.

Разрабатываемые месторождения алмаза

Россия:

- коренные и россыпные месторождения Якутии
- коренные месторождения Архангельской обл.
- россыпи Урала



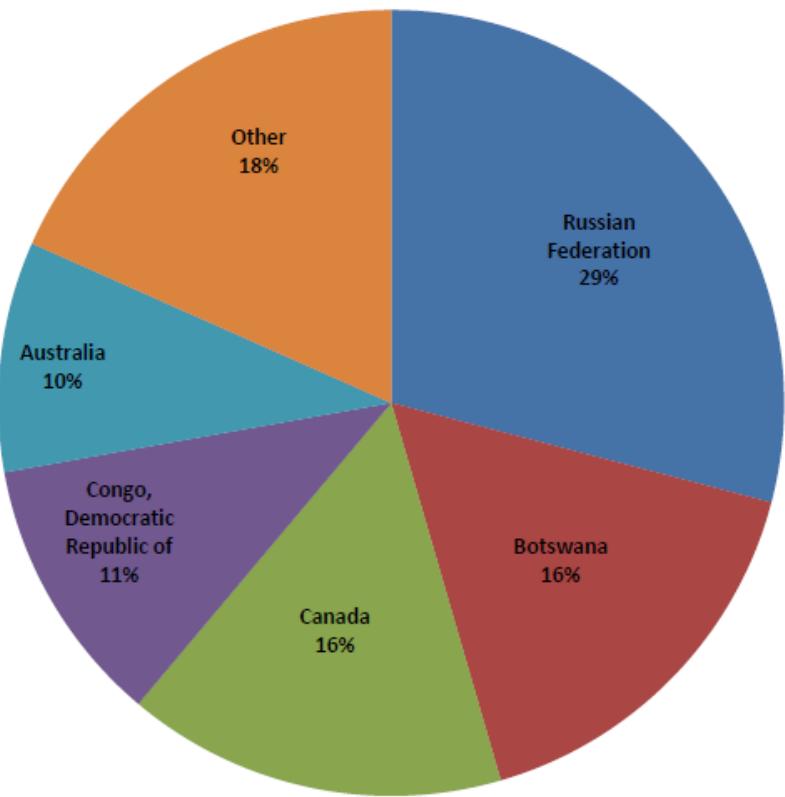
Кимберлитовая
трубка Мир



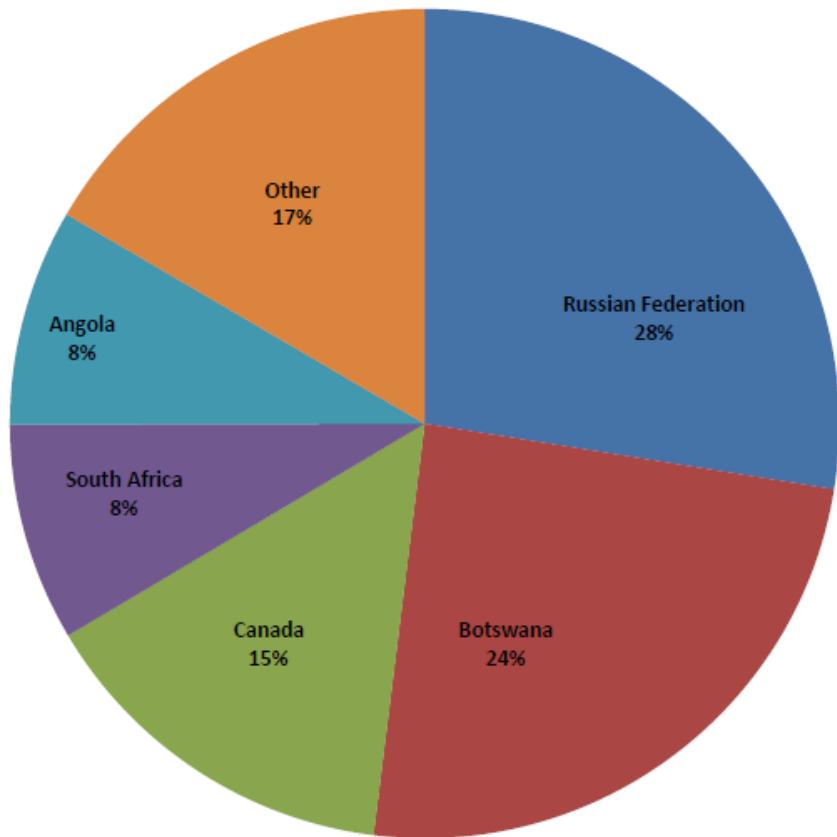
Кимберлитовая
трубка Айхал

Добыча алмазов в 2016 году

Production By Volume (Cts)
Total = 148,429,731.46



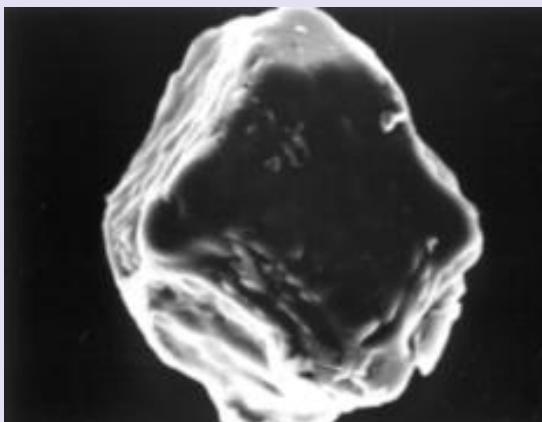
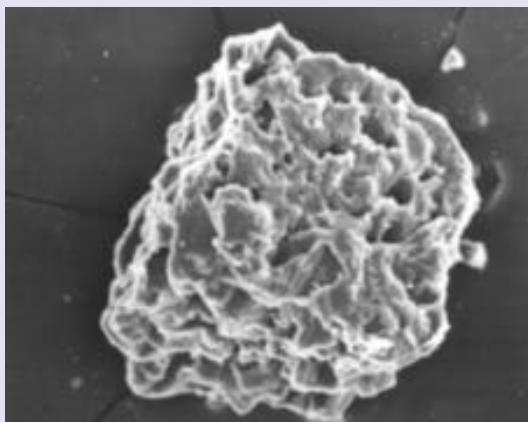
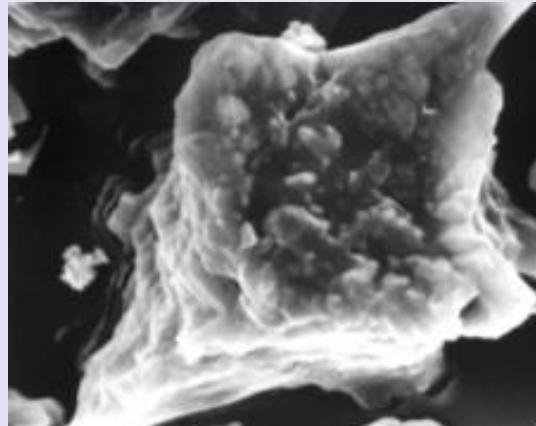
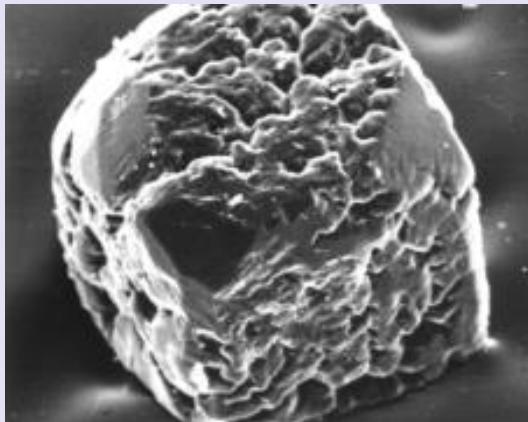
Production By Value (US\$)
Total = \$14,465,922,106.88



Алмаз из метаморфических пород Кокчетавского массива

- Алмазы из метаморфических пород Кокчетавского массива обладают рядом типоморфных особенностей. Минерал представлен, главным образом, кубическими, скелетными и сфероидальными кристаллами зеленовато-желтого и желтого цвета.
- Алмазы обнаружены не только в межзерновом пространстве, но и в породообразующих минералах: алмазы (размером около 12 мкм) и коэсит сохранились внутри кристаллов гранатов и циркона (Гаранин и др., 1988; Sobolev, Shatsky, 1990). Алмазоносные породы формируют линейно вытянутые зоны протяженностью до первых километров, мощностью десятки сотни метров.
- Средние содержания составляют 23,43 карат на тонну, что на порядок выше, чем содержания алмазов в большинстве высокоалмазоносных кимберлитовых трубках мира. Утвержденные запасы для месторождения Кумды-Коль - 6000 млн. карат. Размер кристаллов алмаза 15-150 мкм.

Алмаз из метаморфических пород (Кокчетавский массив)



Кубические
микрокристаллы
алмаза из
месторождения
Кумды-Коль, увел.
 1000^x .

*Растровые
электронные
микрофотографии,
изображения во
вторичных электронах*