

Геолого- промышленные типы редкометальных месторождений БЕРИЛЛИЙ

Абрамов Михаил Валерьевич

05.03.2012

БЕРИЛЛИЙ

Бериллий — элемент главной подгруппы второй группы, второго периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, с атомным номером 4. Обозначается символом Be (лат. Beryllium). Высокотоксичный элемент.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru



Д.И. Менделеев
1834–1907

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Энергетический уровень	
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			a
		a	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б		
1	1	H водород 1,008																He гелий 4,003	2
2	2	Li литий 6,941	Be бериллий 9,0122				C углерод 12,011	N азот 14,007	O кислород 15,999	F фтор 18,998								Ne неон 20,179	10
3	3	Na натрий 22,999	Mg магний 24,312			Al алюминий 26,992	Si кремний 28,086	P фосфор 30,974	S сера 32,064	Cl хлор 35,453								Ar аргон 39,948	18
4	4	K калий 39,102	Ca кальций 40,08		Sc скандий 44,956	Ti титан 47,956	V ванадий 50,941	Cr хром 51,996	Mn марганец 54,938	Fe железо 55,849	Co кобальт 58,933	Ni никель 58,7							
	5	Cu медь 63,546	Zn цинк 65,37	Ga галлий 69,72	Ge германий 72,59	As мышьяк 74,922	Se селен 78,96	Br бром 79,904											Kr криптон 83,8
5	6	Rb рубидий 85,468	Sr стронций 87,62		Y иттрий 88,906	Zr цирконий 91,22	Nb ниобий 92,906	Mo молибден 95,94	Tc технеций (99)	Ru рутений 101,07	Rh родий 102,906	Pd палладий 106,4							
	7	Ag серебро 107,868	Cd кадмий 112,41	In индий 114,82	Sn олово 118,69	Sb сурьма 121,75	Te теллур 127,6	I йод 126,905											Xe ксенон 131,3
6	8	Cs цезий 132,905	Ba барий 137,34		57–71 лантаноиды	Hf гафний 178,49	Ta тантал 180,948	W вольфрам 183,85	Re рений 186,207	Os осмий 190,2	Ir иридий 192,22	Pt платина 195,09							
	9	Au золото 196,967	Hg ртуть 200,59	Tl таллий 204,37	Pb свинец 207,19	Bi висмут 208,98	Po полоний [210]	At астат [210]											Rn радон [222]
7	10	Fr франций [223]	Ra радий [226]	89–103 актиноиды	Rf резерфордий [261]	Db дубний [262]	Sg сигборгий [263]	Bh борий [262]	Hn ханний [265]	Mt мейтнерий [265]									
ВЫШНИЕ ОКСИДЫ		R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄										
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH ₄	RH ₃	H ₂ R	HR											



- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

Л А Н Т А Н О И Д Ы

57 La ЛАНТАН 138,906	58 Ce ЦЕРИЙ 140,12	59 Pr ПРАЗЕОДИМ 140,908	60 Nd НЕОДИМ 144,24	61 Pm ПРОМЕТИЙ [145]	62 Sm САМАРИЙ 150,4	63 Eu ЕВРОПИЙ 151,96	64 Gd ГАДОЛИНИЙ 157,25	65 Tb ТЕРБИЙ 158,926	66 Dy ДИСПРОЗИЙ 162,5	67 Ho ГОЛЬМИЙ 164,93	68 Er ЭРБИЙ 167,26	69 Tm ТУЛИЙ 168,934	70 Yb ИТТЕРБИЙ 173,04	71 Lu ЛЮТЕЦИЙ 174,97
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

А К Т И Н О И Д Ы

89 Ac АКТИНИЙ [227]	90 Th ТОРИЙ 232,038	91 Pa ПРОТАКТИНИЙ [231]	92 U УРАН 238,29	93 Np НЕПТУНИЙ [237]	94 Pu ПЛУТОНИЙ [244]	95 Am АМЕРЦИЙ [243]	96 Cm КЮРИЙ [247]	97 Bk БЕРКЛИЙ [247]	98 Cf КАЛИФОРНИЙ [251]	99 Es ЭЙНШТЕЙНИЙ [254]	100 Fm ФЕРМИЙ [257]	101 Md МЕНДЕЛЕВИЙ [258]	102 No НОБЕЛИЙ [259]	103 Lr ЛОУРЕНСИЙ [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

**Простое вещество
бериллий -
относительно твёрдый,
хрупкий металл
светло-серого цвета,
имеет весьма высокую
стоимость.**



Типы месторождений

- Ведущим промышленным типом бериллиевых месторождений за рубежом является *бериллиевый в метасоматитах по вулканитам кислого состава*.
- Представитель его – крупнейшее с богатыми рудами **месторождение Спор-Маунтин** в США.

Типы месторождений

Отечественные месторождения бериллия в настоящее время не разрабатываются, хотя и имеются перспективные объекты. Перспективен для освоения в нашей стране является тип – флюорит-бериллиевый в экзоконтакте гранитоидов щелочного ряда - **Ермаковское месторождение** с самыми богатыми в мире рудами по содержанию бериллия, и – бериллий, литий, рубидий, цезий в рудах флюоритовых апокарбонатных грейзеновых месторождений, связанных с гранитами литий-фтористого типа, - **Пограничное** и **Вознесенское месторождения**.

Флюорит-бериллиевый тип в экзоконтакте гранитоидов щелочного ряда

Наиболее крупный и хорошо
изученный представитель
данного типа – **Ермаковское**
месторождение.

Ермаковское месторождение

Расположено в Республике Бурятия в 180 км к востоку от города и ж.д. станции Улан-Удэ.



Ермаковское месторождение

Район месторождения расположен в мезозойской тектоно-магматической активизации, наложенной на древние (протерозойские и каледонские) складчатые сооружения. Месторождение контролируется зоной глубинного разлома и связано с малыми интрузиями субщелочных гранитоидов. В структурном плане месторождение приурочено к крупному останцу осадочно-метаморфических пород протерозоя, расположенному среди протерозойских гранитоидов. Породы останца сложены кристаллическими доломитами, выше сменяющимися продуктивной пачкой переслаивающихся кристаллических сланцев и известняков, а затем метаморфизованными песчаниками с подчиненными сланцево-карбонатными прослоями.

Ермаковское месторождение

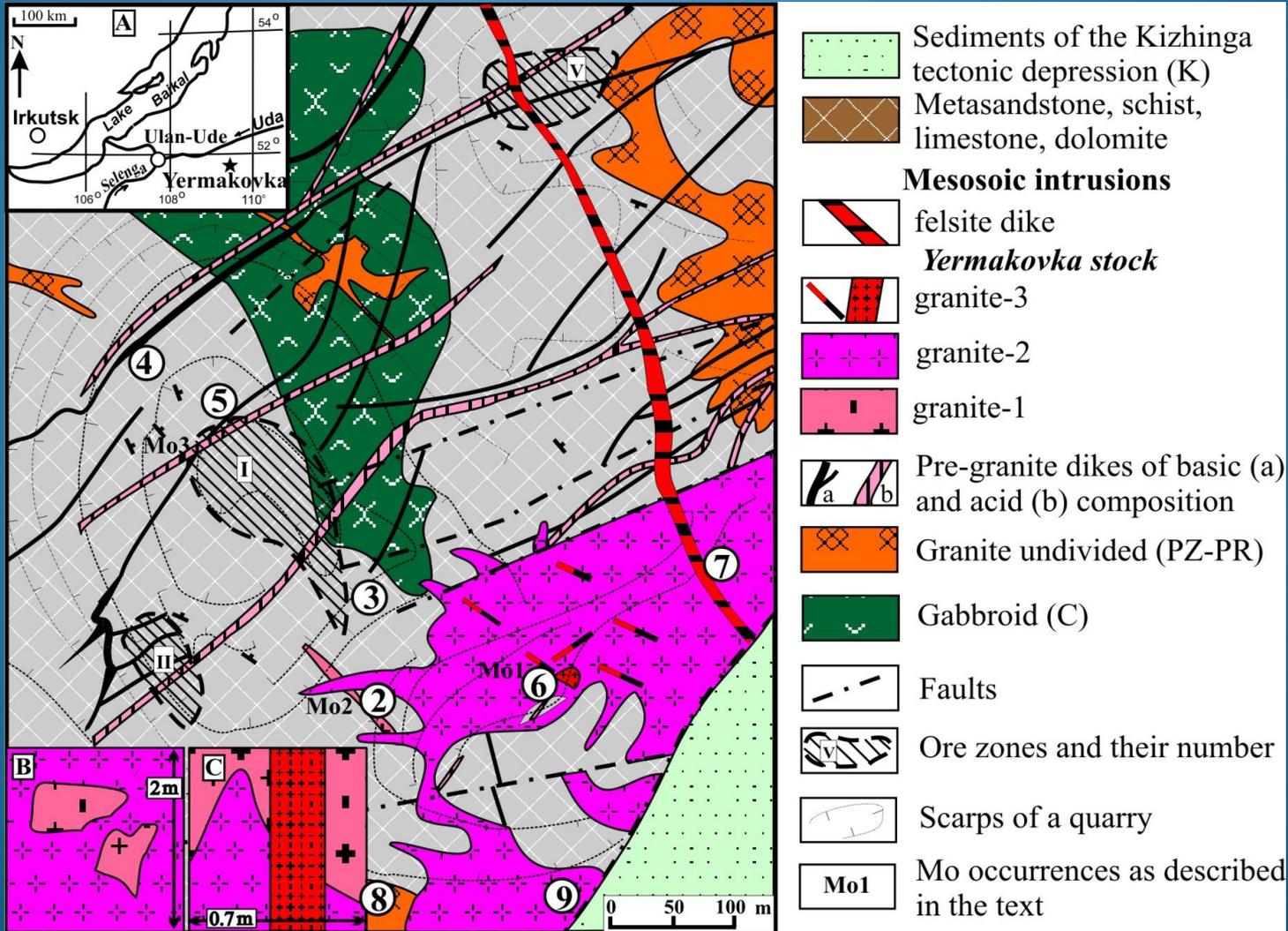


Приток Кирьяс в районе месторождения

Ермаковское месторождение

На участке месторождения осадочно-метаморфические породы образуют синклиналию складку, в ядре которой распространены метапесчаники, а крылья сложены кристаллическими доломитами и пачкой переслаивания биотитовых, биотит-амфиболовых, амфибол-биотит-пироксеновых сланцев с прослоями известняков. Складка имеет субширотное простирание и пересечена многочисленными, сопряженными с региональными разломом, разнонаправленными нарушениями. Трещины вмещают штокообразные и послойные тела лейкократовых гранитов, граносиенитов, кварцевых сиенитов юрского возраста (160-170 млн. лет), серию даек этого магматического комплекса и рудные образования.

Схематическая геологическая карта центральной части месторождения (Reyf, 2004).



Ермаковское месторождение

По химическому составу магматические породы относятся к промежуточному ряду между аляскитами и известково-щелочными сиенитами.

Характерная особенность граносиенитов – повышенная щелочность с преобладанием калия над натрием, повышенные содержания бериллия, составляющие в среднем 0,0011% (в два раза выше кларкового), фтора – 0,29%, молибдена – 0,001% и циркония – 0,005%.

На месторождении интенсивно проявлены постмагматические процессы: скарнирование, микроклинизация, бериллий-фторовый метасоматоз.

Ермаковское месторождение

Рудные тела локализуются на крыльях и в ядерной части синклинали складки в пределах сланцево-карбонатной пачки пород в узлах пересечения дайками межпластовых нарушений, возникающих по контактам разнородных пород.

Ермаковское месторождение

Благоприятными структурами для локализации оруденения являлись контакты карбонатных и алюмосиликатных пород (скарнов, биотитовых сланцев и др.)

Локализации оруденения способствовали дорудные дайки, играющие роль экранов, химически активные по отношению к рудоносным растворам известняков и близповерхностные – гипабиссальные – условия формирования месторождения, при которых происходил быстрый спад температуры и давления, что приводило к интенсивному расщеплению фторкомплексных соединений и выделению полезных ископаемых компонентов.

Ермаковское месторождение

Внутреннее строение рудных тел неоднородное и сложное, обусловлено незакономерным чередованием участков сплошных вкрапленно-прожилковых флюорит-бериллиевых руд с безрудным сланцево-карбонатными, скарновыми, дайковыми и другими породами.

Ермаковское месторождение

Распределение окиси бериллия в рудах неравномерное – от десятых долей до нескольких процентов (в среднем 1,19% BeO).

Главные бериллиевые минералы – **фенакит** и **берtrandит**, содержащие 40-44% окиси бериллия. В значительных количествах присутствует **флюорит** (в среднем 24,6%), в резко переменных количествах распространены кальцит, полевые шпаты, кварц, сульфиды (сфалерит, пирит, менее галенит, халькопирит, молибденит), барит и другие минералы.

Ермаковское месторождение

Выделяются четыре главных типа руд:

- 1) **флюорит-берtrandит-фенакитовые** (наиболее богатые окисью бериллия и флюоритом и наиболее распространенные)
- 2) **берtrandит-фенакитовые с флюоритом** (менее богатые, с резко переменным содержанием флюорита)
- 3) **флюоритовые, кварц-флюоритовые**
- 4) **полевошпат-кварц-флюоритовые бледные руды.**

Ермаковское месторождение

Основная масса бериллия заключена в **фенаките** и **бертрандите**, присутствующих почти в равных количествах, другие бериллиевые минералы – мелинофан, миларит, бавенит и гельвин – встречаются редко и представляют только минералогический интерес.

Ермаковское месторождение

В распределении фенакита и бертрандита намечается зональность, выражающаяся в том, что бертрандит образуется преимущественно в гипсометрически более высоких частях рудных тел, приурочиваясь к их висячим контактам. В лежащих блоках бертрандит сменяется фенакитом.

Ермаковское месторождение

Для руд месторождения разработана и внедрена промышленная флотационная схема получения бериллиевого флюоритового концентратов. В результате получен бериллиевый концентрат, содержащий 16,1% BeO и 6% CaF_2 при извлечении 81,3%. Флюоритовый концентрат содержит 95,8% CaF_2 1,8% и BeO при извлечении 65,1%.

Ермаковское месторождение

Расчеты, выполненные экономистами ВИМСа, показали, что Ермаковское месторождение является единственным бериллиевым месторождением с балансовыми запасами, отвечающими современным требованиям рентабельности.

Ермаковское месторождение

После эксплуатации (1975-1989 г.) Ермаковское месторождение законсервировано, но и оставшиеся в недрах запасы богатых руд позволяют рассматривать его как высококорентабельный объект для возобновление добычи.

Ермаковское месторождение

Месторождение детально разведано. Запасы руды утверждены в 1970г. за в количестве 1,7 млн.т. руды. До 1996г. на месторождении велась добыча руд. В настоящее время запасы руд, числящиеся на балансе составляют по категории С1 – 764 т.т, по категории С2 – 630 т.т. Среднее содержание BeO и CaF_2 в остаточных запасах руды в недрах составляют соответственно 0,8% и 19%.

01.09.2010

Ермаковское месторождение

Компанией «Металлы Восточной Сибири» планируется восстановление на Ермаковском месторождении горно-добывающего производства открытым способом с производительностью не менее 50 тыс. т руды в год к 2010 году, получение бериллиевого концентрата, а также получение бериллия и его соединений.

01.09.2010

Be, Li, Rb, Cs в рудах флюоритовых апокарбонатных грейзеновых месторождений, связанных с литий- фтористыми гранитами

Представителями данного типа являются крупнейшие Вознесенское и Пограничное месторождения, расположенные в Приморском крае в 18 км от ж.д. Транссибирской магистрали в экономически развитом крае в пределах крупного горно-обогатительного комбината ОАО «Ярославский ГОК».

Вознесенское и Пограничное месторождения

Месторождения детально разведаны, разрабатываются на флюорит: Вознесенское с 1960г., Пограничное с 1998г. Редкие элементы (Be, Li, Rb, Cs), являющиеся попутными компонентами, при переработке руд, в настоящее время не извлекаются, хотя имеются весомые предпосылки для их извлечения и использования.

Вознесенское и Пограничное месторождения

Месторождения расположены на территории Ханкайского срединного массива.

Редкометалльно-флюоритовое оруденение связано с небольшими одноименными близрасположенными массивами гранитов литий-фтористого типа. Граниты и связанное с ними оруденение локализуется в узле пересечения и сформировались в нижнем палеозое в эпоху тектоно-магматической активизации срединного массива.

Вознесенское месторождение

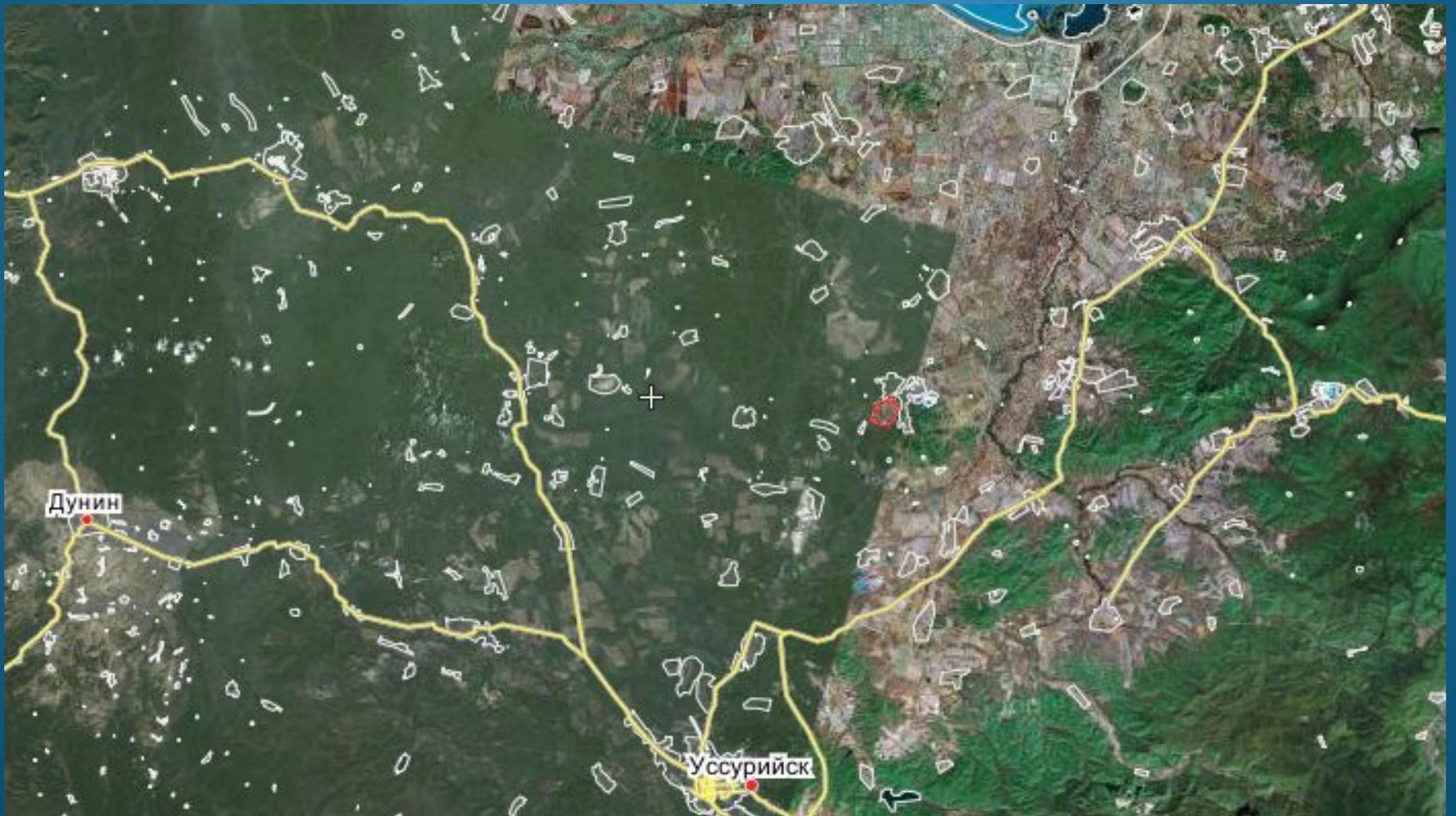
Вознесенский массив представляет собой гребневидный шток, в основном не выходящий на поверхность и характеризующийся крутыми углами падения контактов. Пограничный массив выходит на поверхность и имеет крутой восточный и относительно пологий западный контакты.

Вознесенское месторождение

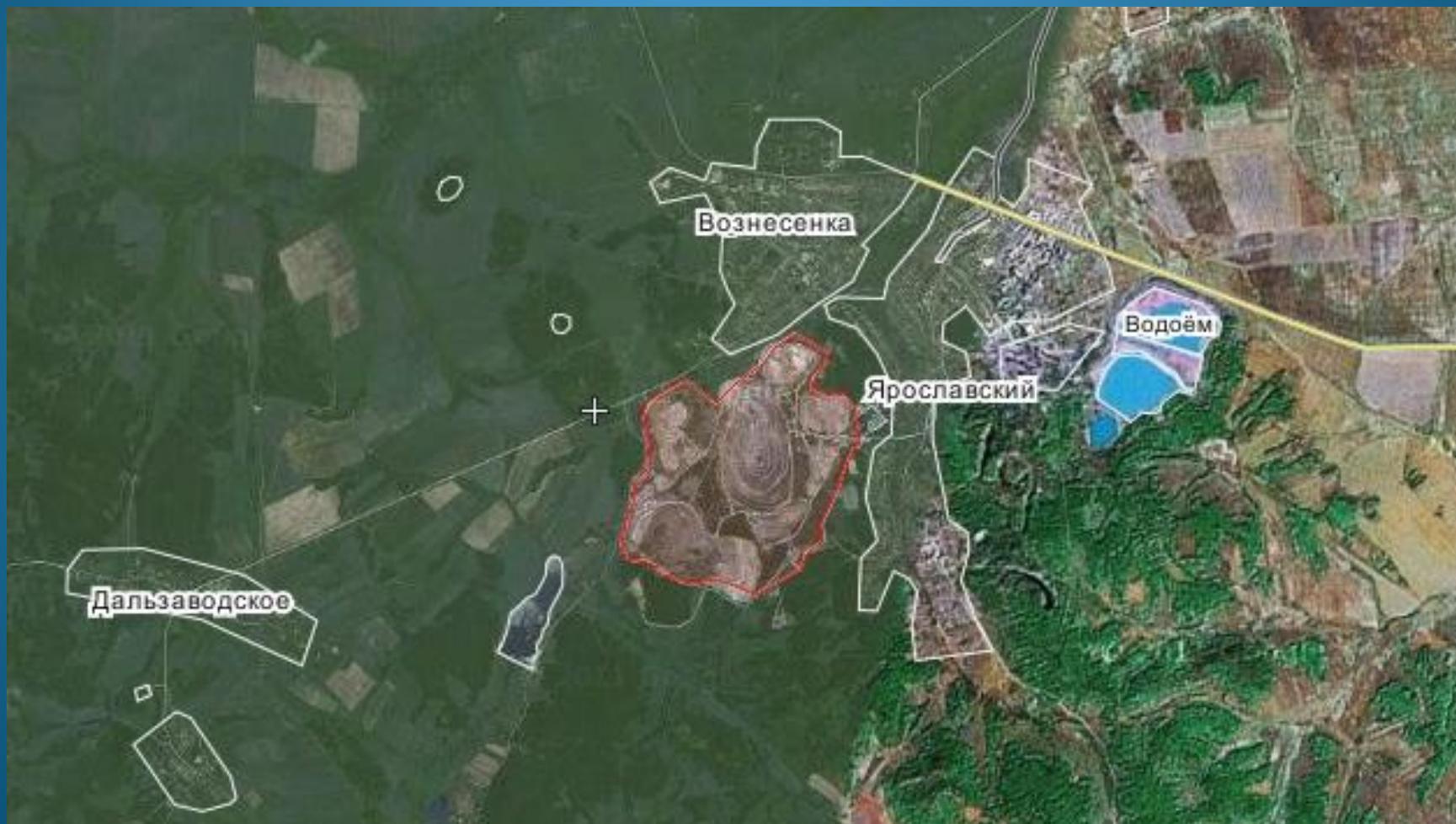
Основная масса руд Вознесенского месторождения локализуется в пределах Главного рудного тела, представленного крутопадающей трубообразной залежью, прослеженной на глубину 600-700м и имеющий в плане эллипсовидную форму, вытянутую в северно-западном направлении.

Редкометалльно-флюоритовые руды представляют собой темно-фиолетовую или почти черную средне-мелкозернистую породу, сложенную в основном флюоритом – 40-70%, и слюдами – 30-50%.

Вознесенское месторождение



Вознесенское месторождение



Вознесенское месторождение



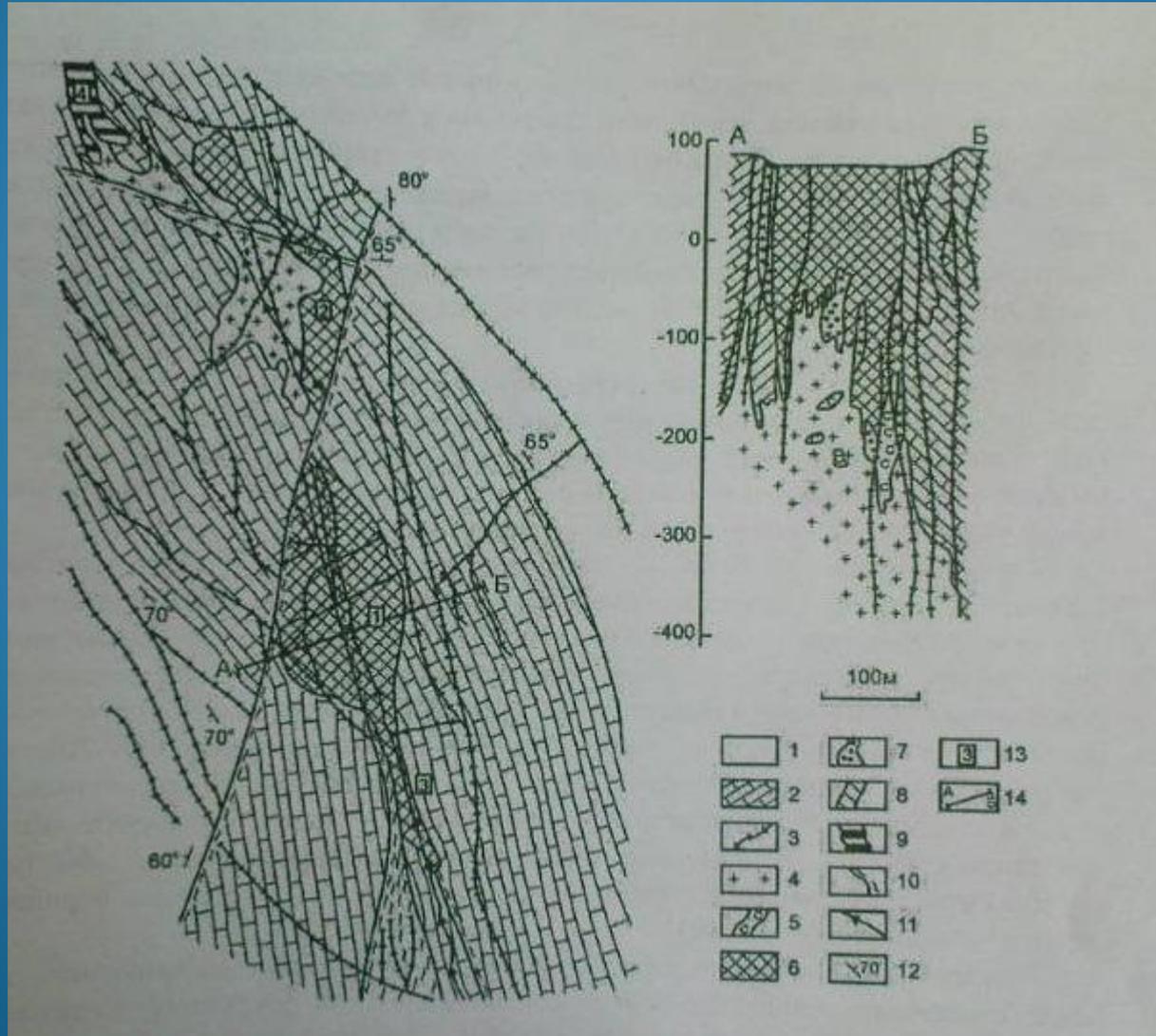
Вознесенское месторождение



Вознесенское месторождение

В переменных и незначительных количествах встречаются турмалин, кальцит, касситерит, диаспор, кварц, сульфиды. Бериллиевые минералы представлены фенакитом с подчиненным развитием хризоберилла и эвклаза и весьма редким проявлением берилла (фенакит-флюоритовый тип руд).

Вознесенское месторождение



Пограничное месторождение

Месторождение приурочено к экзоконтактовому ореолу одноименного массива литий-фтористых гранитов. Две основные залежи – Восточная и Западная – окаймляют гранитный массив, представляя собой относительно пологозалегающие линзообразные метасоматические тела. Состав руд: флюорит 25-70%, литийсодержащие слюды – 20-30%, турмалин – 20-30%. Бериллиевая минерализация представлена в основном хризобериллом, реже эвклазом и фенакитом. Руды относятся к хризоберилл-флюоритовому типу руд.

Средние содержание оксида бериллия на 01.01.2003 г., %

Компонент	Руды Вознесенского месторождения	Отвальные хвосты Вознесенского месторождения	Балансовые руды Пограничного месторождения
BeO	0.06	0,14	0,247

Получение

В настоящее время бериллий получают, восстанавливая его фторид магнием:



либо электролизом расплава смеси хлоридов бериллия и натрия. Исходные соли бериллия выделяют при переработке бериллиевой руды.

Применение

- ✓ **Легирование сплавов** (повышает твёрдость и прочность сплавов, коррозионную устойчивость поверхностей изготовленных из этих сплавов изделий).
- ✓ **Рентгентехника** (слабо поглощает рентгеновское излучение, поэтому из него изготавливают окошки рентгеновских трубок (через которые излучение выходит наружу)).
- ✓ **Ядерная энергетика** (в атомных реакторах из бериллия изготавливают отражатели нейтронов, его используют как замедлитель нейтронов).

Применение

- ✓ **Огнеупорные материалы** (оксид бериллия применяется в качестве очень важного огнеупорного материала в специальных случаях. Считается одним из лучших огнеупорных материалов.)
- ✓ **Лазерные материалы** (в лазерной технике находит применение алюминат бериллия для изготовления твердотельных излучателей)
- ✓ **Аэрокосмическая техника** (в производстве тормозов для аэрокосмической техники, тепловых экранов и систем наведения с бериллием не может конкурировать практически ни один конструкционный материал.)

Применение

- ✓ **Горное дело** (оксиликвит на основе бериллия — одно из мощнейших взрывчатых веществ, известных на сегодняшний день. Применяется при взрывных работах в горном деле)
- ✓ **Ракетное топливо** (стоит отметить высокую токсичность и высокую стоимость металлического бериллия, и в этой связи приложены значительные усилия для выявления бериллийсодержащих топлив имеющих значительно меньшую общую токсичность и стоимость. Одним из таких соединений бериллия является гидрид бериллия.

Бериллий

- Типично редкий элемент. На тонну земного вещества в среднем приходится лишь 4,2 г бериллия.
- Бериллы встречаются в гранитных пегматитах, имеющих почти во всех странах земного шара
- Месторождения минералов бериллия присутствуют на территории Бразилии, Аргентины, Африки, Индии, в России — Бурятии, Сибири и др.

три «НО»

1. Это прежде всего **хрупкость металла**. Она намного усложняет процесс его механической обработки, затрудняет получение больших листов бериллия.
2. Второе – **токсичность бериллия**.
3. И наконец, третье и очень важное «но» бериллия – его **высокая стоимость**. Цена 1 кг бериллия в США сейчас около 150 долларов, т.е. бериллий в несколько раз дороже титана.

Спасибо за внимание !