

Самородные вещества.
Неметаллы.

Самородные неметаллы

Самородная сера

Модификации:

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

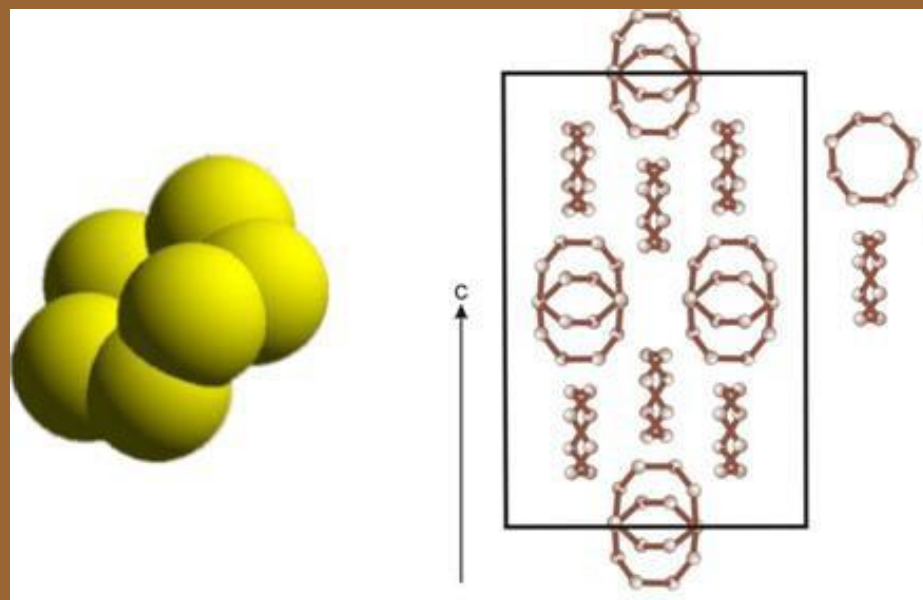
β -S (мон., уст. при $T\ 95,6 - 119^\circ\text{C}$).

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°). $KЧ_S = 2$. 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 г/см^3) и $T_{пл.}$ ($112,8^\circ\text{C}$).

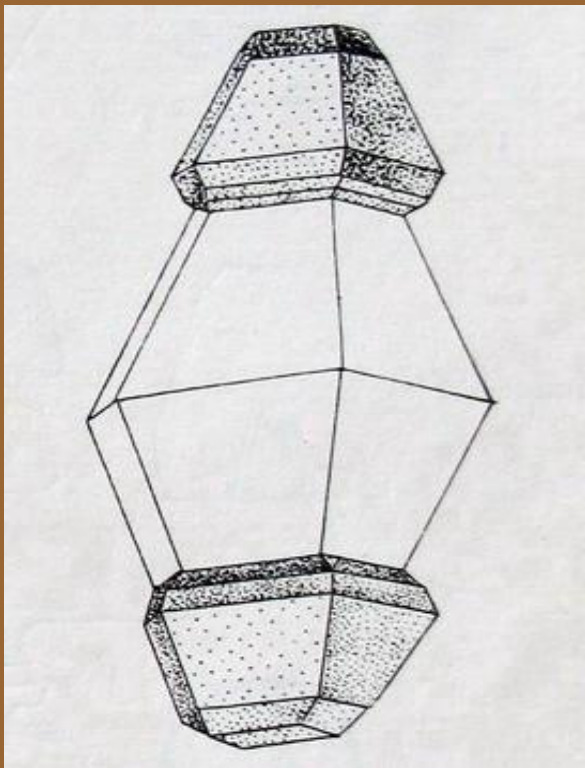
Кольца располагаются «слоями» \perp оси с. В соседних слоях плоскости колец развернуты друг относительно друга.

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



Пинокoidalный кристалл
самородной серы на породе, Италия

Самородная сера

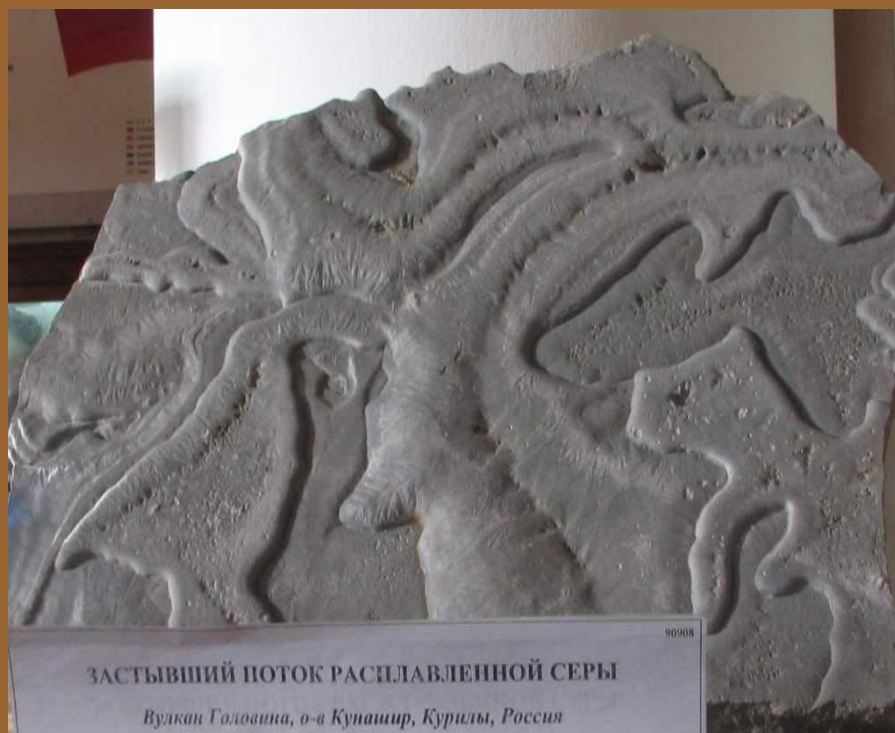


Дипирамидальный кристалл
самородной серы на породе, Италия



Друзы кристаллов самородной
серы, Италия

Самородная сера



ЗАСТЫВШИЙ ПОТОК РАСПЛАВЛЕННОЙ СЕРЫ

Вулкан Головина, о-в Кунашир, Курилы, Россия

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: А. Tagliaferri.

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

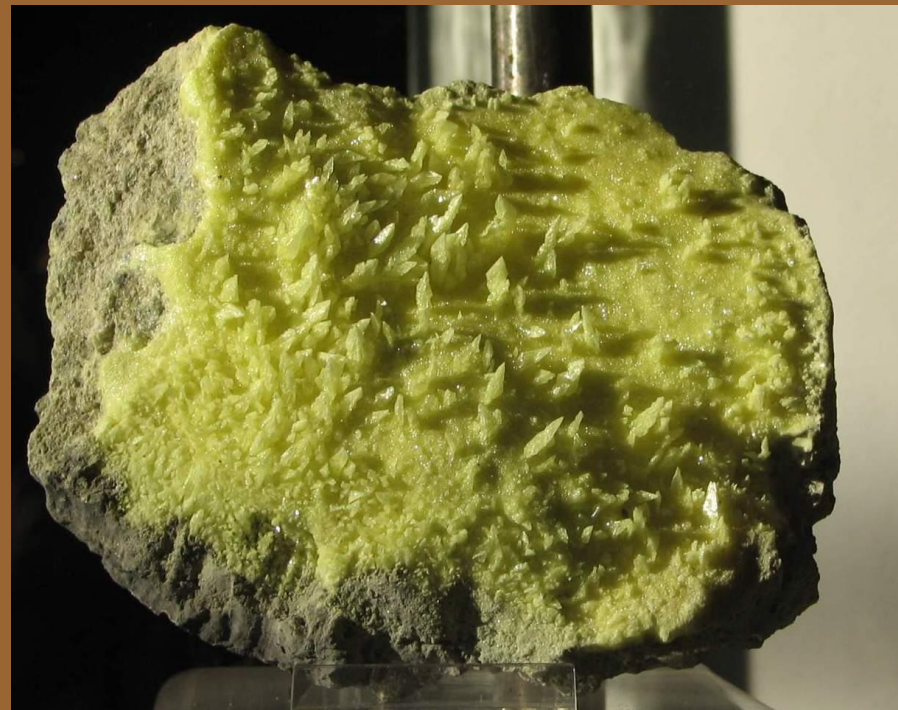
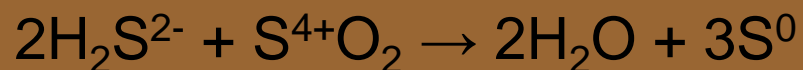
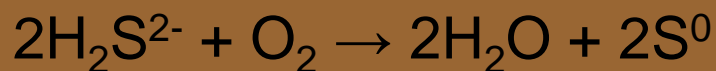


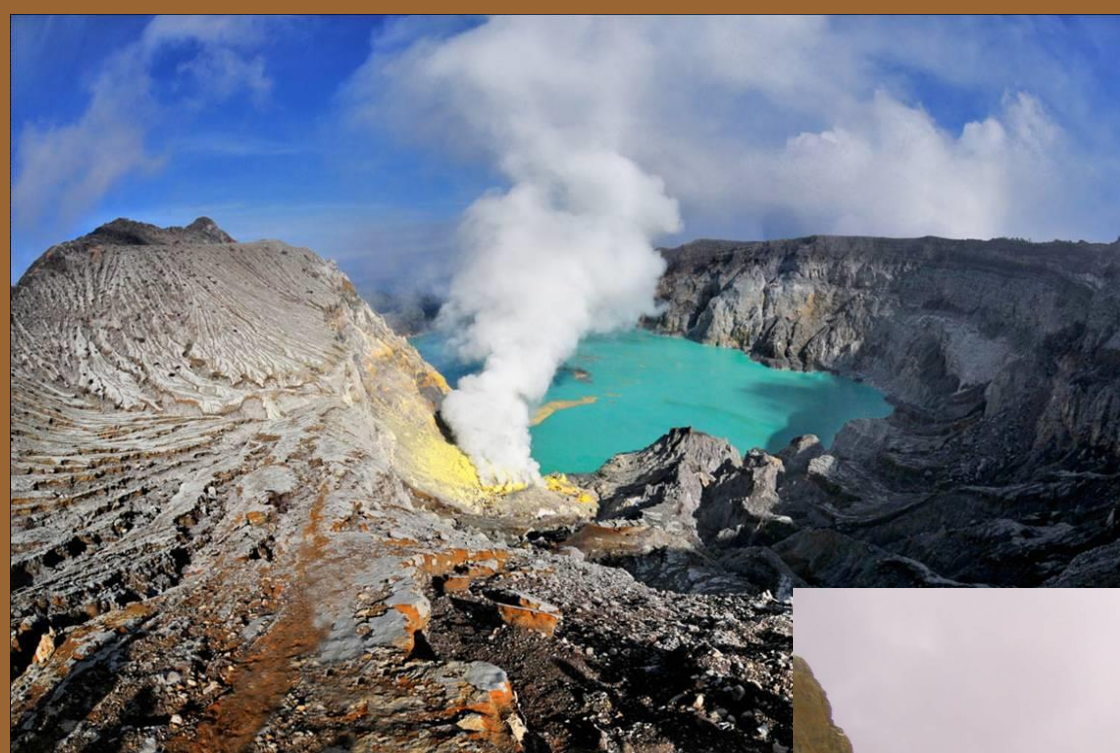


Активные фумаролы с серой и сульфатами. Вулкан Мутновский, Камчатка. Фото: Д. Савельев.

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...

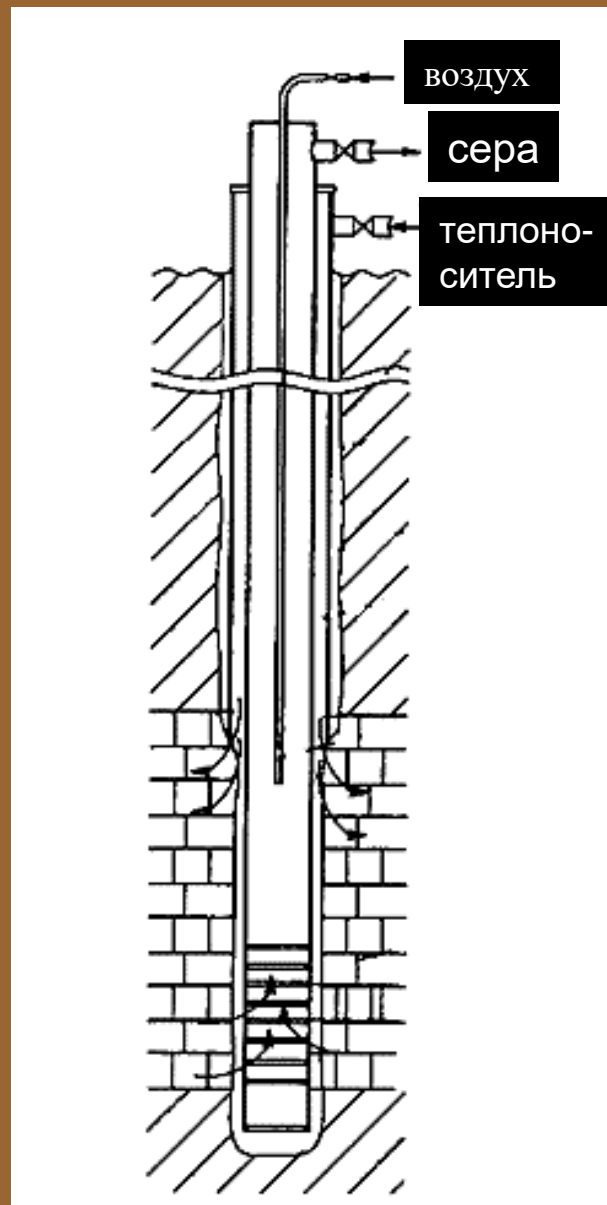


Фото: Н. Лукиных.

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 (аэрлифтами). 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**

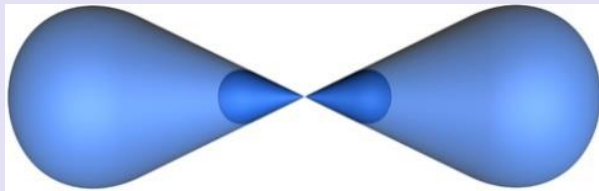
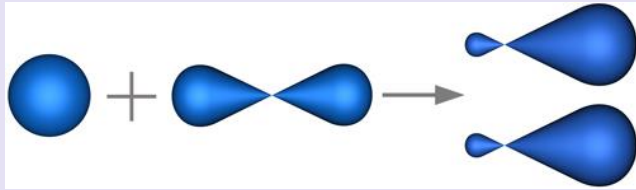
Два стабильных изотопа (C^{12} , C^{13}) и один радиоактивный (C^{14})

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

Число электронов в атоме	Заряд ядра	Оболочки				Полная численность электронов	Ряд	ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА																VIII																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
		s	p	d	f			I	II	III	IV	V	VI	VII	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	2	K	1	s ²			1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435

sp-гибридизация валентных электронов

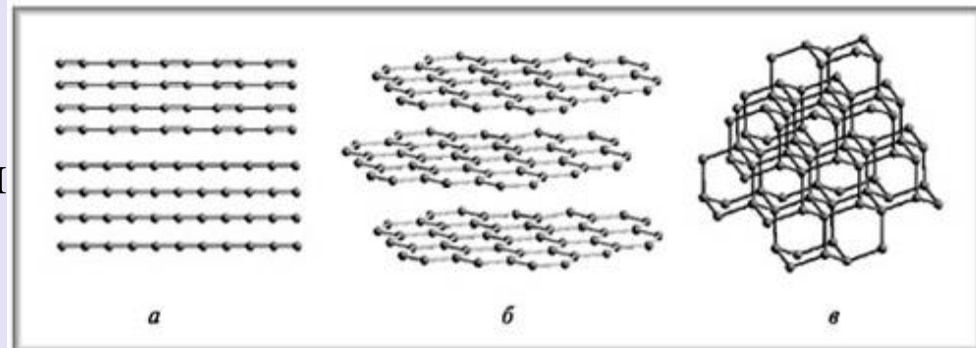
гибридизация одной s- и одной p-орбиталей



Модель атома с *sp*-гибридными орбиталями.

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

- 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



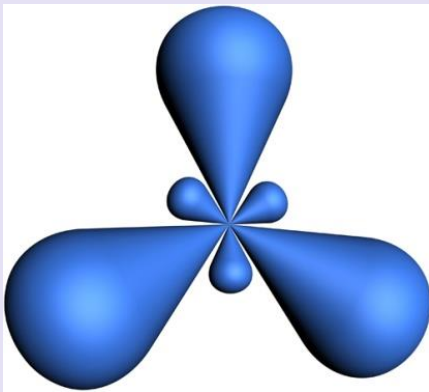
Чаоит

Встречен в виде тонких прожилков и вкраплений в графите.

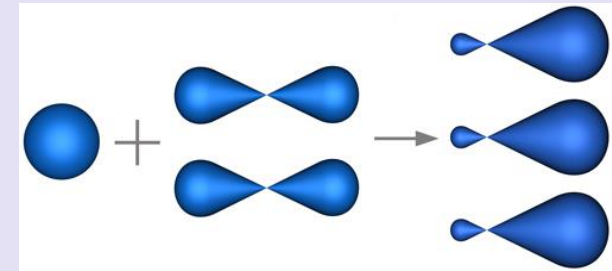
Ries Crater, Swabia, Bavaria, Germany

sp^2 -гибридизация валентных электронов

Гибридизация одной s - и двух p -орбиталей



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

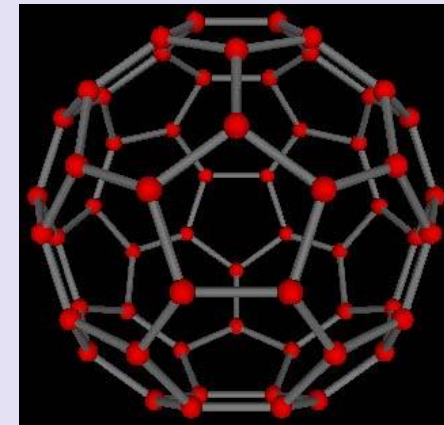


Графит и фуллерит

(последний не утвержден IMA)

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.

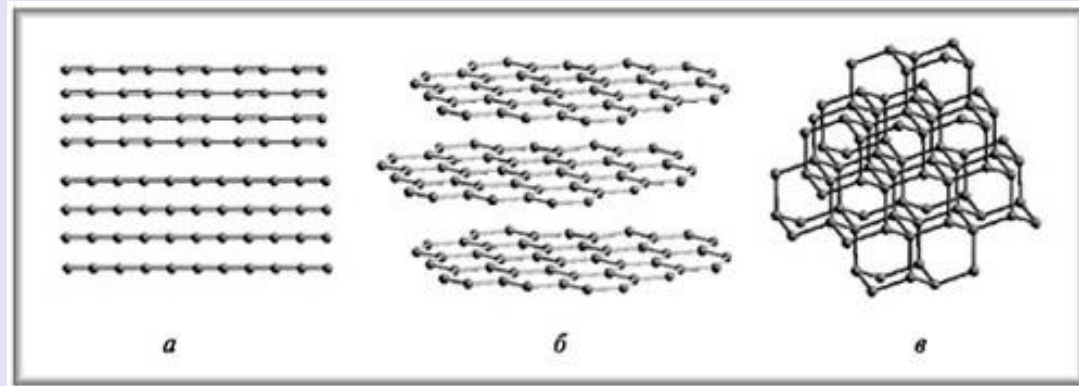


Известный фуллерен C_{60} - комбинация 12 пятичленных и 20 шестичленных колец

Графит

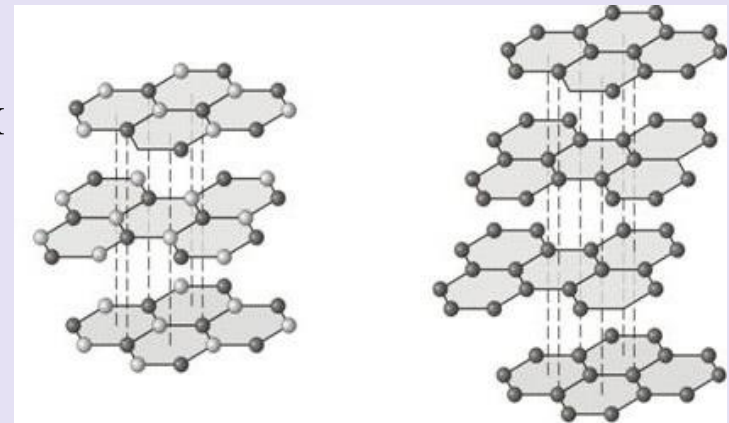
Графит обладает слоистой структурой. Длина связи в пределах сетки $1,42 \text{ \AA}$.

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 изолятор!) и образование слабых ван-дер-ваальсовых связей между сетками.

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



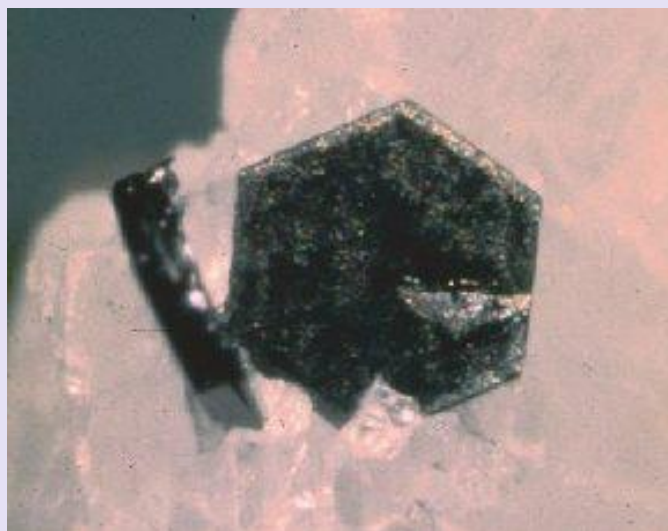
Графит

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

Известны параморфозы по алмазу!



Радиально-лучистые агрегаты графита, Ильменские горы



Пластинчатые кристаллы графита, Калифорния, США



Радиально-лучистые агрегаты графита, Франклин, 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.

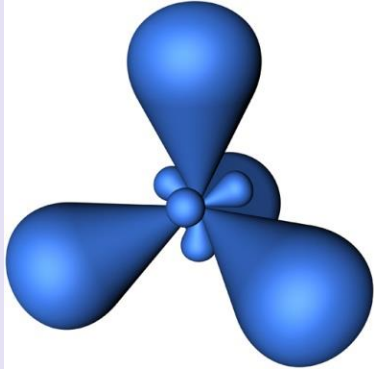
Графит

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 T (графит - термометр для различных метаморфических ассоциаций).

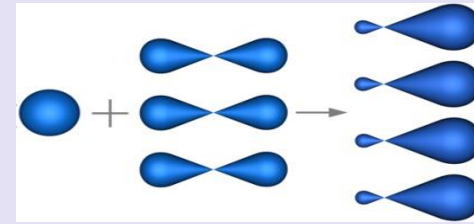
Графит почти всегда содержит сорбированные примеси H, N, CO₂, CO, иногда H₂O, H₂S, NH₃ и др.

sp^3 -гибридизация валентных электронов

Гибридизация одной s и трех p -орбиталей

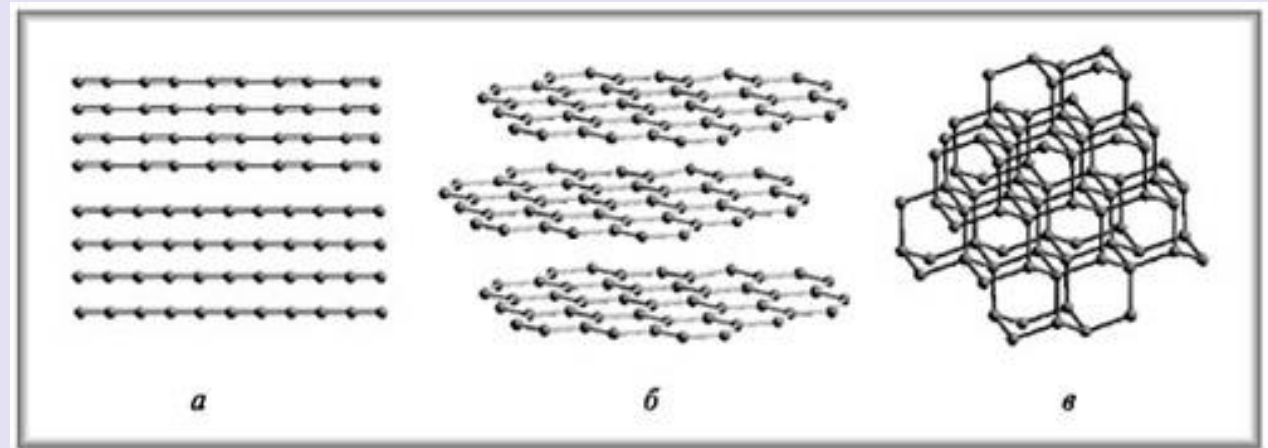


Модель атома с sp^3 -гибридными орбиталями



Образование sp^3 -гибридных орбиталей

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

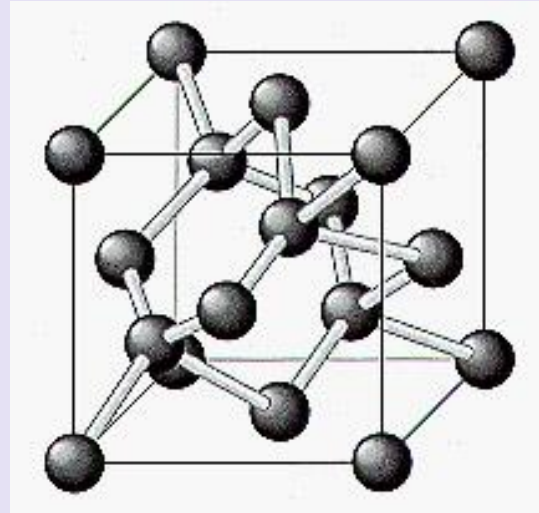


Полиморфные модификации с sp^3 -гибридизацией электронов: **алмаз** и **лонсдейлит**

Алмаз и лонсдейлит

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

Алмаз - ПКУ (АВСАВС...), кубическая сингония. Элементарная ячейка алмаза гранецентрированный куб, координационный многогранник – тетраэдр (КЧ=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

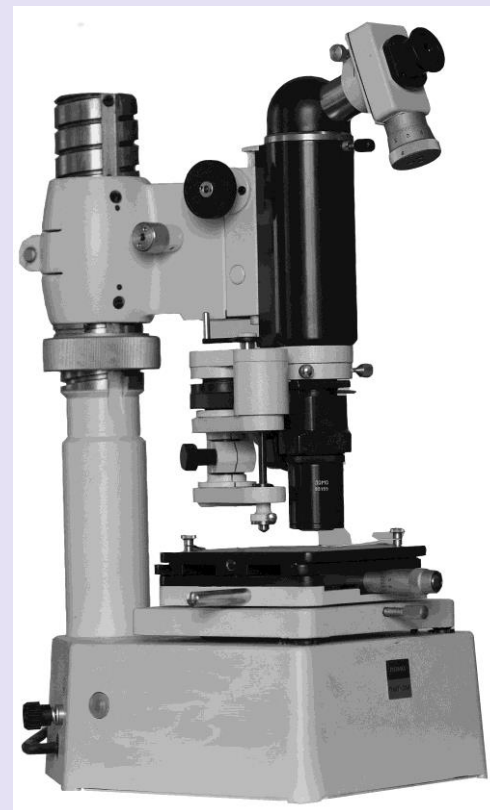


Детекторы алмаза

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



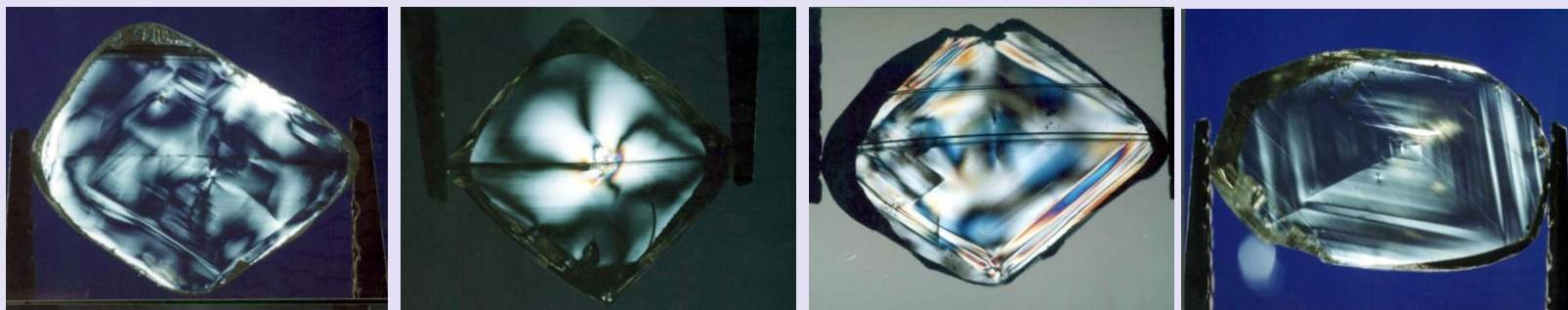
Для алмаза (как и для других минералов) характерна анизотропия твердости. Максимальная твердость проявляется на гранях октаэдра, минимальная – на гранях куба.

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



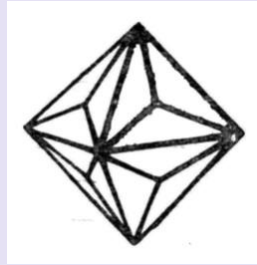
куб



ромбододекаэдр



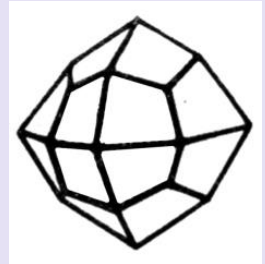
тригонтриоктаэдр



тетрагексаэдр



тетрагонритоктаэдр



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

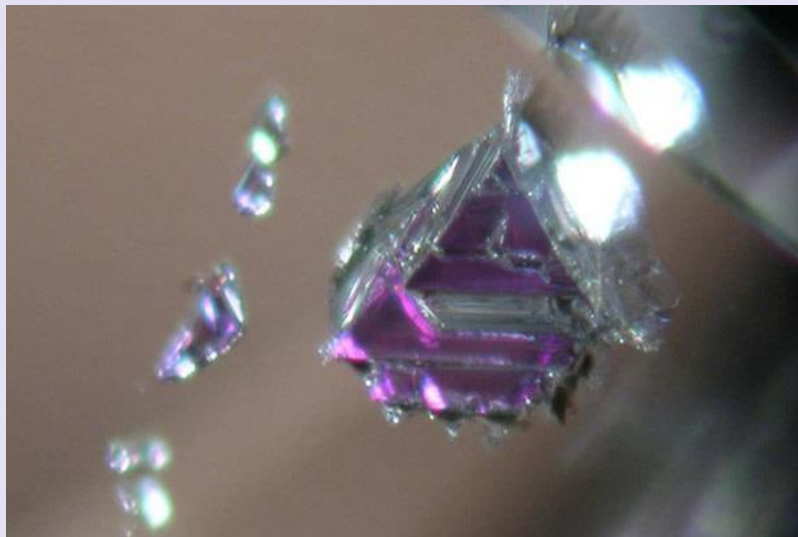


Карбонадо

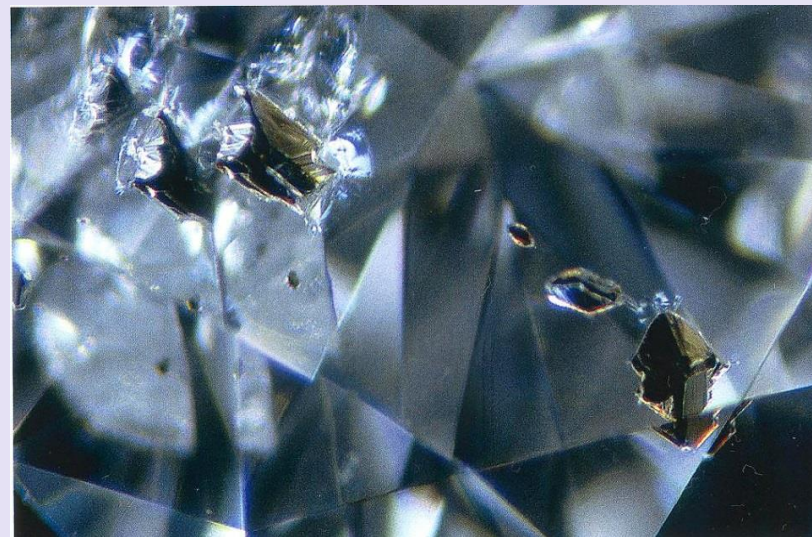


Баллас

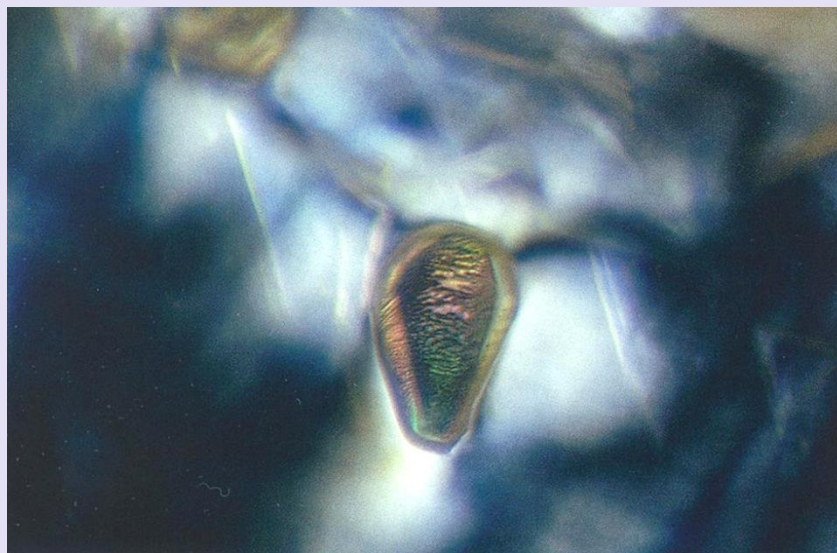
Включения в алмазах



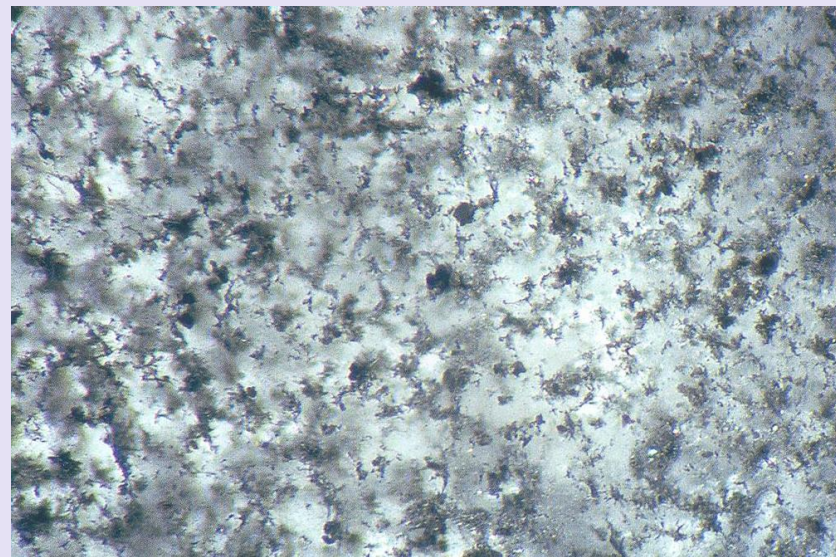
Включение пиропы



Включение хромшпинели



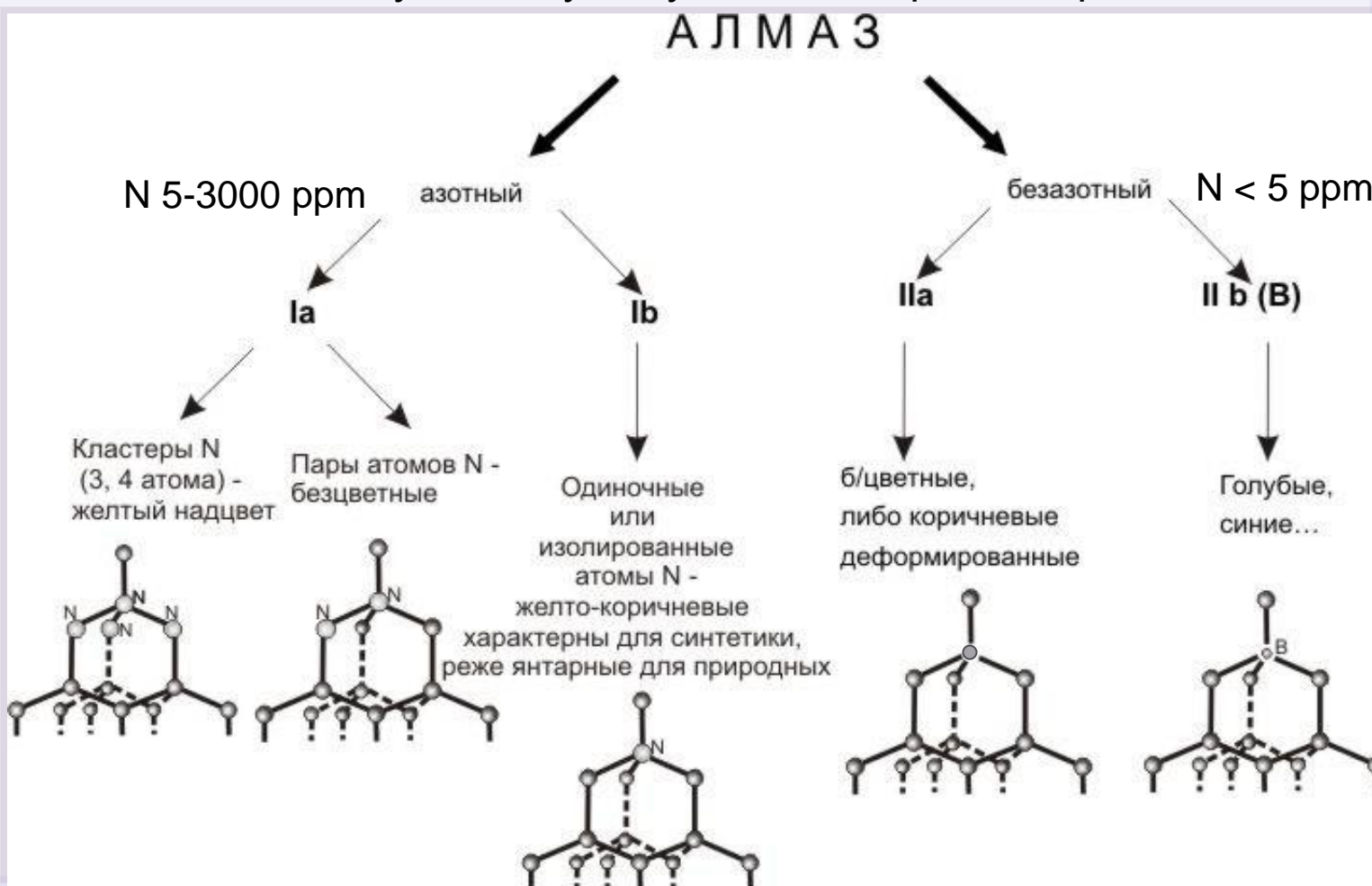
Включение оливина



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.



Подтип Ia ~98% всех алмазов. Азот находится в агрегированной форме!

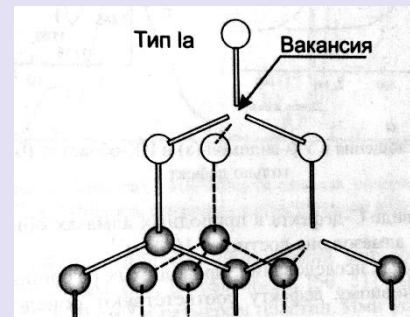
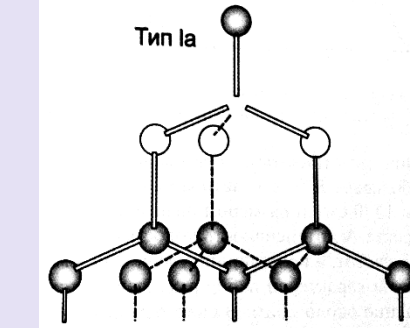
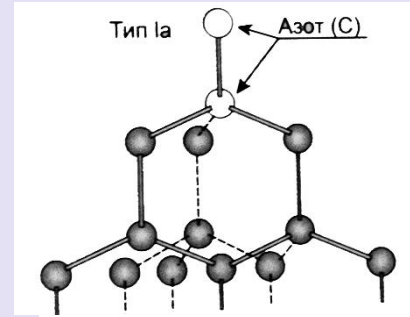
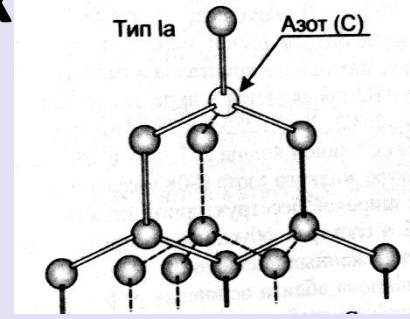
Подтип Ib ~0,1%

Подтип IIa ~1-2%

Подтип IIb ~0,1%

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 — $[(N_c)_3V_c]^\uparrow$ (с ним связана яркая голубая люминесценция и желтая окраска)
- В1-дефект — $[(N_c)_4V_c]^\uparrow\downarrow$
- 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

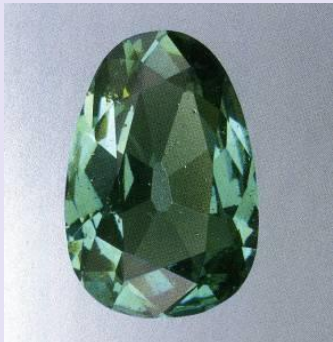


- Синяя – примесь бора

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



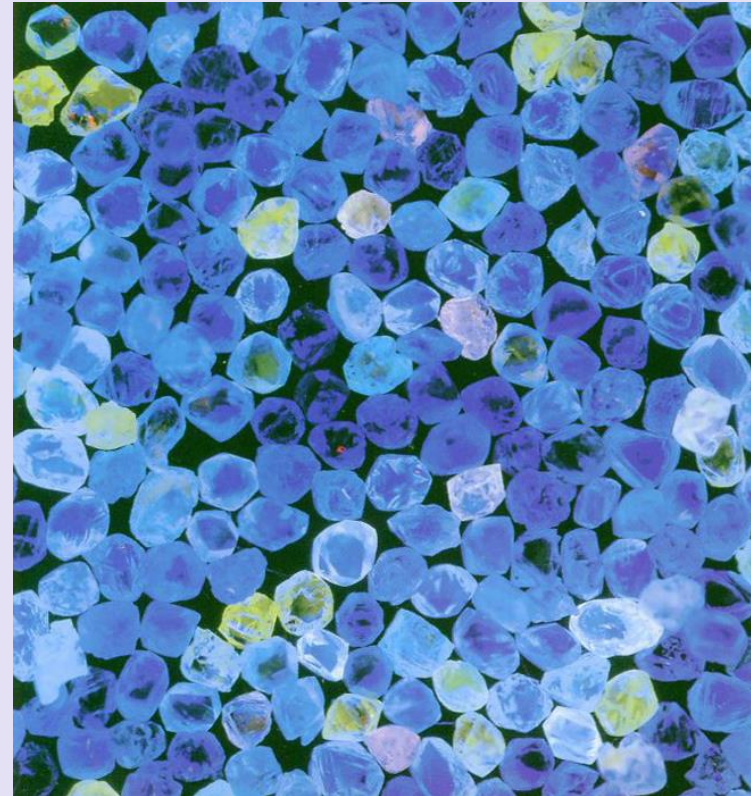
- Зеленая – природное или искусственное радиоактивное облучение гамма-лучами - поверхностная



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 импактитов
4. Алмазы из *кимберлитов* и лампроитов
5. Алмазы из метаморфических пород
6. Алмазы из офиолитов, гранатовых пироксенитов, 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 оливковыми, пироксеновыми, пироксен-плагиоклазовыми хондрами в никель-железной матрице. Алмаз в парагенезисе с муассанитом и графитом приурочен к никель-железной матрице.

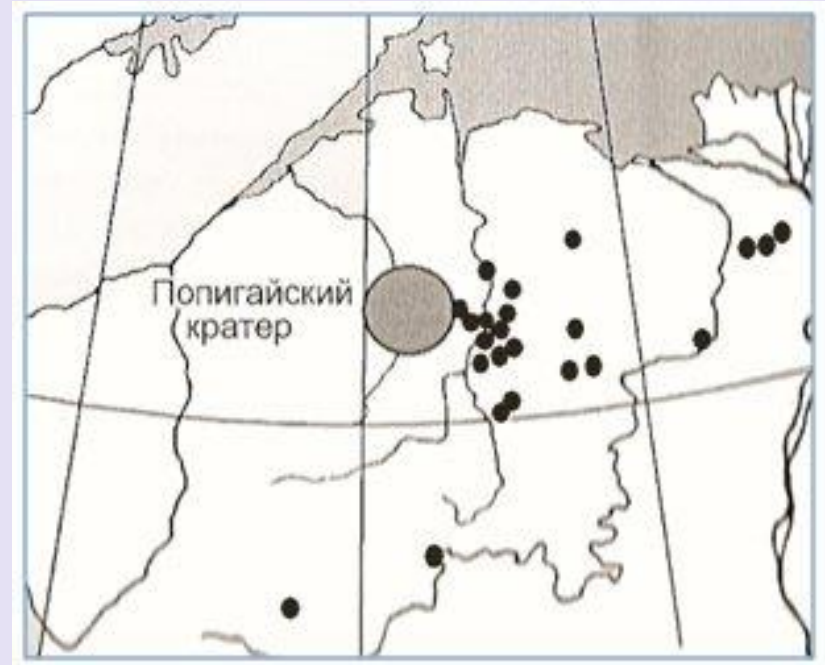
Алмазы из импактитов

- **Алмазы из импактитов** – 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 импактитах образуется одновременно с этими породами при воздействии высоких температур и давлений, возникших в углеродсодержащих породах земной поверхности при соударении с космическим телом.



Импактные алмазы

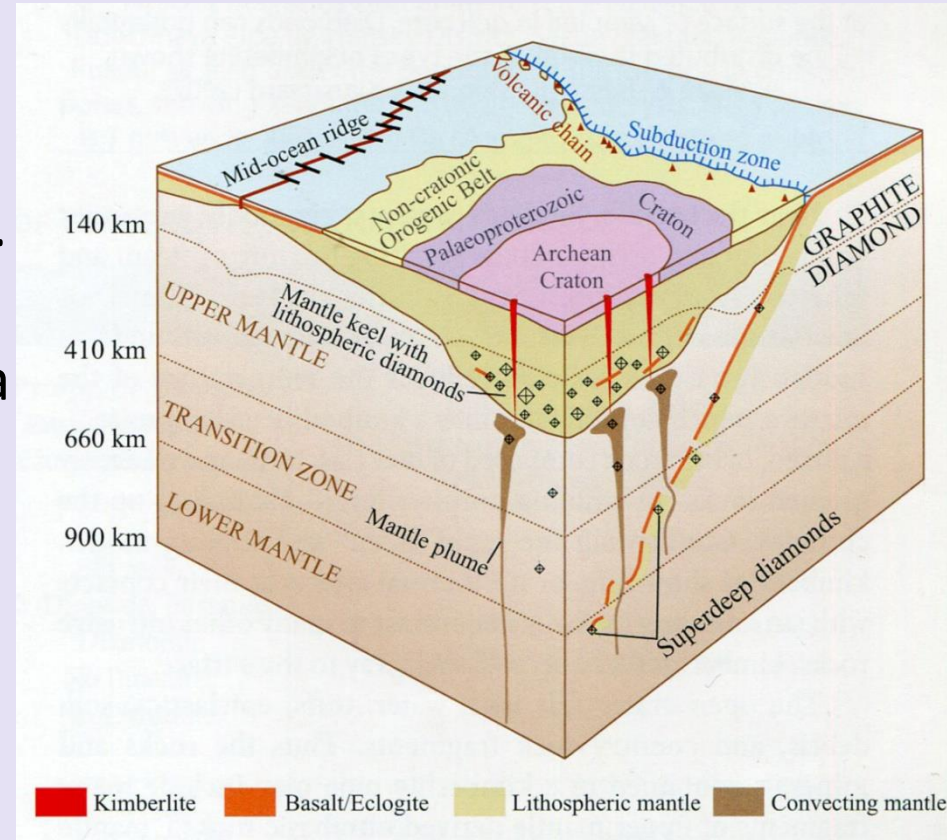
Наиболее известная кольцевая структура диаметром 100 км с промышленным содержанием алмазов – Попигайская астроблема на севере Средней Сибири в 900 км восточнее г. Норильска. Открыта в начале 70-х годов.



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

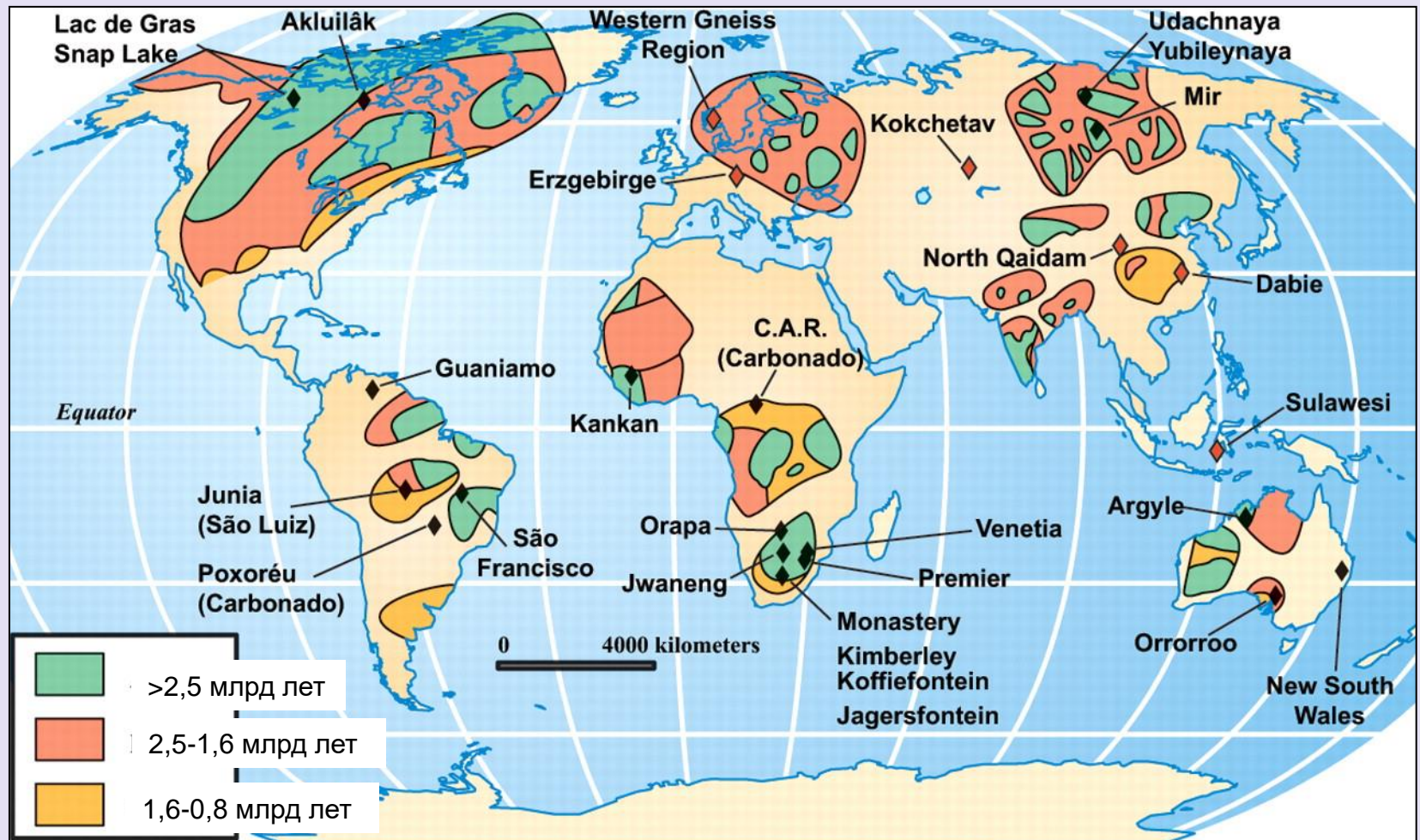
- Эти породы принадлежат к единой формации ультраосновных пород эффузивного облика с повышенным содержанием щелочей.
- Большинство алмазоносных тел приурочены к древним кратам, жестким весьма устойчивым блокам литосферы. Эта закономерность, известная как правило Клиффорда, иногда нарушается (лампроитовая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



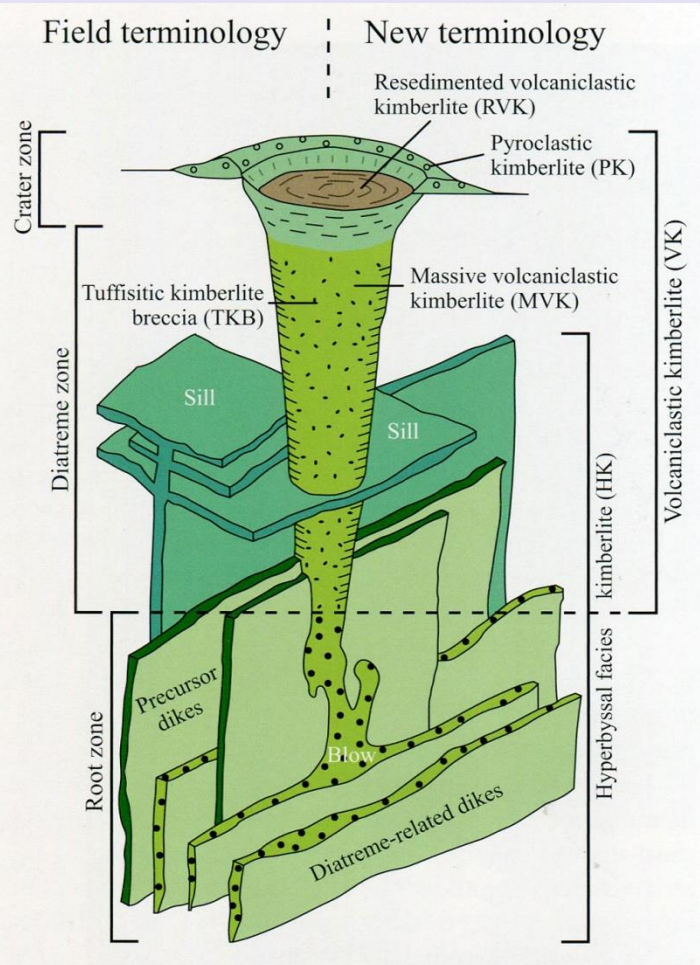
Diamond. The ultimate gemstone. 2017.

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)
- Трубки прослежены на глубины свыше 1 км. При этом поперечные сечения резко сокращаются (трубка Мир в Якутии на глубине 600м уменьшается в 5 раз). Часто трубки на глубине переходят в дайки.

Diamond. The ultimate gemstone. 2017.

- Возраст кимберлитов варьирует в широком диапазоне. Южно-африканские алмазоносные кимберлиты - от докембрия до позднего мела (возраст трубки Премьер 1200 млн. лет, а возраст трубки Монастери – 90 млн. лет). Трубки ЯАП – 5 периодов кимберлитового магматизма с возрастом от 540 до 100 млн. лет.

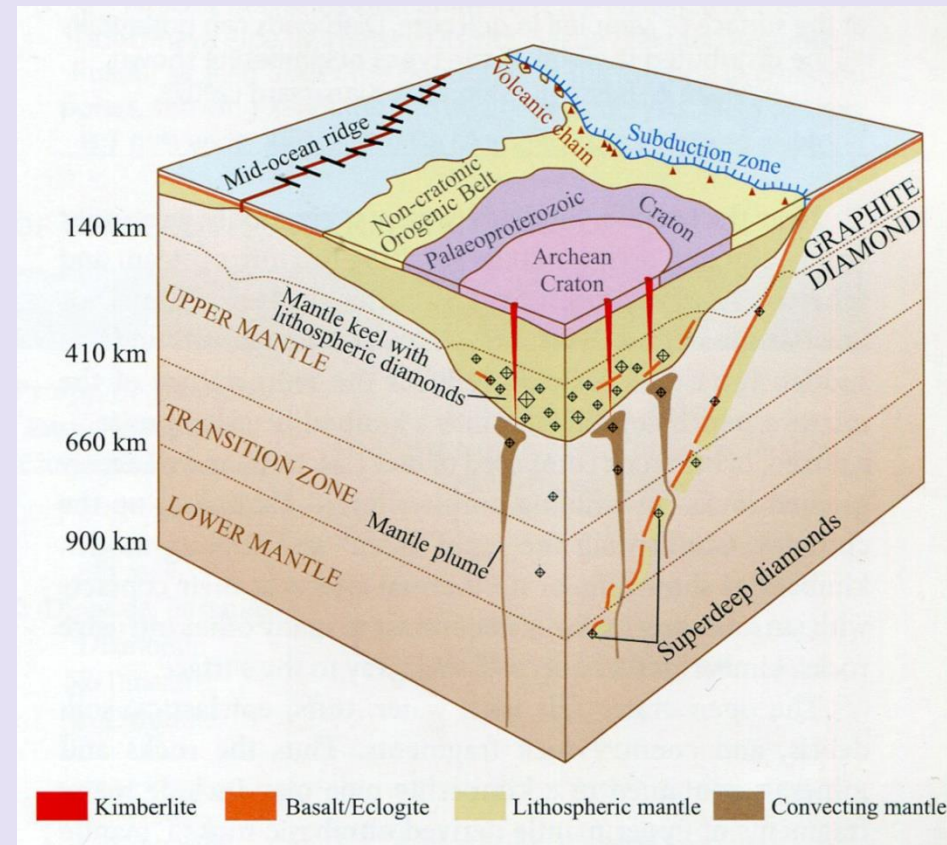
Алмазы из кимберлитов и лампроитов

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.

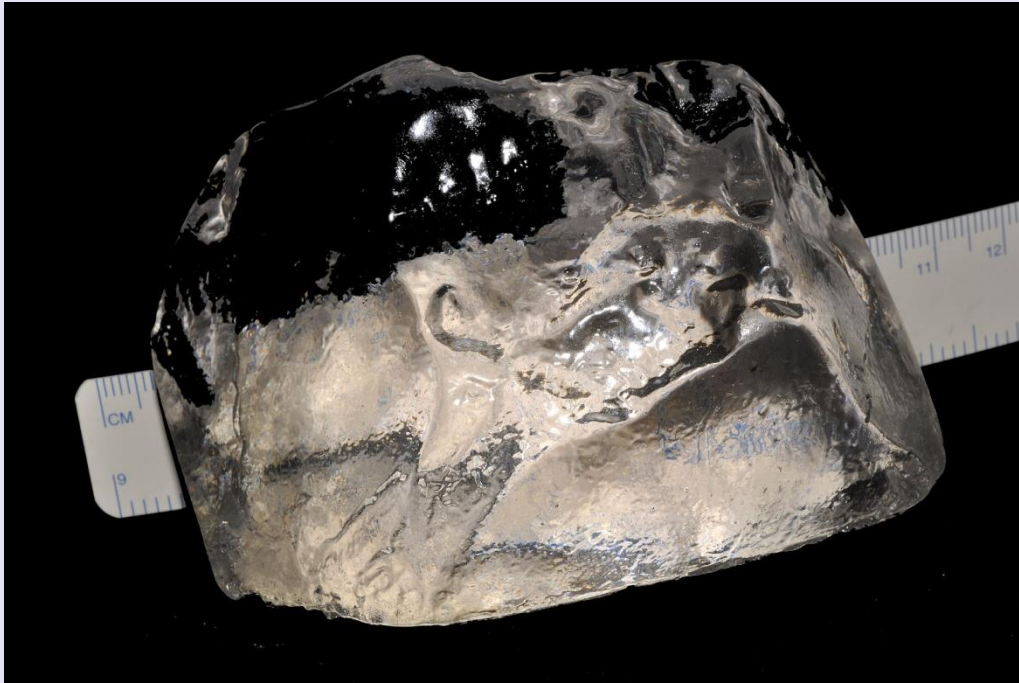
Кристаллы алмаза с сульфидными включениями, пригодными для Re-Os датирования

*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

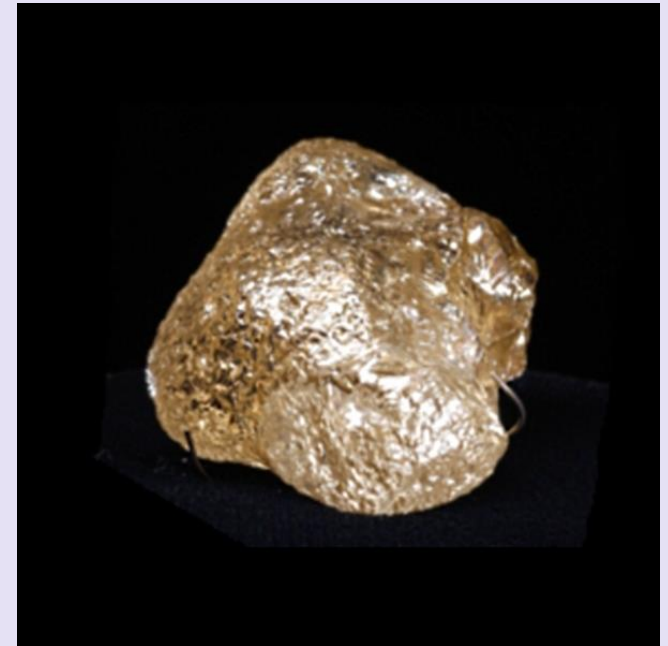
- **Содержание алмазов** в этих породах, особенно в кимберлитах, сильно колеблется (в кимберлитах - от первых десятых долей карата до первых карат на тонну). В трубке Аргайл, сложенной оливиновыми лампроитами, содержания алмаза очень высокие и составляют в среднем 5 карат на тонну.
- В основной массе 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 трубки Удачная (Якутия), которая эксплуатируется с конца 70-х годов, каждый год извлекали до нескольких 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 значительной 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



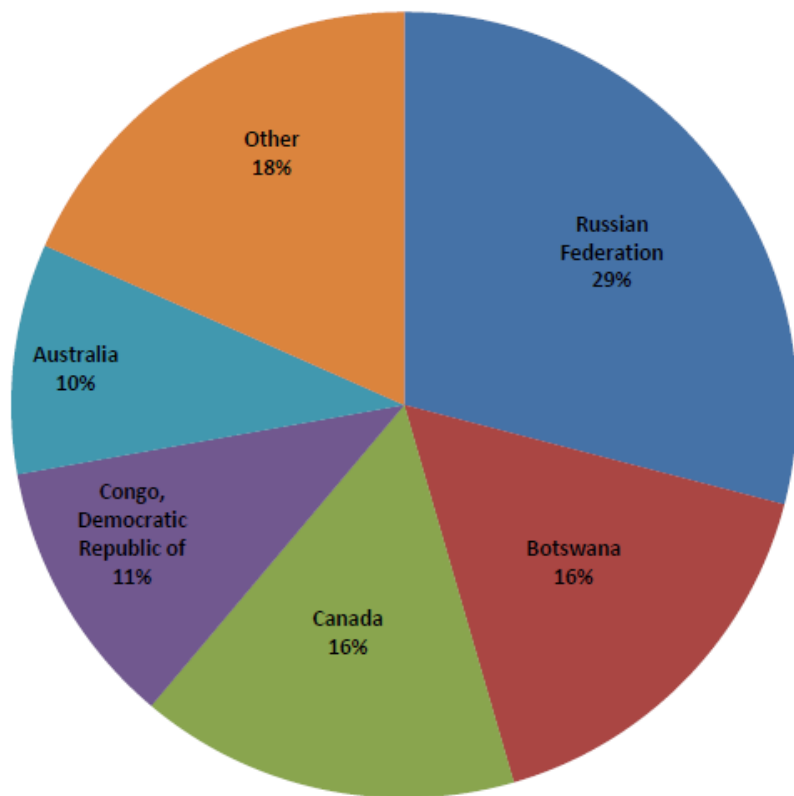
Кимберлитовая
трубка Мир



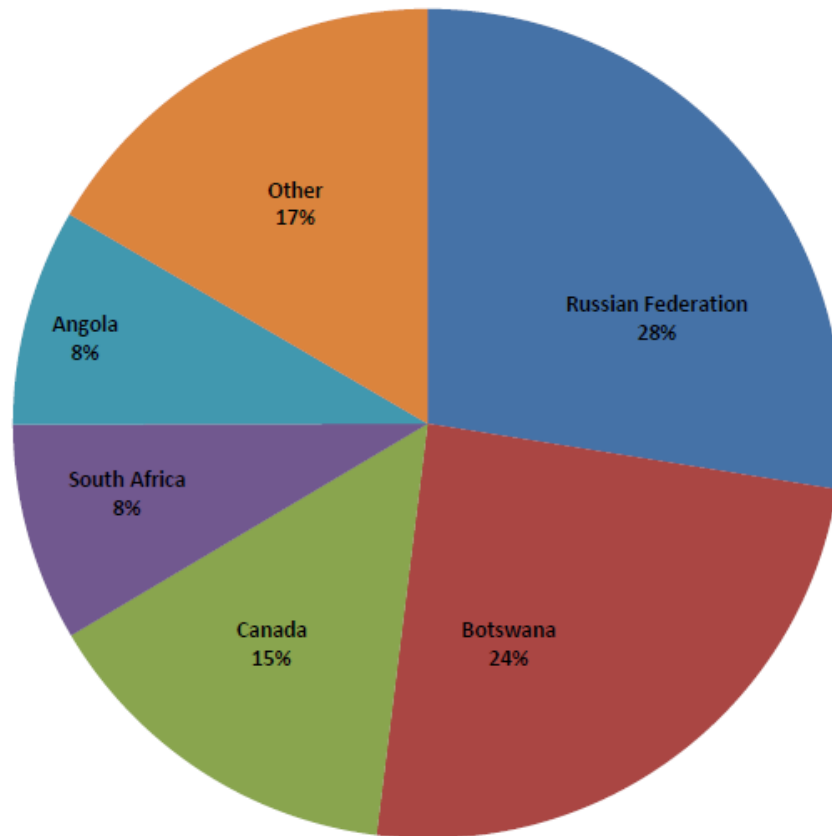
Кимберлитовая
трубка Айхал

Добыча алмазов в 2016 году

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



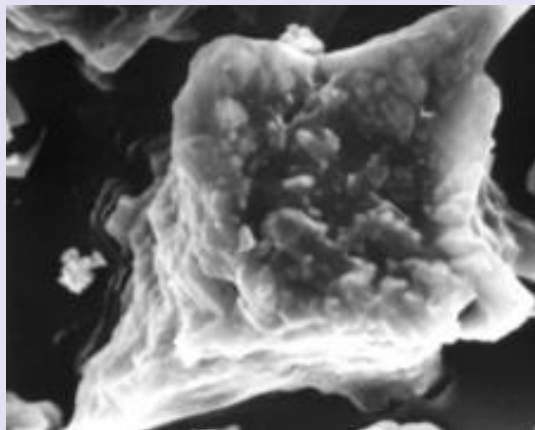
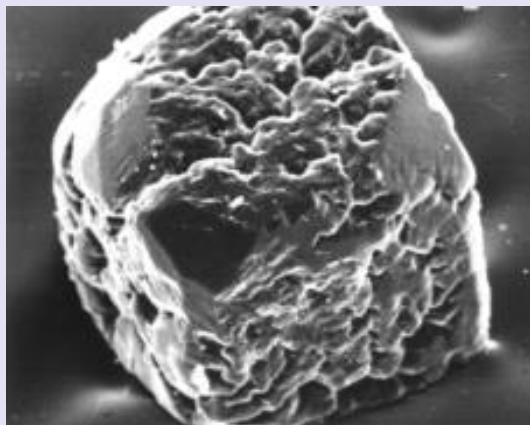
Production By Value (US\$)
Total = \$14,465,922,106.88



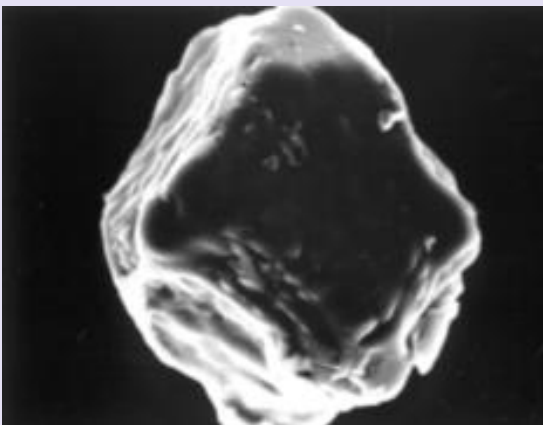
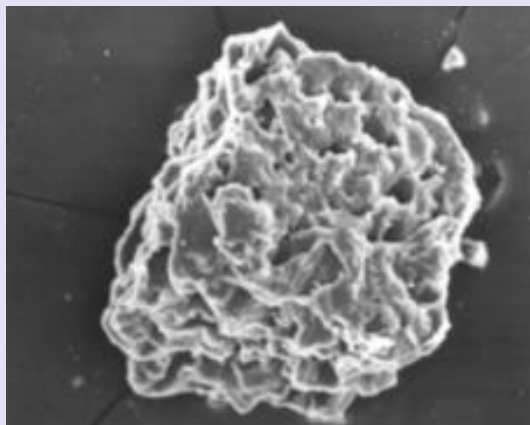
Алмаз из метаморфических пород Кокчетавского массива

- 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 пороодообразующих 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
микрористаллы
алмаза из
месторождения
Кумды-Коль, увел.
1000^х.



*Растровые
электронные
микрофотографии,
изображения во
вторичных электронах*