

В группу редкоземельных элементов входят собственно лантаноиды: лантан, церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, туллий, иттербий, лютеций и сходный с ними по геохимическим свойствам иттрий. Из лантаноидов только прометий получен искусственно. РЗЭ подразделяются на две группы: цериевую - от лантана до неодима и иттриевую - от самария до лютеция. Среди иттриевых выделяют три подгруппы: собственно иттрий, средние или промежуточные РЗЭ - от самария до эрбия, тяжелые - от туллия до лютеция.

Редкоземельные элементы имеют более 100 областей применения, это преимущественно высокотехнологичные, наукоемкие отрасли промышленности. Специальные сплавы, сверхмощные магнитные сплавы, катализаторы при крекинге нефти, кинескопы, люминофоры, лазеры - это и многое другое требует использования редких элементов. Они применяются как в чистом виде, так и в смесях.

Подтвержденные запасы РЗЭ - 100 млн т; в Китае 41 % мировых запасов, в России - 18, в США - 12, Австралии - 5,2, Индии - 1,1 %. Ежегодная добыча в пересчете на триоксиды составляет 80 тыс. т. Основные производители: Китай (до 60 %), США (25 %), Австралия, до недавнего времени Россия. Главные потребители: США, Китай, Япония, Россия. Темпы роста потребностей - 10 - 15% в год. Обеспеченность экономики мировыми запасами оценивается в 1,5 - 2,0 тыс. лет. Россия обладает значительными запасами РЗЭ, однако руды большинства месторождений относятся к низкокачественным.

Реальное промышленное значение имеют 8 минералов. Бастнезит, монацит и лопарит содержат РЗЭ селективно или преимущественно цериевой группы и составляют основную долю добываемого сырья. Еще 4 минерала содержат РЗЭ преимущественно иттриевой группы: ксенотим, герчит, иттросинхизит и браннерит. Один минерал - апатит - имеет комплексный переменный с преобладанием цериевой группы состав редких земель.

Месторождения - поставщики РЗЭ - разнообразны по генезису; основное промышленное значение имеют:

- магматические;
- скарновые;
- карбонатитовые;
- кор выветривания;
- россыпные.

Кроме этого, РЗЭ в качестве попутных компонентов извлекаются и из других типов месторождений. Месторождения подразделяются на три группы:

- цериевоземельные ($TRCe:TRY > 15$);
- иттриево-цериевоземельные $TRCe:TRY = 7—15$);
- иттриевоземельные ($TRCe:TRY < 7$).

Цериевоземельные месторождения - это прежде всего бастнезитовые карбонатиты. Два уникальных месторождения - Баян-Обо (Монголия) и Маунтин-Пасс (США) - располагают запасами, в сумме превышающими половину мировых запасов $TRCe$. Иттриево-цериевые месторождения представлены двумя типами:

- коры выветривания щелочно-ультраосновных карбонатитовых массивов (пример - Араша, Бразилия);
- прибрежно-морские ильменит-рутил-цирконовые россыпи с монацитом.

Иттриевоземельные месторождения относятся к трем типам:

- редкометалльные щелочные граниты с ксенотимом;
- коры выветривания гранитов с ионно-сорбированными РЗЭ;
- обогащенные РЗЭ ураноносные конгломераты.

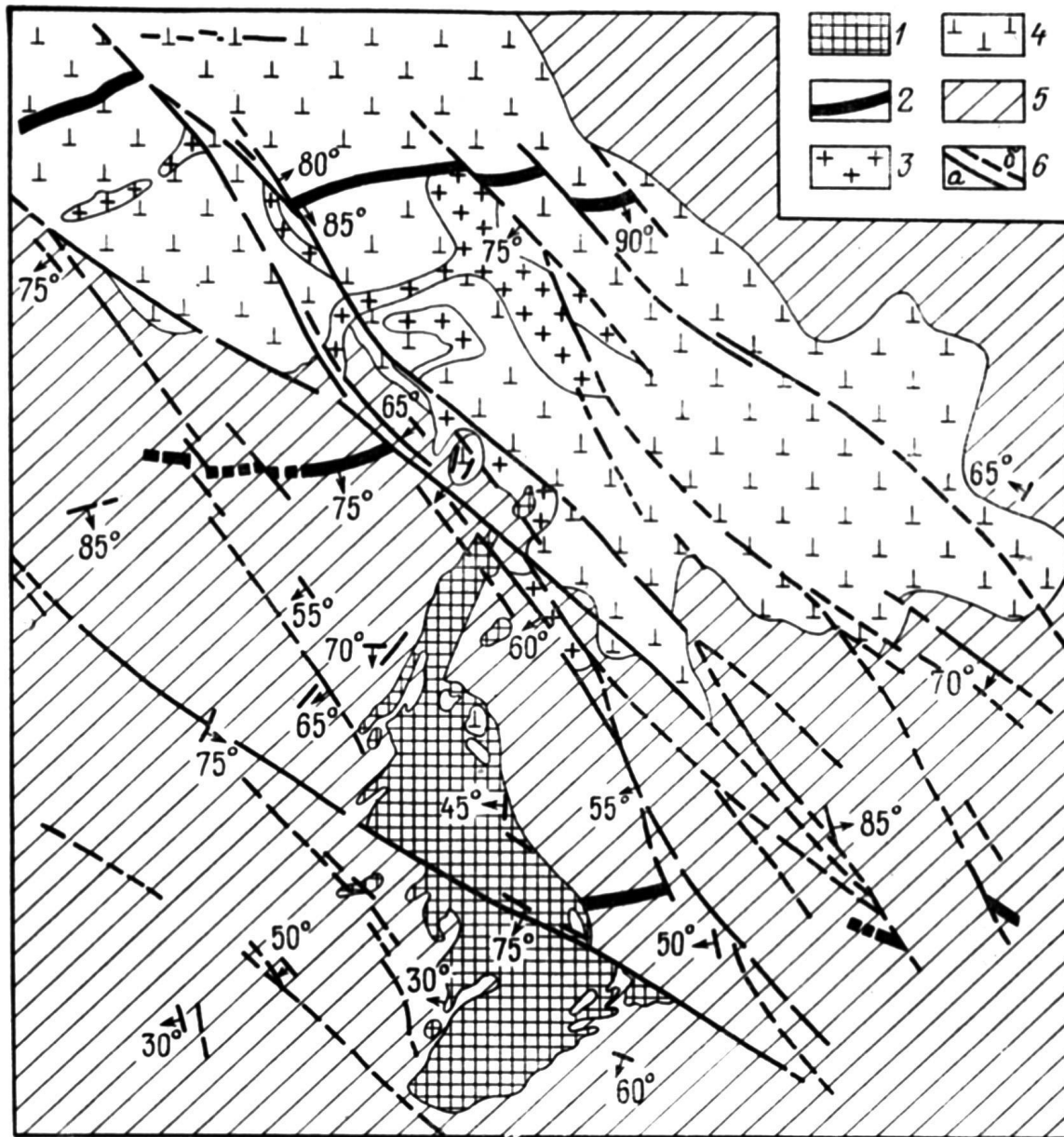
В России главные объекты представлены месторождениями двух типов:

- лопоритоносные стратифицированные нефелиновые сиениты;
- apatит-нефелиновые сиениты.

<http://www.catalogmineralov.ru/>

Монацит

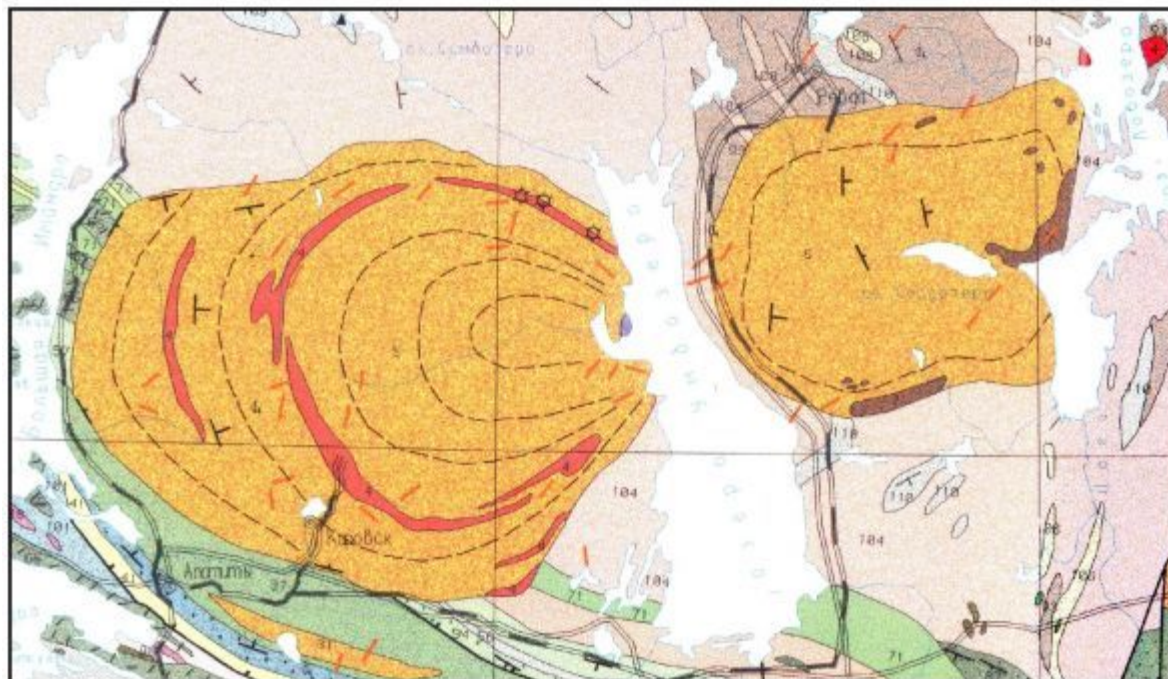
Апатит



Схематическая геологическая карта участка месторождения Маунтин-Пасс. По А. Олсону и др.

1 — карбонатные породы рудного тела Салфайд-Куин; 2 — дайки шонкинитов; 3 — калиевые граниты; 4 — сиениты — тонкиниты; 5 — гнейсы; 6 — тектонические нарушения (а — установленные, б — предполагаемые)

Геологическая карта Хибино-Ловозерского горного массива



Палеозой	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ff4500;">4</td> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ff8c00;">5</td> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #800000;">6</td> </tr> </table>	4	5	6	Поздний девон. Хибино-Ловозерский комплекс. Апатитоносные основные и ультраосновные фойдолиты (4), щелочные и нефелиновые сиениты (5), карбонаты (6), d_2 -дайки щелочных пород
	4	5	6		
	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #8b4513;">7</td> </tr> </table>	7	Нижний-средний девон. Ловозерская толща - щелочные трахиты, фонолиты, тефриты, щелочные пикриты, туфы, гравелитопесчаники		
	7				
<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #388e3c;">37</td> </tr> </table>	37	Толдская серия. Метабазальты и метаморфиты			
37					
<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #c6e0b4;">54</td> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #c6e0b4;">56</td> </tr> </table>	54	56	Умбинская свита. Верхняя подсвита - метаморфизованные трахибазальты и трахиандезибазальты, их порфириты, мандельштейны, туфы (54); нижняя подсвита - известняки, доломиты, карбонатные сланцы		
54	56				
Нижний протерозой	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #c6e0b4;">57</td> </tr> </table>	57	Полисарская свита. Верхняя подсвита - метаморфизованные магнезиальные базальты, андезибазальты, агломераты		
	57				
<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #c6e0b4;">70</td> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #c6e0b4;">71</td> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #c6e0b4;">73</td> </tr> </table>	70	71	73	Сейдореченская свита, сверху вниз: метаморфизованные дациты, андезидациты (70), андезибазальты, магнезиальные базальты (71), кварциты, полевошпат-кварцевые песчаники	
70	71	73			
Ранний архей	Метаморфические и ультраметаморфические образования				
	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #d2b48c;">104</td> </tr> </table>	104	Гнейсогранодиориты, гнейсотоналиты, плагионейсограниты		
	104				
	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #d2b48c;">106</td> </tr> </table>	106	Гранат-биотитовые гнейсы с силлиманитом, кордиеритом		
106					
<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #d2b48c;">108</td> </tr> </table>	108	Гнейсы, амфиболиты, железистые породы			
108					
<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px; background-color: #d2b48c;">110</td> </tr> </table>	110	Биотитовые и амфибол-биотитовые гнейсы и гнейсограниты, амфиболиты			
110					

Цирконий используют в ядерных реакторах, для изготовления огнеупоров, керамики, спецстекла, сплавов; гафний находит применение в контрольной аппаратуре АЭС.

Гафний получают как попутный элемент из циркониевых концентратов. Подтвержденные запасы циркония — 63 млн т.

Наибольшее количество их сосредоточено в Австралии (42,6 %), ЮАР (22,6 %), на Украине (9,5 %), в США (8,4 %), России (7,2 %). Ежегодное производство циркониевых концентратов (65 % ZrO) превышает 1 млн т. Первое место занимает Австралия (500 тыс. т), затем следуют ЮАР (260 тыс. т), США (125 тыс. т).

Промышленные минералы — циркон и бадделеит. Основная масса (95 %) мировых запасов заключена в прибрежно-морских современных и мезокайнозойских россыпях с цирконом, рутилом, ильменитом, монацитом и др. Кроме этого, в качестве попутного компонента цирконий получают из бадделеита при разработке карбонатитовых месторождений, редкометалльных щелочных гранитов, нефелиновых сиенитов.

Циркон

Бадделеит

Тантал и ниобий - близки по свойствам и всегда встречаются совместно.

Ниобий используется для легирования сталей, производства суперсплавов для нефтяных и газовых трубопроводов, авиадвигателей, в судостроении, автомобильной промышленности и т. д.

Тантал используется в электронике, для изготовления суперсплавов ядерных реакторов, космической техники.

Подтвержденные запасы Nb_2O_5 составляют 8,7 млн т; из них 4,3 млн т (49 %) находятся в Бразилии; 4,1 млн т (46,8 %) — в России; далее следуют Канада, Австралия, Уганда. Мировое потребление ниобия — 26,5 тыс. т. Основные производители— Бразилия (22 тыс. т), Канада (3,2 тыс. т). Главные потребители— США, Япония, Зап. Европа. Обеспеченность запасами — от 100 до 500 лет.

Подтвержденные запасы Ta_2O_5 оцениваются в 105 тыс. т; наибольшее их количество сосредоточено в Австралии, Бразилии, Китае, Канаде, Египте, Франции. Общий объем производства тантала в мире превышает 1800 т, из них 800 т получают из руд, 270 — из оловянных шлаков, остальное — вторичное производство. Основными поставщиками (из руд) являются: Австралия (50%), Бразилия (18%), Китай (7%). Обеспеченность запасами — 200 лет.

Из 108 минералов ниобия практическое значение имеют пирохлор, в меньшей степени — колумбит и лопарит. Из 47 минералов тантала промышленное значение имеют танталит, микролит, воджинит.

Крупными считаются месторождения ниобия с запасами более 500 тыс. т Nb_2O_5 , мелкими — с запасами менее 100 тыс. т. Для тантала порядок цифр иной: крупными являются месторождения с запасами 10 — 15 тыс. т Ta_2O_5 , мелкими — 1—2 тыс. т. Богатые месторождения содержат более 0,4 — 0,5% Nb_2O_5 и 0,025 Ta_2O_5 ; бедные — 0,1-0,15% Nb_2O_5 и 0,012-0,015% Ta_2O_5 . Тантал значительно дороже, поэтому все месторождения условно разделяются на собственно ниобиевые ($Nb:Ta > 20:1$), тантало-ниобиевые ($Nb:Ta$ от 20:1 до 5:1) и танталовые ($Nb:Ta$ от 5:1 до 1:3).

Колумбит

Танталит

Пирохлор

Микролит

Применение 1т ниобия в малоуглеродистой стали

1

**ЭКОНОМИТ
200 – 300 Т
ЖЕЛЕЗА**

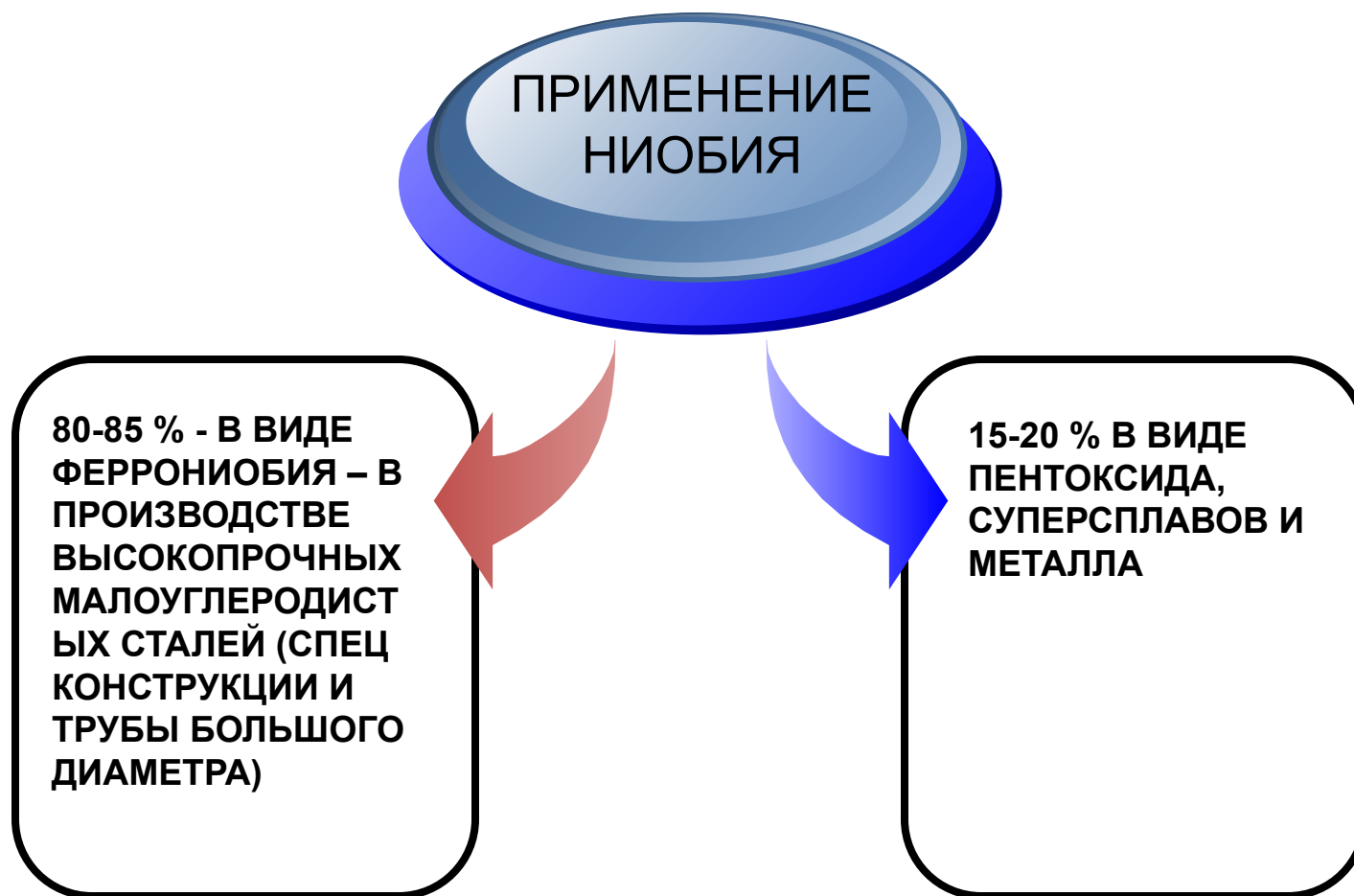
2

**СНИЖАЕТ
МАССУ
КОНСТ-
РУКЦИИ НА
30 -40 %.**

3

**СРОК
СЛУЖБЫ
ИЗДЕЛИЙ
УВЕЛИ-
ЧИВАЕТСЯ В
1,5 – 2 РАЗА**

Ниобий в промышленности



ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НИОБИЯ И СООТНОШЕНИЯ ИХ ЗАПАСОВ (%)

90

**Пироклорсодержащие
карбонатитовые**

6

**Месторождения щелочных
гранитов и россыпи**

4

**Пегматиты и редко-
земельные граниты**

ОСНОВНЫЕ ТАНТАЛ-НИОБИЕВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

- 1** БЕЛОЗИМИНСКОЕ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)
- 2** ТОМТОРСКОЕ (ЯКУТИЯ)
- 3** ТАТАРСКОЕ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)
- 4** УЛУГ-ТАНЗЕКСКОЕ (ТУВА)

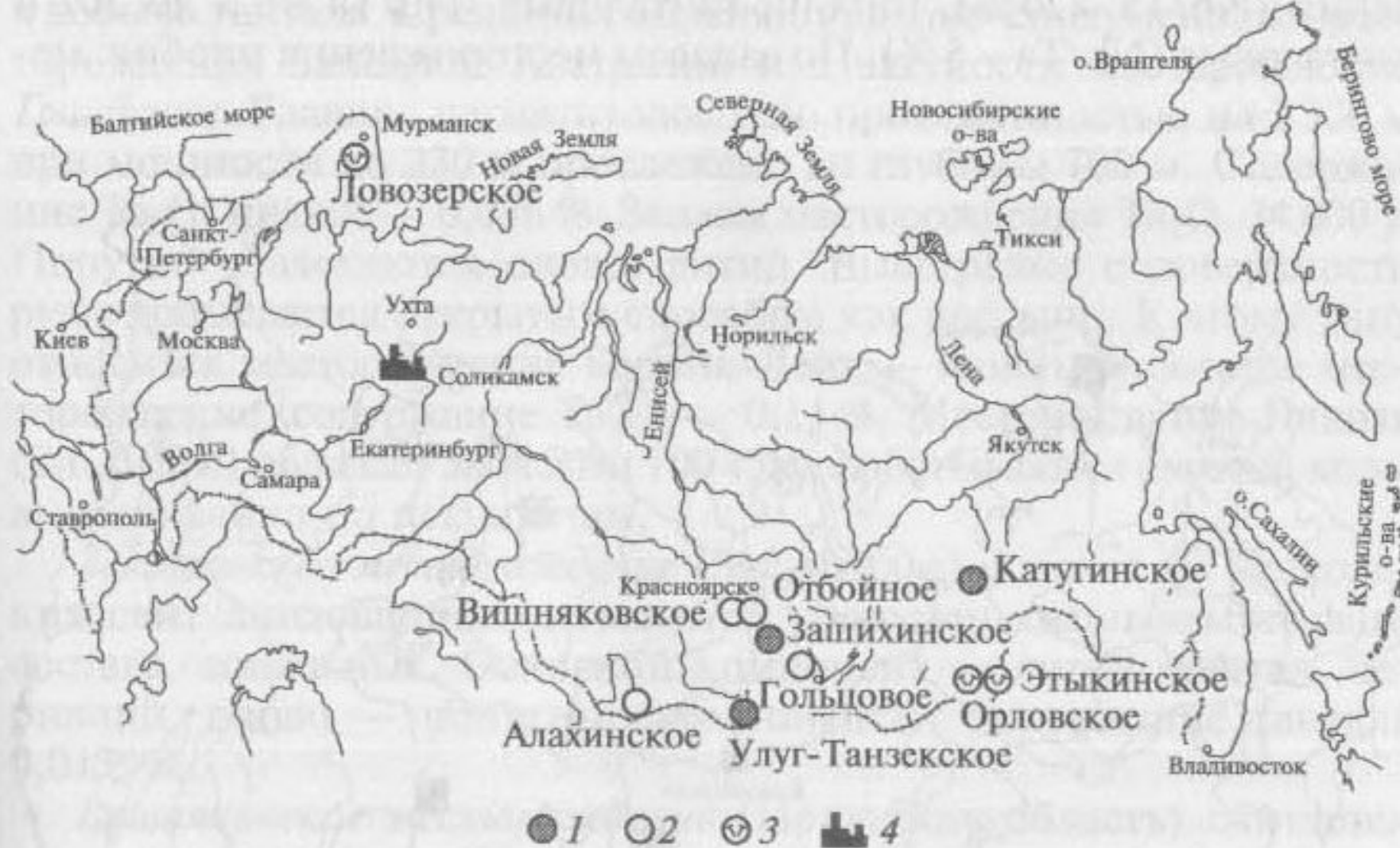


Рис. 6.51. Схема размещения основных месторождений тантала в России (по В. В. Рябцеву и др., 2006):

1—3 — месторождения (1 — ниобий-танталовые, 2 — танталовые, 3 — разрабатываемые); 4 — предприятия по переработке руд

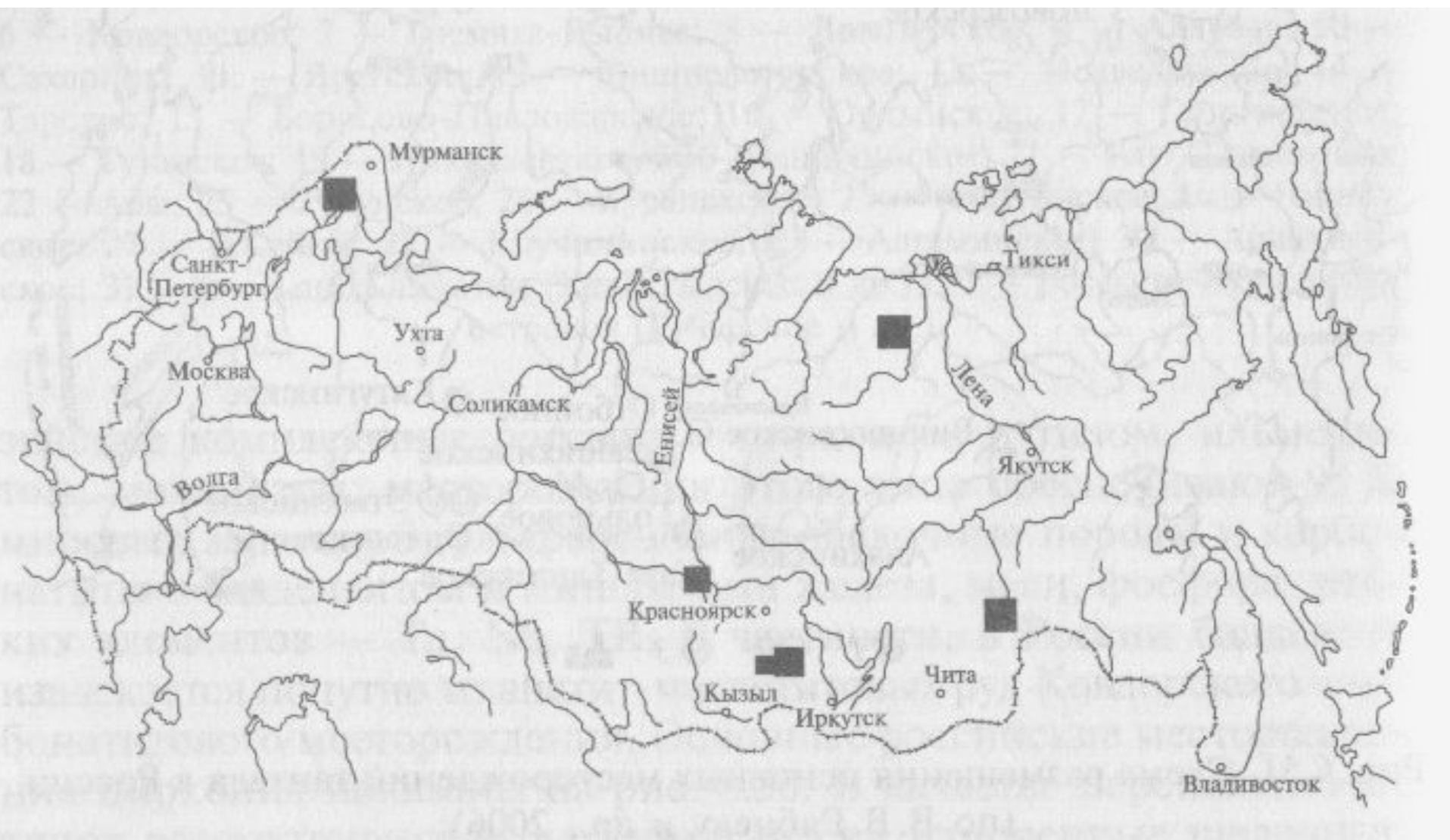


Рис. 6.52. Схема размещения основных месторождений ниобия в России (по А. В. Елютину, Л. Б. Чистову, Е. М. Эпштейну, 1999)

Турмалин с микролитом

Завитинское
месторождение, жила
Полиминеральная.

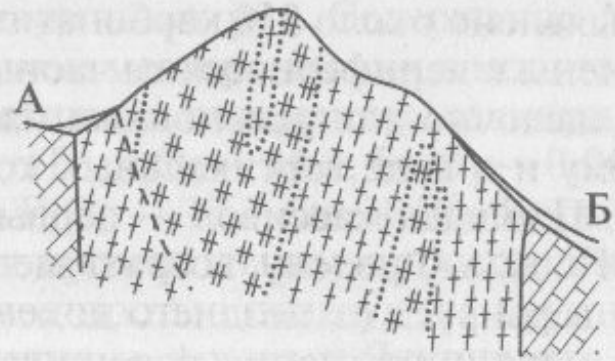
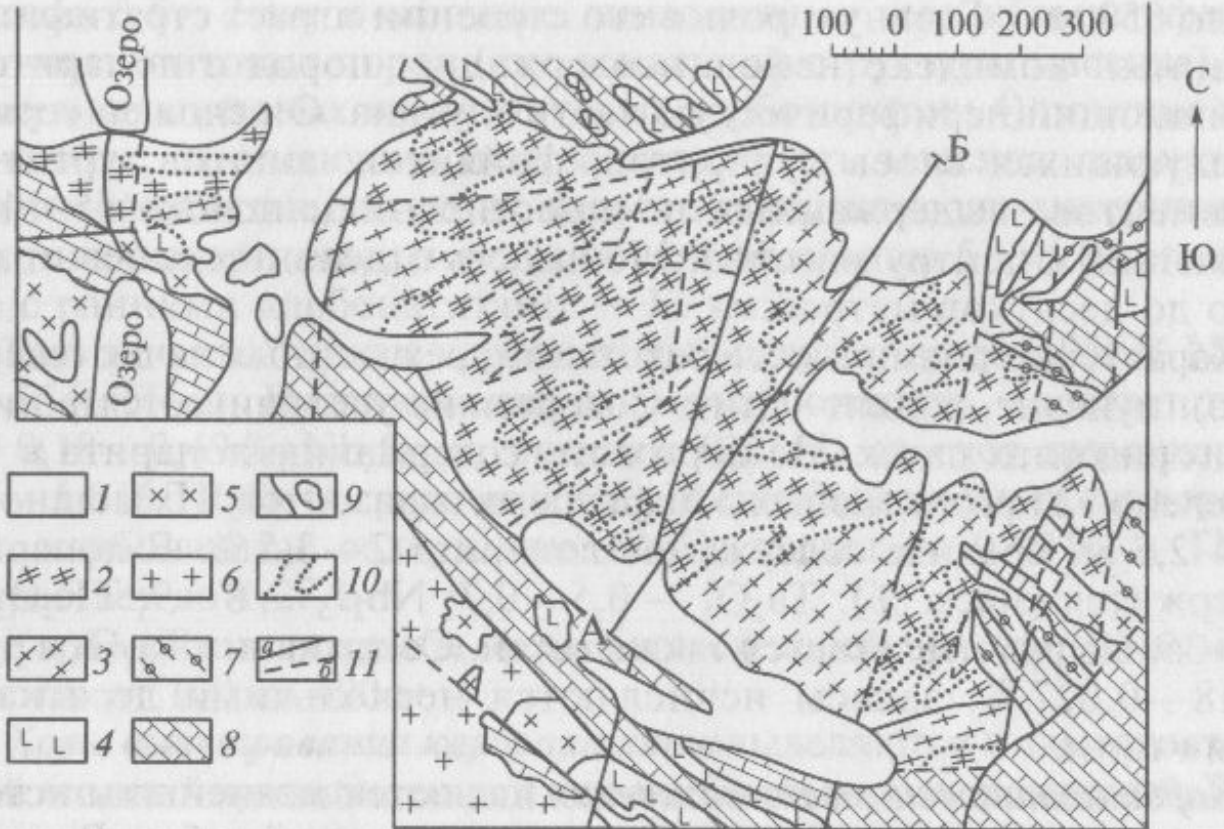
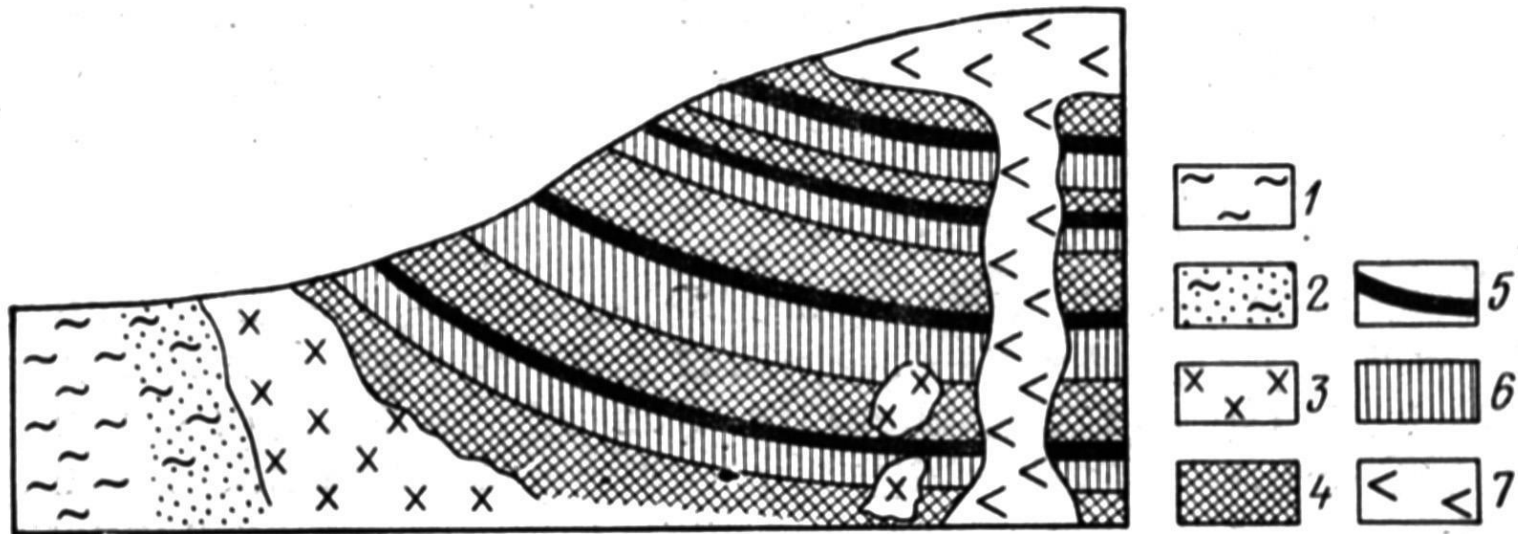
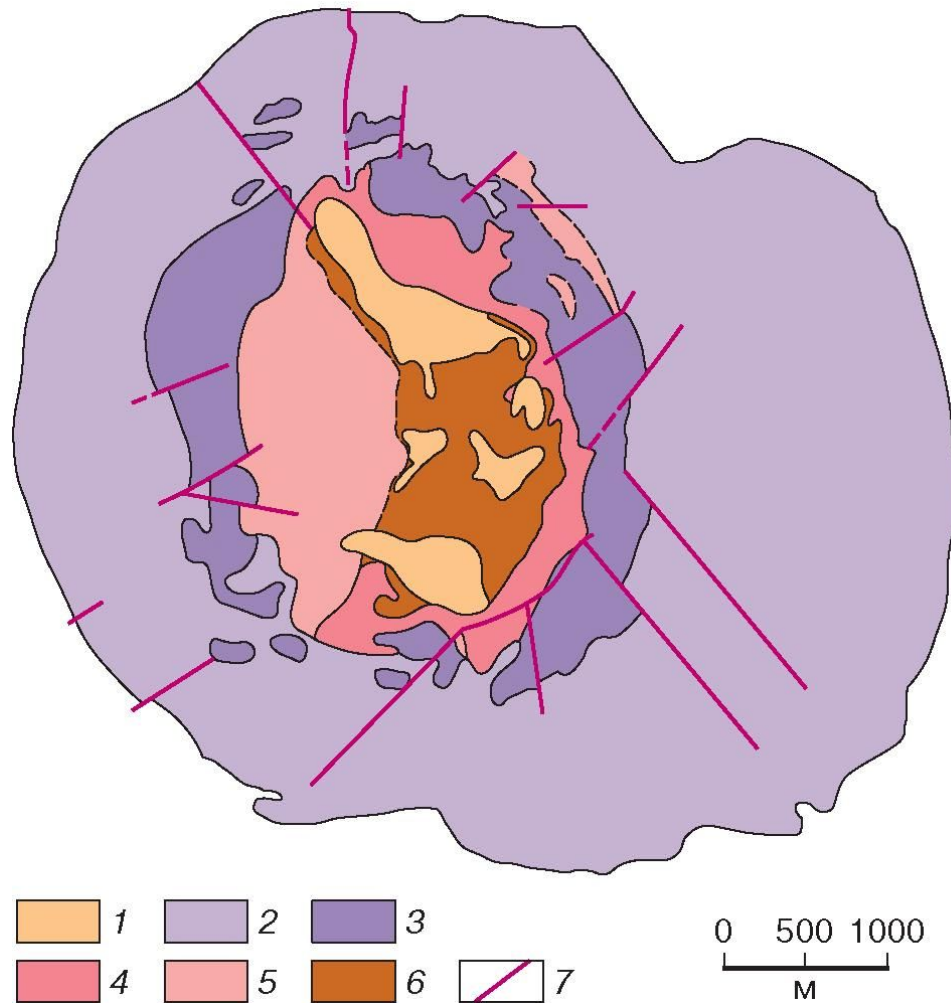


Рис. 6.53. Схематическая геологические карта и разрез Улуг-Танзекского месторождения (составлены с использованием данных разведочных работ) (по В.В.Рябцеву и др., 2006):

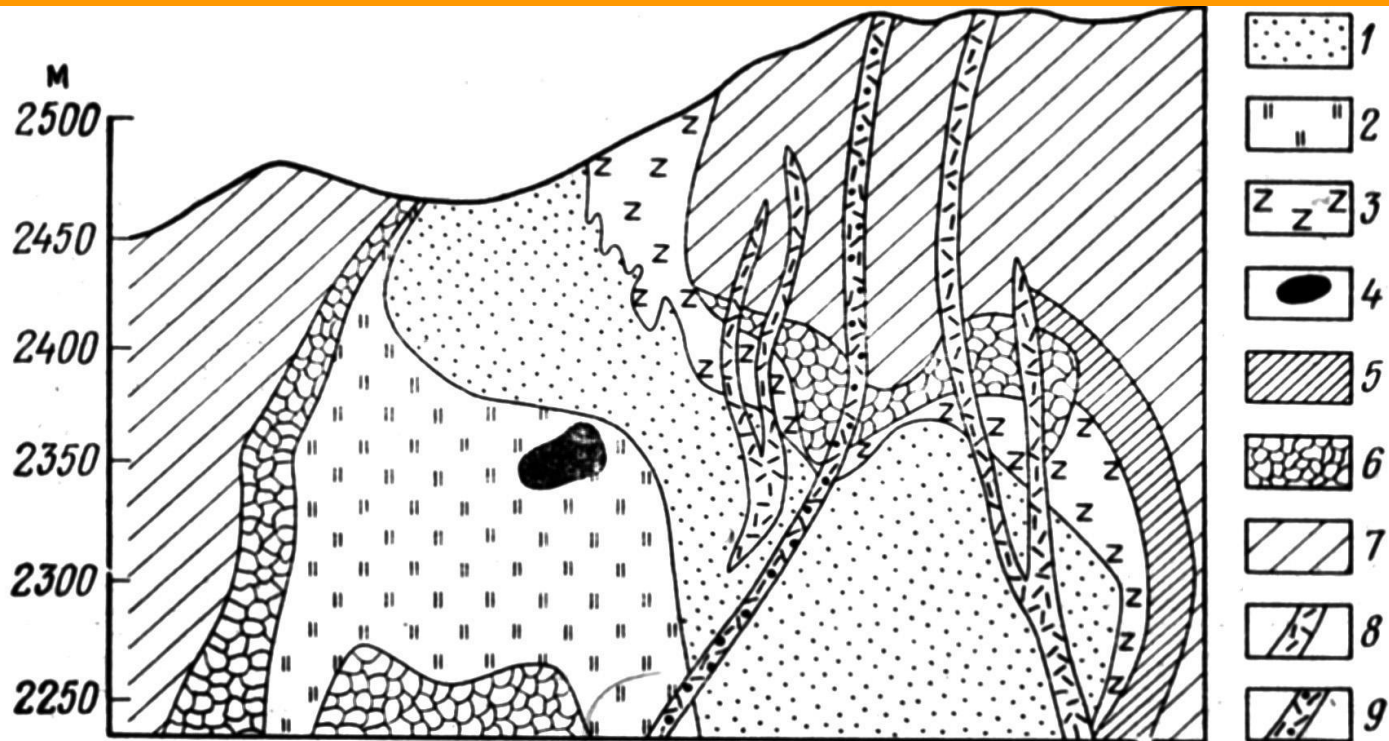


Схематический геологический разрез массива стратифицированных нефелиновых сиенитов. Ловозерское месторождение

1 — гнейсы архея; 2 — фениты; 3 — пойкилитовые и порфировидные нефелиновые сиениты; 4—6 — стратифицированный комплекс: 4 — фойяиты, 5 — лопаритовые лейкограниты, 6 — уртиты; 7 — эвдиалитовые лейкограниты



Геологическая схема массива Томтор по А.В. Лапину и А.В. Толстову, с упрощениями: 1 - перекрывающие осадочные породы: песчаники, угли, конгломераты; 2-5- магматические породы: 2-сиениты, состоящие из щелочных полевых шпатов и нефелина, 3 - карбонатизированные бесполевошпатовые породы, состоящие в основном из пироксенов, 4 - поздние карбонатиты (доломит-анкеритовые, кальцит-анкеритовые), 5 - ранние карбонатиты (доломит-кальцитовые и кальцитовые), 6 - рудоносные коры выветривания карбонатитов с пирохлором и монацитом; 7- разрывные нарушения.



Геологический разрез гранофировой трубки, с которой связано редкоземельно-полиметаллическое оруденение.

1 — вторичные кварциты по гранофирам; 2 — кварц-хлоритовые породы; 3 — биотитовые роговики; 4 — мономинеральный кварц; 5—7 — сланцы: 5 — гидротермально измененные зеленые, 6 — брекчированные, 7 — амфиболовые; 8, 9 — дайки порфиров: 8 — диабазовых, 9 — андезитовых

