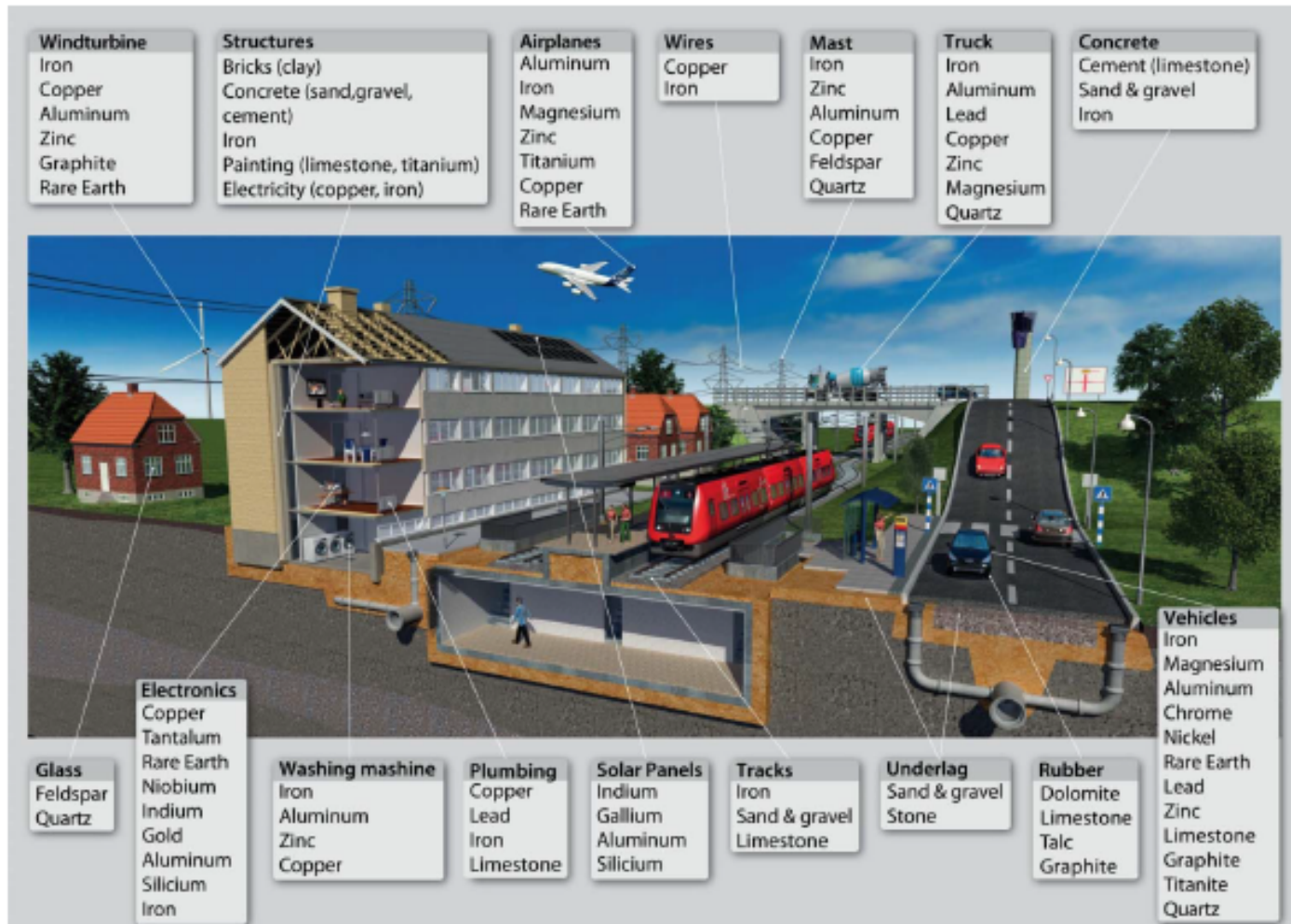


«Стратегическое, дефицитное и критическое минеральное сырьё» (вводные лекции)

Ерёмин Николай Иосифович

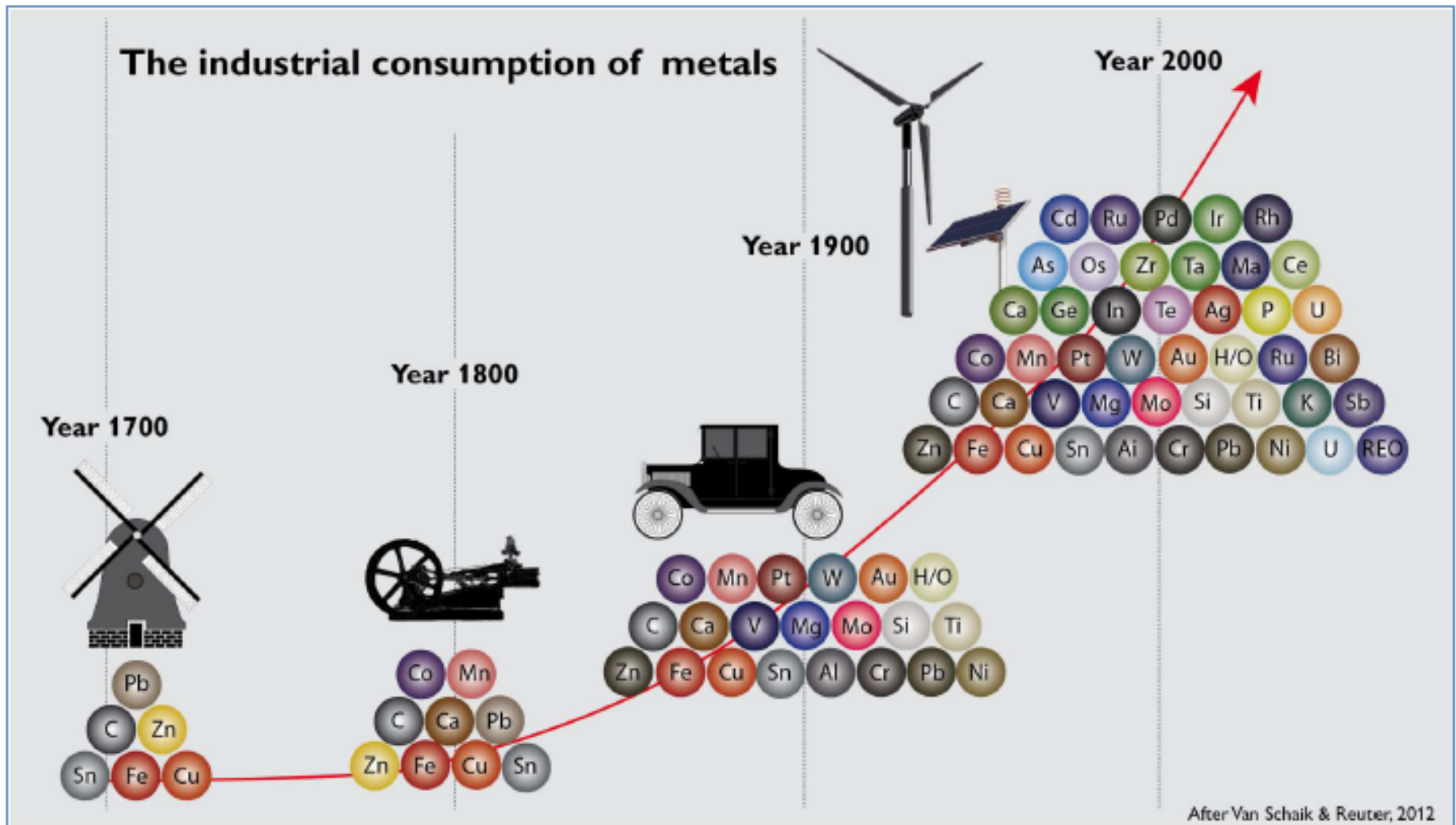
Геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова

Development of society requires acces to raw materials



Source: GEUS, 2012

Industrial development requires new raw materials



Clean energy technologies consume minerals

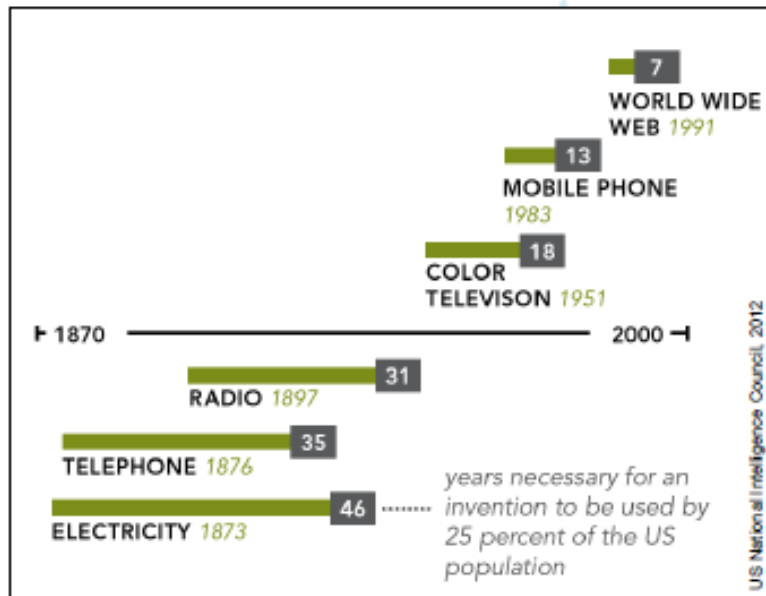
Material	Coatings	Magnets	Batteries	Phosphorous	Emission reduction
Indium	●				
Gallium	●				
Tellurium	●				
Dysprosium		●			
Praseodymium		●	●		
Neodymium		●	●		
Lanthanum			●	●	●
Cobalt			●		
Manganese			●		
Nickel			●		
Lithium			●		
Cerium			●	●	●
Terbium				●	
Europium				●	
Yttrium				●	
Platinum					●

Partly based on US Department of Energy, Mineral Strategy 2011



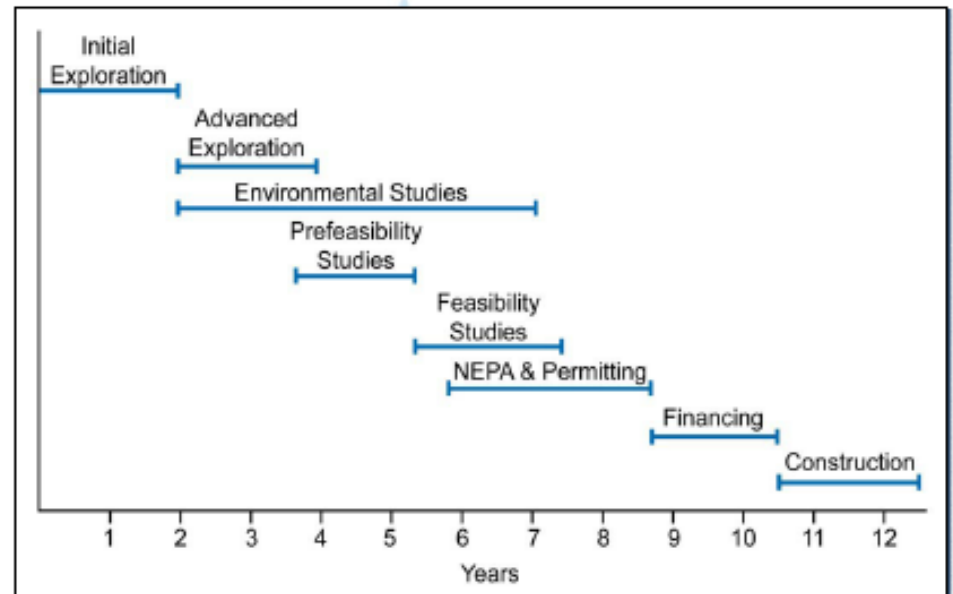
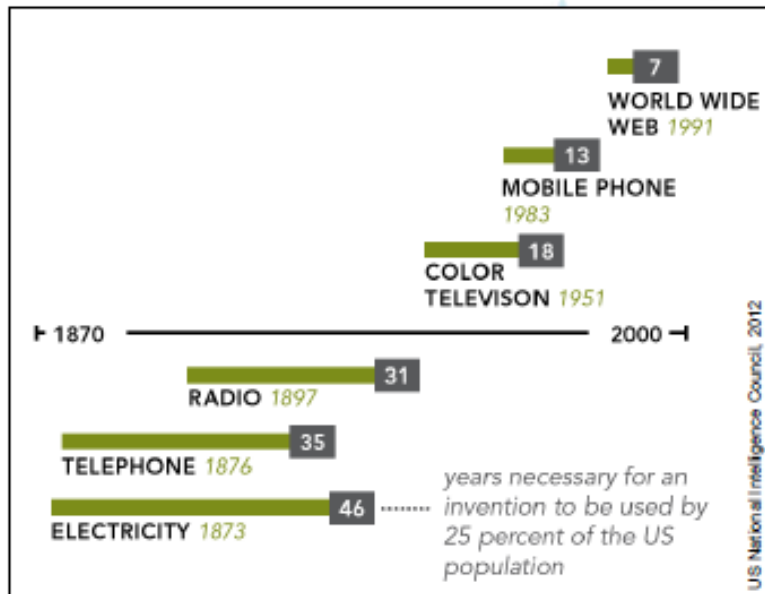
EuroGeoSurveys
Association of the
Geological Surveys
of Europe

Implementation of new technology is fast and calls for fast changes in the minerals supply chain



Implementation of new technology is fast and calls for fast changes in the minerals supply chain

It takes time to start new mining operations



... a challenge for the mining industry!

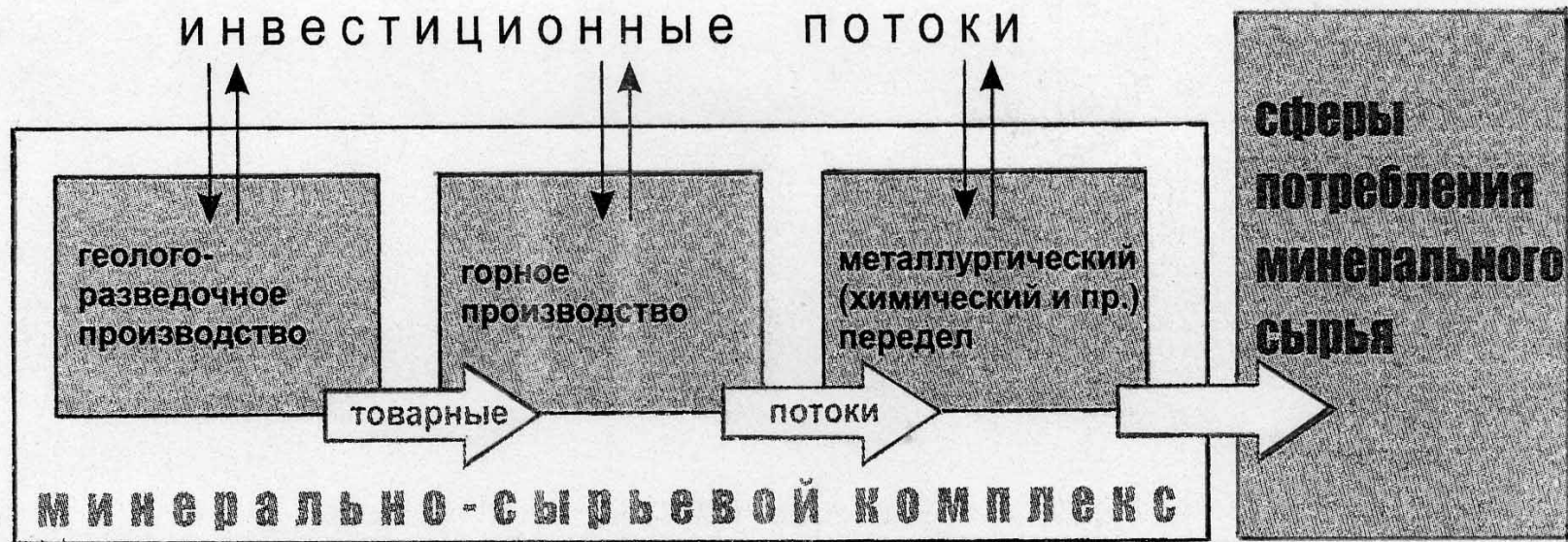
Минеральное сырье (МС) – полезные ископаемые (руда), а также рудничные (товарная руда, концентрат, полупродукт, промраствор) и конечные сырьевые продукты их металлургического или химического передела (металлы, химические элементы и соединения, минералы).

Минерально-сырьевая база (МСБ) – множество выявленных и разведанных месторождений, рудопроявлений и перспективных площадей с их запасами и ресурсами минерального сырья различного качества, а также определенной транспортной и социальной инфраструктурой.

Минерально-сырьевой комплекс (МСК) – совокупность отраслей промышленности и других сфер хозяйственной деятельности (торговля, логистика, финансы и пр.), обеспечивающих потребности человечества в минеральном сырье.

Структура мирового минерально-сырьевого комплекса

(по А.П.Ставскому, 2011)



Структура МСК включает три блока: геологоразведочное производство, горное производство и металлургический (химический и пр.) передел, с последовательными товарными и отдельными инвестиционными потоками.

Стратегическое и дефицитное минеральное сырье. Их соотношения и зарубежные аналоги

Стратегическим является МС, которое отражает геополитические интересы страны, имеет особое значение для обеспечения ее экономического развития, обороны и безопасности. Перечень такого сырья и материалов устанавливается правительством и может меняться в зависимости от

- военно-политических и экономических приоритетов государства,
- структуры материального производства и прогнозируемой обстановки,
- конъюнктуры мирового рынка,
- состояния внешнеэкономических связей и других обстоятельств.

Аналогично (но несколько уже) определяется эквивалентный зарубежный термин

«Strategic mineral – A mineral that is associated almost exclusively with national security and military needs or requirements during national emergencies...».

(Минерал, связанный исключительно с национальной безопасностью и запросами ВПК, или потребностями страны в чрезвычайных ситуациях ...).

Перечень основных видов *стратегического* МС,
утвержденный распоряжением Правительства РФ
от 16.01.1996 г. No 50-р,
включает 29 наименований:

**нефть, природный газ, U, Mn, Cr, Ti, бокситы (Al),
Cu, Ni, Pb, Mo, W, Sn, Zr, Ta, Nb, Co, Sc, Be, Sb, Li,
Ge, Re, REEY, Au, Ag, PGE, алмазы (C), особо
чистое кварцевое сырье (SiO₂)**

Стратегические месторождения РФ

- *К участкам недр Федерального значения относятся месторождения, содержащие ресурсы и запасы урана, алмазов, особо чистого кварцевого сырья, никеля, кобальта, бериллия, тантала, лития, ниобия, редких земель иттриевой группы, металлов платиновой группы. К стратегическим также отнесены участки месторождений коренного золота – с запасами от 50 т и меди – от 500 тыс.т.*
- Эти участки будут предоставляться в пользование через аукционы (конкурсы), объявляемые правительством РФ. В них смогут принять участие и иностранные компании, но разрешить доступ к участку должно правительство.
- *В список вошли крупные месторождения алмазов, расположенные в Архангельской области, например «Трубка им. В.Гриба» на Верхотинской площади. К месторождениям федерального значения отнесены участки платины и платиноидов Мурманской области, такие как Мончетундровая площадь, Мончегорский рудный район Вуручайвенч. Перечень участков недр стратегического значения также содержит месторождения урана в Калмыкии, Карелии, Ленинградской области, Республики Коми, Мурманской области, Ульяновской области, Карачаево-Черкесии.*
- Перечень участков недр твердых полезных ископаемых – Прил. 2.

Список
стратегических видов полезных ископаемых,
сведения о которых – государственная тайна

Полезное ископаемое	Сведения, составляющие государственную тайну
Нефть	сведения о балансовых запасах в недрах
Растворенный в нефти газ	сведения о балансовых запасах в недрах
Никель	сведения о балансовых запасах в недрах
Кобальт	сведения о балансовых запасах в недрах
Тантал	сведения о балансовых запасах в недрах, добыче, об объемах производства в натуральном выражении
Ниобий	сведения о балансовых запасах в недрах, добыче, об объемах производства в натуральном выражении
Бериллий	сведения о балансовых запасах в недрах, добыче, об объемах производства в натуральном выражении
Литий	сведения о балансовых запасах в недрах, добыче, об объемах производства в натуральном выражении
Редкие земли иттриевой группы	сведения о балансовых запасах в недрах, добыче, об объемах производства в натуральном выражении
Особо чистое кварцевое сырье	сведения о балансовых запасах в недрах и добыче

Понятие **дефицитное** МС в отечественной литературе имеет весьма широкое (порой неоднозначное) толкование, включающее в различных случаях:

- востребованность для различных производств;
- необходимость/возможность использования заменителей;
- ограничения или риски в снабжении для отдельного предприятия, отрасли в целом или ее подразделения, производственного комплекса страны в краткосрочной или отдаленной перспективе;
- необходимость импорта этого сырья и др.

Для того или иного вида МС дефицит может быть связан как с объективной природной ограниченностью его ресурсов (фактор *«естественного дефицита»*), так и с слабостью (невысоким качеством, несовершенством) его национальной МСБ (фактор *«управляемого дефицита»*).

Первый создает предпосылки для противостояния между странами (блоками стран) в борьбе за контроль над источниками МС (месторождениями, рудными районами, бассейнами и др.).

Второй — предопределяет необходимость создания или совершенствования (качественного/количественного) существующей МСБ в стране.

В зарубежной литературе понятию **дефицитное МС** по своему содержанию наиболее близко соответствует так называемое «**критическое МС**».

«Critical mineral - Minerals that are both essential in use and are subject to considerable supply risk». (Минералы, которые существенны как в использовании, так и являющиеся субъектом значительного риска своих поставок).

«A mineral can be regarded as critical only if it performs an essential function for which few or no satisfactory substitutes exist». (Минерал может рассматриваться как критический, если он выполняет существенную функцию и которому практически нет эквивалентных заменителей)

Соотношение между понятиями **стратегическое** (*strategic*) и **дефицитное** (*critical*) МС: обычно они являются взаимодополняющими, но не всякое стратегическое минеральное сырье является дефицитным и наоборот. Для каждой страны перечень индивидуальных видов МС в этих категориях различен.

Например, для **РФ в настоящее время**:

- U, Mn, Cr - и стратегическое, и дефицитное МС;
- Ni и Cu - стратегическое, но не дефицитное МС;
- барит BaSO_4 и флюорит CaF_2 – остро дефицитное, но не стратегическое МС.

Для экономики **Казахстана** все эти 7 видов МС (U, Mn, Cr, Ni, Cu, BaSO_4 и CaF_2) не являются дефицитными; более того, по ресурсам/запасам некоторых из них страна входит в число мировых лидеров.

Перечень основных видов **стратегического** МС, утвержденный распоряжением Правительства РФ от 16.01.1996 г. No 50-р, включает 29 наименований:

нефть, природный газ, U, Mn, Cr, Ti, бокситы (Al), Cu, Ni, Pb, Mo, W, Sn, Zr, Ta, Nb, Co, Sc, Be, Sb, Li, Ge, Re, REEY, Au, Ag, PGE, алмазы (C), особо чистое кварцевое сырье (SiO₂).

Из этого перечня:

- добыча нефти, газа, Cu, Au, PGE, Ni, Mo и алмазов (равно как и не входящих в этот перечень углей, Fe-руд, Na- и K-солей, Zn, V, В-руд, магнезита, хризотил-асбеста) ***полностью обеспечивают*** их текущее ***внутреннее потребление*** и достигнутый уровень экспорта.

- **дефицитными** являются U, Mn- и Cr-руды, Pb, Sn, особо чистое кварцевое сырье (SiO_2) и не входящие в указанный перечень барит, каолин, бентонит, кристаллический графит, флюорит, фосфориты; их добыча лишь **частично обеспечивает внутреннее потребление**, во многом зависящее от импорта; она ведется в недостаточных объемах при наличии значительных запасов, обладающих относительно низким качеством.

- **наиболее дефицитными** в указанном перечне являются Ti, Ta, Nb, Zr, бокситы (Al): их отечественное потребление обеспечивается главным образом за счет импорта (преимущественно в изделиях) при весьма ограниченной добыче (несмотря на крупные запасы относительно низкокачественных руд).

Стратегическое и дефицитное МС Российской Федерации на мировых сырьевых рынках

Экспорт:

- Достаточно освоенные МСБ и развитые производственные (добывающие и перерабатывающие) мощности нефти, газа, угля, Fe-руд, Cu, Ni, Au, PGE, алмазов (C), апатитов (P), K-солей, хризотил-асбеста определяют крупномасштабный *экспорт этих* высоколиквидных, *большой частью стратегических* видов МС.
- При недостаточно освоенных (или практически неосвоенных) МСБ, но развитых производственных мощностях переработки сырья *экспортируются* стратегические Al и Ti, а также Pb, редкие и рассеянные элементы (*стратегические*), Zn, и другие *дефицитные* виды сырья с недостаточно освоенной сырьевой базой и относительно неразвитыми производственными мощностями.

Импорт:

- Важнейшим *импортируемым* МС являются Mn, Cr, бокситы (*стратегические*), высококачественный каолин и бентонит (*дефицитные*): потребность в них отечественной экономики в обозримом будущем не может быть обеспечена за счет собственной МСБ (преобладающий *фактор «естественного дефицита»*).
- Недостаточная освоенность отечественной сырьевой базы U, Pb, Ti, Zr, редких и рассеянных элементов, ряда других видов МС диктует необходимость их импорта для покрытия существующего дефицита в ближайшие годы (преобладающий *фактор «управляемого дефицита»*).

Что такое «критическое минеральное сырье – КМС»?

Выделяемое в США, ЕС и др. промышленно-развитых странах КМС по своему содержанию наиболее близко нашему понятию *дефицитное* МС:

«Critical mineral – Minerals that are both essential in use and are subject to considerable supply risk»

(«...минералы, которые существенны как в использовании, так и являющиеся субъектом значительного риска своих поставок»).

Другое определение КМС как

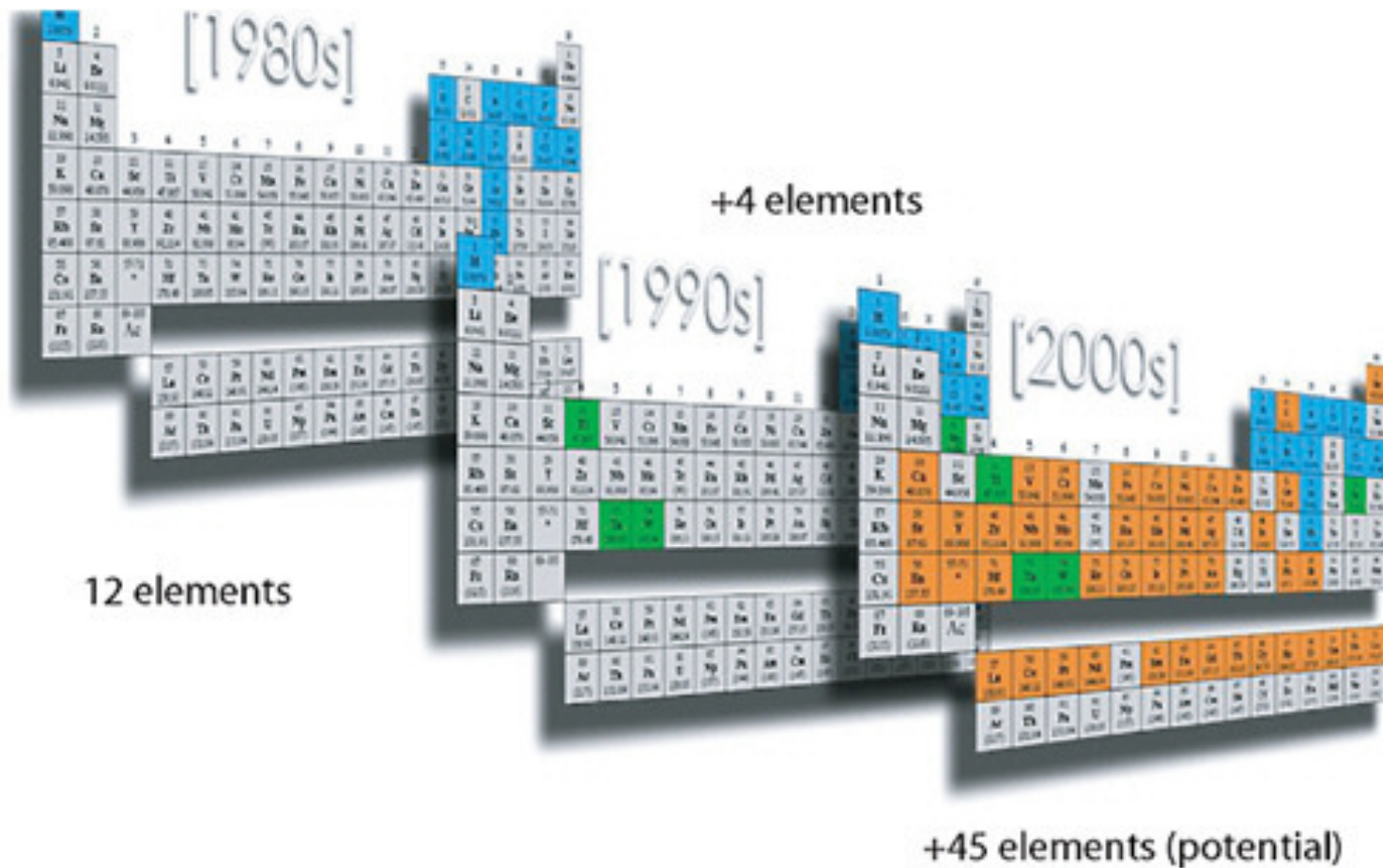
«Minerals essential to the national defense, the procurement of which in war, while difficult, is less serious than those of strategic minerals ... and for which some degree of conservation and distribution control is necessary»

(«Минералы, существенные для национальной безопасности, обеспечение которыми во время войны менее проблематично чем стратегическими минералами, ... но их наличие и распределение в известной мере необходимо контролировать») сближает его со *стратегическим* МС.

В США уголь, нефть, горючий газ и другие виды органического ТЭС к КМС не относятся; перечень КМС с течением времени изменяется.

Почему «... в экономиках США и ЕС» ?

Глобализация мировой экономики (в т.ч. МСБ) и научно-технический прогресс в последние десятилетия интенсифицировали использование МС-материалов — необходимой основы для производства как высокотехнологичной продукции двойного назначения (компьютеры, автомобили, самолеты и др.), так и товаров стремительно растущего повседневного спроса, таких как мобильные телефоны, литиевые ионные батарейки, волоконно-оптический кабель, синтетическое горючее и др.



The dynamics of two decades of computer chip technology development and its mineral and element impacts. In the 1980s, computer chips were made with a palette of twelve minerals or their elemental components. A decade later, 16 elements were employed. Today, as many as 60 different minerals (or their constituent elements) may be used in fabricating the high-speed, high-capacity integrated circuits that are crucial to this technology.

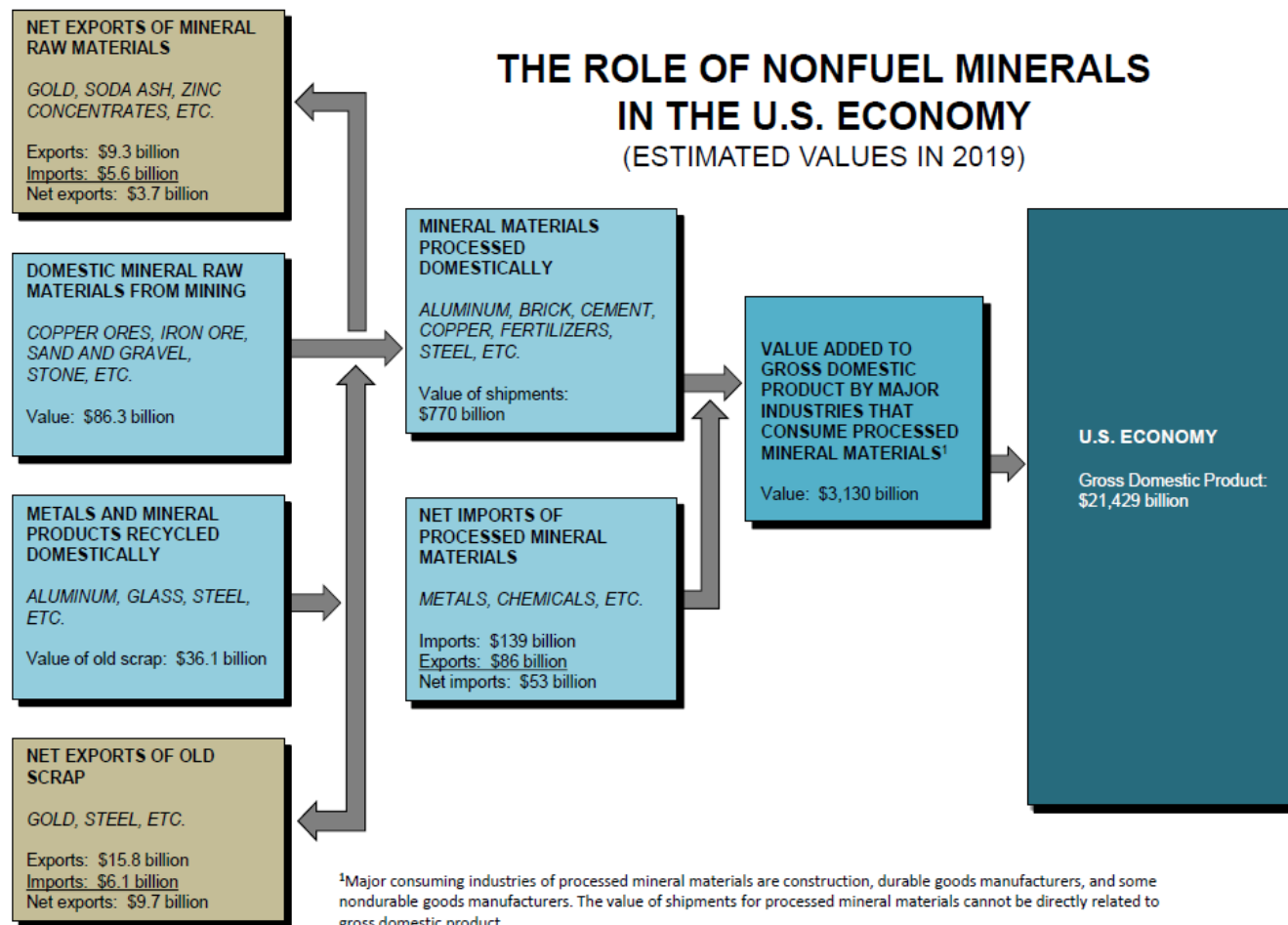
SOURCE: Used with permission from Intel Corporation.

■ Появление новейших технологий (*emerging technologies*) и связанное с ними использование новых МС-материалов большей частью происходит в США и странах ЕС – лидерах научно-технического прогресса, в то же время остро нуждающихся в целом ряде МС-продуктов, т.е. **критических** для экономик этих стран.

МС-обеспечение/зависимость экономик США и ЕС

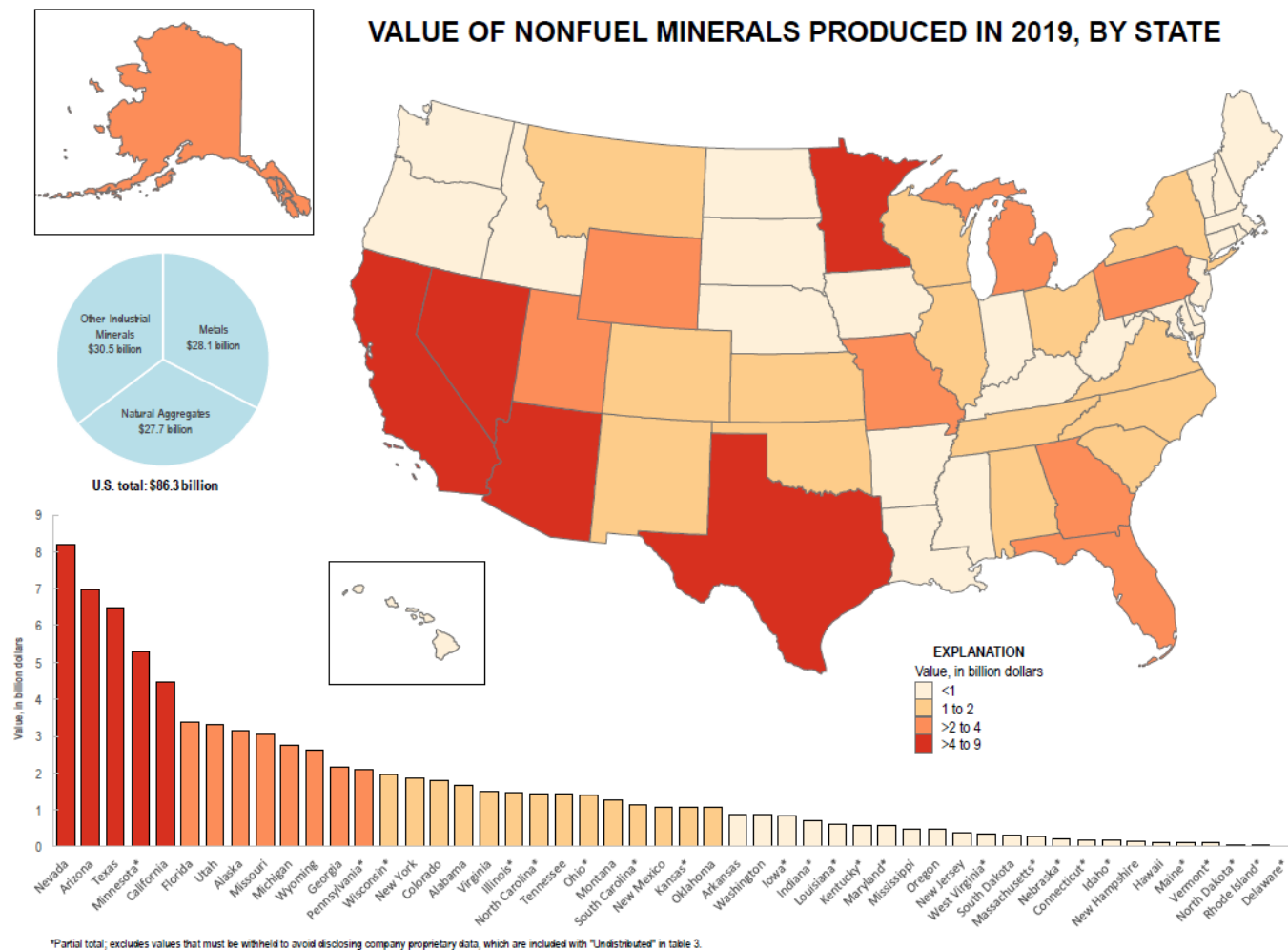
- В 2010 году США находились в 100% зависимости от зарубежных поставок по 18 видам МС и более чем в 50% зависимости еще по 43 видам МС; импорт осуществлялся из Бразилии, Канады, Китая, Франции, Германии, Японии, Мексики, России и Венесуэлы.

Роль негорючего минерального сырья в экономике США (оценочные показатели за 2019 год)



Минеральное сырье остается фундамен- тальным в экономике США на нескольких уровнях, включая его добычу, пе- реработку и производство конеч- ной про- дукции.

Стоимость (млрд. \$ США) негорючего минерального сырья, произведенного отдельными штатами в 2018 году

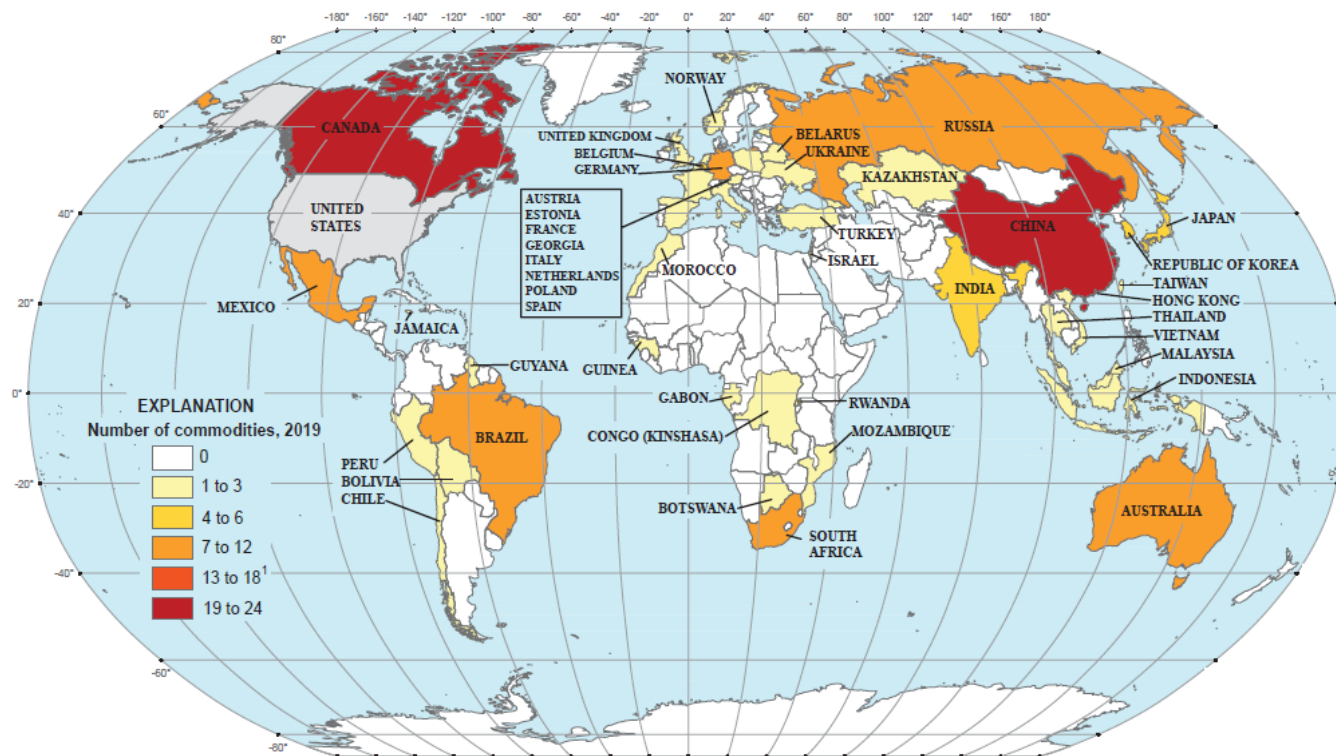


На круговой диаграмме: слева – прочее неметаллическое сырье (\$ 31млрд.); справа – металлы (\$ 25,9 млрд.);
внизу – природный песок и гравий (\$ 25,3 млрд.).

Штаты (по нисходящей на диаграмме внизу): Невада, Аризона, Техас, Калифорния, Миннесота.....

Главнейшие источники импорта тех видов негорючего минерального сырья (МС) в США, доля импорта каждого из которых была более 50% от использованного промышленностью страны в 2019 году

**MAJOR IMPORT SOURCES OF NONFUEL MINERAL COMMODITIES
FOR WHICH THE UNITED STATES WAS GREATER THAN 50% NET IMPORT RELIANT IN 2019**

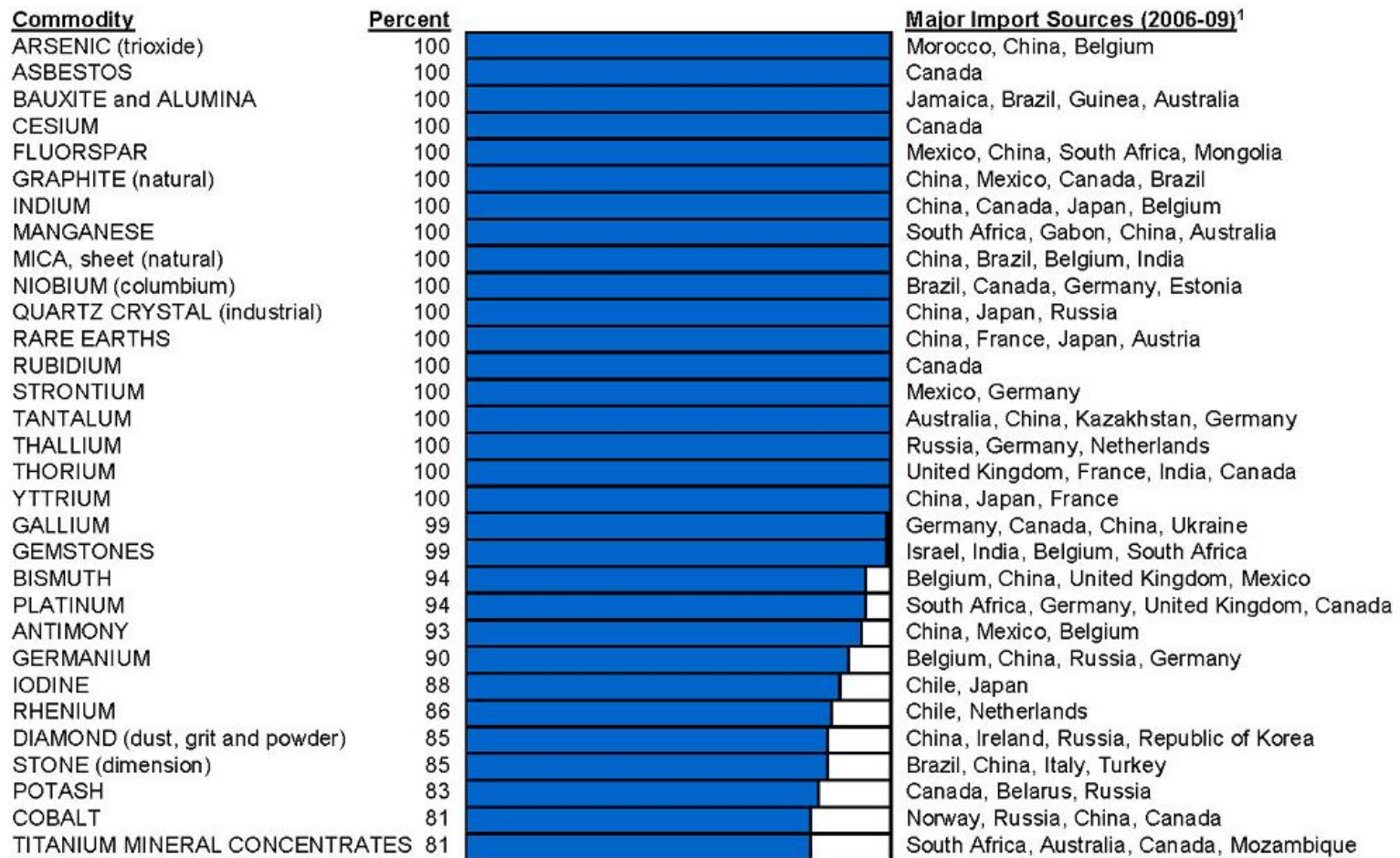


In 2019, no countries qualified for the "13 to 18 commodities" category.

Source: U.S. Geological Survey

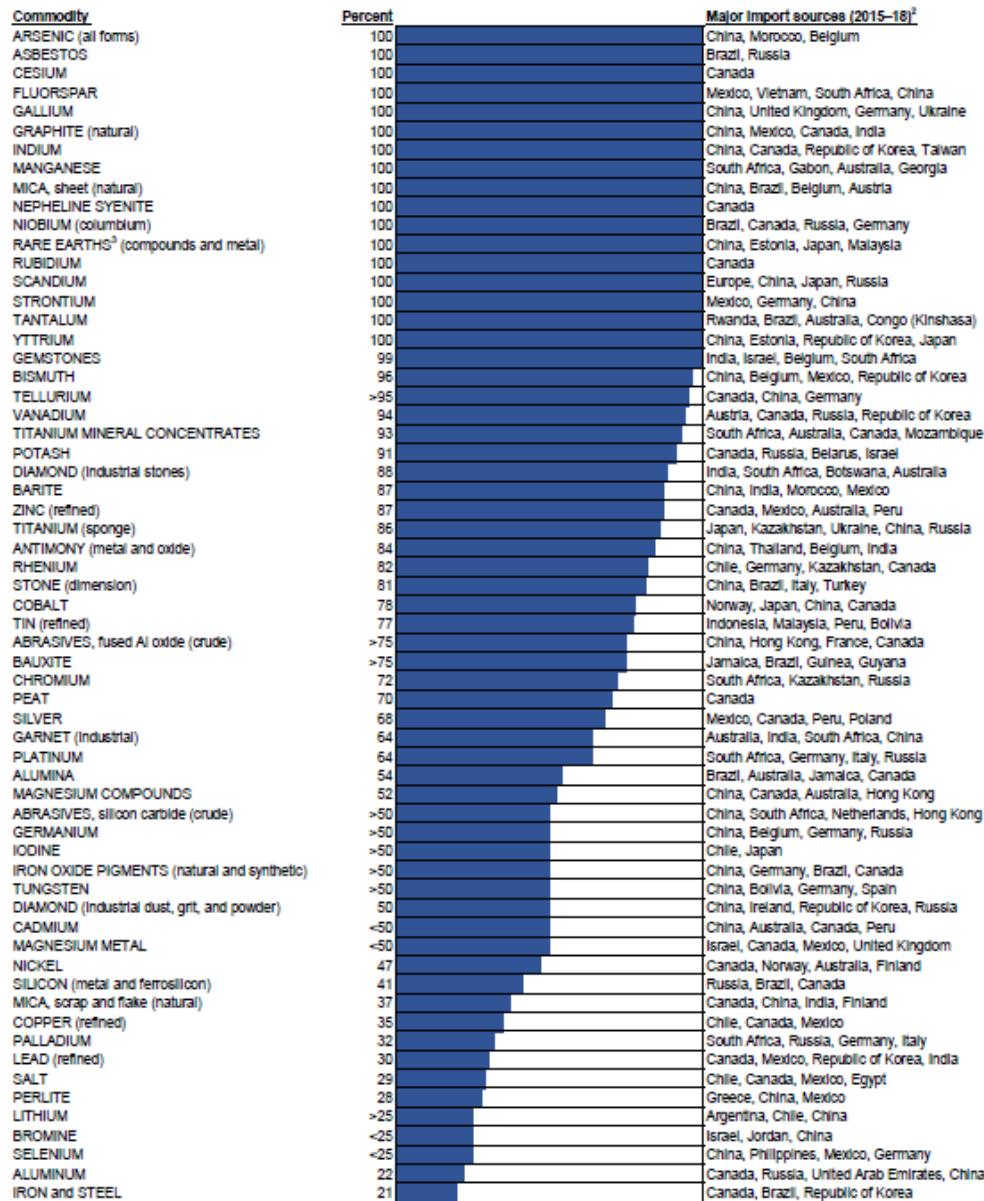
- **Китай и Канада – лидеры по числу видов минерального сырья, поставленных в США в 2019 году. (учтены виды минерального сырья, импорт которых составил более 50% от использованного промышленностью страны в течение года).**

2010 U.S. NET IMPORT RELIANCE FOR SELECTED NONFUEL MINERAL MATERIALS



Mineral commodities for which the U. S. imports at least 81% of its annual consumption. For example, 100% of U. S. rare earth consumption is imported and 92% of this comes from China.

2019 U.S. NET IMPORT RELIANCE¹



¹Not all mineral commodities covered in this publication are listed here. Those not shown include mineral commodities for which the United States is a net exporter (abrasives, metallic; boron; clays; diatomite; gold; helium; iron and steel scrap; iron ore; kyanite; molybdenum concentrates; sand and gravel, industrial; soda ash; titanium dioxide pigment; wollastonite; zeolites; and zirconium mineral concentrates) or less than 2% import reliant (beryllium; cement; feldspar; gypsum; iron and steel slag; lime; nitrogen (fixed)-ammonia; phosphate rock; pumice; sand and gravel, construction; stone, crushed; sulfur; talc and pyrophyllite; and vermiculite.). For some mineral commodities (hafnium; mercury; quartz crystal, industrial; thallium; and thorium), not enough information is available to calculate the exact percentage of import reliance.

²In descending order of import share.

³Data include lanthanides.

Основы чистого импорта США в 2019 году

Из **46** видов негорючего минерального сырья (МС), использованного промышленностью США в 2019 году и более половины каждого из которых было импортировано, для **17** видов (включая **14** видов – критического МС) импорт составил **100%** годового потребления, а для оставшихся **29** видов (включая **17** видов – критического МС) импорт составил **более 50%** годового потребления промышленностью страны

Окончательный список критического минерального сырья, опубликованный в Федеральном Регистре 18 мая 2018 года (83 FR 23295) и включающий 35 видов минерального сырья (USGS, Mineral Commodity Summaries – 2020)

- **The final list of critical minerals was published in the Federal Register on May 18, 2018 (83 FR 23295), which included 35 minerals or mineral material groups. These were: aluminum (bauxite), antimony, arsenic, barite, beryllium, bismuth, cesium, chromium, cobalt, fluorspar, gallium, germanium, graphite (natural), hafnium, helium, indium, lithium, magnesium, manganese, niobium, platinum-group metals, potash, the rare-earth-elements group, rhenium, rubidium, scandium, strontium, tantalum, tellurium, tin, titanium, tungsten, uranium, vanadium, and zirconium.**
- **Al (боксит), Sb, As, BaSO₄ (барит), Be, Bi, Cs, Cr, Co, CaF₂ (флюорит), Ga, Ge, C (графит природный), Hf, He, In, Li, Mg, Mn, Nb, PGM, KOH (поташ), REE, Re, Rb, Sc, Sr, Ta, Te, Sn, Ti, W, U, V, Zr.**

■ Департамент энергетики США указывает на 9 «критических» редкоземельных элементов – Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Tb и Dy, а также In, Ga, Te, Co и Li; при этом «наиболее критическими» (*high-priority critical materials*) в краткосрочной перспективе рассматриваются Dy, Nd, Tb, Eu, Y и In.

■ К числу «критических» элементов в энергетике (*energy critical elements*) Общество материаловедения США добавляет Ge, Se, Ag, Gd, He, PGE и In.

■ Прогнозируется, что потребление многих видов МС-материалов в обозримой перспективе будет резко возрастать, отражая не только бурный рост развивающихся экономик (Китай, Индия и др.), но и появление новейших технологий (*emerging technologies*).

Global demand of the emerging technologies analysed for raw materials in 2006 and 2030

Raw material	Production 2006 (t)	Demand from emerging technologies 2006 (t)	Demand from emerging technologies 2030 (t)	Indicator 2006	Indicator 2030
Gallium	152	28	603	0.18	3.97
Indium	581	234	1.911	0.40	3.29
Germanium	100	28	220	0.28	2.20
Neodymium (rare earth)	16.800	4.000	27.900	0.23	1.66
Platinum (PGM)	255	Very small	345	0	1.35
Tantalum	1.384	551	1.410	0.40	1.02
Silver	19.051	5.342	15.823	0.28	0.83
Cobalt	62.279	12.820	26.860	0.21	0.43
Palladium (PGM)	267	23	77	0.09	0.29
Titanium	7.211.000 ²	15.397	58.148	0.08	0.29
Copper	15.093.000	1.410.000	3.696.070	0.09	0.24

В мае 2011 г на рассмотрение Сената США
внесен Акт политики критического
недропользования (*Critical Minerals Policy Act*),
имеющий целью обеспечить страну КМС,
уменьшить зависимость от иностранных
поставщиков, поддержать
конкурентоспособность американских
добывающих компаний, защищать американскую
экономику и содействовать созданию рабочих
мест.

■ В Акте содержится требование к американской Геологической Службе (*USGS*) создать «строгую методологию определения, какие полезные ископаемые являются критическими, а затем использовала эту методологию для определения перечня критических видов минерального сырья».

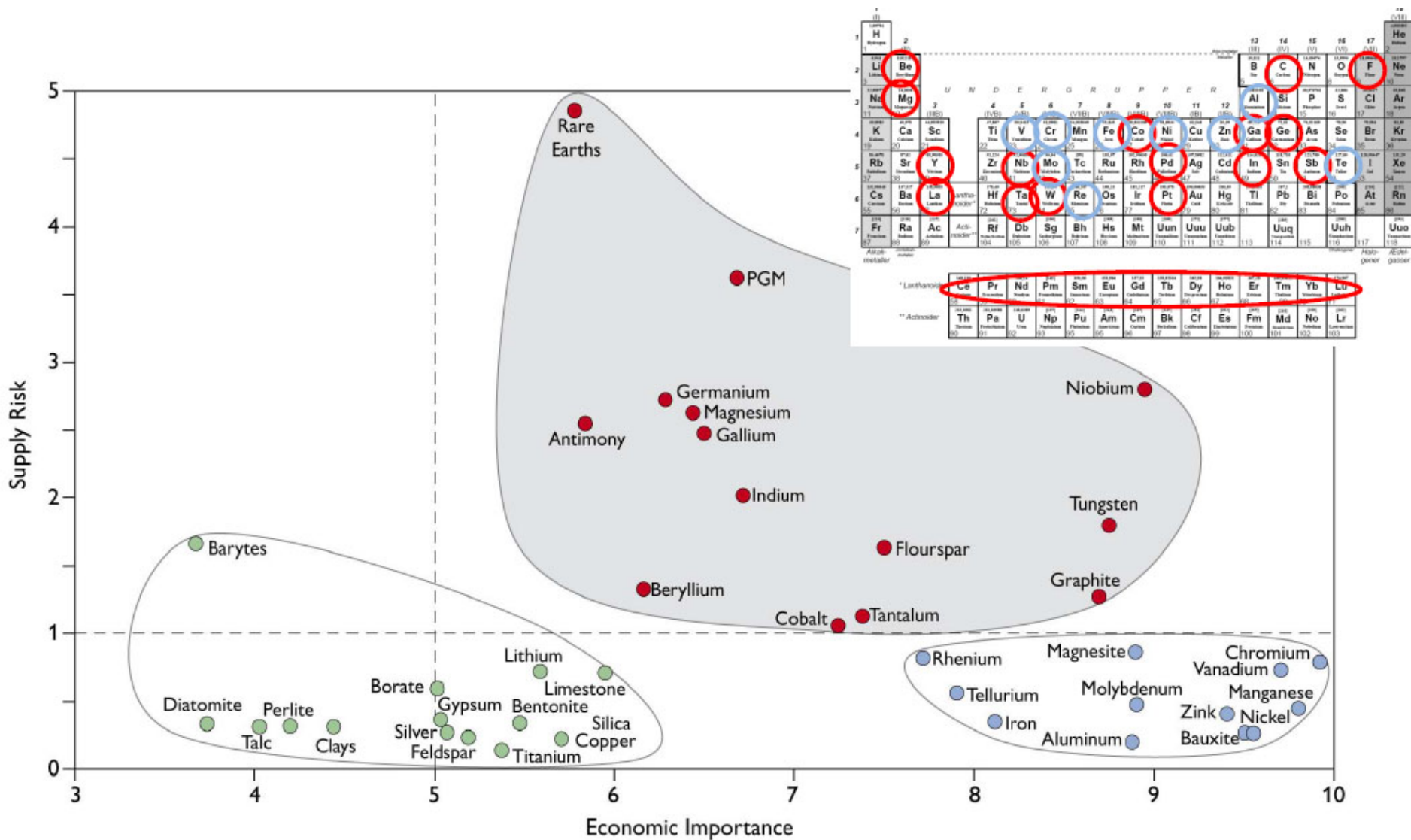
■ В 2010 году европейская комиссия в своем исследовании 41 вида необходимых сырьевых материалов (металлов и минералов) выделила из них как «критические»¹⁴: Sb, Be, Co, CaF₂, Ga, Ge, C (графит), In, Mg, Nb, PGE, REE, Ta и W.

Прекращение их импорта, для европейских предприятий означало бы остановку промышленного производства в ЕС. Комиссия определила основные страны-экспортеры этих выделенных 14 видов КМС-товаров для экономик стран ЕС.

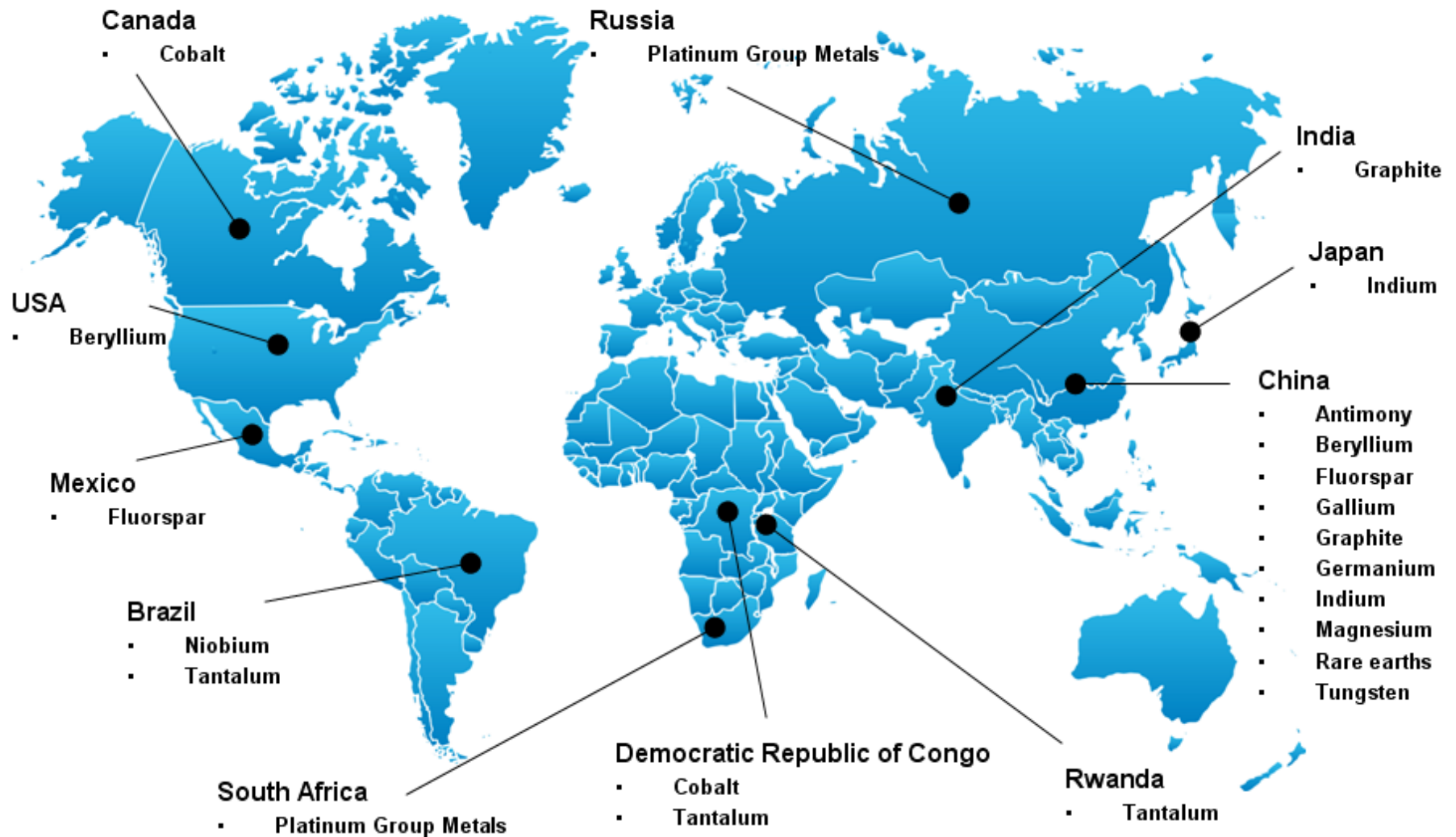
- Более 30 млн рабочих мест в Евросоюзе и многие **ключевые секторы экономики** (автомобилестроение, аэрокосмическая отрасль, атомная и возобновляемая энергетика и др.) зависят от устойчивого снабжения преимущественно **импортируемыми МС материалами**.
- В 2010 году **ЕК в своем исследовании 41 вида** необходимых для экономики сырьевых материалов, используя близкий указанному выше **«матрикс критичности»**, выделила из этих материалов как **«критические»¹⁴**: **Sb, Be, Co, CaF₂** (флюорит), **Ga, Ge, C** (графит), **In, Mg, Nb, PGE, REE, Ta и W**. Прекращение их импорта, для европейских предприятий означало бы остановку промышленного производства в ЕС.
- В рамках **программы ООН по окружающей среде** (United Nations Environment Programme - UNEP) проводятся исследования фундаментальных технологий будущего, таких как возобновляемая энергетика и энергосбережение, которые потребуют использования **In, Ge, Ta, Ru, Pt, Pd, Te, Co, Li, Ga и REE**. Они именуются как **«зеленые малые металлы»**, являясь базисом инновационных **«чистых»** технологий и подлежат рециклингу.

The EU critical minerals matrix (2010)

(ЕС: матрикс «критичности» минерального сырья)



Production concentration of critical raw mineral materials



Методология выделения КМС. «Матрикс критичности»

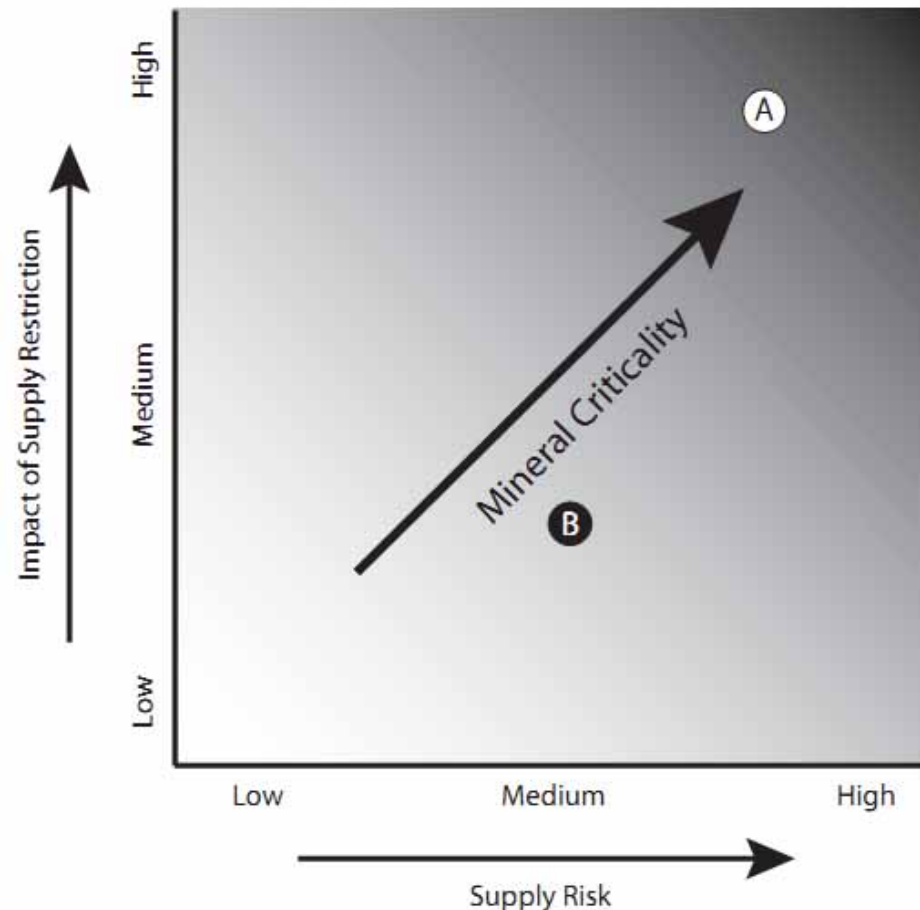
- **Методология** выделения так называемого «критического» МС (*critical minerals*) из общей массы полезных ископаемых и продуктов их первичной переработки, разработанная в США (*National Research Council, 2008*), основана на оценке а) значимости (востребованности) его использования в производстве (*importance in use*) и б) степени (вероятности) потенциального риска в ограничении его поставок (доступности) потребителю (*likelihood of a supply restriction*).

■ Критериями «критичности» явились:

- ✓ возможность (или невозможность) замещения другим видом сырья;
- ✓ функциональная незаменимость;
- ✓ потенциальные риски поставок.

Подчеркивается, что последнее обусловлено главным образом тем, что значительная доля распространенного сырья приходится на единичные страны-экспортеры (например, **REE** – КНР, **PGE** – РФ и ЮАР, **Co** – ДР Конго).

«Матрикс критичности»



Матрикс «критичности» позволяет оценить степень «критичности» данного минерала/минерального сырья.

Оценка этой «критичности» дается как :

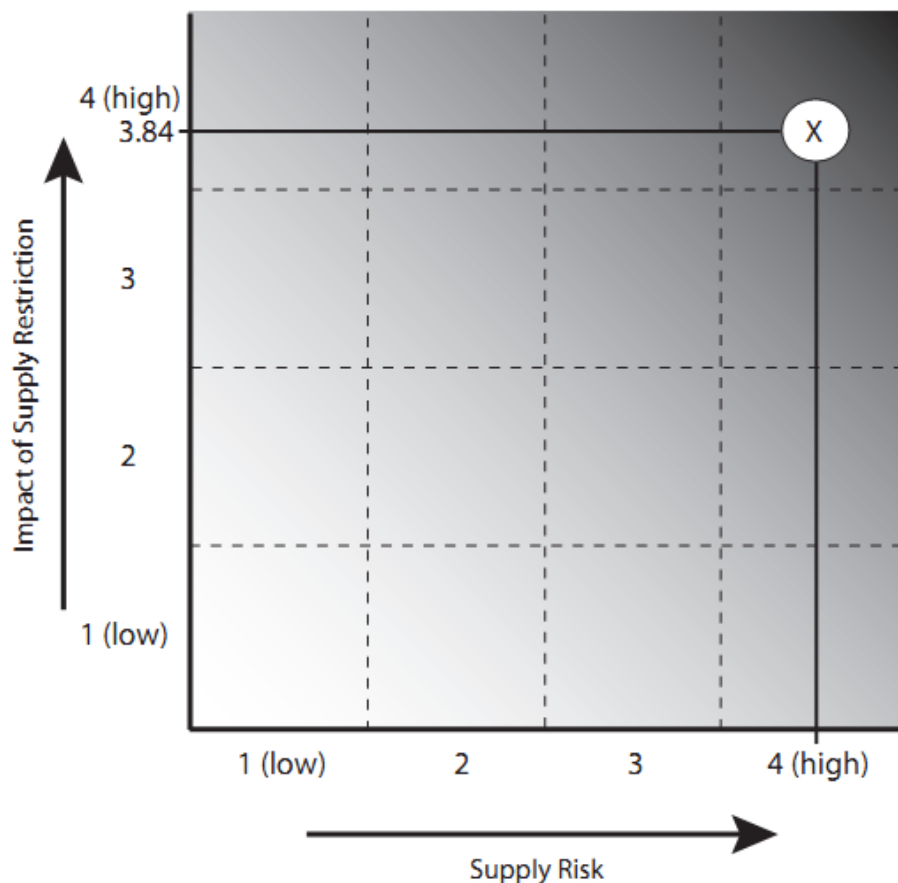
- ✓ по важности (необходимости, значимости, востребованности) его использования (*importance in use*) – ось Y (*y-axis of the matrix*), так и
- ✓ по возможности (доступности, вероятности, ограничению, риску) его получения/обеспечения (*potential supply restriction*) – ось X (*x-axis of the matrix*).

На графике степень (уровень) «критичности» возрастает от левого нижнего угла к правому верхнему: минерал А является более «критическим», чем минерал В.

Минерал X (пример)

Application Group (End Uses) for Mineral X	Proportion of Total U.S. Market for Mineral X in Application	Impact of Supply Restriction (values of 1 to 4)	Weighted Score (product of columns 2 and 3)
Aerospace propulsion	0.27	4	1.08
Pigments	0.65	4	2.60
Biomedical devices	0.08	2	0.16
Overall importance in use	1.00 ^a	NA	3.84 ^b

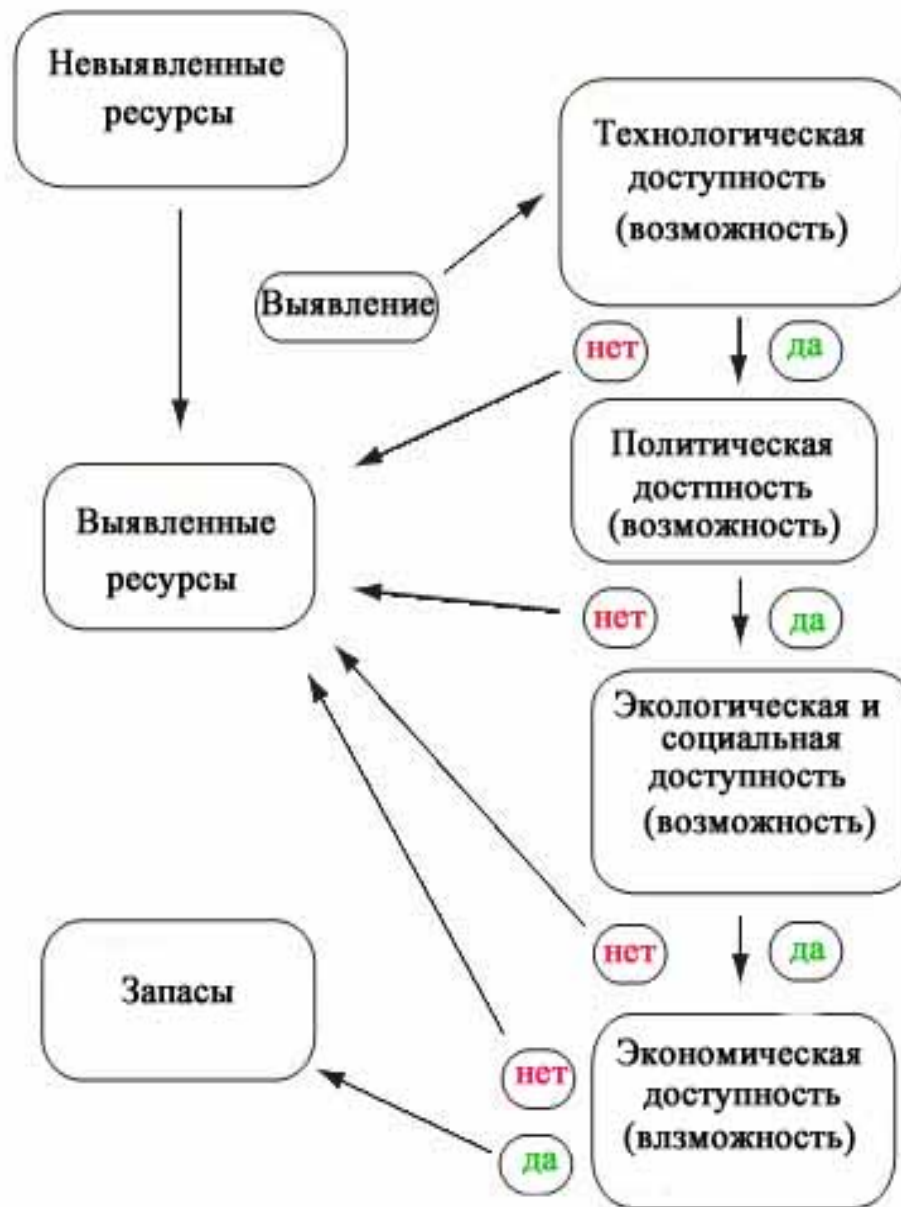
Положение минерала X на диаграмме



Ось Y: $(0,27 \times 4) + (0,65 \times 4) + (0,08 \times 2) = 3,84$ (см. табл.)

Ось X: от «1» («низкая степень риска») до «4» («высокая степень риска») оценивается каждый из пяти ограничивающих факторов риска доступности (надежности получения): геологический, технологический, политический, экологический и социальный, экономический; из них выбирается самый «высокий»; в данном случае это – технологический фактор (чрезвычайная трудность добычи и переработки руды, оценка «4»).

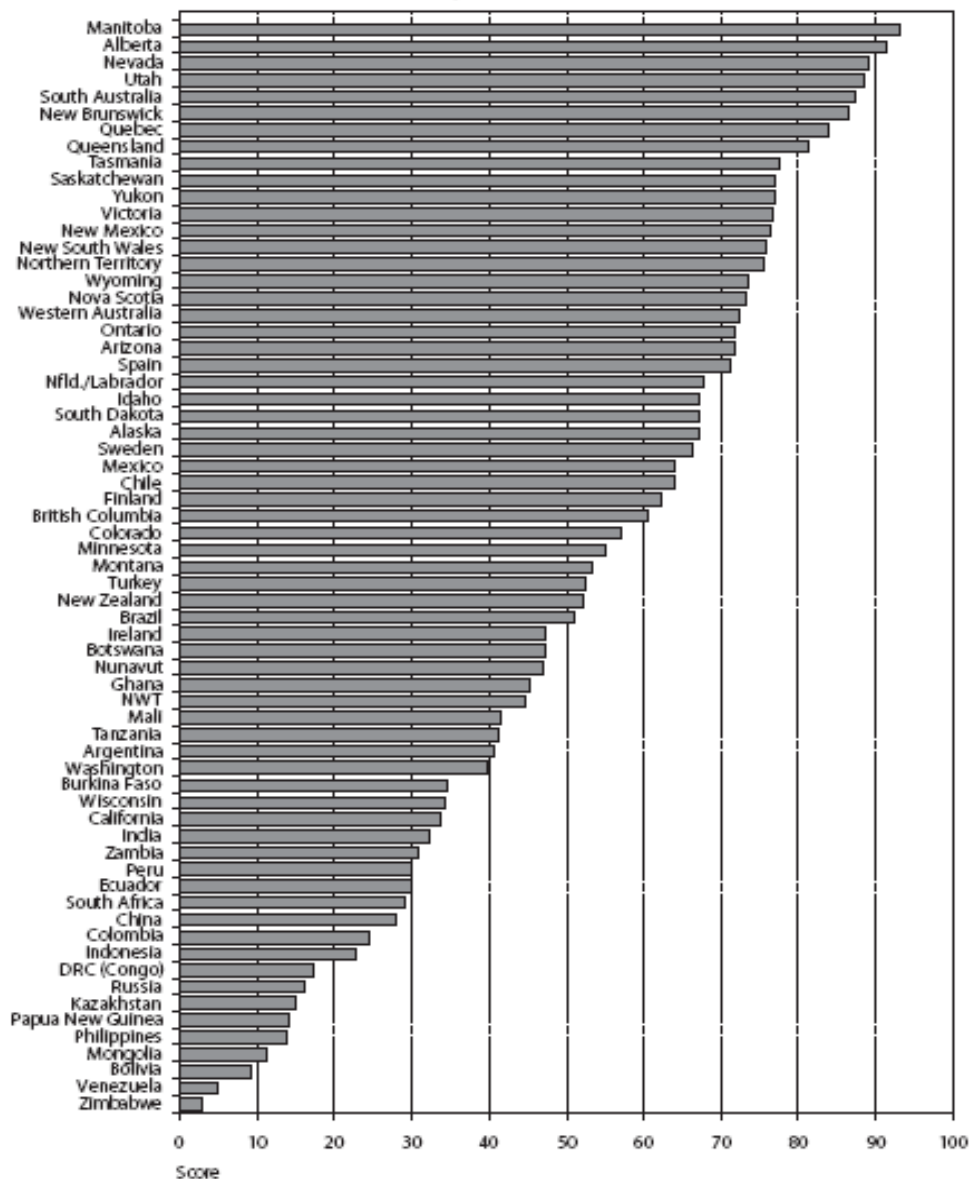
Вывод: минерал X является «критическим»



**Доступность
минеральных
ресурсов как
последовательная их
оценка
пятью
ограничивающими
факторами**

**Ресурсы (*resources*)
становятся запасами
(*reserves*), если
доказано, что их
добыча и переработка
экономически
эффективны
(*economically
profitable*).**

Policy Potential Index



Так называемый
«индекс
политического
потенциала»
(*Policy Potential
Index- PPI*)

Критичность минерально-сырьевой продукции США и ЕС

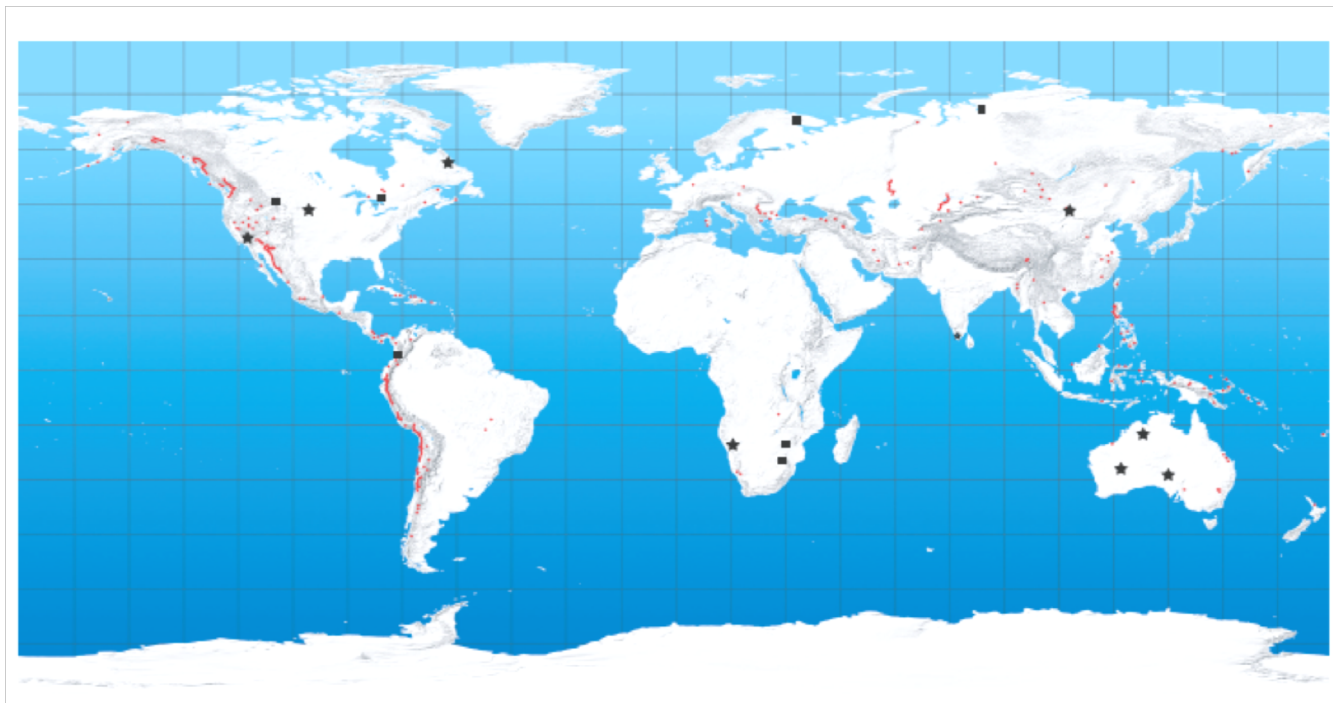
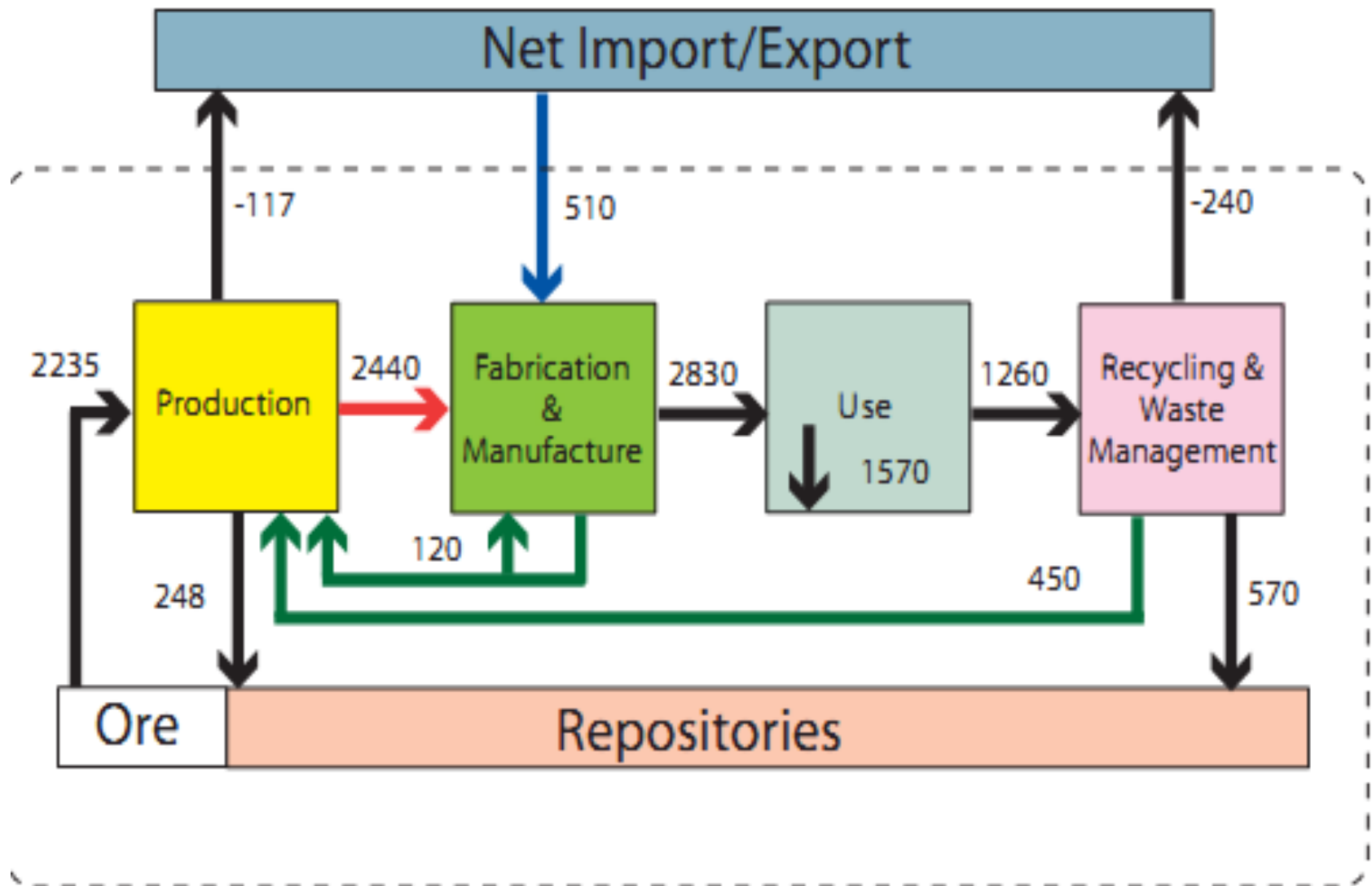


FIGURE 3.1 Distribution of porphyry copper deposits (red), PGM deposits (black squares), and magmatic RE deposits (black stars); RE deposits are only those reported to have greater than 1×10^6 metric tons of contained RE oxides. Deposit locations after Singer et al. (2005), Sutphin and Page (1986), and Jackson and Christiansen (1993). Numerous other types of sediment-hosted copper and placer-RE deposits also exist globally but are not plotted on this map. SOURCE: http://veimages.gsfc.nasa.gov/2433/land_shallow_topo_2048.jpg.

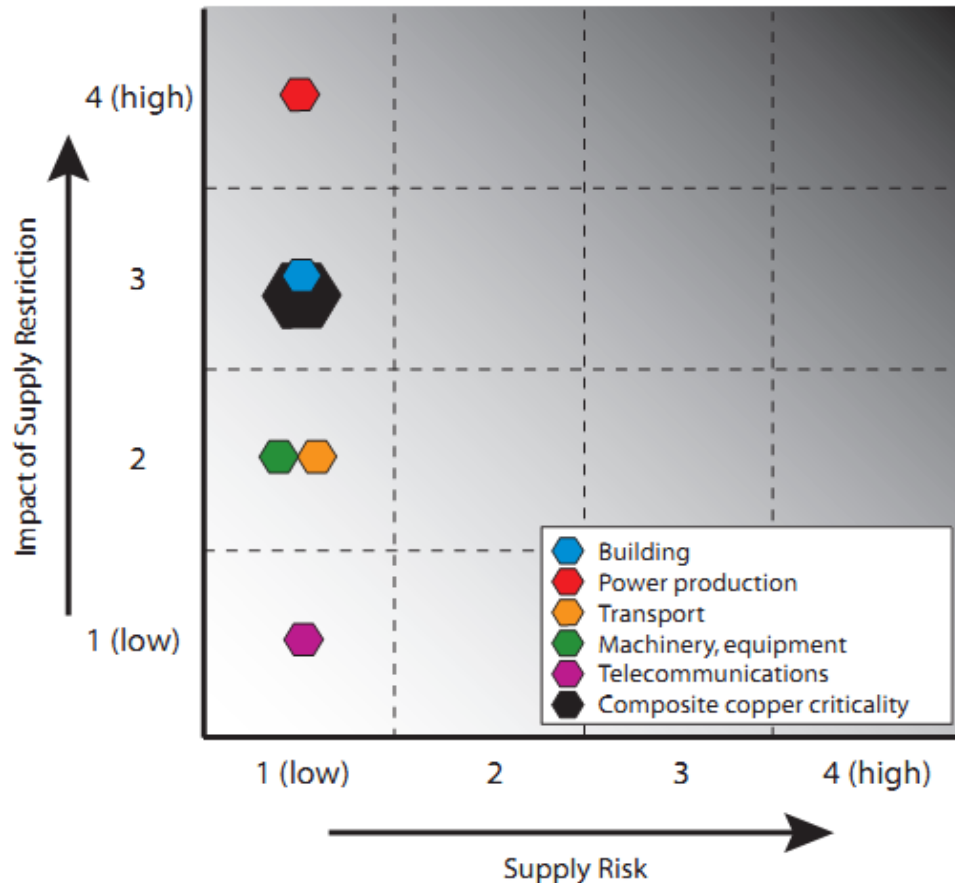
Производство меди в США в 1994 году



Медь в США

Application Group	Proportion of Total U.S. Market	Impact of Supply Restriction	Weighted Score
Building and construction	0.55	3	1.65
Energy provisioning	0.15	4	0.60
Transportation	0.15	2	0.30
Machinery and equipment	0.10	2	0.20
Telecommunications	0.05	1	0.05
Overall importance in use			2.80

Медь в США



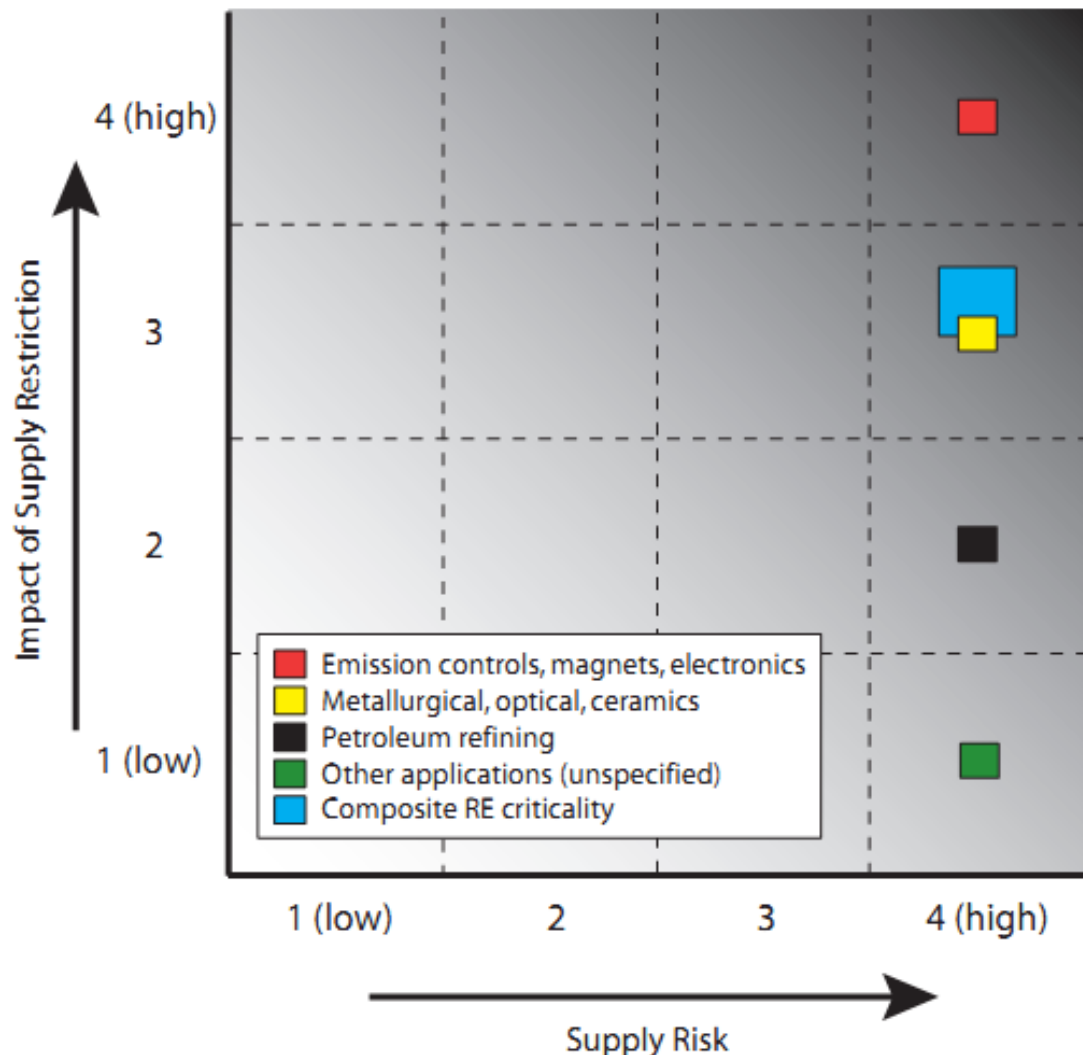
Ось Y: см. табл. **ВЫШЕ**
Ось X: каждый из пяти ранее указанных факторов риска доступности (надежности получения) оценивается как «1» («низкий»).

Вывод: хотя медь и является важнейшим сырьем во многих промышленных технологиях, но учитывая ее доступность (в настоящее время!) она не рассматривается как «критическое» сырье.

Редкие земли (REs) в США

End Use	Percentage
Automotive catalytic converters	32
Metallurgical additives and alloys	21
Glass polishing and ceramics	14
Phosphors (television, monitors, radar, lighting)	10
Petroleum refining catalysts	8
Permanent magnets	2
Other	13

Редкие земли (REs) в США



Ось Y: см. табл. выше

Ось X: каждый из пяти ранее указанных факторов риска доступности (надежности получения) оценивается как «4» («высокий»). Практически 100% зависимость от импорта преимущественно из КНР

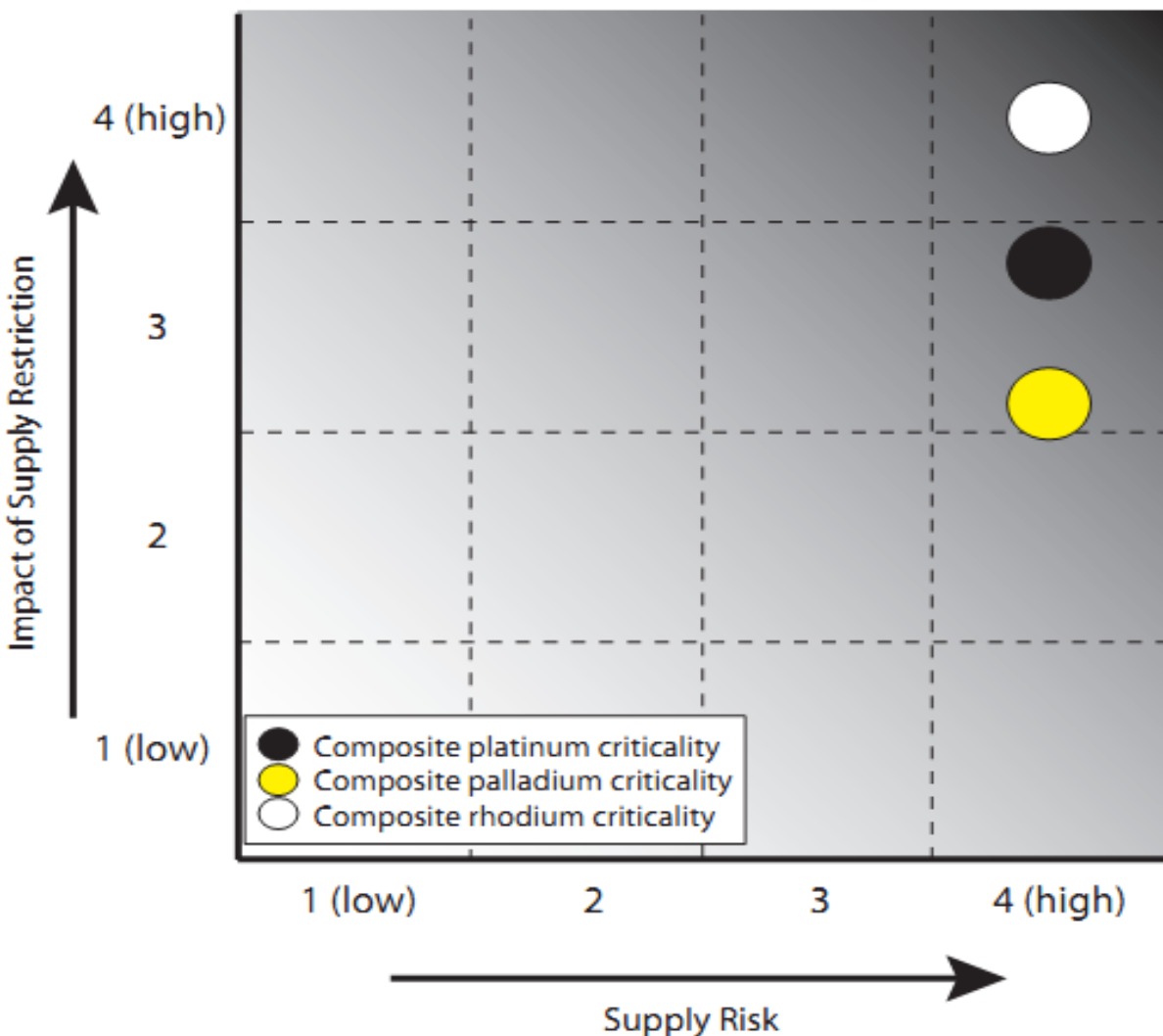
Вывод: редкие земли (REs) – «критическое»

Благородный металлы (Pt, Pd, Rh) в США (импорт)

...

Region	2006 Supply (%)		
	Platinum	Palladium	Rhodium
South Africa	78	34	89
Russian Federation	13	51	7
North America	5	11	2
Others	4	4	2

Благородные металлы (Pt, Pd, Rh) в США

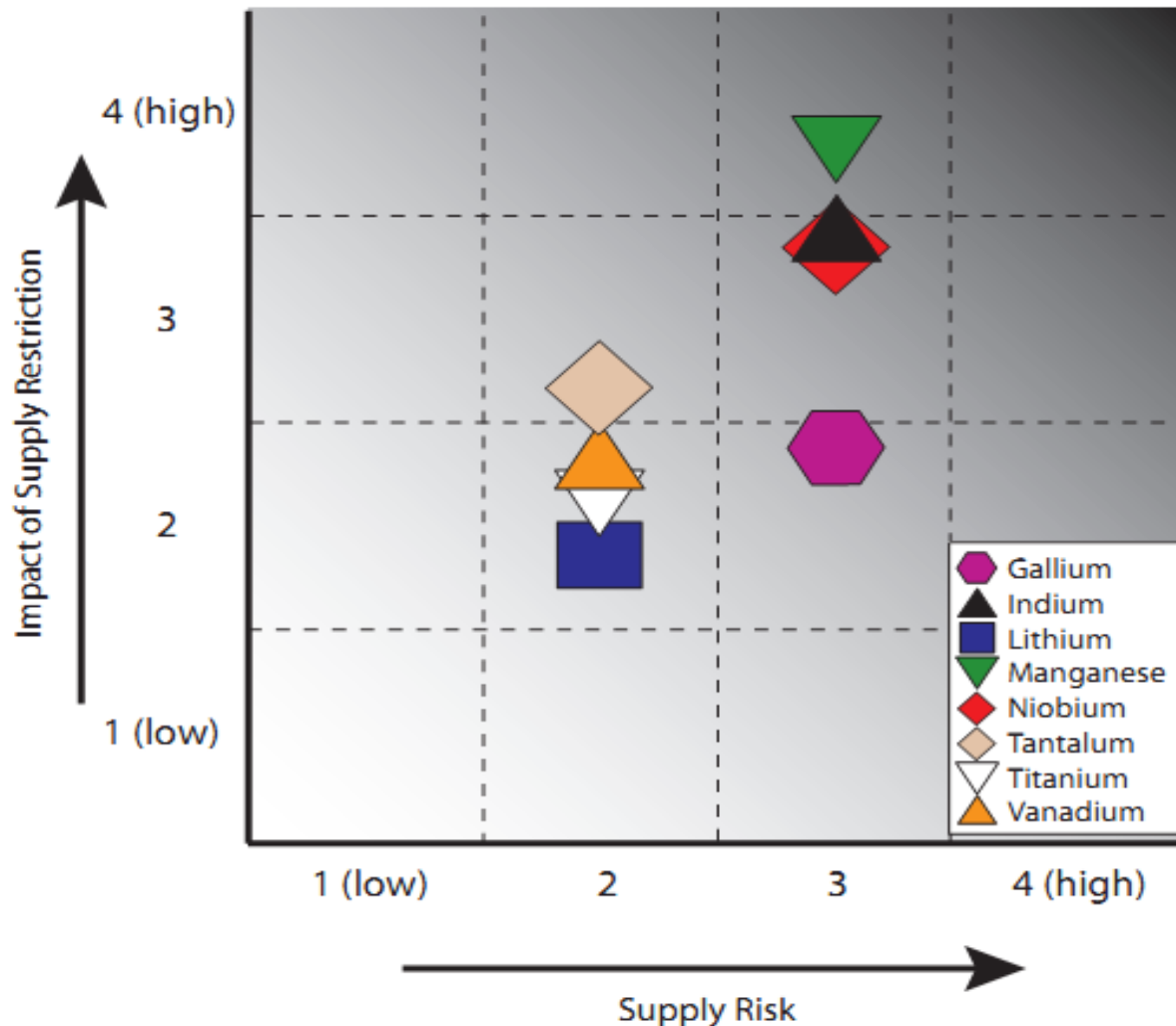


Ось Y: Pt – 3,25; Pd – 2,65; Rh – 4,00.

Ось X:
политический фактор
– «4» (высокая
степень зависимости
от импорта,
см. табл.)

Вывод: благородные металлы (Pt, Pd, Rh) являются
«критическими»

Другие виды минерального (Ga, In, Li, Mn, Nb, Ta, Ti, V) сырья в США

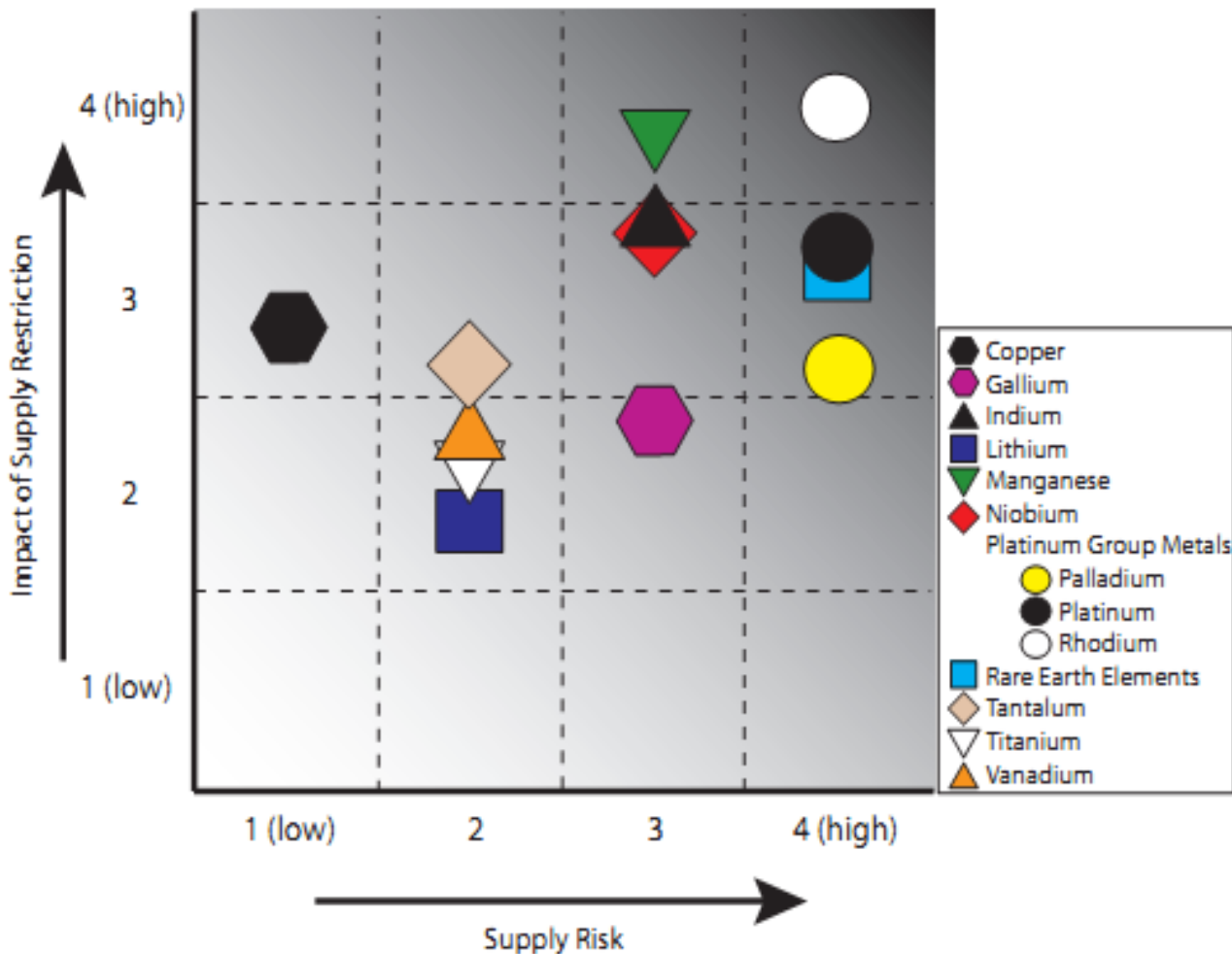


Ось Y: Ga – 2,48; In – 3,46; Li – 1,87; Mn – 3,90; Nb – 3,32; Ta – 2,65; Ti – 2,1; V – 2,32

Ось X: Ga – «3»; In – «3»; Li – «2»; Mn – «3»; Nb – «3»; Ta – «2»; Ti – «2»; V – «2»

Вывод: в критическую зону диаграммы попали In, Mn, Nb

«Критичность» рассмотренных 11 видов минерального сырья в США

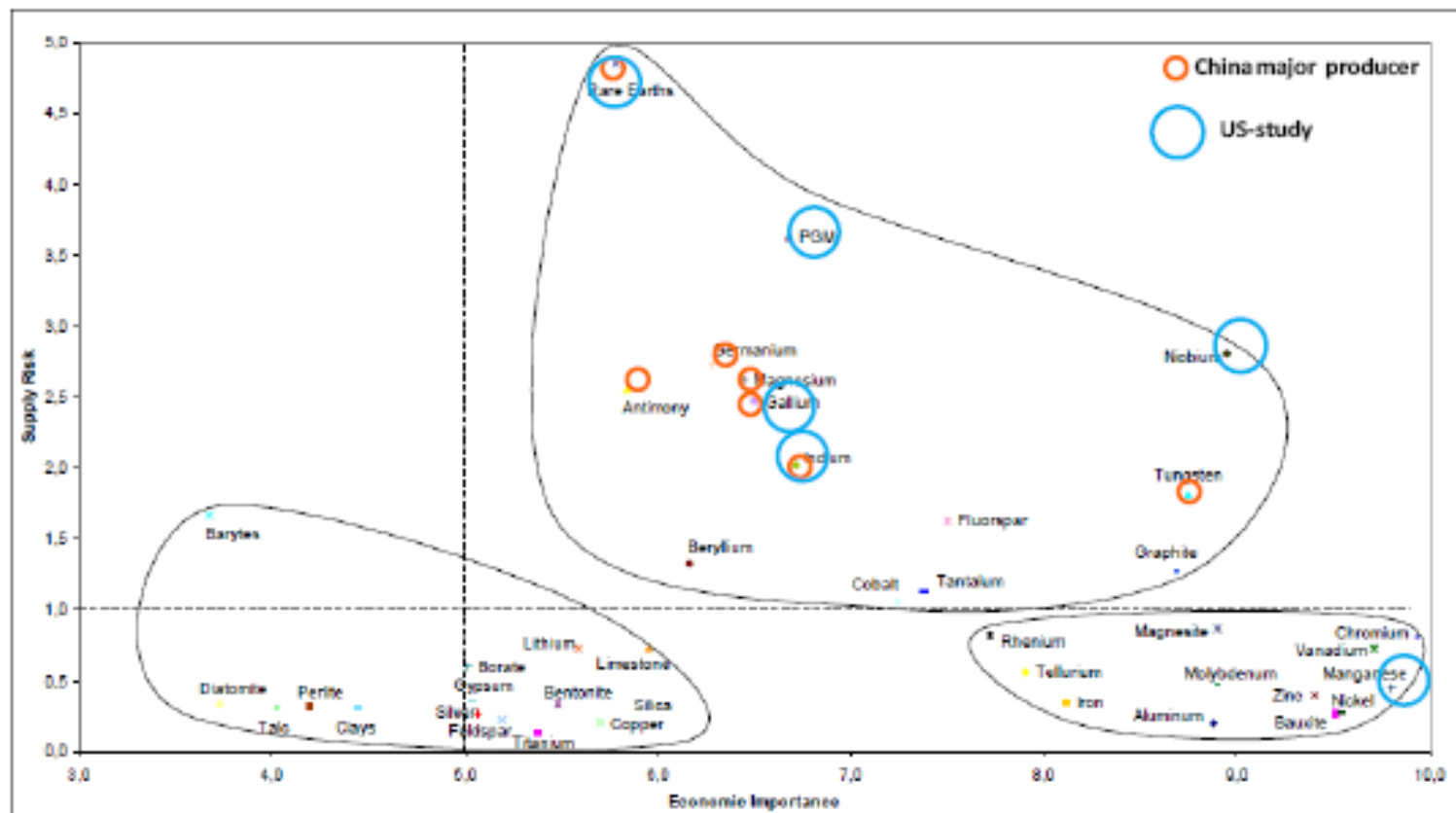


✓ в критическую зону диаграммы попали металлы группы платины (Pt, Pd, Rh), редкие_земли (REE), индий (In), марганец (Mn) и ниобий (Nb);

✓ в непосредственной близости от этой зоны находятся тантал (Ta) и галлий (Ga);

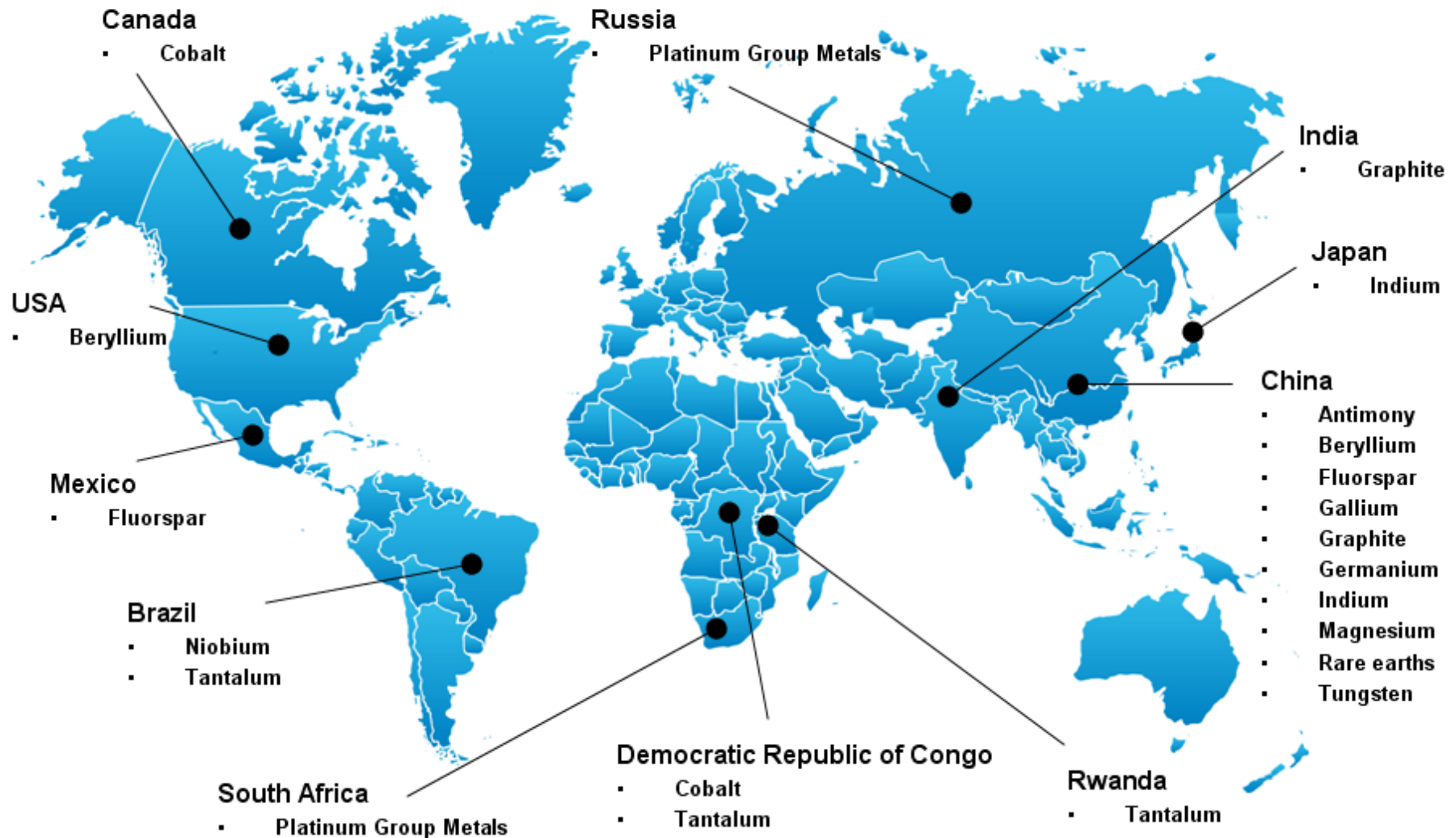
✓ ванадий (V), титан (Ti), литий (Li) и медь (Cu) не являются «критическими».

Положение меди отражает ее высокую востребованность и незаменимость во многих отраслях промышленности США и тот факт, что страна является одним из мировых лидеров в ее производстве и масштабе рециклинга.



В 2010 году европейская комиссия в своем исследовании 41 вида необходимых сырьевых материалов (металлов и минералов) выделила из них как «критические» 14: Sb, Be, Co, CaF_2 , Ga, Ge, C (графит), In, Mg, Nb, PGE, REE, Ta и W.

Production concentration of critical raw mineral materials



Европейская комиссия в 2010 году определила основные страны-экспортеры этих выделенных 14 видов КМС-товаров для экономик стран ЕС.

- С 2011 г. **Британская геологическая служба** составляет т.н. **«список риска» (Risk List)**, в котором ранжированы по степени риска поставок (**«индекс риска»**) экономически значимые химические элементы, необходимые промышленности и в повседневной жизни. Положение каждого элемента в этом списке определяется рядом **факторов**, которые могут влиять на устойчивость/надежность их поставок. Они включают **распространенность элементов** в ЗК, **локализацию** по странам **их запасов** и **текущей продукции** (добыча и переработка), а также **политическую стабильность** в этих странах; с 2012 года добавились еще два: **степень заменимости** (*substitutability*) и **уровень рециклинга** (*recycling*) этих элементов.
- В списке-2012 - **41 химический элемент**, получение которых сосредоточено в единичных странах; для каждого из них указаны: **наименование** и **символ**, **индекс риска** в цифровом виде, **ведущая страна-производитель**, **главный обладатель (страна) запасов**.
- В списке **«высвечиваются»** экономически важные металлы с высоким риском прекращения поставок: **REE, МПГ, Nb и W**; он также показывает исключительную **значимость Китая** как главного мирового производителя многих металлов и минералов.

Element or Element Groups	Supply Risk Index	Top Producer	Top Reserve Holder
REE	9.5	China	China
W	9.5	China	China
Sb	9.0	China	China
Bi	9.0	China	China
Mo	8.6	China	China
Sr	8.6	China	China
Hg	8.6	China	Mexico
Ba	8.1	China	China
C (graphite)	8.1	China	China
Be	8.1	USA	Unknown
Ge	8.1	China	Unknown
Nb	7.6	Brazil	Brazil
PGE	7.6	South Africa	South Africa
Co	7.6	DRC	DRC
Th	7.6	India	USA
In	7.6	China	Unknown
Ga	7.6	China	Unknown
As	7.6	China	Unknown
Mg	7.1	China	Russia
Ta	7.1	Brazil	Brazil
Se	7.1	Japan	Russia
Cd	6.7	China	India
Li	6.7	Australia	Chile
V	6.7	South Africa	China
Sn	6.7	China	China
F	6.7	China	South Africa
Ag	6.2	Mexico	Peru
Cr	6.2	South Africa	Kazakhstan
Ni	6.2	Russia	Australia
Re	6.2	Chile	Chile
Pb	6.2	China	Australia
C (diamond)	6.2	Russia	DRC
Mn	5.7	China	South Africa
Au	5.7	China	Australia
U	5.7	Kazakhstan	Australia
Zr	5.7	Australia	Australia
Fe	5.2	China	Australia
Titanium (Rutile, Ilmenite, and Leucoxene)	4.8	Canada	China
Al	4.8	Australia	Guinea
Zn	4.8	China	Australia
Cu	4.3	Chile	Chile

Risk list-2012

Current supply risk–index for chemical elements or element groups which are of economic value
(British Geological Survey)

Ранжирование элементов по относительному индексу риска поставок.

Шкала риска– от 1 до 10 (более «горячие» окраски указывают на возрастание риска поставок).

Индекс риска для 41 экономически значимых элементов рассчитывался по сумме 7 равнозвешенных показателей (индикаторов):

1. Scarcity. Crustal abundances. **Распространенность в земной коре (кларк).** // 1 – low; 2 – medium; 3 – high//
2. Production concentraton. **Концентрация производства/добычи.** // 1 – low; 2 – medium; 3 – high//
3. Reserve distribution. **Распределение запасов.** // 1 – low; 2 – medium; 3 – high//
4. Recycling rate (recyclability). **Уровень (степень) рециклинга.** // 1 –high; 2 – medium; 3 – low//
5. Substitutability. **Заменяемость, заместимость.** // 1 – low; 2 – medium; 3 – high//
6. Political stability (top reserve holder). **Политическая стабильность (страна с наибольшими запасами).** // 1 –high; 2 – medium; 3 – low//
7. Political stability (top producing country). **Политическая стабильность (главная страна-производитель).** // 1 –high; 2 – medium; 3 – low//

The calculation of supply risk index
(Расчет индекса риска поставок/получения)

Category	Rare Earth Element Score		Copper Score	
	Value	Score	Value	Score
Recycling rate (%)	<10	3	>30	1
Substitutability	H	3	L	1
Crustal abundance (ppm)	0.3	3	27	2
Reserve distribution (%)	50	2	28	1
Production concentration (%)	97	3	34	2
Political stability (top reserve holder)	24.1	3	67.5	1
Political stability (top producing country)	24.1	3	67.5	1
Total		20		9
Supply Risk Index (Total/2.1)		9.5		4.3

Table 2 - The calculation of a supply risk index.

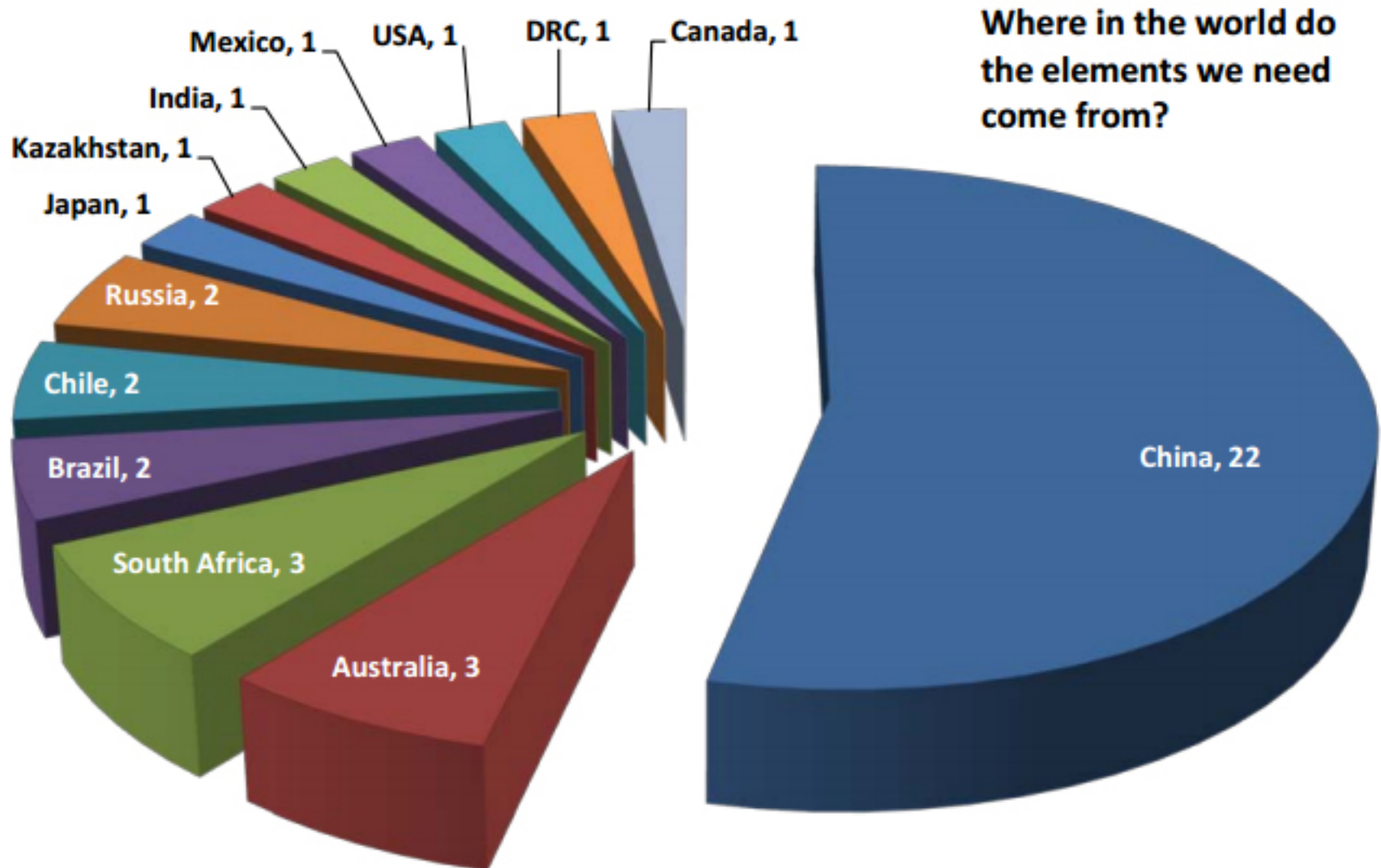


Figure 1. Chart indicates the number of times a country is the leading global producer of an element or element group of economic value. *Source: BGS World Mineral Statistics*

- Под научной редакцией эксперта Британской геологической службы (BGS) Г. Ганна (*Gunn G*) группой ведущих специалистов ЕС и США издана **книга-руководство по критическим металлам (Critical Metals Handbook, 2014): Sb, Be, Co, Ga, Ge, In, Li, Mg, PGMs, REEs, Re, Ta, Nb, W**. Главы книги, посвященные отдельным металлам и их группам, составлены по единому плану с последовательным рассмотрением их геологии, месторождений, переработки руд и концентратов, областей применения, проблем экологии, мирового рынка.
- Зарубежный опыт выделения критического МС из общего множества полезных ископаемых требует внимательного изучения применительно к условиям нашей страны. Исходя из весьма значительного ресурсного потенциала России по многим видам критического для экономик промышленно-развитых стран МС, необходимо резкое увеличение их добычи и производства в РФ как за счет освоения новых месторождений, так и внедрением современных технологий глубокой комплексной переработки руд, отвалов и отходов горнорудного, металлургического и химического производств. Это позволит стране стать крупным экспортером в высшей степени ликвидного МС и обеспечить им собственные потребности.

Заключение

- Глобализация мировой экономики и научно-технический прогресс интенсифицируют использование МС-материалов – необходимой основы производства высокотехнологичной продукции.
- Передовые страны-производители этой продукции (США, ЕС и др.) остро нуждаются в различных МС-материалах, являющихся «критическими» для их экономик.
- Геологическая Служба США продолжает разработку методологии определения критических видов минерального сырья (*critical minerals*) для экономики страны, основанной на применении так называемого «матрикса критичности», отражающего важность (незаменимость, значимость, востребованность) сырья и его доступность (возможность получения) потребителю.
- Зарубежный опыт определения «критичности» различных видов МС предполагает наличие ряда статистических показателей в масштабе страны, отрасли. Этот опыт требует внимательного изучения применительно к условиям России;

Литература

- Еремин Н.И., Дергачев А.Л. Экономика минерального сырья. М.: КДУ, 2007, 2008.
- *Коллектив авторов. Отв. редактор А.П. Ставский.* Минеральное сырье: от недр до рынка (в трех томах). М.: Научный мир, 2011.
- Кривцов А.И. Минерально-сырьевая база начала XXI в. – Мир и Россия. М.: ЦНИГРИ, 2008.
- Министерство природных ресурсов РФ, и экологии Российской Федерации. Государственный доклад. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2012 году. Москва, 2013.
- *Министерство природных ресурсов РФ, Федеральное агентство по недропользованию* Долгосрочная государственная программа изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья. Москва, 2008.

- **Война и стратегическое сырье.** Ферсман А.Е. Свердловск: ОГИЗ, Политиздат, 1941. 62с.
- **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.
- **О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2016 и 2017 годах.** Государственный доклад. Министерство природных ресурсов и экологии РФ.
Москва 2018.
- **Стратегия национальной безопасности Российской Федерации.** Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 31.12.2015 года No 683.
- **Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года.** Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 13.05.2017 года. No 208.
- **О стимулировании добычи редких металлов.** Законопроект Подписан Президентом Российской Федерации В.Путиным в августе 2019 года, его основные положения вступят в силу 01.01.2020 года. Рассмотрен в первом чтении государственной думой.

Литература (зарубежная):

- *National Research Council*. Minerals, Critical Minerals, and the U.S. Economy: Washington, D.C., National Academies Press. 2008. 264 p.
- *UNEP* . Critical Metals for Future Sustainable Technologies & their Recycling Potential. July 2009.
- *EU (European Commission)*. Critical Raw Materials for the EU. June 2010.
- *APS & MRS*. Energy Critical Elements - Securing Materials for Emerging Technologies. Feb. 2011
- *US DOE*. Critical Materials Strategy. Dec. 2011
- *BGS (British Geological Survey)*. Risk List. 2011.
- *USGS (US Geological Survey)*. Critical Minerals Resources for the 21 Century. 2012.
- *Gunn G (ed)*. Critical Metals Handbook. Wiley-Blackwell. 2014. 454 p.

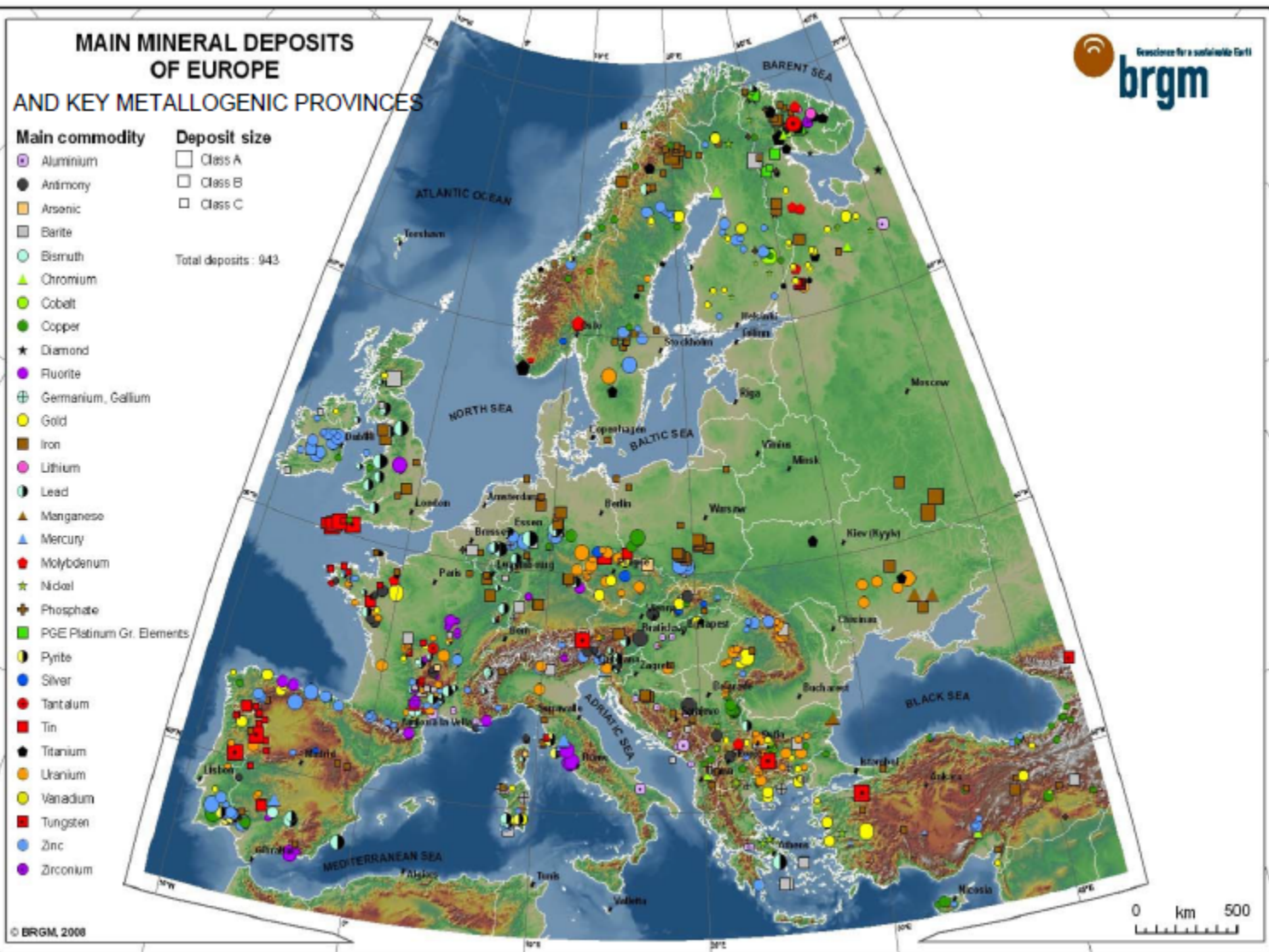
- ***Mineral Commodity Summaries-2020.*** USGS.
- ***Geology and Economics of Strategic and Critical Minerals.***
Virginia T. McLemore.
- ***From “strategic” tungsten to “green” neodymium: A century of critical metals at a glance.*** Anton R Chakhmouradian, Martin P. Smith, Jindrich Kynicky. Ore Geology Reviews 64 (2015) 455-458.
- ***CRITICAL METALS meeting Main page***
- ***Interior Releases 2018,s Final List of 35 Minerals Deemed Critical to U.S, National Security and the Economy.*** USGS.

Potential in EU for production of critical minerals

Commodity	Producing countries	Potential, EU33	Potential, rest of Europe
Antimony	Turkey	Austria, France, Serbia, Slovakia	
Beryllium		Finland, France	Ukraine, Norway?, Russia? Greenland?
Cobalt	Russia	Finland, Greece	Norway, Russia
Fluor	Germany, Spain, UK	Sweden	Norway, Greenland
Gallium	Germany	France, Hungary, Slovakia	Russia, Norway
Germanium	Belgium, Finland, Spain	Bulgaria	
Graphite	Austria, Norway, Romania, Turkey	Finland, Sweden	Russia, Greenland
Indium	Belgium, Germany, Italy, Netherlands, Russia, UK		Greenland
Magnesium	Austria, Greece, Netherlands, Russia, Slovakia, Spain, Turkey		Norway
Niobium		Finland	Greenland, Russia, Norway
PGM	Poland, Serbia	Finland	Russia, Greenland
REE	Russia	Finland, Greece, Sweden	Greenland, Norway
Tantalum		Finland, France	Greenland, Russia
Tungsten	Austria, Portugal, Russia, Spain	Sweden, UK	Greenland

Modified from R. Boyd, Norway Geological Survey, 2012

EuroGeoSurveys
Association of the
Geological Surveys
of Europe



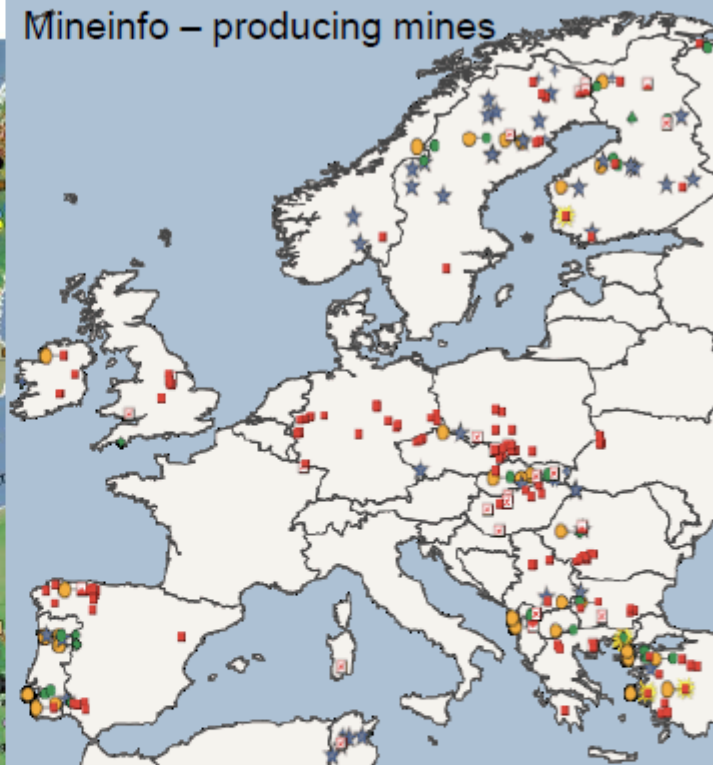
MAIN MINERAL DEPOSITS OF EUROPE

- | Main commodity | Deposit size |
|---------------------------|--------------|
| Aluminium | Class A |
| Antimony | Class B |
| Arsenic | Class C |
| Barite | |
| Bismuth | |
| Chromium | |
| Cobalt | |
| Copper | |
| Diamond | |
| Fluorite | |
| Germanium, Gallium | |
| Gold | |
| Iron | |
| Lithium | |
| Lead | |
| Manganese | |
| Mercury | |
| Molybdenum | |
| Nickel | |
| Phosphate | |
| PGE Platinum Gr. Elements | |
| Pyrite | |
| Silver | |
| Tantalum | |
| Tin | |
| Titanium | |
| Uranium | |
| Vanadium | |
| Tungsten | |
| Zinc | |
| Zirconium | |

Total deposits : 943

© BRGM, 2008

Mineinfo – producing mines



0 km 500

Спасибо за внимание!