Геологический факультет
Кафедра геологии геохимии и экономики полезных ископаемых

Mo

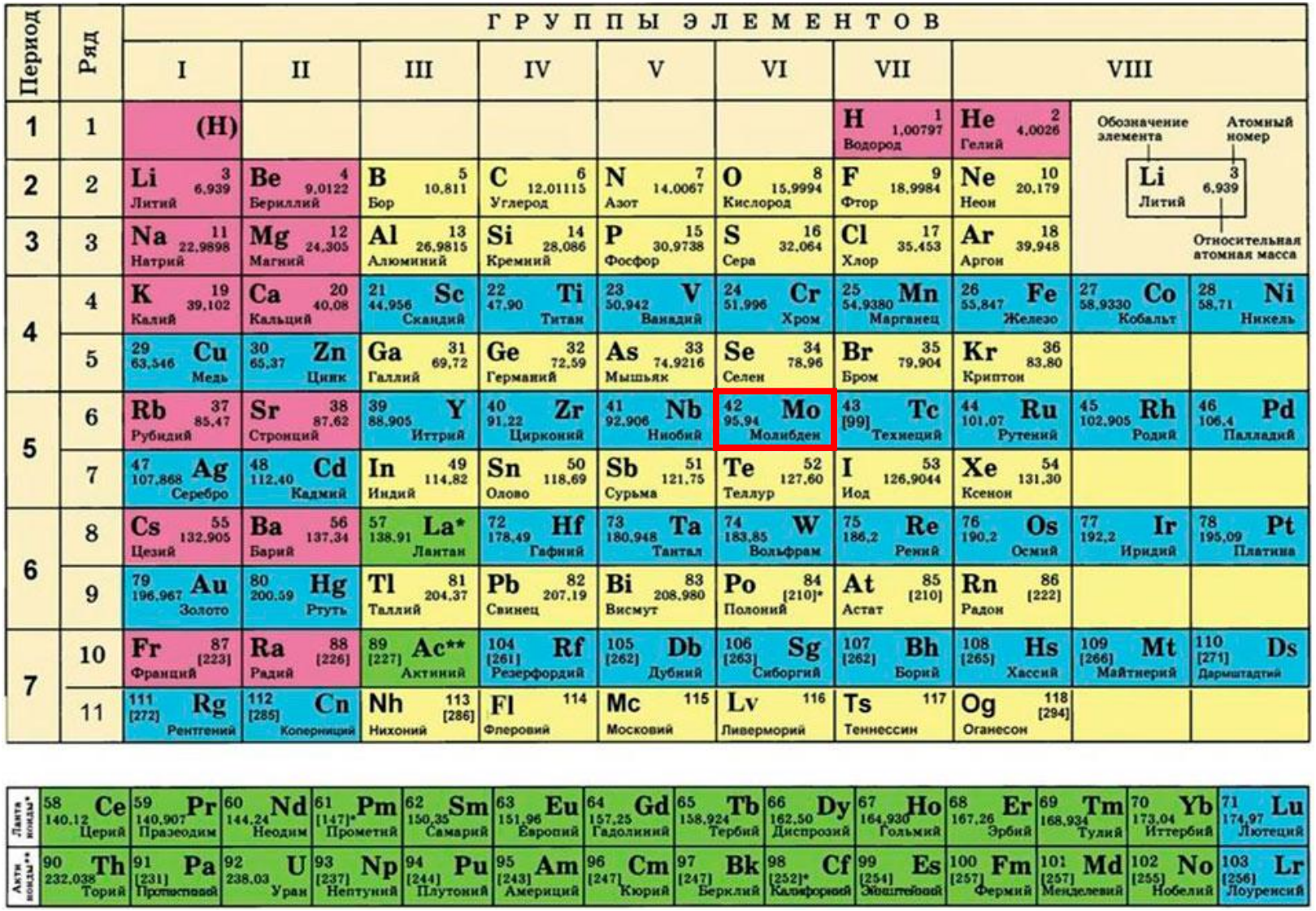
Стратегическое, дефицитное и критическое минеральное сырье

МОЛИБДЕН

Выполнила: Савостьянова М.М., группа 103м
Преподаватель: профессор Ерёмин Н.И.

2020 г.

Mo



н (лат. Molibdaenum),
Mo – химический элемент VI группы периодической системы Менделеева

Порядковый номер – 42

Относительная атомная масса – 95,94 а.е.м.

Переходный металл светло-серого цвета

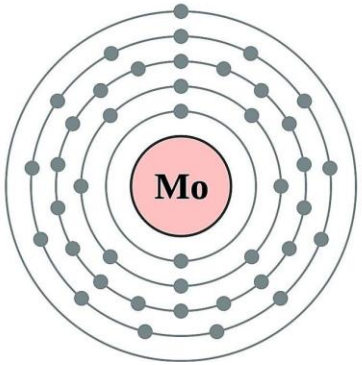
Открыт в 1778, в составе MoO_3, шведским химиком К. Шееле
Чистый молибден в 1817 получил шведский химик и минералог Й. Берцелиус

[3,7]

Строение атома

Mo

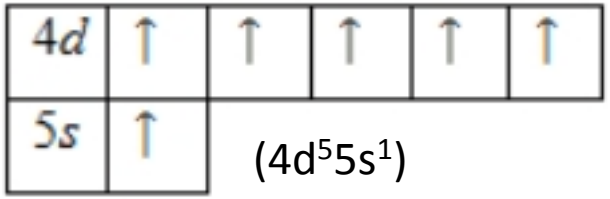
42: Molybdenum 2,8,18,13,1



Схематическое строение атома молибдена

- Атом молибдена состоит из положительно заряженного ядра (+42), внутри которого есть 42 протона и 54 нейтрона, а вокруг, по орбитам вокруг ядра, вращаются 42 электрона

- Внешний энергетический уровень атома молибдена содержит 6 электронов, которые являются валентными. Энергетическая диаграмма основного состояния принимает следующий вид:



($4d^5 5s^1$)

[8]

Физические свойства молибдена

Mo

- Тугоплавкий, температура плавления – 2620±10°C;
- Имеет высокую температуру кипения (4800°C) => обладает хорошей жаропрочностью
- Теплопроводность – 142Вт/(м·К);
- Плотность молибдена (10,2 г/см^3) почти в два раза меньше плотности вольфрама (19,3 г/см^3) => сплавы на основе молибдена обладают значительно большей удельной прочностью;
- Довольно легко подвергается штамповке и прокатке;
- Парамагнитен.

[6,7]

Химические свойства молибдена

Mo

- Степени окисления от +2 (валентность II) до +6 (VI) — наиболее характерна высшая валентность;
- Коррозионностойкий при влажности воздуха менее 60%;
- Начинает окисляться при T=400°C. Выше T=600°C быстро окисляется до триоксида MoO_3;
- В соляной и серной кислотах Молибден несколько растворим лишь при 80-100°C;
- Азотная кислота, царская водка и пероксид водорода медленно растворяют металл на холоде, быстро – при нагревании.

[6,7]

Геохимия и минералогия

Mo

- Кларк молибдена 1.7 ppm, при этом, в гипербазитах и карбонатных породах он составляет 0.2 ppm, в гранитах — 2 ppm;
- Промышленные концентрации его связаны с кислыми щелочно-земельными магмами, из которых он выносится постмагматическими гидротермальными растворами;
- Концентрация молибдена в магматических породах повышается от более древних к молодым массивам по мере увеличения в них кремнезема и щелочей;
- В свободном виде не встречается;
- Известно около 20 молибденовых минералов.

[1]

Mo

Геохимия и минералогия

Промышленное значение имеют

- **молибденит** — MoS_2, на него приходится 95% добычи;
- **молибдошеелит** $Ca(Mo,W)O_4$.

Совсем незначительную роль играют

- **повеллит** $CaMoO_4$;
- **ферримолибдит** $Fe_2O_3 \cdot 2MoO_3 \cdot 7{,}5H_2O$;
- **вульфенит** $PbMoO_4$,

распространенные в зоне окисления.

Молибденит в плагиоклазе

Вульфенит

Корочки повеллита на кварце

Ферримолибдит на кварце

[1,10,11]

Mo

Типы промышленных месторождений

- Плутоногенные гидротермальные (связаны со штоками порфировых интрузий и локализовано в эндо- и экзоконтактовых зонах);
- Скарновые (связаны с экзоконтактовыми зонами гранитоидных массивов среди пород карбонатного или алюмосиликатного состава);
- Грейзеновые (связаны с поздними этапами формирования позднегерцинсих и альпийских многофазных плутонов кислых и лейкоратовых гранитов),

в которых содержится 94% запасов молибдена.

Как попутный элемент встречается в вулканогенных гидротермальных, пегматитовых, карбонатитовых, альбититовых, колчеданных месторождениях

[1]

Классификация месторождений:

Mo

- Уникальные месторождения (Клаймакс, Гендерсон, США) – более 500 тыс. т. металла;
- Крупные – от 100 до 500 тыс. т.;
- Средние – от 25 до 100 тыс. т.;
- Мелкие промышленные месторождения — менее 25 тыс. т.

Классификация руд:

- Богатые – содержание молибдена превышает 0,5%;
- Рядовые – содержат 0,5-0,2%;
- Бедные — 0,2-0,1%;
- Убогие — 0,1—0,02% (в комплексных рудах).

[1]

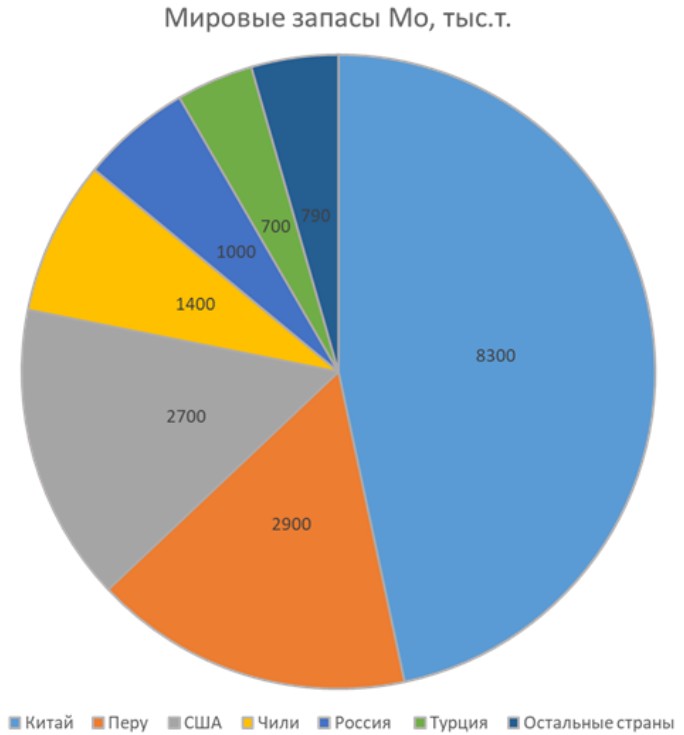
Запасы и ресурсы

Ресурсы:

- Мировые ресурсы молибдена составляют 86,1 млн т;
- Наибольшими ресурсами обладают Китай, США, Перу, Чили, Канада и Россия.

Запасы:

- Мировые запасы молибдена составляют 18 млн.т.;
- Наибольшими запасами обладают: Китай, Перу, США, Чили, Россия и Турция.



[2,3,5]

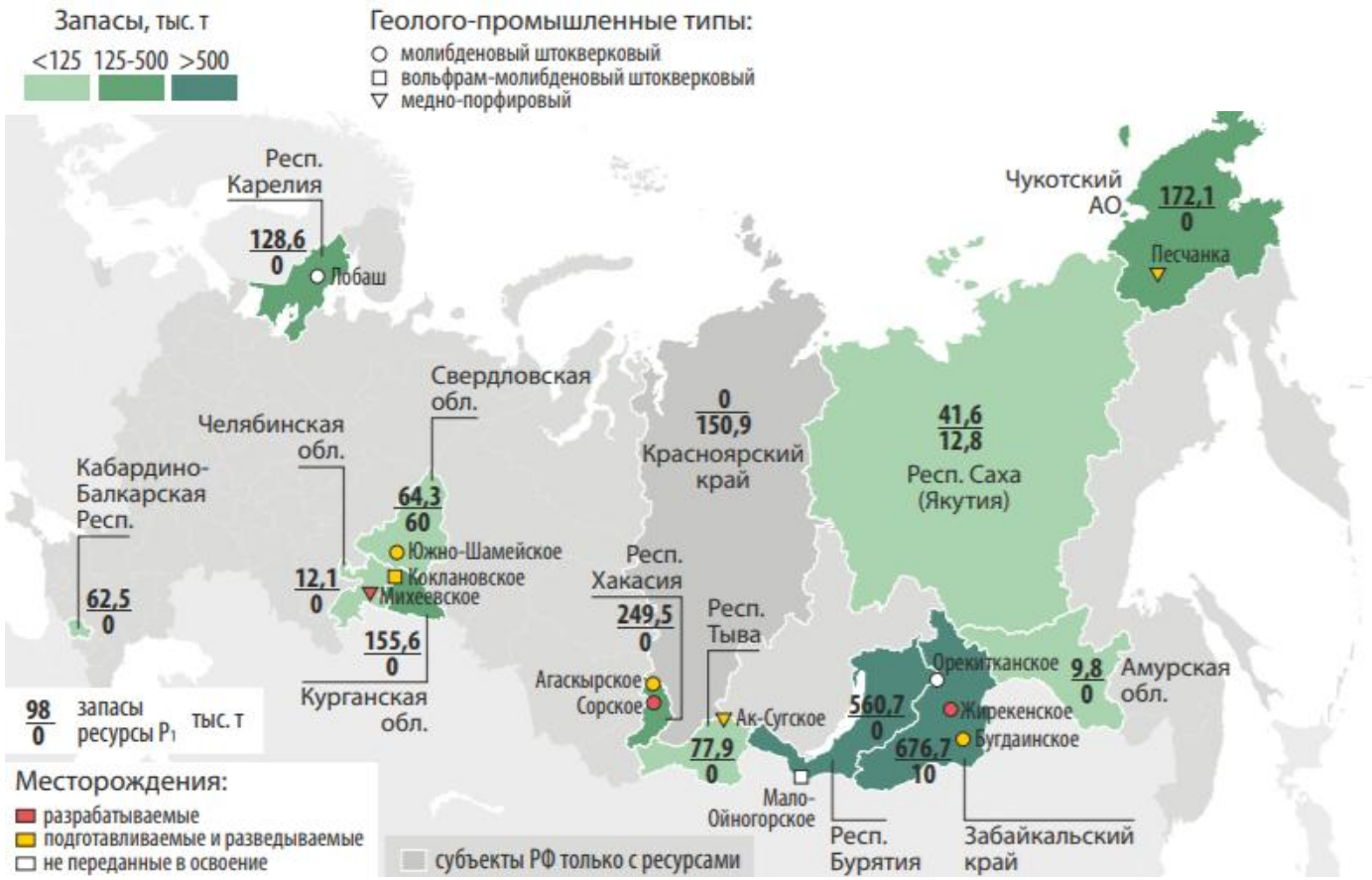
Минерально-сырьевая база России

Почти 60% запасов металла сосредоточено в Забайкалье, где располагаются крупнейшие штокверковые месторождения собственно молибденовых руд

Аналогичные единичные
объекты формируют сырьевые базы республик Хакасия и Карелия, Курганской и Свердловской областей

Месторождение (субъект РФ)	Геолого-промышленный тип	Запасы на 01.01.2019 г. категорий, тыс. т		Доля в запасах РФ, %	Содержание Mo в рудах, %	Добыча в 2018 г., тонн
		A+B+C$_1$	C$_2$			
РАЗРАБАТЫВАЕМЫЕ						
ООО «Сорский ГОК» (Группа «Базовый элемент»)						
Сорское (Республика Хакасия)	Штокверковый собственно молибденовый	94	0,2	4,3	0,061	2 805
ОАО «Жирекенский ГОК» (Группа «Базовый элемент»)						
Жирекенское (Забайкальский край)	Штокверковый собственно молибденовый	61,6	0	2,8	0,105	0
АО «Михеевский ГОК» (АО «Русская медная компания»)						
Михеевское (Челябинская область)	Медно-порфировый	0	12,1	0,6	0,002	507
Добыча на основных разрабатываемых месторождениях						**3 312**

Основные месторождения молибдена



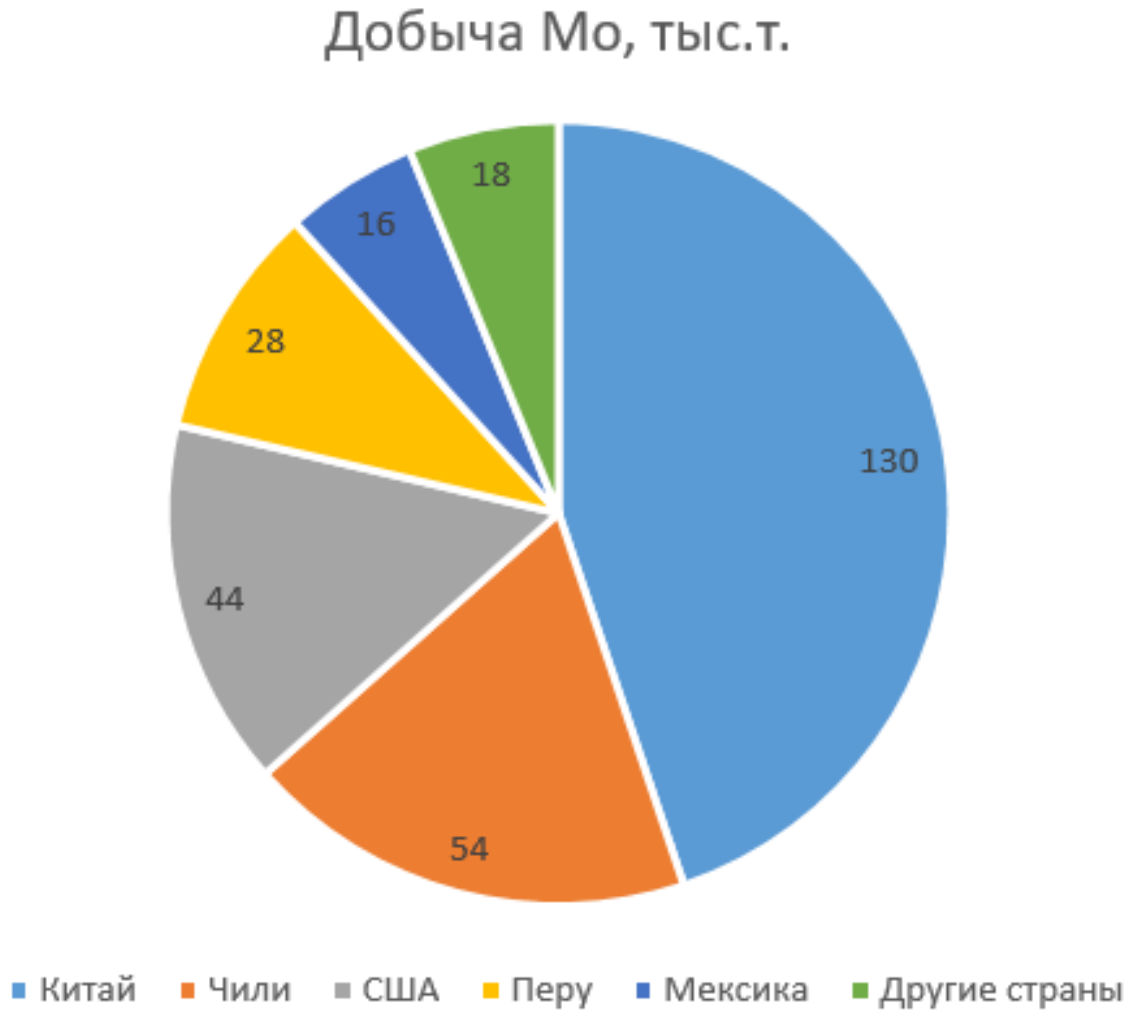
[2]

Добыча молибдена на 2019 год

Mo

Большая часть молибденовых руд добывается открытым способом, меньшая – подземным

В Росси в 2019 году добыто 2,8 тыс. т.



[2,5]

Mo

Получение молибдена

- Добытая молибденовая руда дробится и измельчается в шаровых или стержневых мельницах до получения частиц размером 10^{-3} мм, что позволяет отделить молибденит от нерудных минералов;
- Измельчённая смесь (рудных и нерудных минералов) подвергается пенной флотации, где пена с рудным минералом отделяется от пульпы, а нерудные минералы накапливаются на дне флотационных ячеек;
- Получившийся молибденовый концентрат содержит 85-93% MoS_2;
- Этот концентрат подвергается выщелачиванию кислотами, что позволяет удалить примеси (медь, свинец и др.)

[12]

Mo

- Молибденовый концентрат подвергается обжигу при температуре 500 – 650°C. Ход процесса описывается реакциями:

$2MoS_2 + 7O_2 = 2MoO_3 + 4SO_2$

$MoS_2 + 6MoO_3 = 7MoO_2 + 2SO_2$

$2MoO_2 + O_2 = 2MoO_3$

- Обожженный концентрат известен как технический оксид молибдена (MoO_3). Он содержит минимум 57% молибдена и не более 0,1% серы.
- Некоторые молибденитовые концентраты, попутно получаемые из медных руд, содержат небольшое количество Re (<0,10%). Обожженные молибденитовые концентраты являются главным источником этого металла.

[12]

- 30 – 40% получившегося технического оксида молибдена используется для производства ферромолибдена (FeMo). Оксид смешивается с оксидом железа и при высокой температуре восстанавливается в алюмотермической реакции. В результате получаются отливки ферромолибдена (60 – 75% Mo);
- Около 25% обожженных молибденитовых концентратов используется для получения разнообразных химикатов. Для этих целей используются:

1) процесс сублимации, позволяющий получить чистый оксид молибдена (MoO_3);
2) химические процессы для получения оксидов молибдена и молибдатов;

Обожженные концентраты растворяются в щелочных растворах (растворах гидроксида натрия или аммония) с последующим удалением примесей путем их осаждения и фильтрации и(или) растворения в специальных жидкостях. Раствор молибдата аммония затем используется для получения разнообразных молибдатов путем их кристаллизации или осаждения при добавлении кислоты. Кристаллические молибдаты затем прокаливаются для получения чистого триоксида молибдена.

Ферримолибден

Mo

- Чистый триоксид молибдена или димолибдат аммония используются для получения металлического молибдена

Восстановление триоксида молибдена или молибдата аммония в атмосфере водорода осуществляется в две стадии, поскольку реакция восстановления является экзотермической и выделение тепловой энергии останавливает процесс. На первой стадии при температурах 450 – 650°C получается диоксид молибдена MoO_2 . На второй стадии при температурах 1000-1100°C получается металлический молибден

Чистый молибденовый порошок

[12]

Mo

Области использования

Феррримолибден:

- Добавки ферромолибдена делают сталь тверже и намного прочнее, и в то же время поддающейся сварке, поскольку молибден входит в пятерку наиболее тугоплавких металлов. Кроме того, они повышают сопротивление коррозии;
- Стали с добавками ферромолибдена используются для производства:

  ➢ инструментов и оборудования, военной техники, несущих частей конструкций и бурового инструмента, легковых автомобилей и самосвалов, локомотивов и кораблей;

  ➢ нержавеющих и жаропрочных сталей, используемых на химических предприятиях, в теплообменниках, электрогенераторах, оборудовании для переработки нефти, турбинах, пропеллерах самолетов, таре для хранения кислот;

  ➢ инструментальные и быстрорежущие стали с большими добавками ферромолибдена используются для отверток, шаров и стержней для мельниц, блоков цилиндров, поршневых колец, буровых коронок.

[3,6,7,12]

Mo

Области использования

В качестве легирующей добавки, молибден повышает красностойкость, упругость, предел прочности на растяжение, антикоррозионные свойства и сопротивление окислению при высоких температурах. Также он делает состав стали более равномерным. Молибден является обязательным элементом в быстрорежущих сталях.

Его применяют для производства:

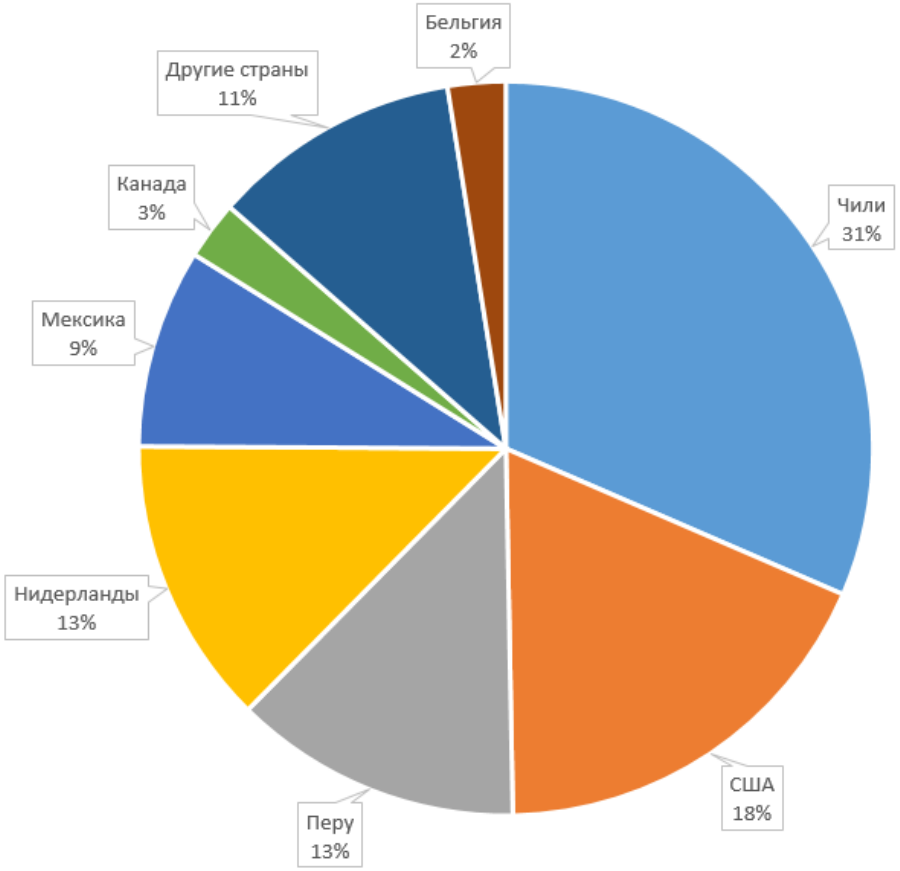
- панелей космических летательных аппаратов, теплообменников, оболочек, возвращающихся на землю ракет и капсул, тепловых экранов, обшивки кромок крыльев и стабилизаторов в сверхзвуковых самолетах
- мощных моторов и легких металлических листов обшивки;
- жесткого каркаса из металлотруб;

крючков на нити накаливания в нагревательных приборы (лампы);

- анодов радиоустройств;
- жаропрочного сплава;
- микроудобрений.

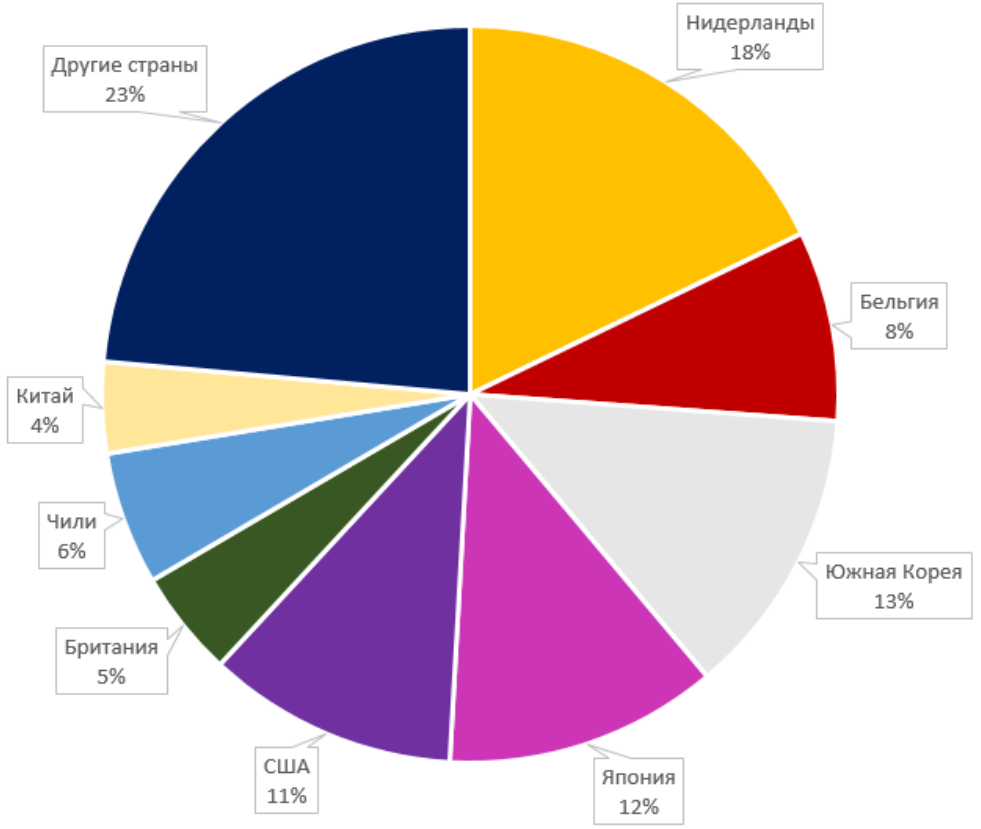
[3,6,7,12]

Экспорт и импорт молибденового концентрата



Экспорт, %

Россия – 0,86 %



Импорт, %

Россия – 1,03 %

[9]

Mo

Заключение и выводы

- Молибден относят к стратегическому виду сырья для РФ;
- Россия располагает достаточно крупной сырьевой базой молибдена, однако добыча металла в стране находится на низком уровне, не позволяя России занимать сколько-нибудь значимое положение на мировом рынке;
- Ожидается, что в краткосрочной перспективе спрос на молибден будет расти, тогда как поставки молибдена могут сократиться, что окажет поддержку ценам и позволит собственно молибденовым предприятиям более полно задействовать свои мощности;
- По состоянию на 01.01.2019 г. освоенность сырьевой базы молибдена в России находится на достаточно высоком уровне

[2,3,4,12]

Заключение и выводы

Главными задачами являются:

- освоение разведанных месторождений с рентабельными запасами;

- поисковые работы, с целью открытия новых месторождений с рудами, более богатыми и конкурентоспособными на мировом рынке, чем включённые на данный момент в Госбаланс.

Невысокие потребности России, пока что, удовлетворяются, за счёт добычи

[2,3,12]

Mo

Список литературы

1. Авдонин, В.В. «Месторождения металлических полезных ископаемых» / В.В. Авдонин, В.Е. Бойцов, В.М. Григорьев и др. // – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Академический Проект; Трикста, 2005.– 720 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерьно-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2018 году» / Гл. ред. Е.А. Киселев // - М., 2018. – 424 с.
3. Ставский А.П., «Минеральное сырье: от недр до рынка»: в 3-х т. – Т. 3 / А.П. Ставский и др. // - М.: Научный мир, 2011. – 624 с.
4. Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 22.12.2018 г No 2914-р Председатель правительства Д. Медведев.
5. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, 2020, p. 110-112.
6. https://specmetal.ru/spravochnaya-informatsiya/svojstva-molibdena (интернет ресурс)
7. https://www.metotech.ru/molibden-opisanie.htm (интернет ресурс)
8. http://ru.solverbook.com/spravochnik/ximiya/11-klass/stroenie-atoma/molibden/(интернет ресурс)
9. https://oec.world/en/visualize/tree_map/hs92/import/show/all/15720270/2018/(интернет ресурс)
10. https://webmineral.ru/minerals/item.php?id=21616(интернет ресурс)
11. https://wiki.web.ru/(интернет ресурс)
12. Материалы лекций по дисциплине «Экономика минерального сырья» , А. Л. Дергачев