

# Стратегия и тактика успеха поисковых работ. Мировой опыт

*Сергей Викторович Петров*

доцент кафедры геологии  
месторождений полезных ископаемых  
Институт наук о Земле СПбГУ, к.г.-м.н.  
AusIMM, ЕСОЭН, ОЭРН

# Как делают открытия??

## Открытия новых законов природы

(новых явлений, в нашем случае – месторождений нового типа или объектов на гринфилдах)

- Литий-боровые месторождения
- Скандиеносные коры выветривания
- Горная порода-руда (рутиловые эклогиты)
- Медные порфиры Бирюзового холма (Ою-Толгой)

## Открытия, состоящие в установлении закономерностей.

Новые месторождения подтверждают уже известные явления, сущность которых ранее была непонятна или не укладывалась в имеющиеся объяснения.

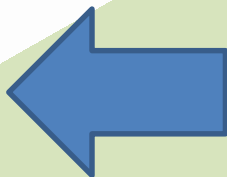
- Камоа-Какула медистые песчаники
- БигЦинк в Кипуши
- Флатриф на Бушвельде
- Вольфрамовые скарны Жуши
- «Подводное» золото Саньшандао
- Мировой рекордсмен Алпала
- Медный ящик Онто

# 1. Новое эндемичное литий-боровое сырьё. Минерал ядарит → скопления → промышленное месторождение

Методология основана на аналогии геологического строения

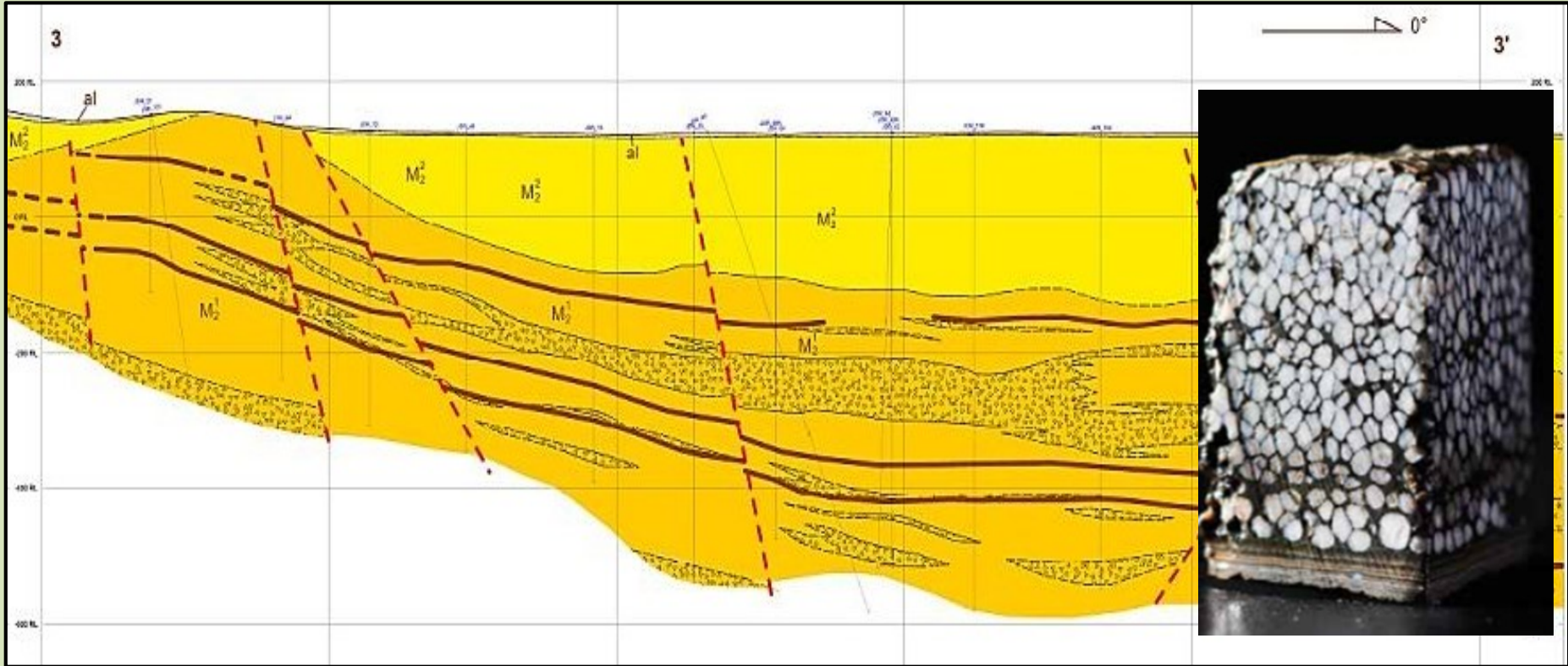
Литий - бонус

Особый фактор - относительно большая  
роль случая



*Методология открывательства в геологии отличается тем, что здесь большую роль играют обстоятельства, усложняющие основную схему. В геологии они присутствуют в большом количестве. Это уже не оговорки и не исключения из довольно универсальных правил, а постоянно действующие «искажающие» факторы.*

# Ядар, Сербия, Рио Тинто



- Indicated Resource: 52.4 Mt @ 1.79% Li<sub>2</sub>O, 19.2% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Inferred Resource: 83.3 Mt @ 1.90% Li<sub>2</sub>O, 13.0% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Total Mineral Resource: 135.7 Mt @ 1.86% Li<sub>2</sub>O, 15.4% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Новый минеральный вид  
**Ядарит (Jadarite):**  
**LiNaSiB<sub>3</sub>O<sub>7</sub>(OH)**

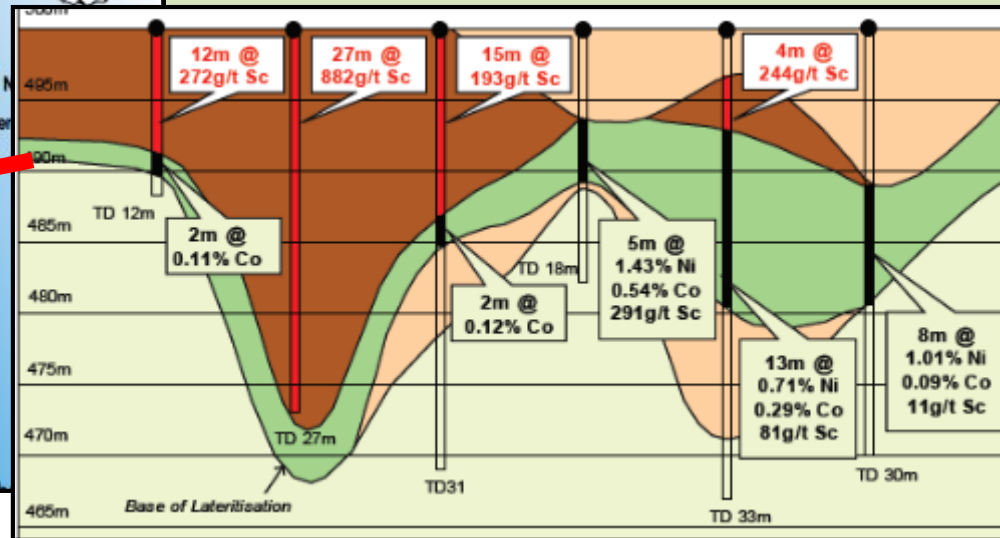
**Rio Tinto**

## 2. Скандиеносные коры выветривания

Методология: Углубленное изучение вещественного рядовых проб с применением нового современного аналитического оборудования (ICP-MS)

Скандий: закономерное накопление металла в железо-кобальтовых разностях кор выветривания по пироксенитам дунит-клинопироксенитовых комплексов урал-аляскинского типа

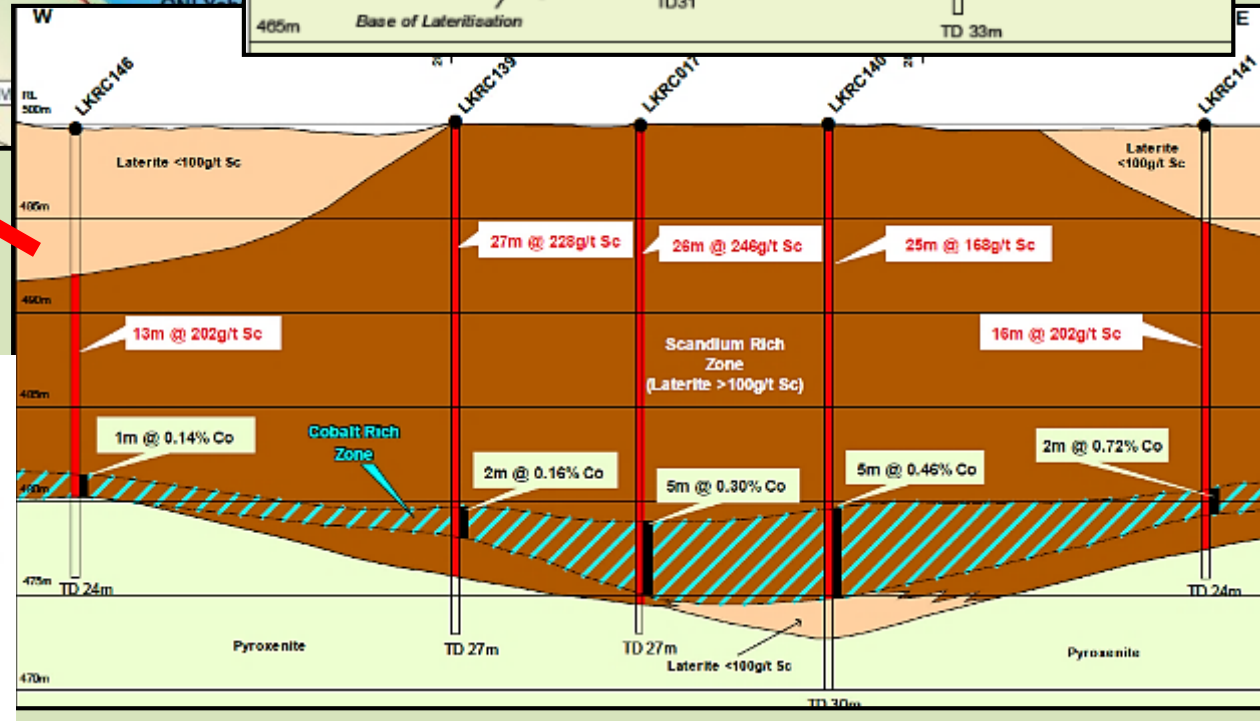
# Австралия, 2010 год, массив Гринвэйл в Квинсленде....



**Bonanza intercept 27m @ 882g/t Sc (incl. 9m @ 1,417g/t Sc)**

**LEGEND**

- Low Grade Ni - Co Laterite
- Medium to High Grade Ni - Co Laterite
- Scandium Rich Laterite
- Weathered Ultra Mafic



## Ресурсы скандиевого сырья в Австралии и США

Месторождение	Компания	Категории ресурсов	Руда, млн т	Содержание, г/т	Металл, тонн
Оуэндейл (Owendale, Австралия)	Platina Resources Ltd	M+I+I	25,8	383	9882
Нингэн (Nyngan, Австралия)	Scandium International Mining Corp.	M+I+I	16,81	235	3959
СКОНИ (SCoNi, Австралия)	Metallica Minerals Ltd, с 2017 г владелец - Australian Mines Limited	M+I+I	59,5	65	3842
Сайерстон (Syerston, Австралия)	Clean TeQ Holdings Ltd	M+I+I	28,21	419	11819
	в т.ч. богатые руды, при содержании <b>Sc &gt; 600 г/т</b>	M+I+I	1,49	670	996
Флемингтон (Flemington, Австралия)	Australian Mines Limited	M+I	3,14	434	1361
Лэйк Иннес (Lake Innes, Австралия)		M+I+I	15,7	41	644
Элк Крик (Elk Creek, США)	NioCorp Developments Ltd.	I+I	180,1	67	12071
<b>Суммарные данные по скандию</b>		<b>всего</b>	<b>329,2</b>	<b>132</b>	<b>43577</b>

### **3. Нетрадиционный взгляд на традиционное минеральное сырьё**

Методология:

- Метаморфизм эклогитовой фации по рудным пироксенитам (титаномагнетитовым)
- Внимание к геолого-экономической оценке





Бонус – техническое абразивное гранатовое сырьё







# Эклогит - новый вид полезных ископаемых....

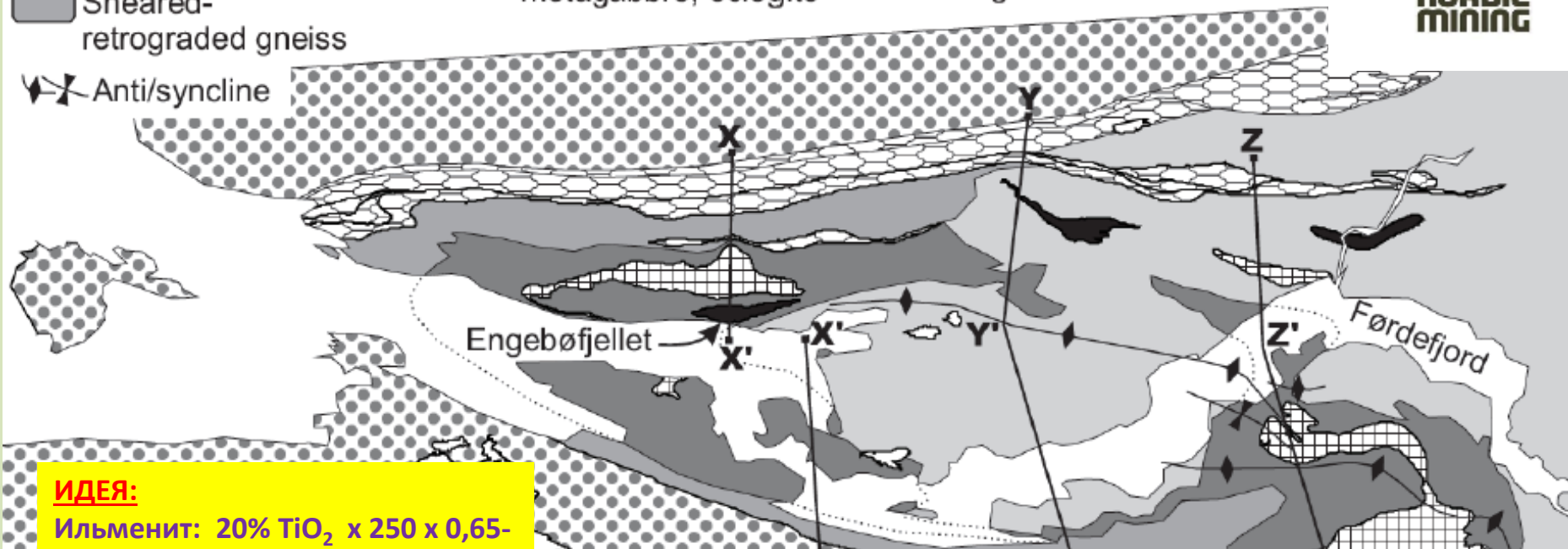
Норвегия, Engebøfjellet (Fordefjord region), 2016



-  Upper plate rocks
-  Phyllonite and blastomylonitic gneiss
-  Sheared-retrograded gneiss
-  Anti/syncline

- HEGRENESET COMPLEX**
-  Eclogite
  -  Grey gneiss, amphibolite, metagabbro, eclogite

- HELLE COMPLEX**
-  Granitic gneiss
  -  Granitic to granodioritic gneiss



## ИДЕЯ:

Ильменит:  $20\% \text{ TiO}_2 \times 250 \times 0,65 - 0,75 = 35-40 \text{ USD/t}$

Рутил Энgebё:

$3,5\% \text{ TiO}_2 \times 1500 \times 0,6 = 32 \text{ USD/t}$

TiO <sub>2</sub> Cut-off	Classification	Tonnes (Mt)	Total TiO <sub>2</sub> (%)	Garnet (%)
2%	Measured	29.2	3.60	44.5
	Indicated	104.0	3.48	43.9
	<b>Total – Measured and Indicated</b>	<b>133.2</b>	<b>3.51</b>	<b>44.0</b>
	Inferred	254.1	3.15	41.3



## **4. Открытие медно-порфирового месторождения Ою-Толгой в Монголии**

Методика: планомерное разбуривание территорий с аномальными геохимическими и геофизическими полями

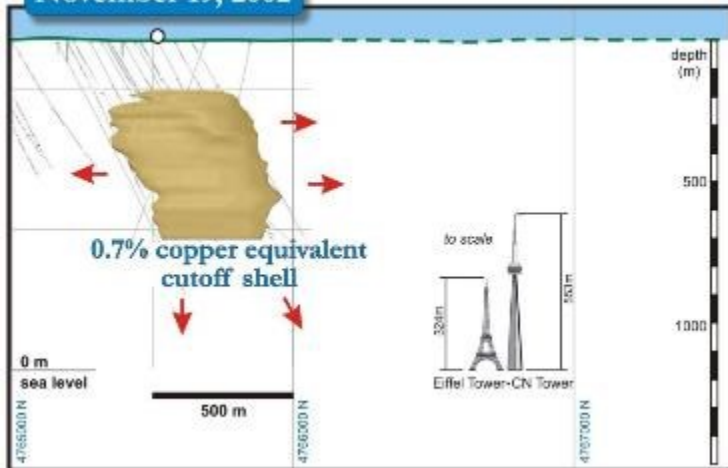
Внимание к финансовой схеме выхода из проекта

# Начало Айвего: Монголия, 2001 год,

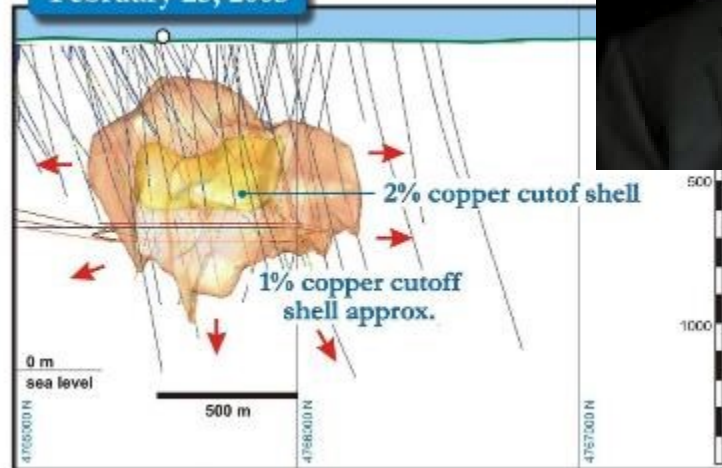
Robert Friedland



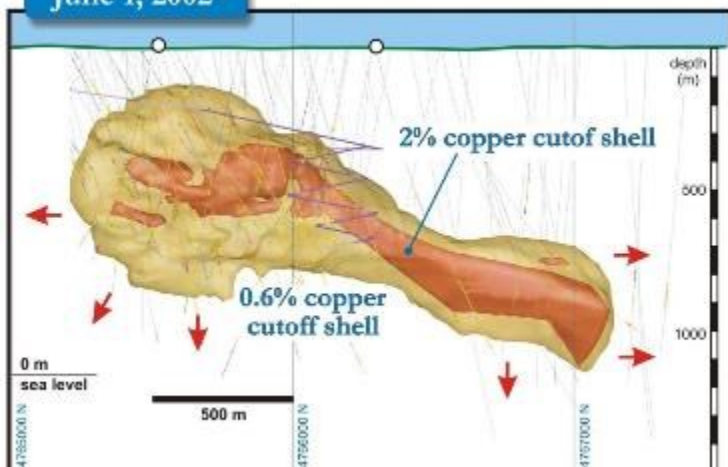
November 19, 2002



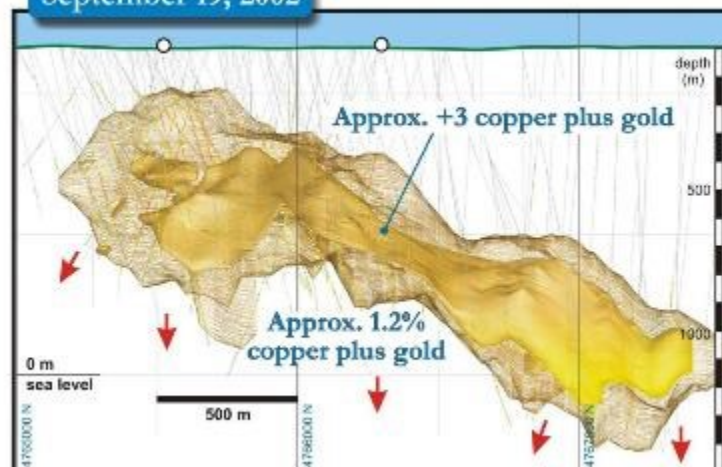
February 25, 2003



June 1, 2002



September 19, 2002

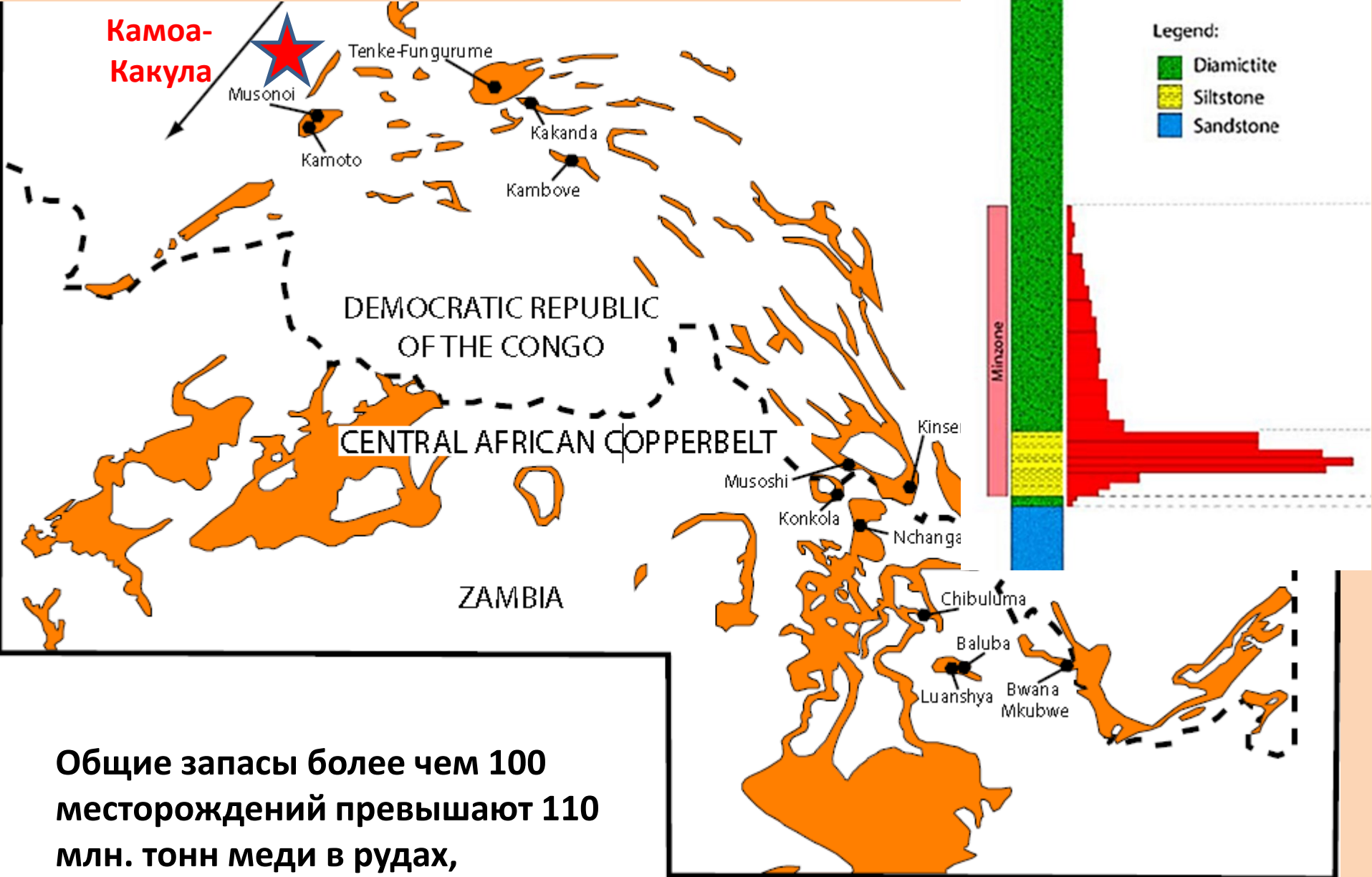


Месторождение Ою Толгой,  
2001 год скважина  
OTD-150 дала 508 м:  
0,8-1  
2002 г = Hugo  
Dummett (638 м  
руды от 220 м от  
поверхности;  
2009 г = Heruga  
Deposit и Heruga  
North Deposit  
2011 г = Ulaan Khud  
North deposit

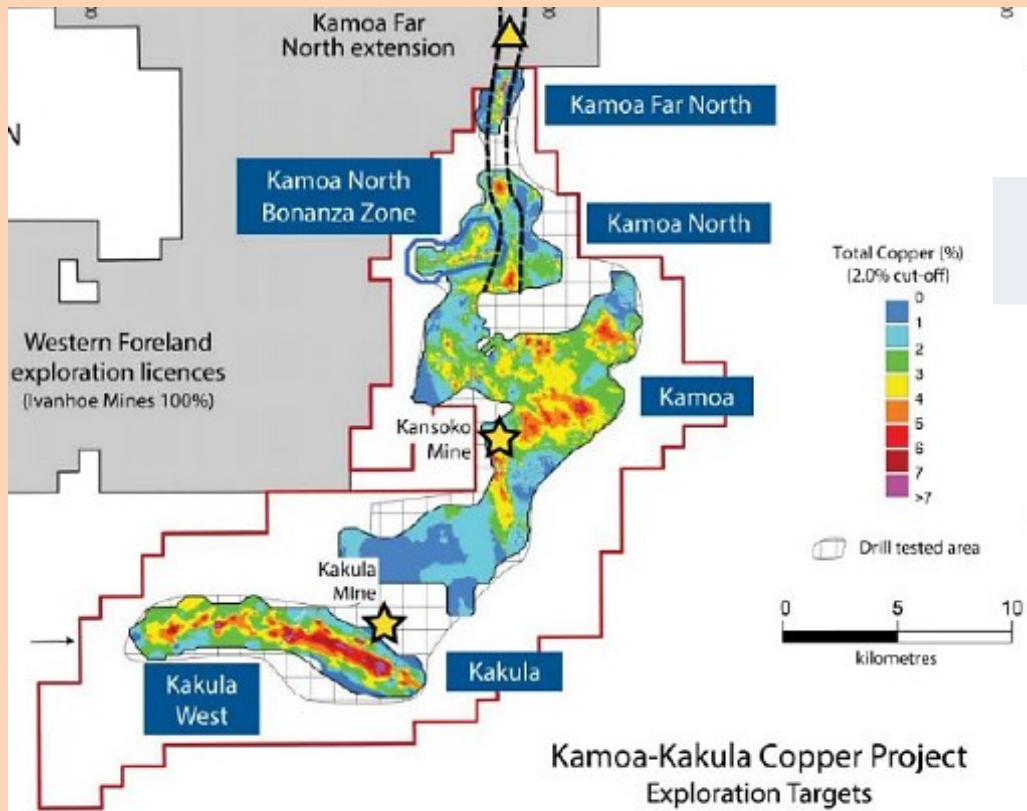
## **5. Открытие Камоа-Какула – крупнейшего и богатейшего месторождения меди в мире**

Методика:

- Расширение рудоносных зон в пределах известного медного пояса Африки (Конго)
- Увеличение мощности рудоносного пласта
- Продолжение меденосных каналов дальше на север и запад



**Общие запасы более чем 100 месторождений превышают 110 млн. тонн меди в рудах, содержащих 1–10 % меди и 0,3 % кобальта.**



Камоа-Какула Copper Project  
Exploration Targets  
2% Total Copper grade contours

## Probable Mineral Reserve

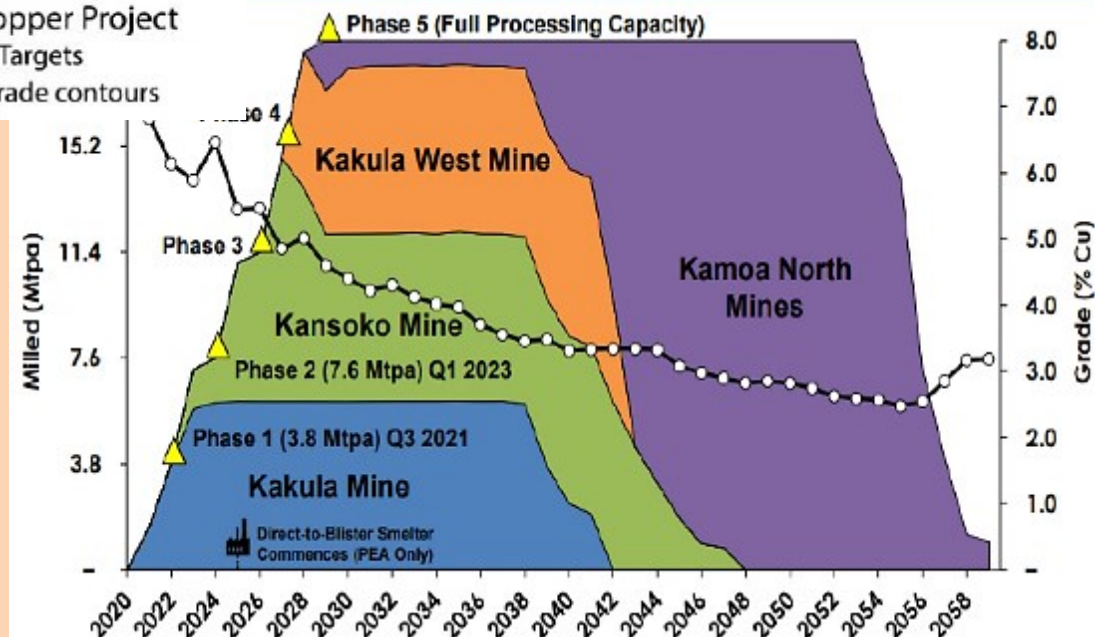
**432 Mt**

**4,68%Cu**  
Борт 3%

**20,2 Mt Cu**

Согласно Камоа-Какула 2020 PEA предполагается создание горно-металлургического комплекса производительностью 19 млн т/год (два крупных карьера Kakula, Kansoko, плюс шесть относительно небольших).

Expansion Capital Costs	4,45 B\$
Total Cash Cost	2350\$/тонна Cu
<b>After-Tax NPV8%</b>	<b>11,1B\$</b>
After-Tax IRR	56,5%
Project Payback	3,6 лет
Project Life	43 лет

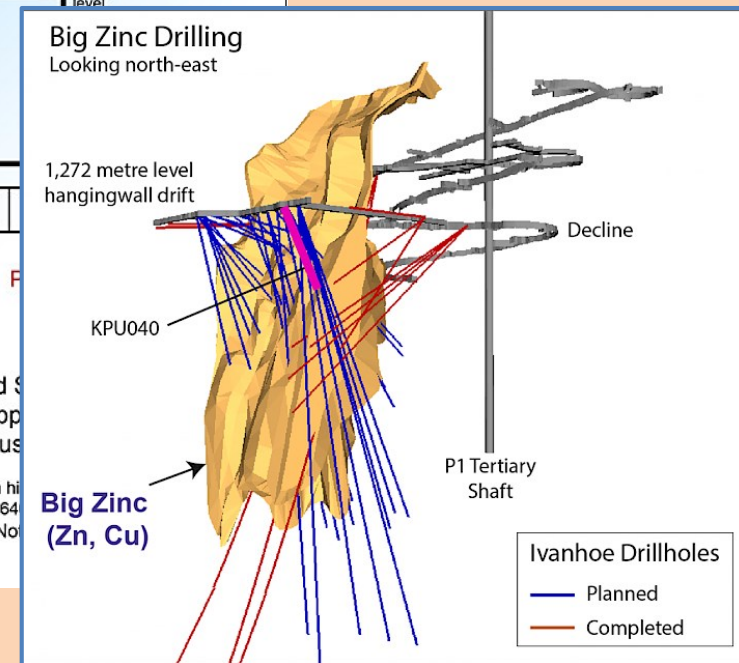
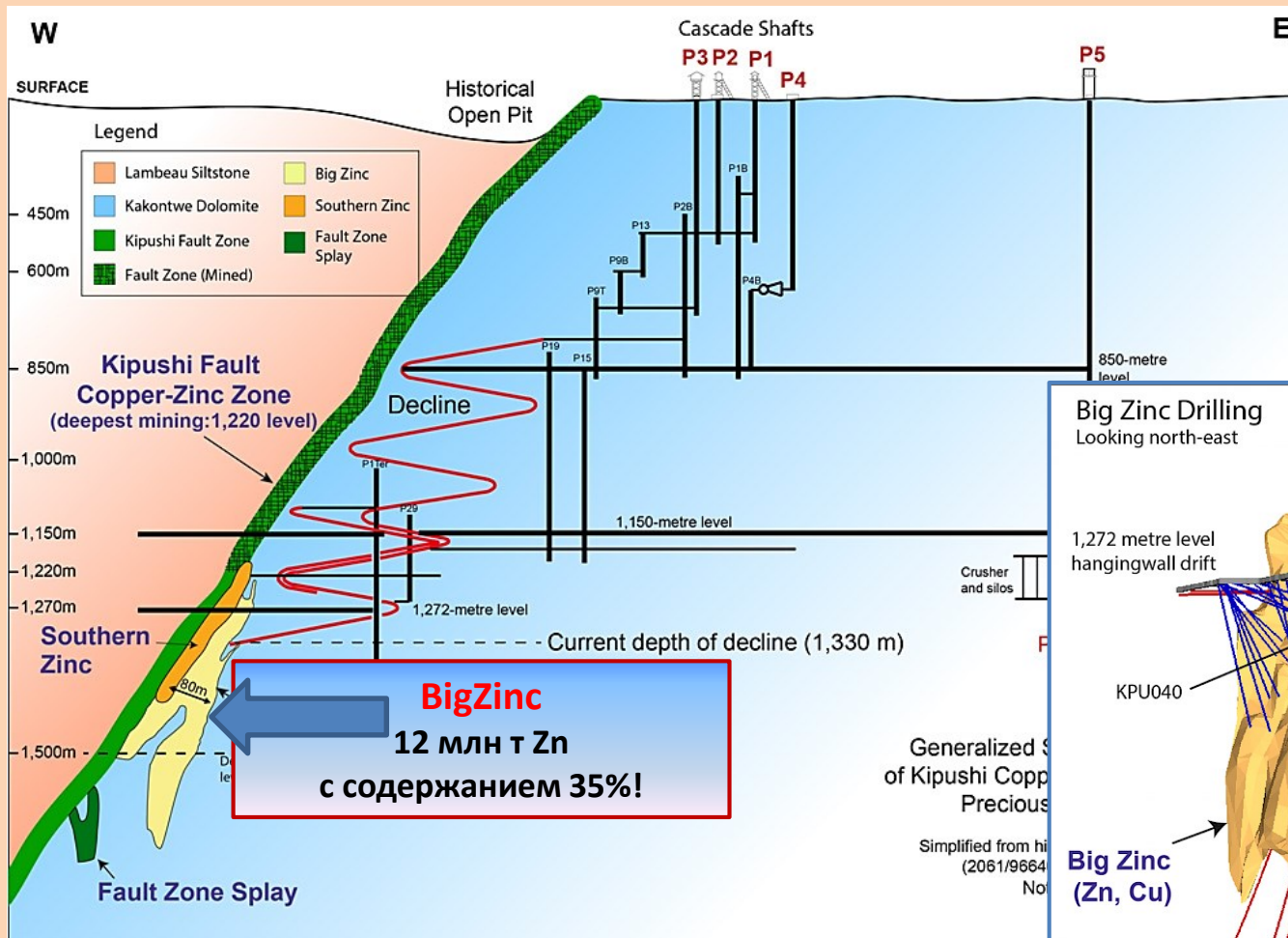


## **6. Кипуши – открытие.... которое не ждали!**

Методика:

- Геолого-экономическое обоснование продолжения разработок на глубину более 1200 м от поверхности
- Перспектива продолжения оруденения в кондициях, сходных с верхними горизонтами

# Рудник Кипуши



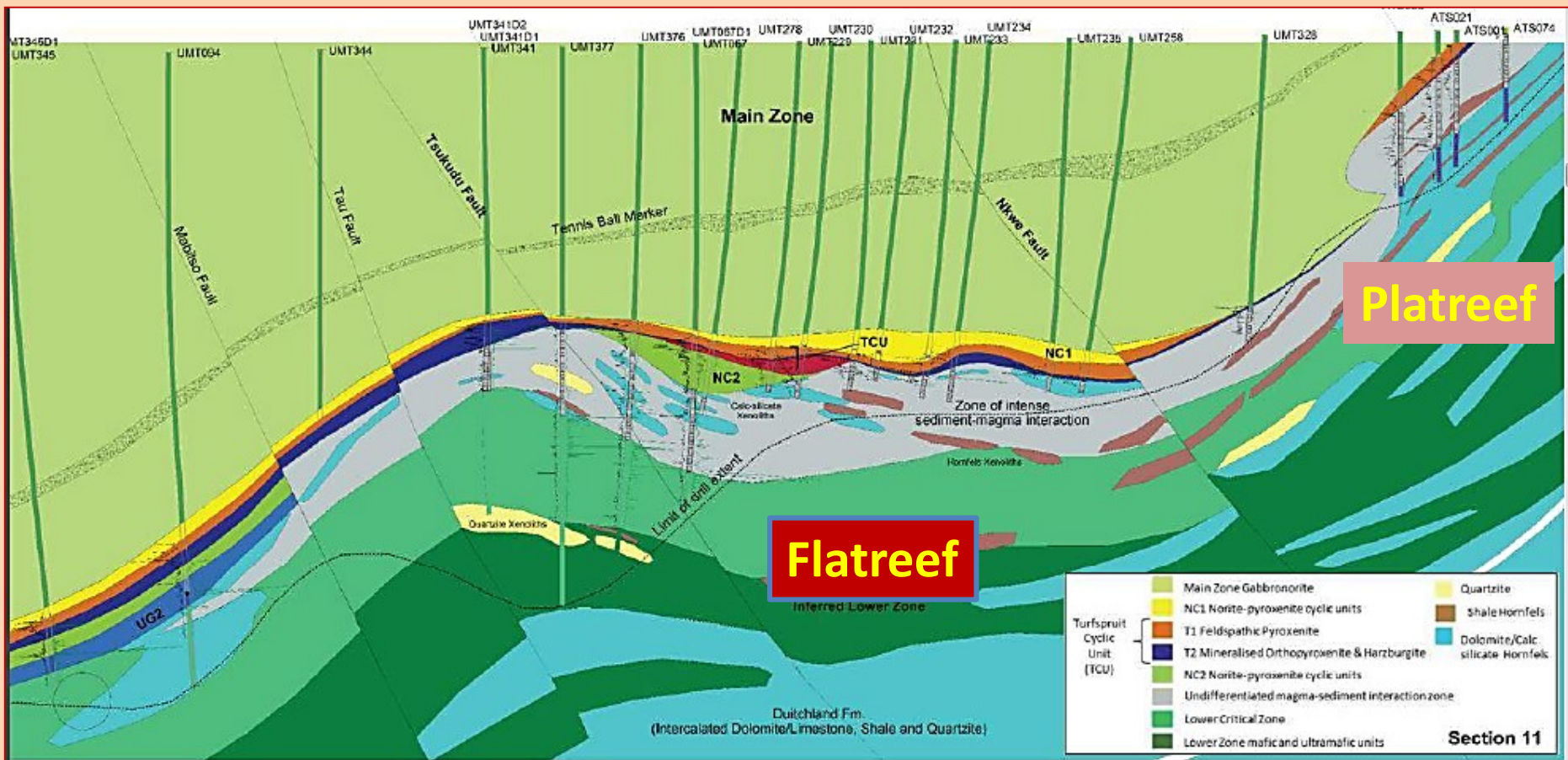
На месторождении Кипуши в период с 1924 по 1993 год было добыто около **60 млн т Zn** с содержанием 8-11% и 2-7% меди. Помимо производства меди и цинка, месторождение в период с 1956 по 1978 год рудник произвел 12 тыс. т Pb и 278 т Ge. С 1993 года рудник находился в консервации. Месторождение отработано до глубины 1250 метров!



## **7. Platreef-Flatreef Project – крупнейшее платинометальное месторождение мира**

Методика:

- Внимание к геолого-геофизическим моделям
- Глубинные поиски ( $\approx 1000$  м)



2,15 млрд тонн руды с содержанием Pt+Pd+Au – 2,2 г/т = **4758 (!) тонн**

**платиноидов** и золота....

Cu – 0,13% (2,7 млн тонн)

Ni – 0,25% (5,4 млн тонн)

## 8. Медно-вольфрамовые скарны Жуши, Китай

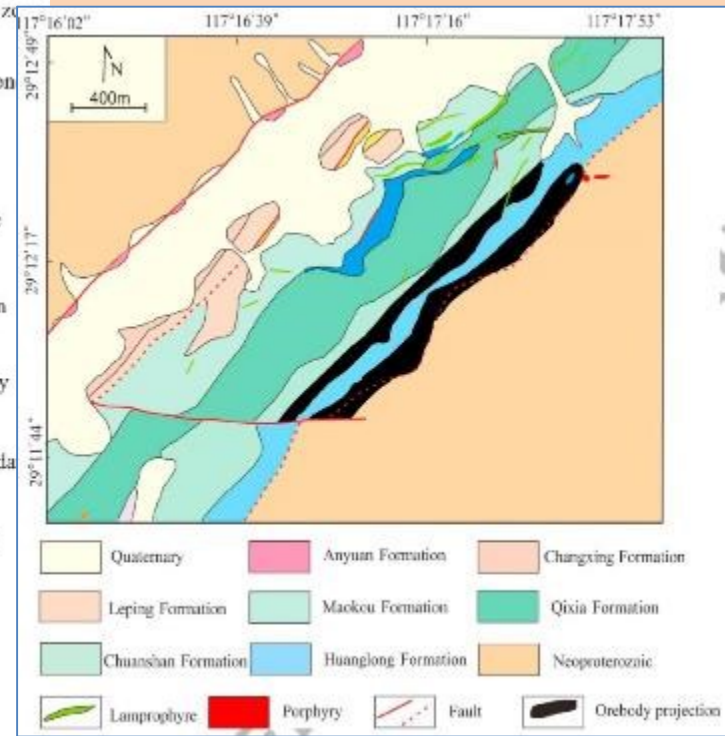
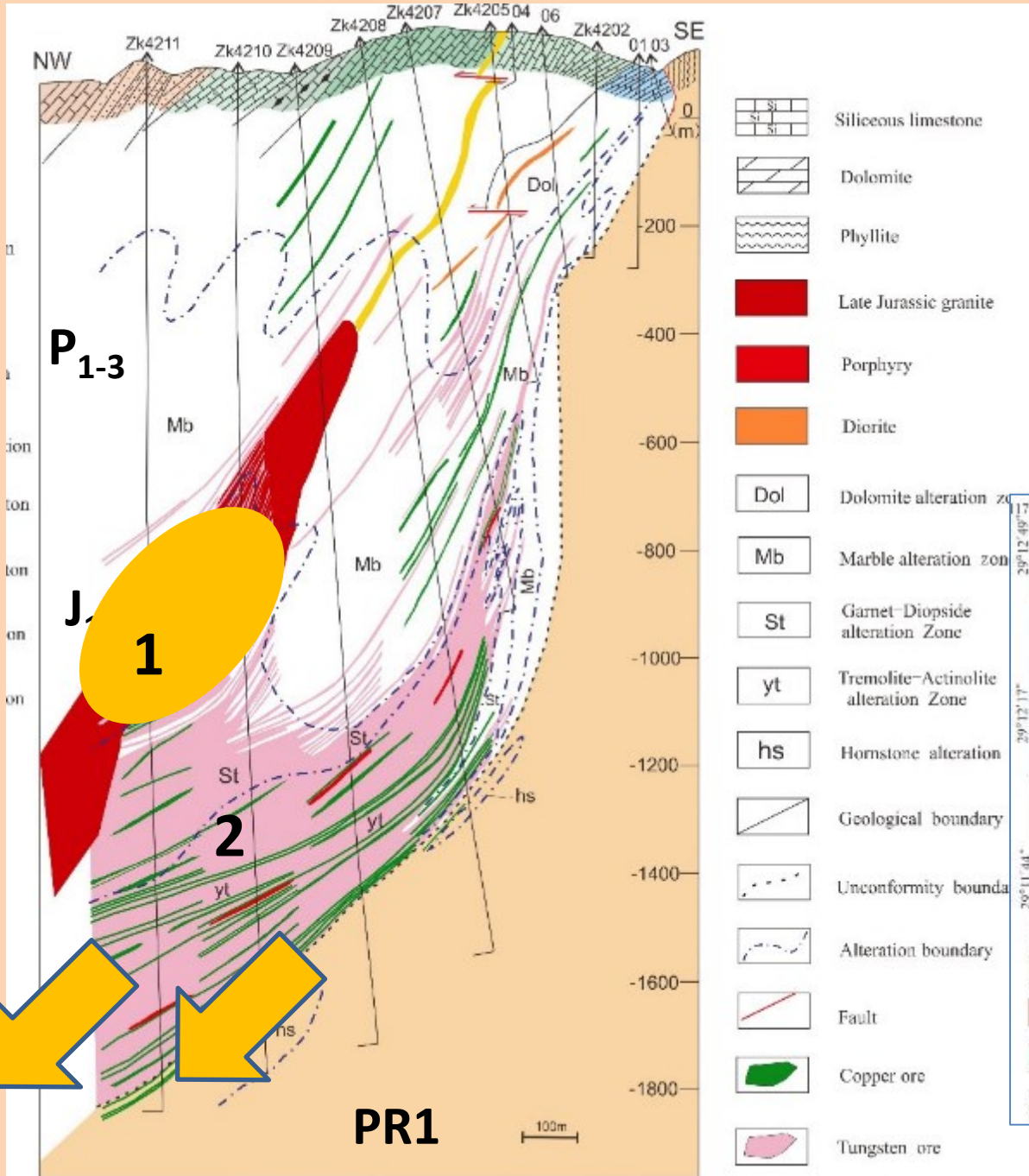
Методика:

- Глубинные поиски в ореолах юрских рудоносных гранитоидов (интервал от 800 м до 1500 м)

Бонус – вольфрам!

Медно-вольфрамовое полиметаллическое месторождение **Жуши (Zhuxi)** включает два геолого-промышленных типа:

- 1) скарновый ( $WO_3$  0,6%)
- 2) гидротермальный штокверковый ( $WO_3$  0,2%)



# Крупнейшие месторождения вольфрама в Китае

Название	Тип	Руда, млн т	WO <sub>3</sub> , %	WO <sub>3</sub> , тыс. т
Shizhuyuan (Шижуан)	порфировый	645	0,21	1355
Xingluokeng/Xihuashan (Силуокен/Сихуашан)	порфировый	88	0,44	389
Yangchulin (Янчулин)	порфировый	117	0,37	432
Damingshan (Дамингшан)	страти	131	0,24	313
Xihuashan (Сихуашан)	жильн/штоков	42	0,52	220
Dangping (Данпин)	грейзеновый	52	0,33	170
<b>Zhuxi (Жуши)</b>	скарн/порф	<b>500</b>	<b>0,6</b>	<b>2860</b>
<b>Dahutang (Даутан)</b>	скарн/порф	<b>?</b>	<b>&gt;0,3</b>	<b>&gt;1000</b>

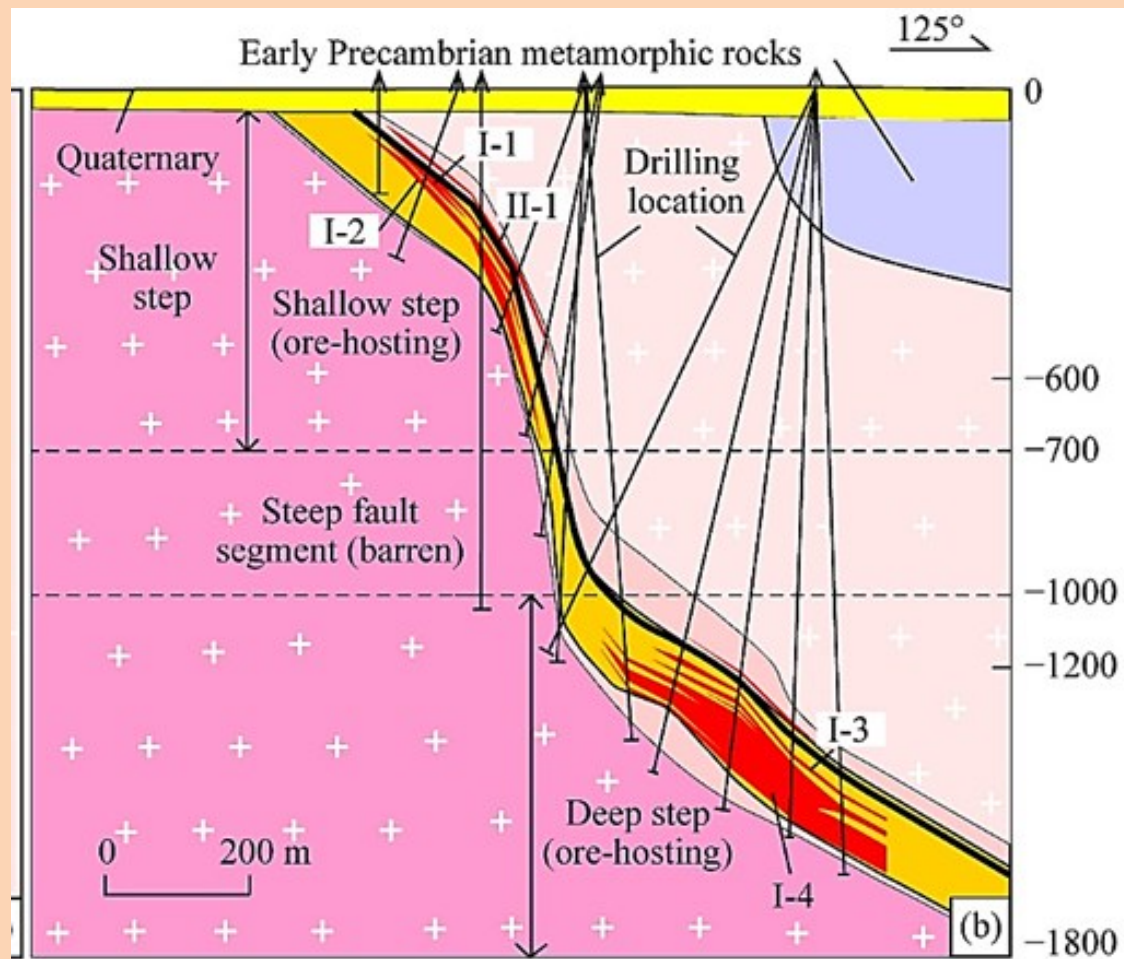
Обнаружение этих вольфрамовых месторождений мирового класса перевернуло давнюю модель пространственного распределения «вольфрама на юге и меди на севере» в провинции Цзянси и привело к созданию «Северного вольфрамового пояса Янцзы» (Мао et al. 2012).

**Ресурсы вольфрамового сырья в недрах приближаются к 6 млн т.**

## 9. Саньшандао – крупнейшее золоторудное месторождение в Китае

Методика:

- Глубинные поиски нижних горизонтов, кустовое бурение
- Геолого-экономическое обоснование горизонта исследования до 2300 м
- Простираение рудного тела около 8 км, по падению 3 км...
- Поиски под водами океана



Разрез по разведочной линии № 30) приморского рудного блока золоторудного месторождения Саньшандао.

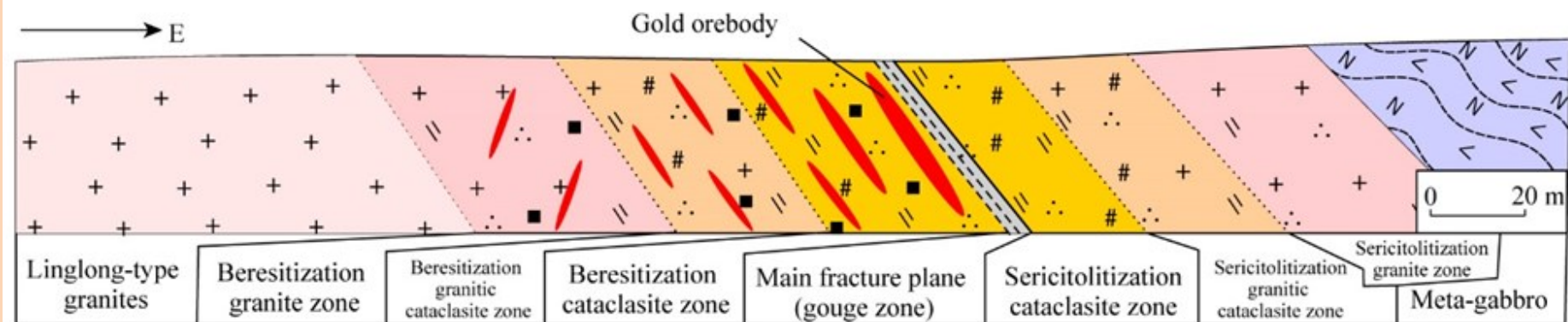
Запасы:

1965 – 60 т

1995 – 118 т

**2020 – 1240 тонн Au @3,6 г/т,**

в т. ч. 470 т Au под водой океана



## **10. Новые медно-порфировые объекты – результат геолого-минералогического моделирования объектов**

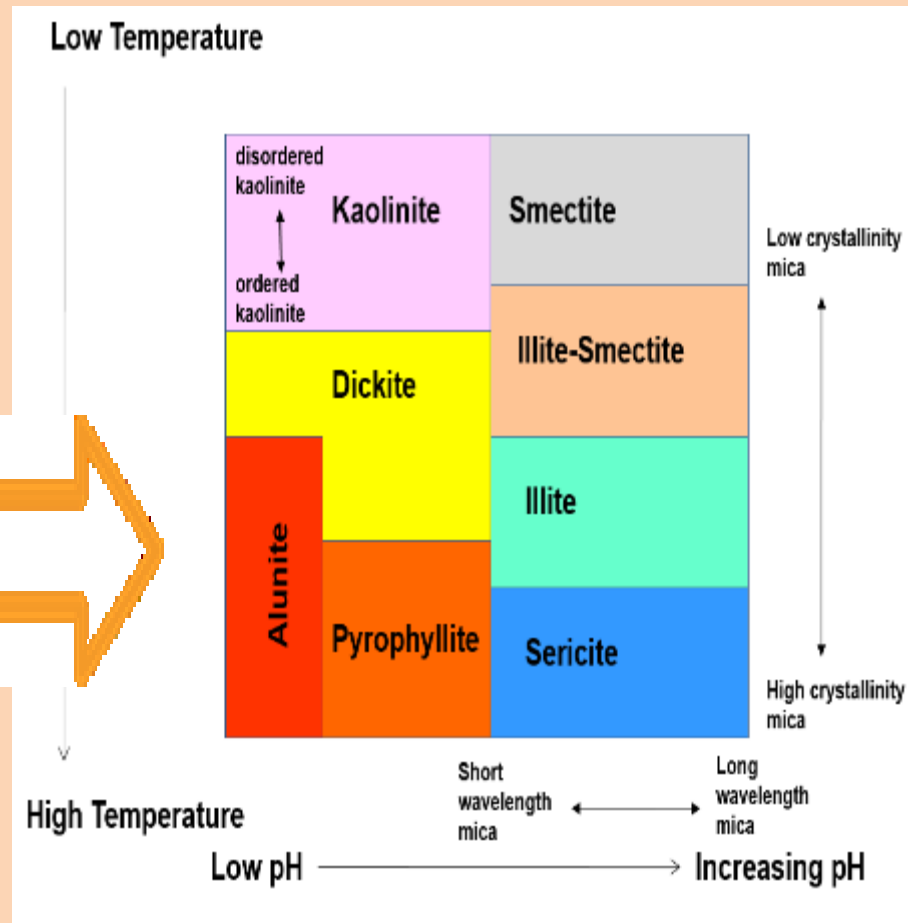
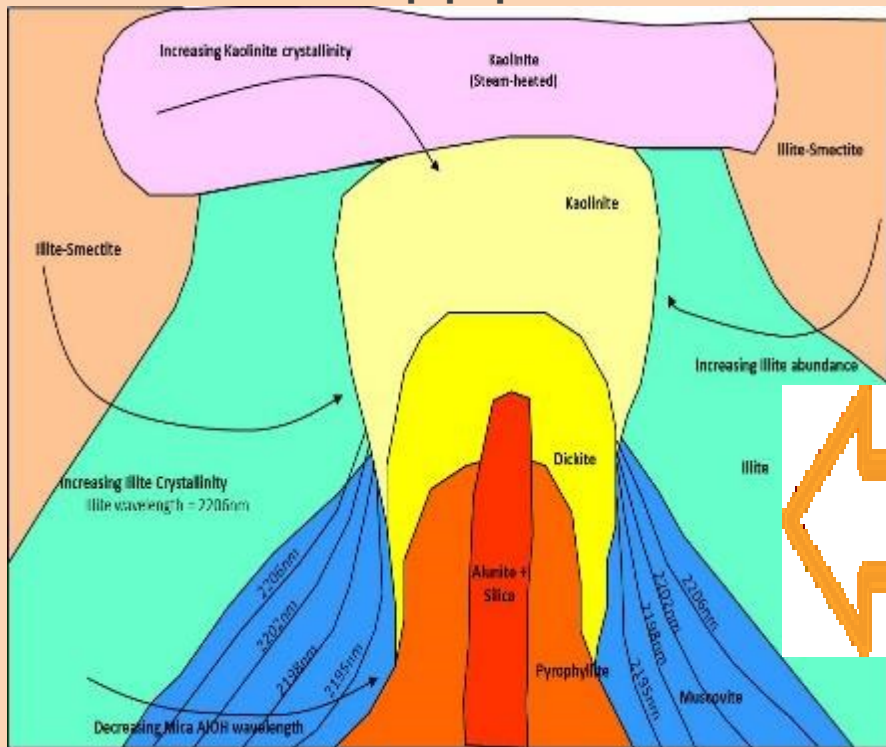
Методика:

- Построение модели метасоматической зональности
- Наблюдения смены минеральных ассоциаций (мусковит-фенгит, пирит-халькопирит и пр.), генераций рудоносных прожилков
- Техника бурения



# Минералогические методы

## Зональность смены минеральных ассоциаций в порфировых системах

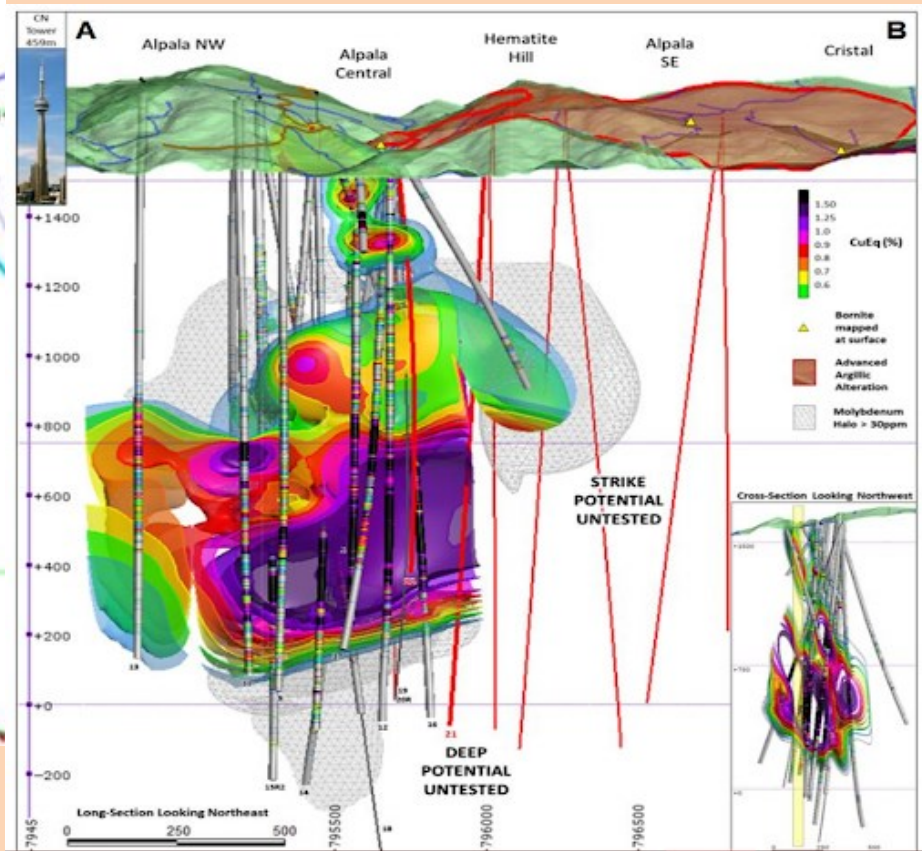
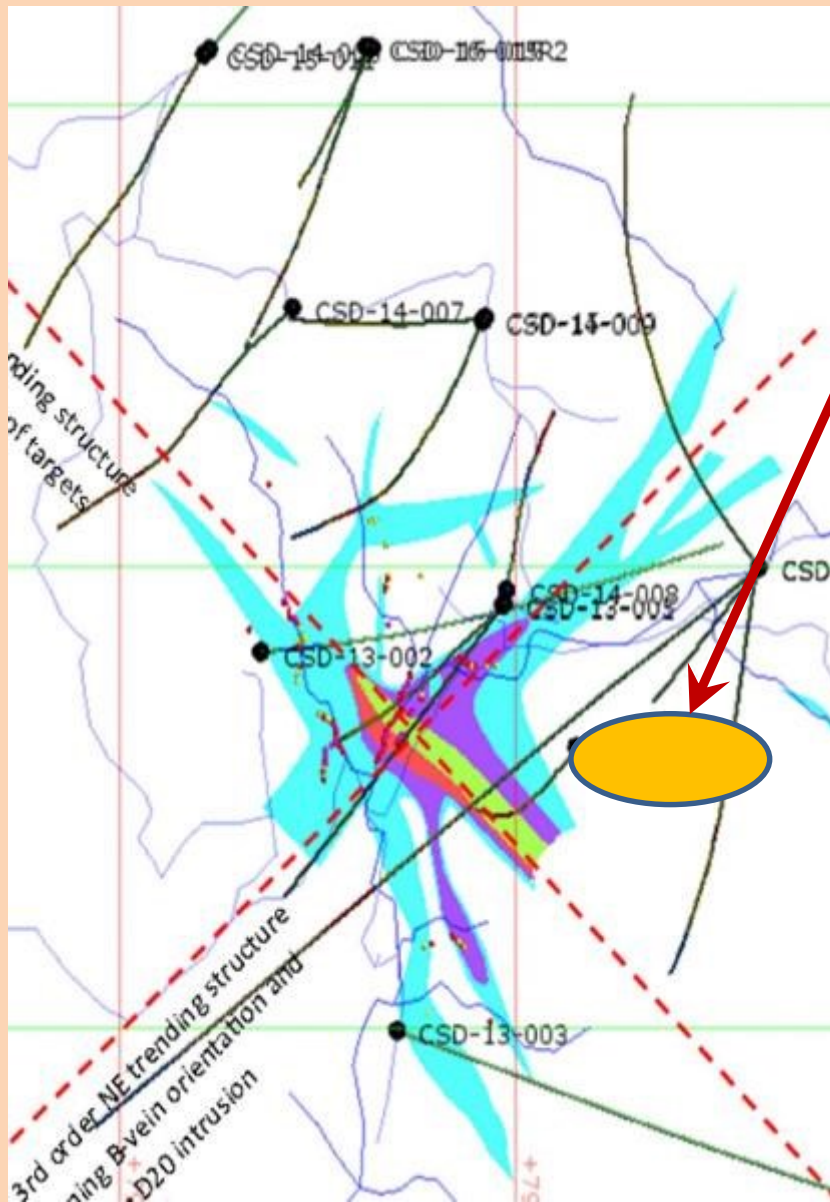


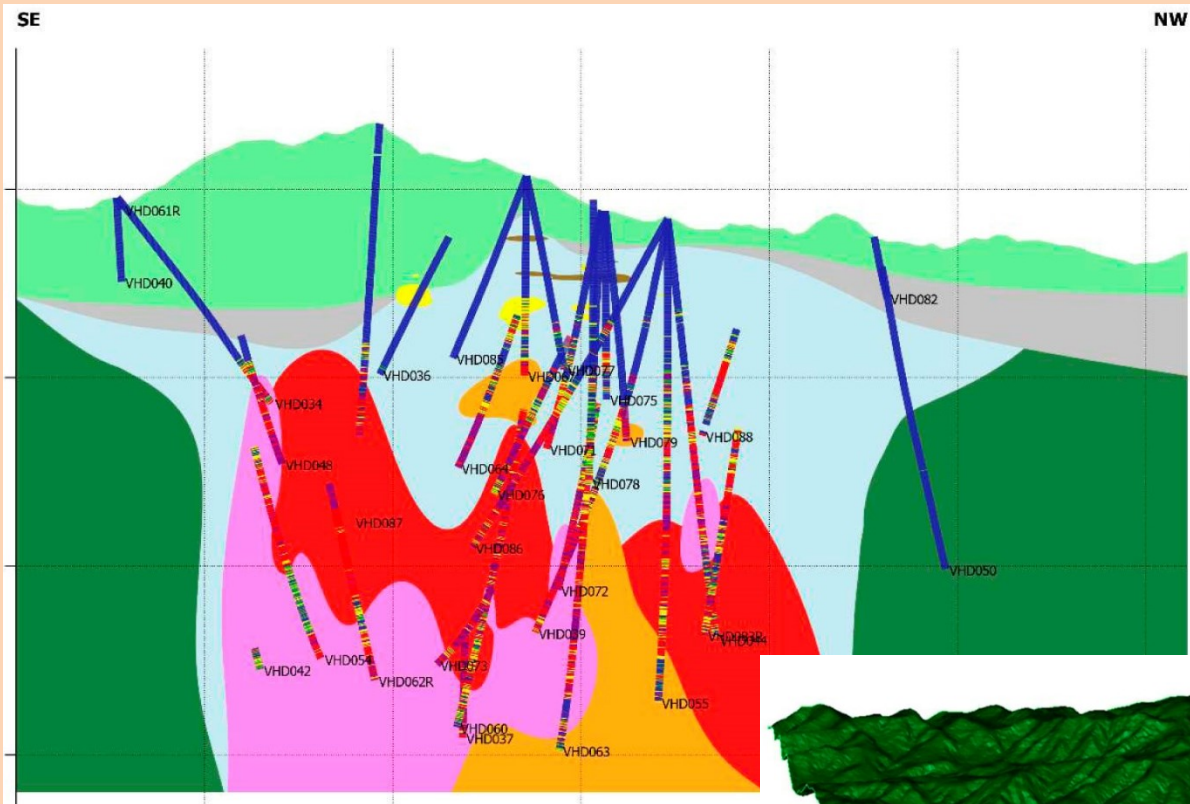
# Мировой рекорд по рудным

## пересечениям:

**1560м @  
0.59% Cu и  
0.53 г/т Au  
0.95% Cu<sub>eq</sub>**

Руда – 2,7 млрд т  
Cu – 0,37%  
Au – 0,25ppm  
Ag – 1,1ppm

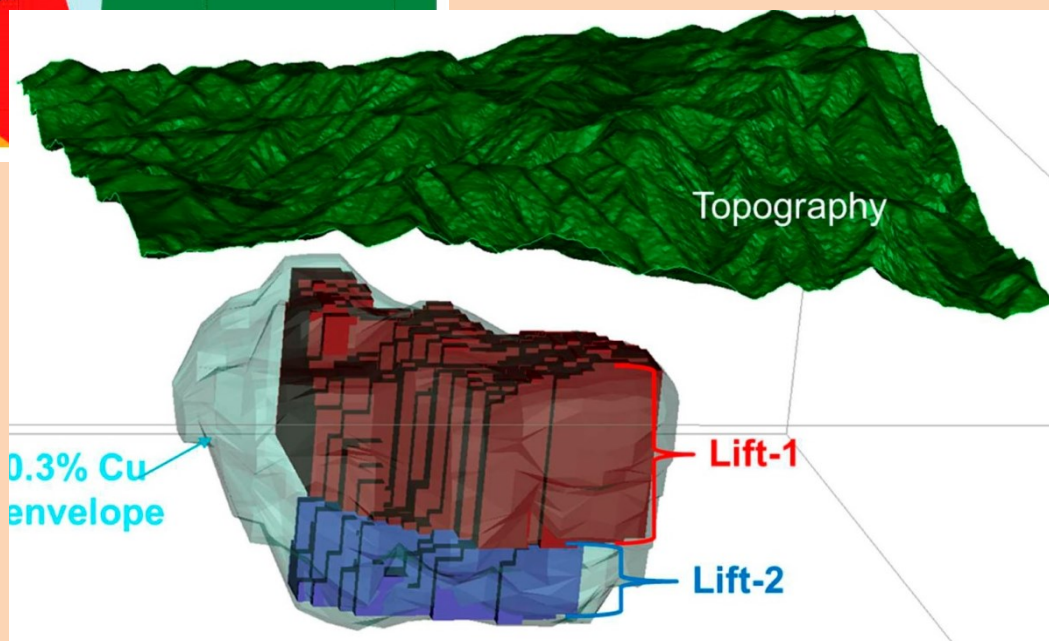




# Месторождение Онто Sumbawa Island, Indonesia 2019

PT Sumbawa Timur Mining

1,7 млрд тонн  
 0,89% - Cu (15 Mt)  
 0,49 ppm - Au (27 Moz)  
 4 ppm - Ag (200 Moz)



## *Геологоразведочный успех*

1. Нетрадиционный подход (креативность)
2. Углубленное, широкое изучение вещественного состава проб
3. Деньги и план (финансовая грамотность, геолого-экономическая оценка, браковочные кондиции)
4. Больше открытий в изученных областях (в пределах рудных районов) в сравнении с новыми площадями (гринфилды)
5. Глубокое кустовое, бескерновые виды бурения, малогабаритные установки
6. Современные технологии и техника, научные методики

7. Удача, удача, удача!

