



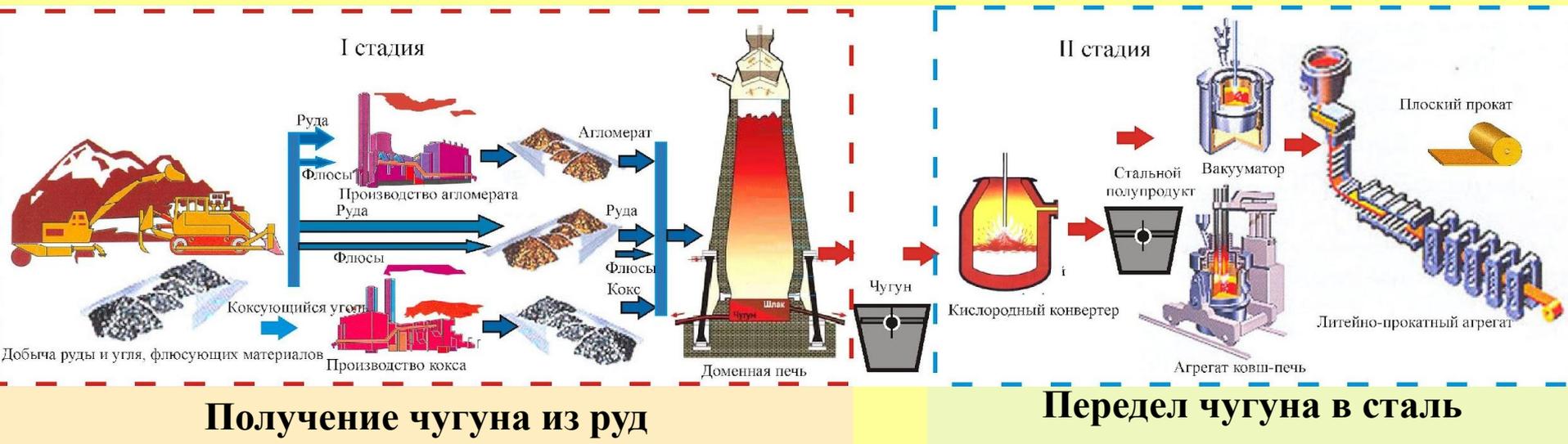
Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)

**НАУЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ,
ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИИ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПРЯМОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КУСКОВОЙ
СИДЕРИТОВОЙ РУДЫ В СТАЛЬ**

Проф. д.т.н. Рощин Василий Ефимович

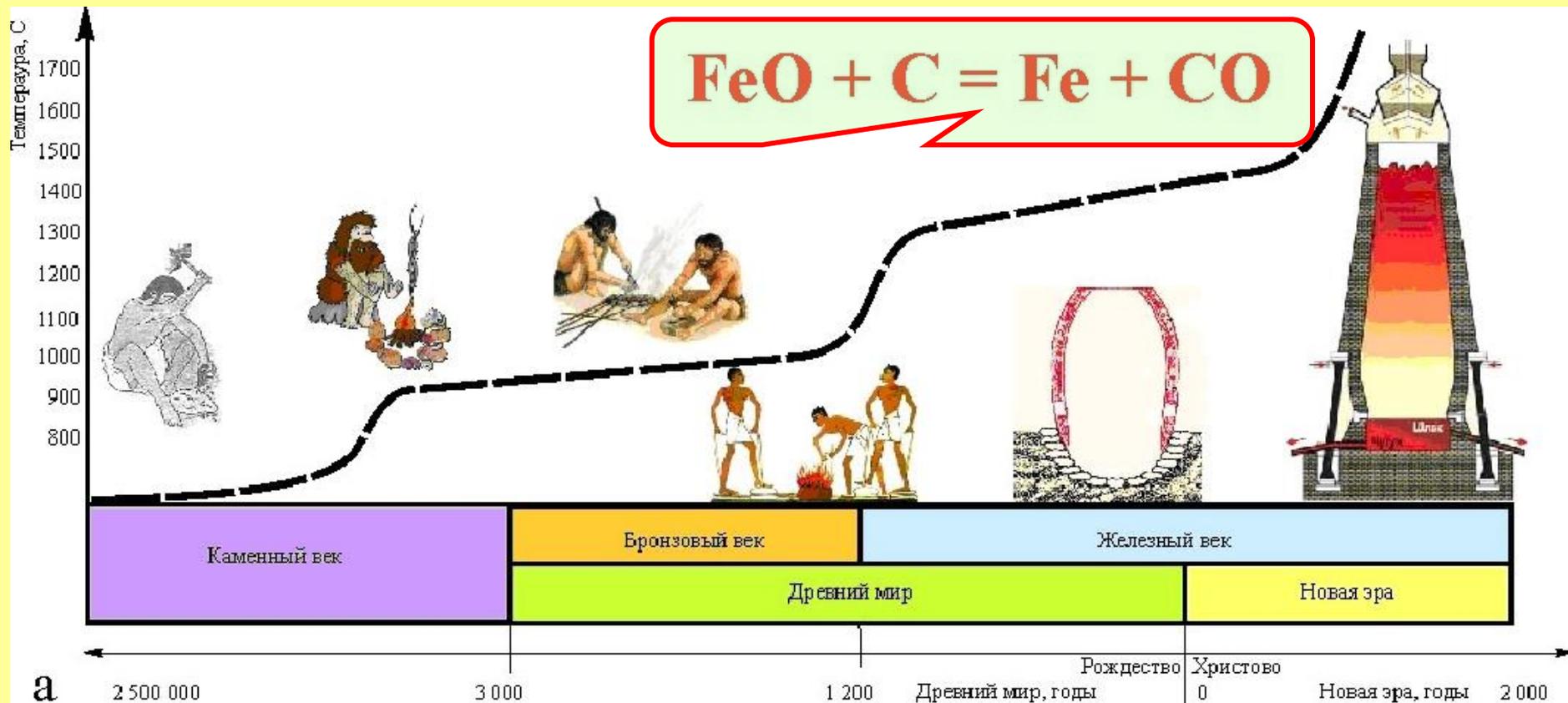
roshchinve@susu.ac.ru

Схема современного двухстадийного производства стали из руд



Наиболее консервативной частью современной металлургической технологии является извлечение железа из руды с получением чугуна

Современное доменное производство – результат эволюционного развития ремесла получения металлов конца каменного века



Температура в доменной печи достигла 2000 °C

Для современной доменной печи нужны очень качественные материалы



Железная руда



Агломерат



Железорудные окатыши

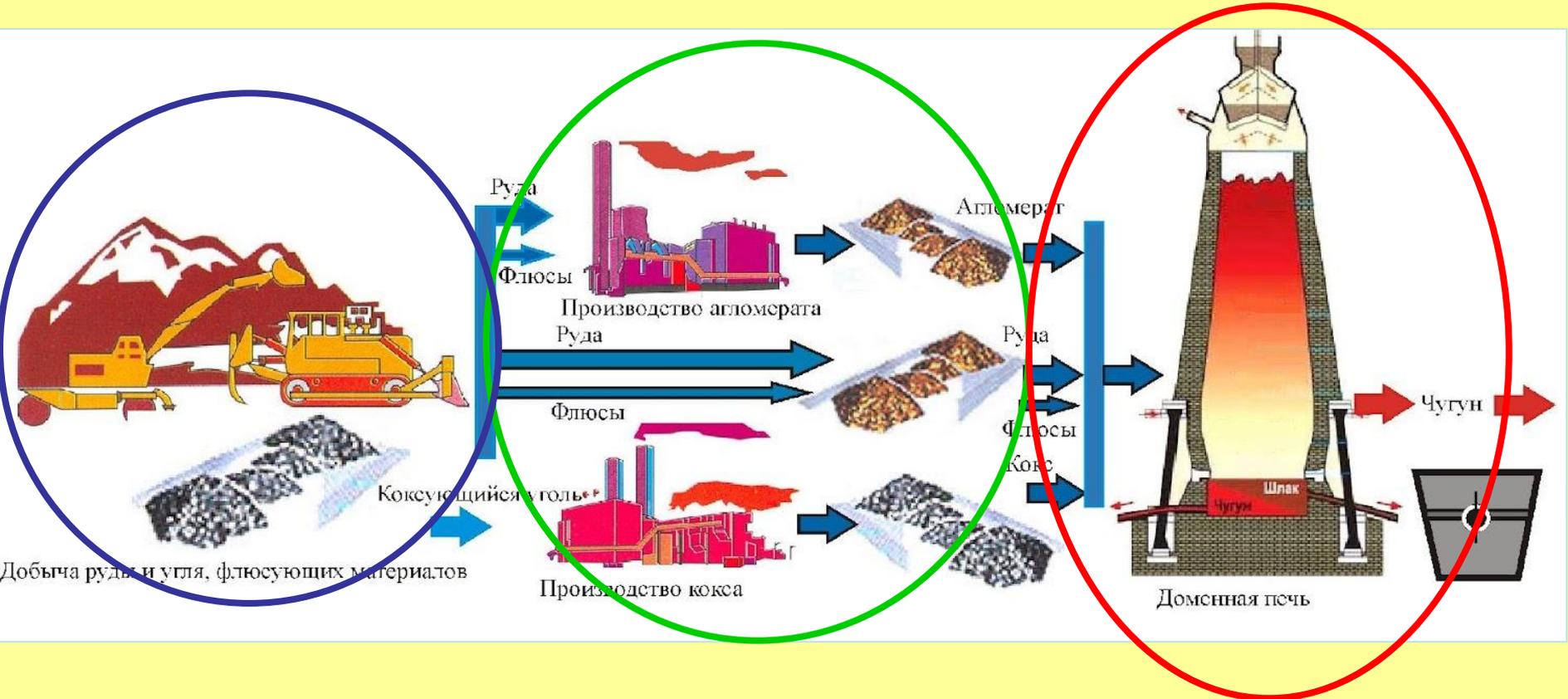


Кокс

Железные моноруды
Коксующийся уголь

Агломерация
Производство кокса
(70% всех выбросов ЧМ)

Плавление руды
Плавление шлака
Получение чугуна



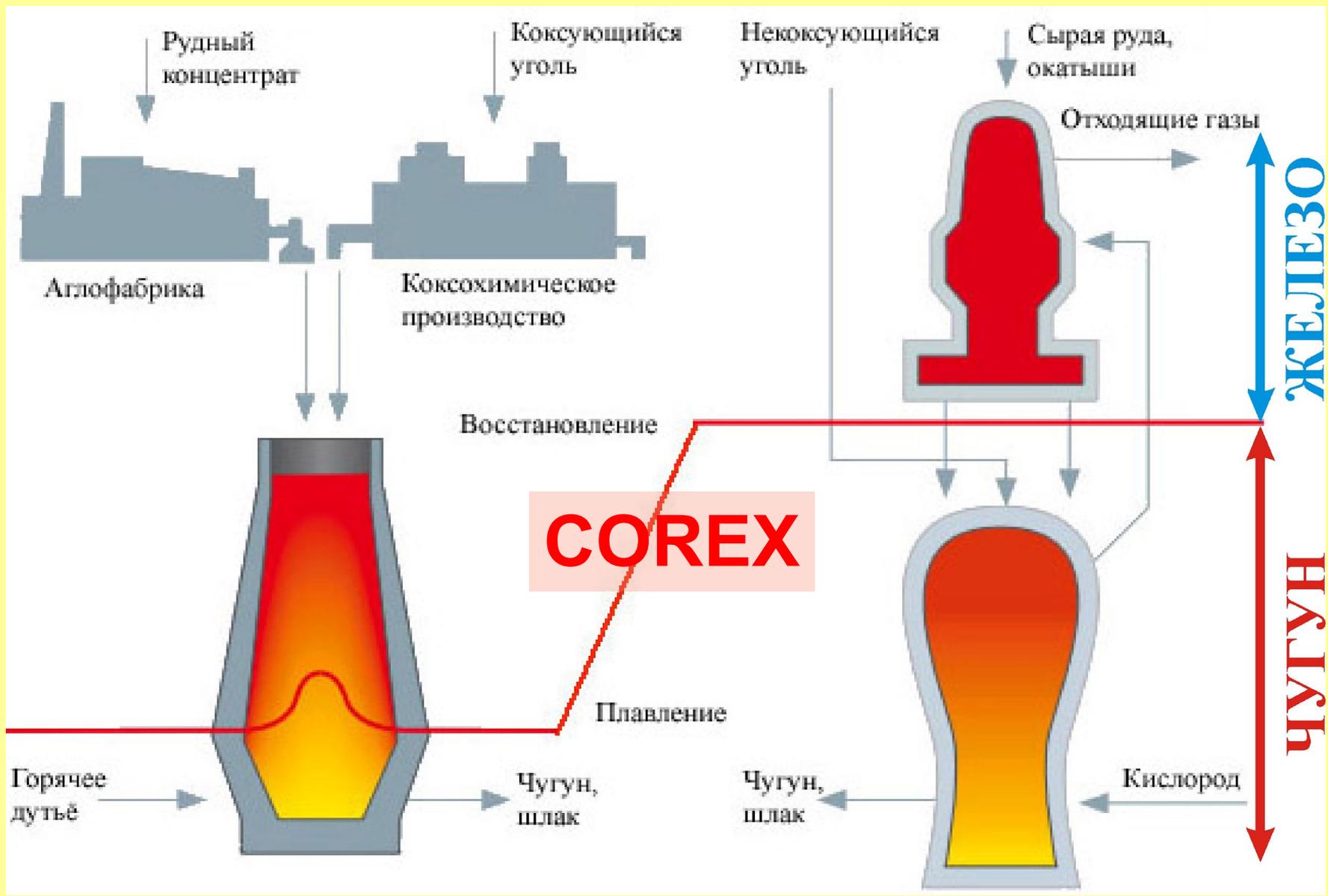
Рациональное природопользование?

Экология?

Ресурсо- и энергосбережение?

Производство чугуна – трудоёмкий, энерго- и ресурсозатратный, экологически опасный процесс, не отвечающий современному уровню науки и техники

Все разработанные методы безкоксовой металлургии также ориентированы на получение чугуна из моноруд и наследуют недостатки доменной печи

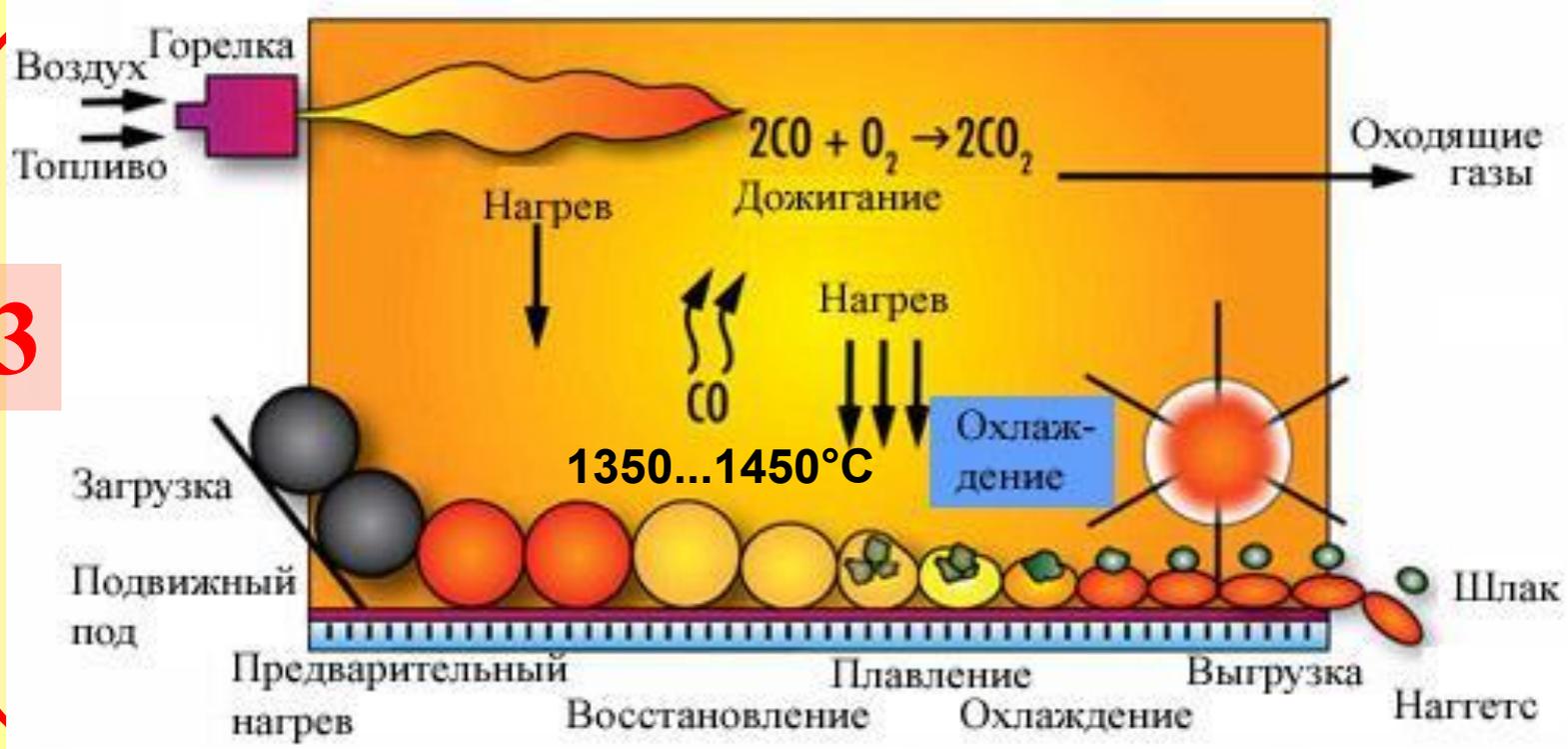


Процессы ориентированы на переработку богатых моноруд плавлением

MIDREX



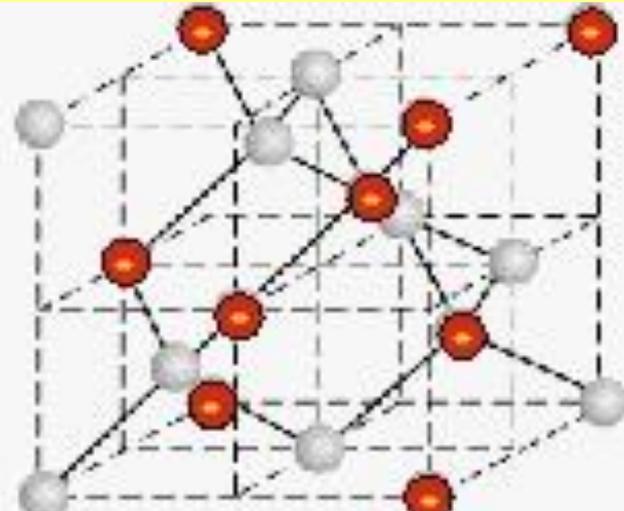
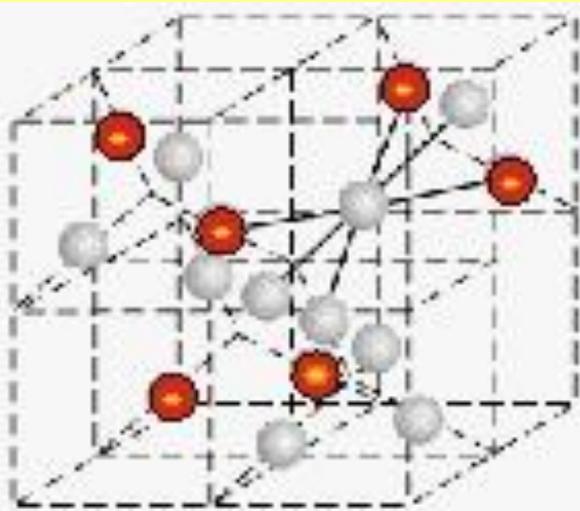
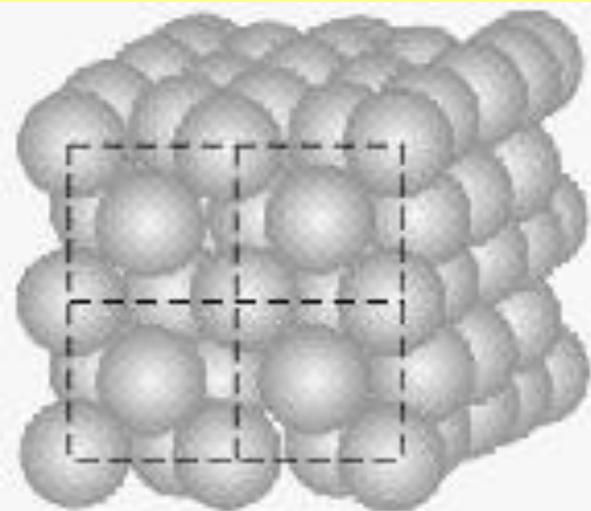
ЛТmk3



Технологическая схема

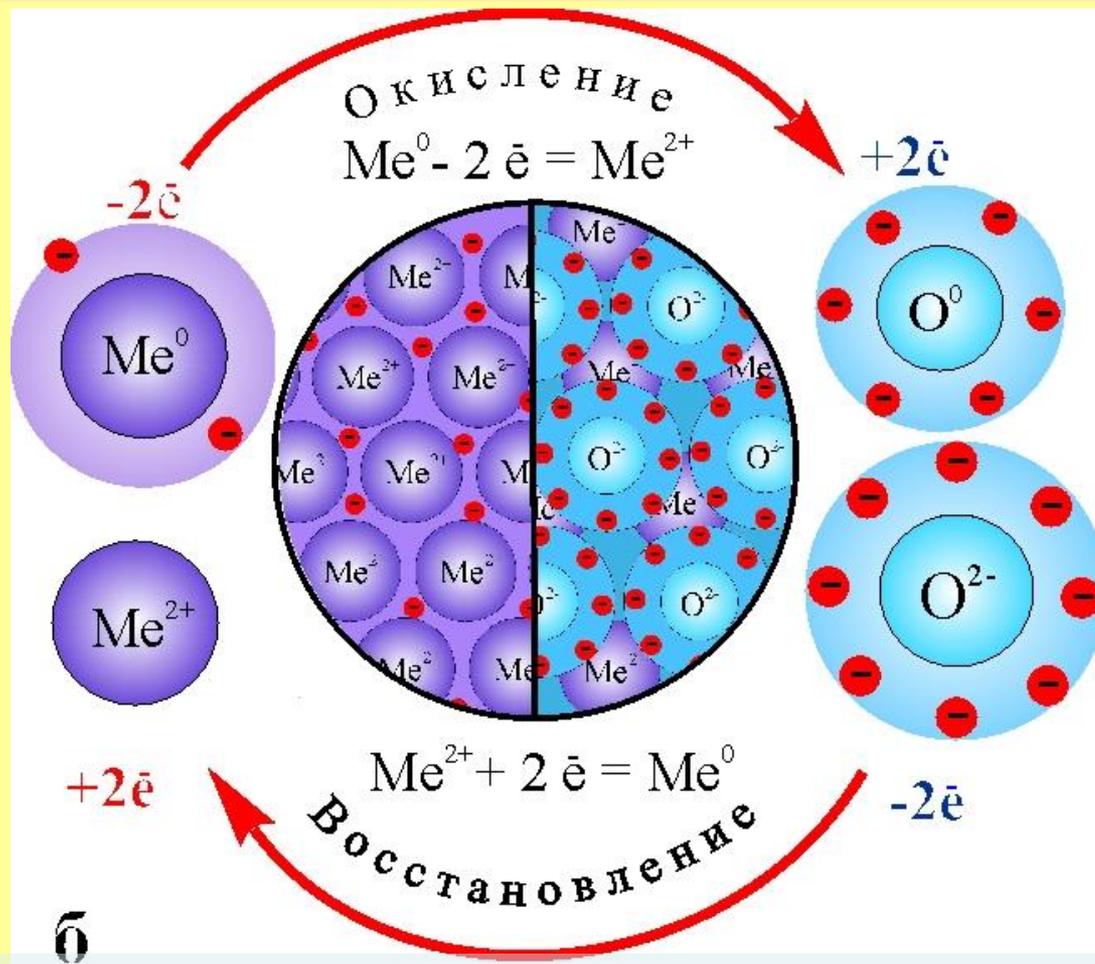


В комплексных рудах, в том числе и сидеритовой, катионы железа образуют твёрдый раствор (с катионами магния). Катионы упакованы в порах между более крупными анионами кислорода. Здесь нет молекул FeO, поэтому реакция $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$ в принципе невозможна!



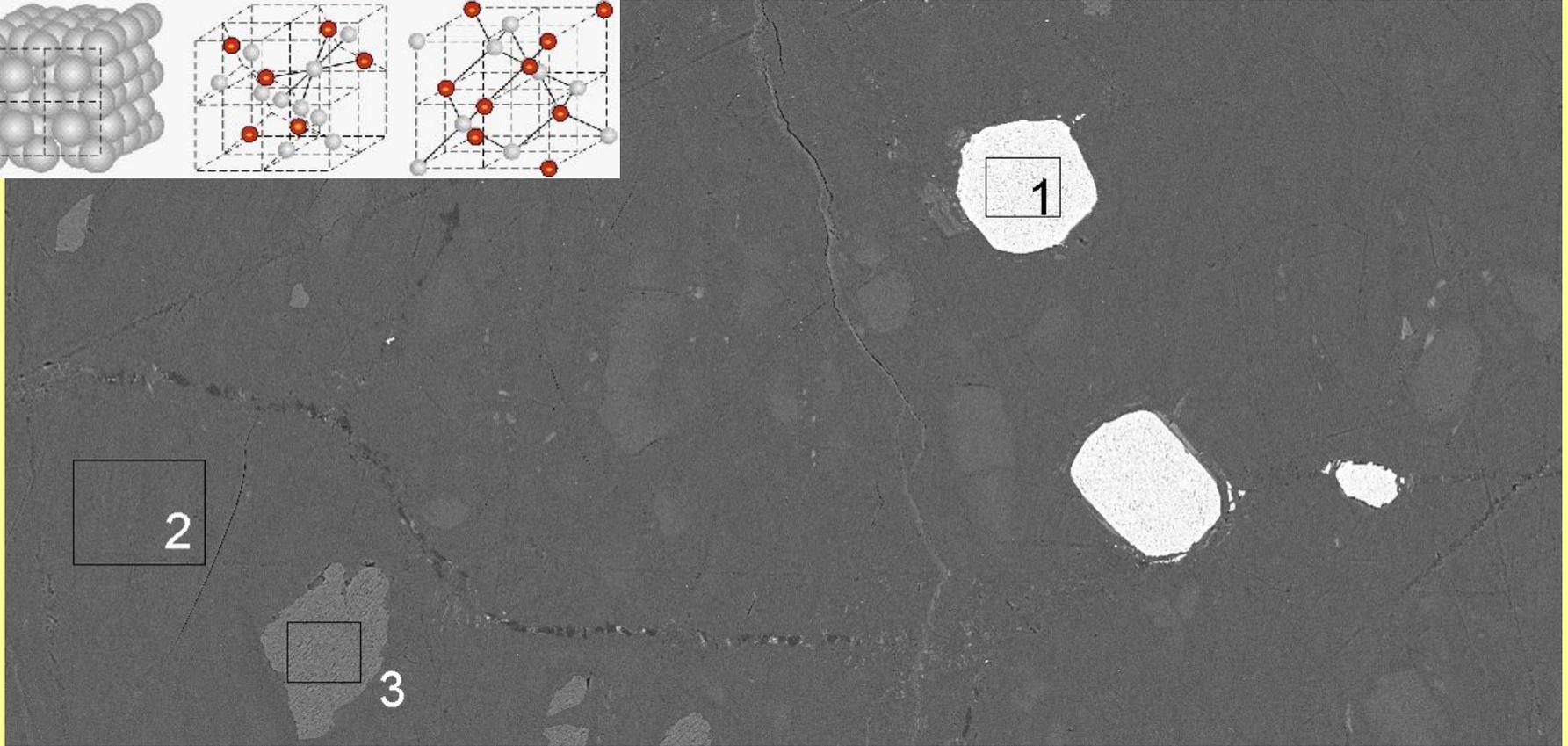
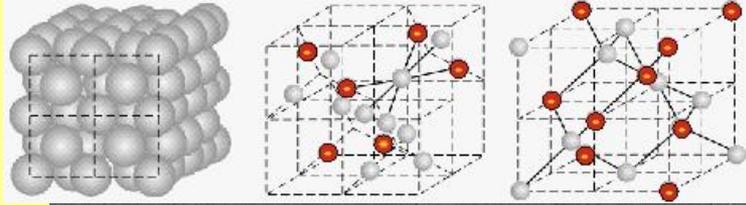
Руду не надо плавить, из неё надо извлекать железо!

Окисление – потеря электронов атомом металла с превращением его в катион. **Восстановление** – это возвращение электронов катионам с превращением катионов в атомы



В ЮУрГУ разработана теория селективного восстановления

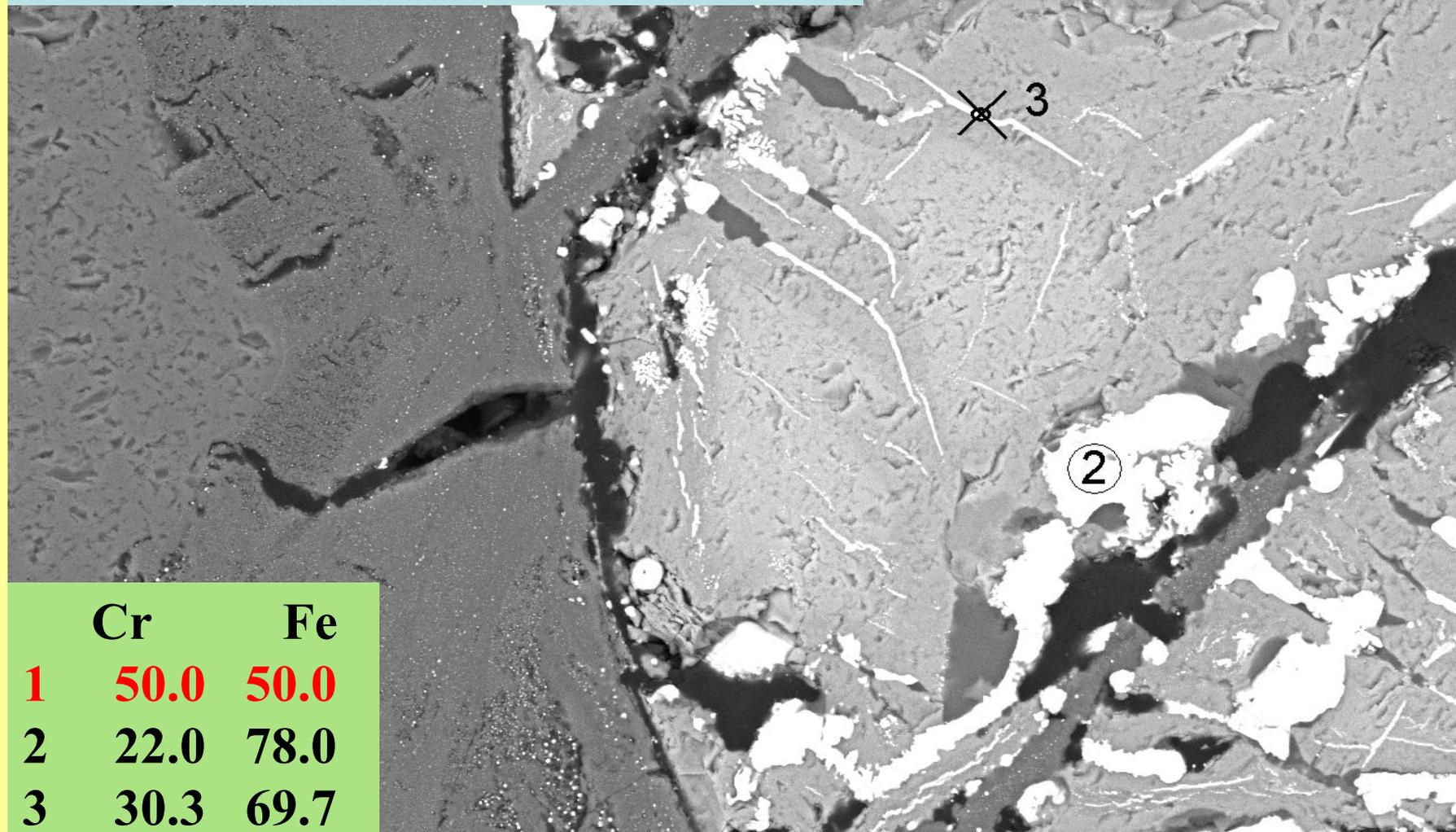
Пример восстановления железа и хрома в кристаллах шпинели, находящихся в объёме «пустой» породы



**Кристаллы
хромитов в дуните:
атомные %**

	O	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Cr	Fe
1	61.1	5.4	4.3	0.3	0.0	0.2	16.4	12.4
2	67.2	19.9	0.1	11.4	0.0	0.0	0.0	1.5
3	59.5	24.7	0.0	13.8	0.1	0.0	0.0	2.0

Состав металла в кристалле хромовой шпинели дунита, восстановленного при 1200°C



	Cr	Fe
1	50.0	50.0
2	22.0	78.0
3	30.3	69.7
атомные %		

X 500

20.0kV COMPO SEM

10µm JEOL

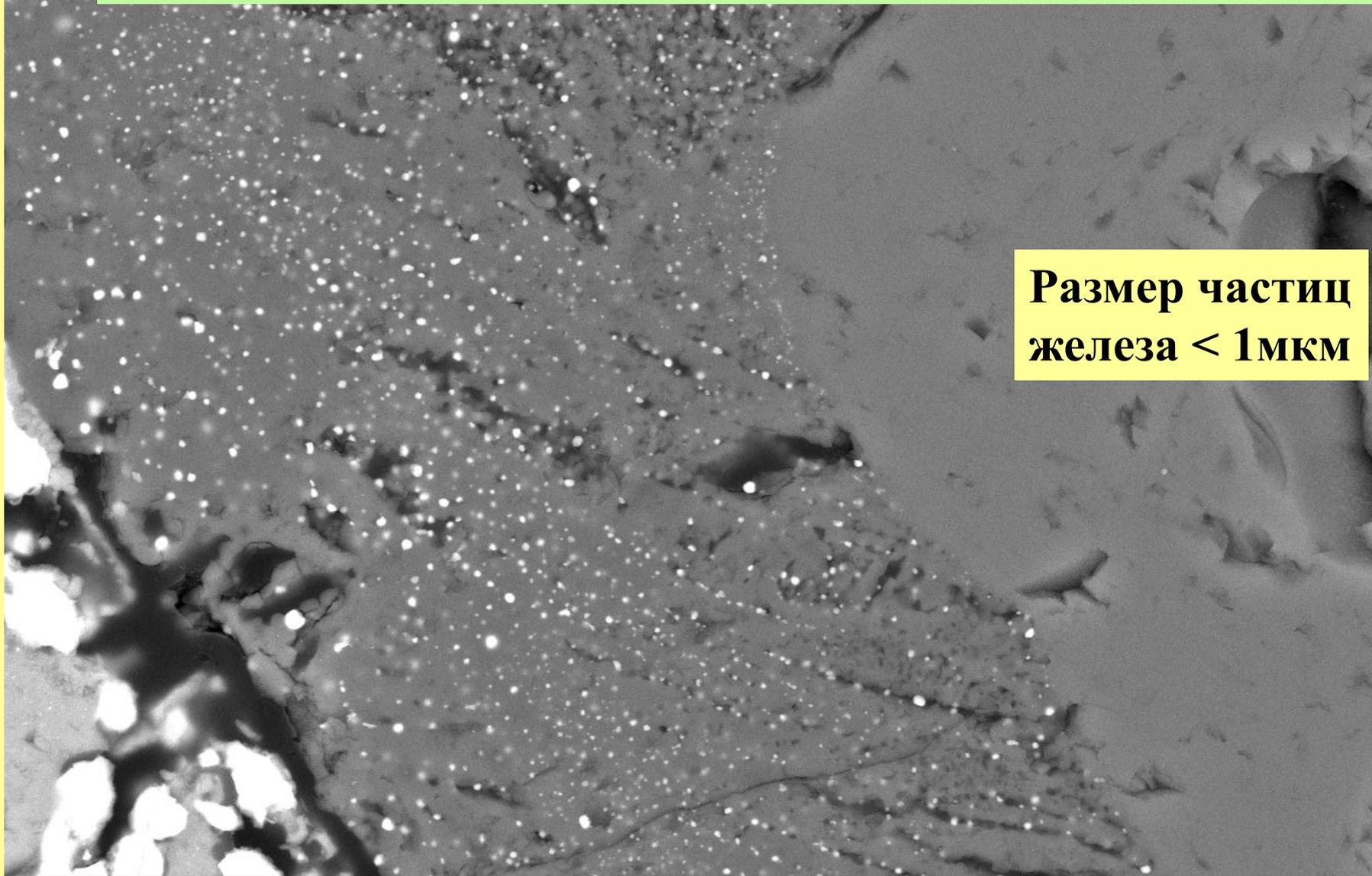
WD 10mm

11/9/2012

11:39:30

Восстановление железа происходит не только в кристаллах шпинели, но и в «пустой» породе

**Размер частиц
железа < 1мкм**



X 2,000

20.0kV COMPO SEM

10µm JEOL

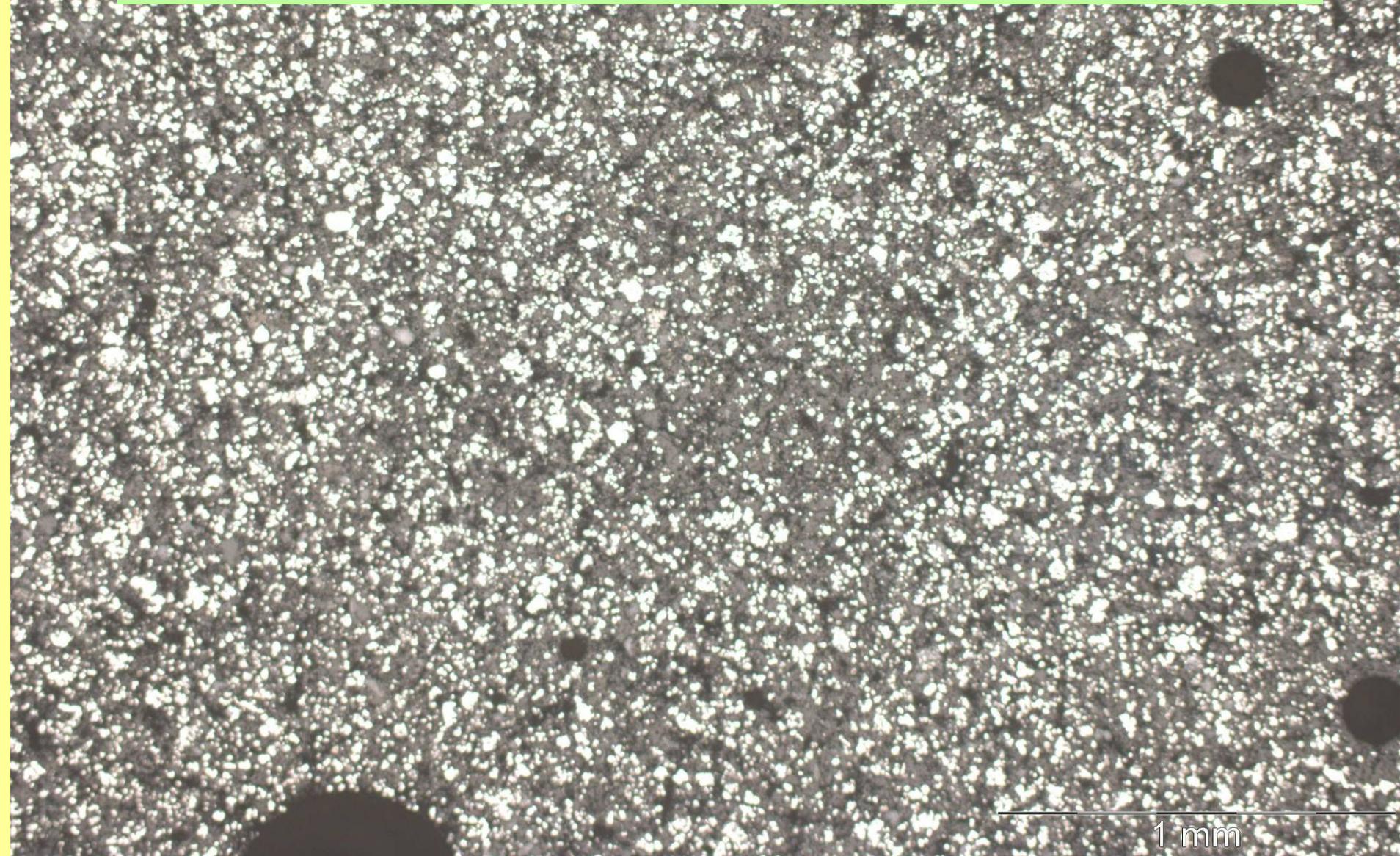
11/9/2012

WD 10mm 12:31:13

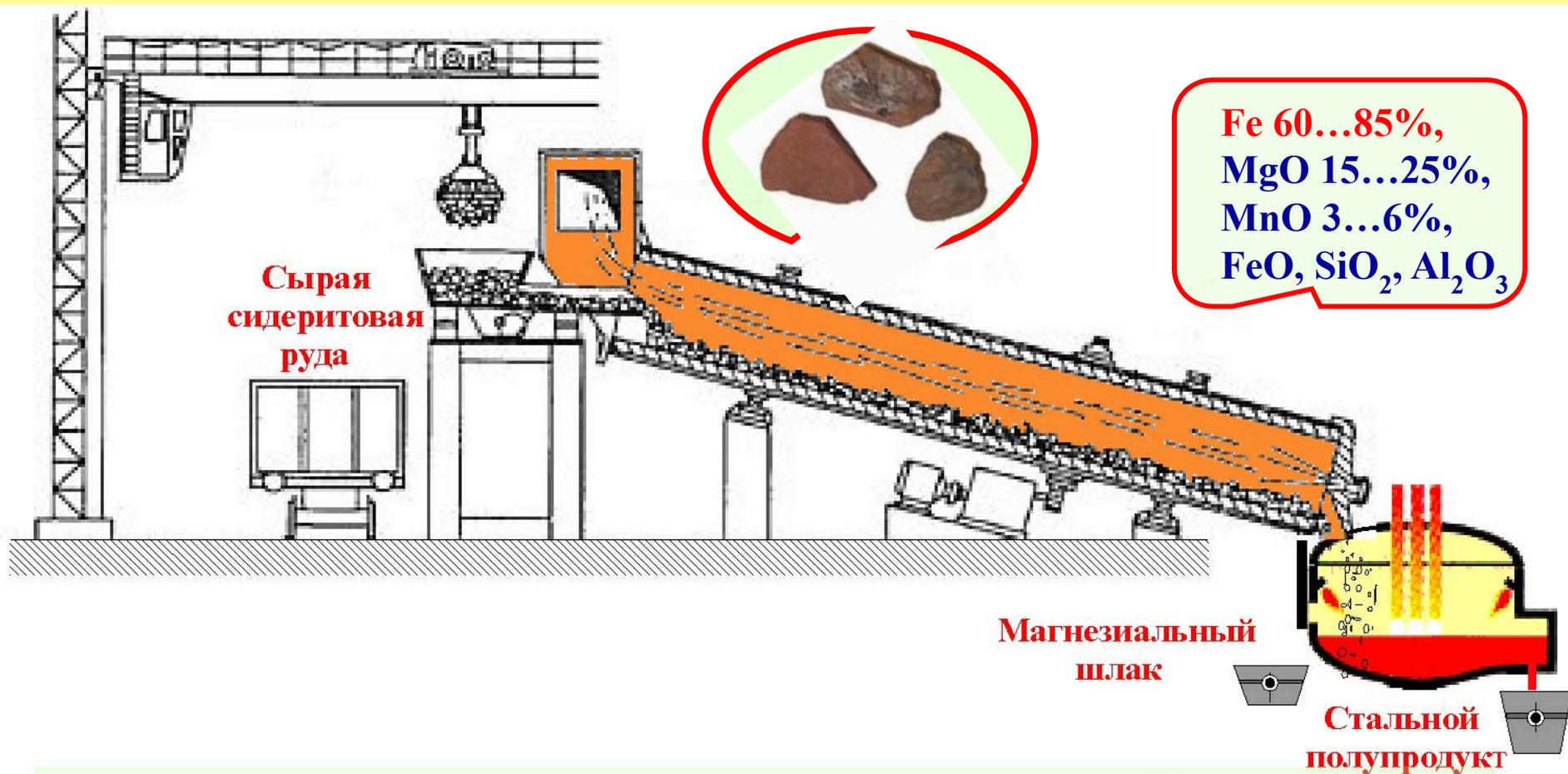
Кусочки сидеритовой руды после восстановления железа



Металло-магнезиальный композит в куске сидеритовой руды

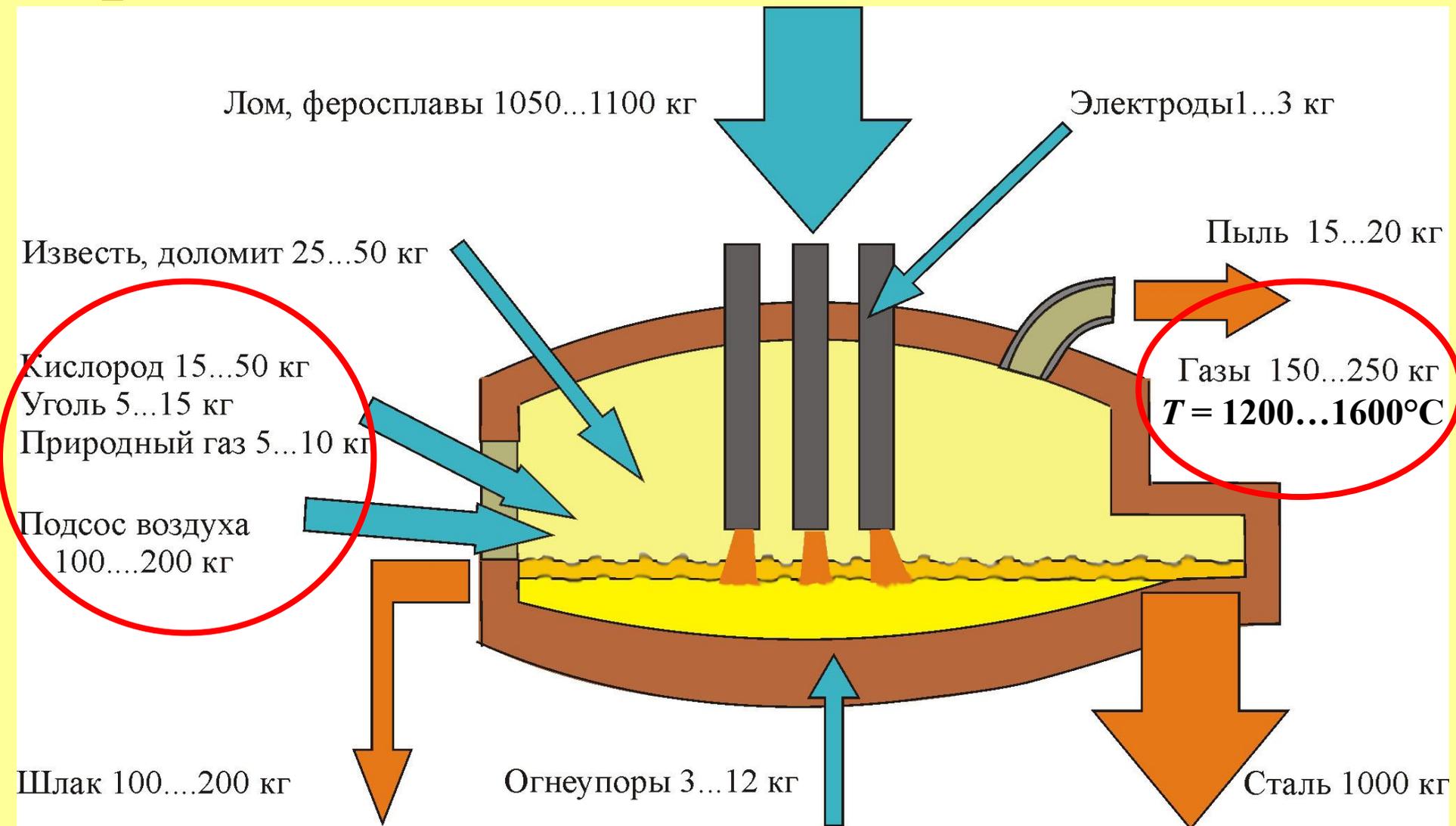


Безотходная технология получения стали и магнезиального флюса из кусковой сидеритовой руды

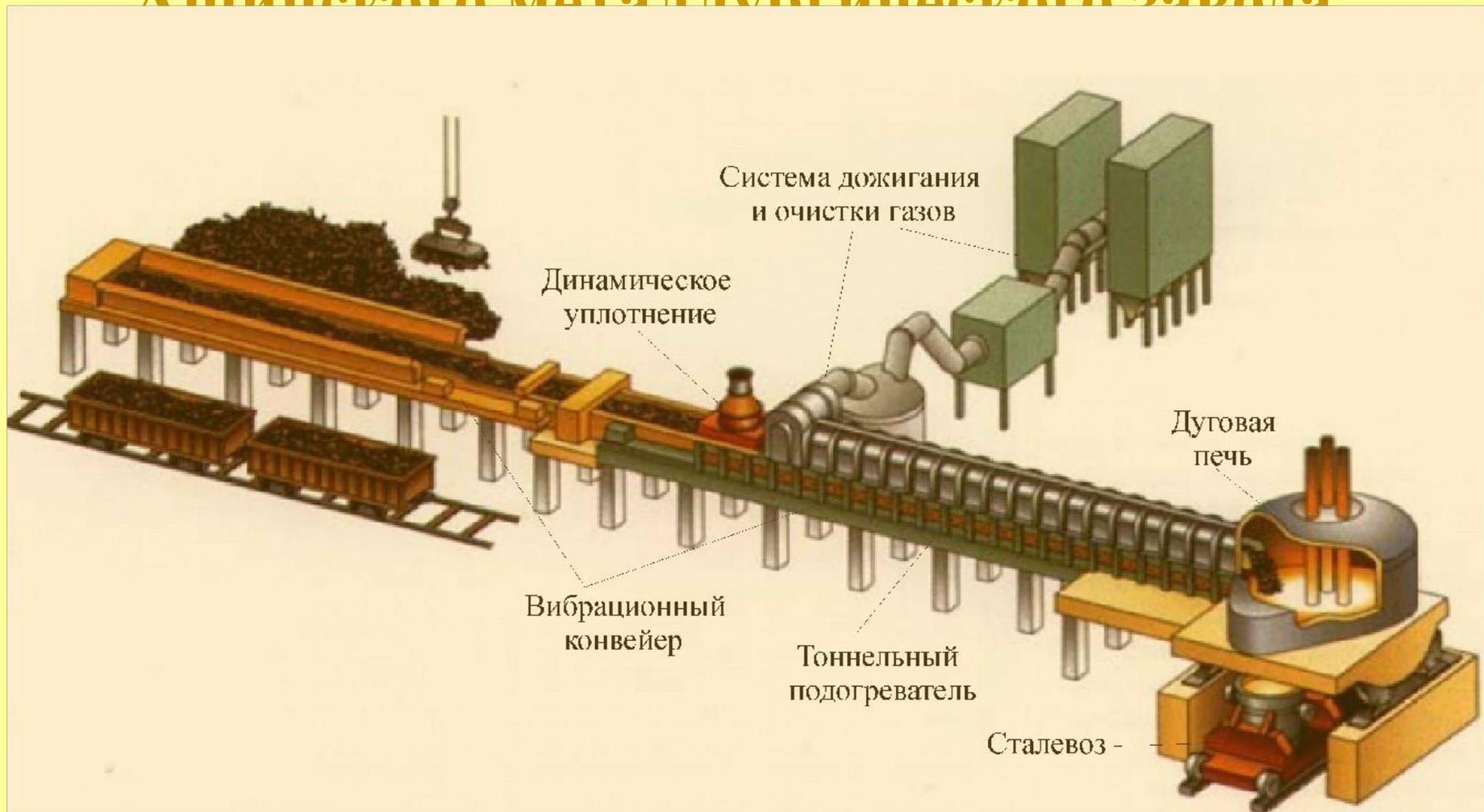


Годовое потребление магнезиальных флюсов в России превышает 300 тыс. т.

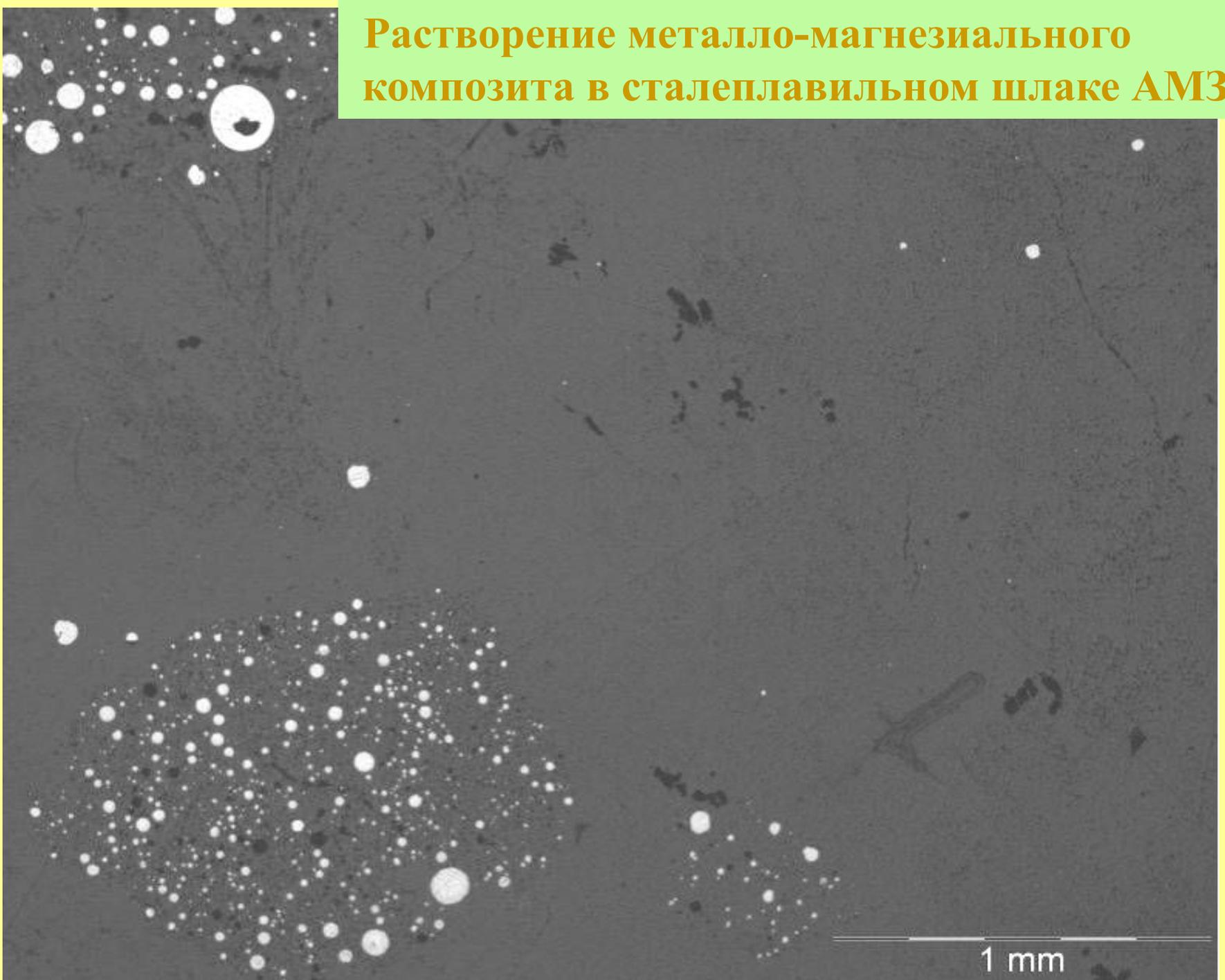
Расход материалов на 1т стали при плавке на металлическом ломе



Железо-магнезиальный композит - идеальный шихтовый материал для Ачинского металлургического завода



**Растворение металло-магнезиального
композиита в сталеплавильном шлаке АМЗ**



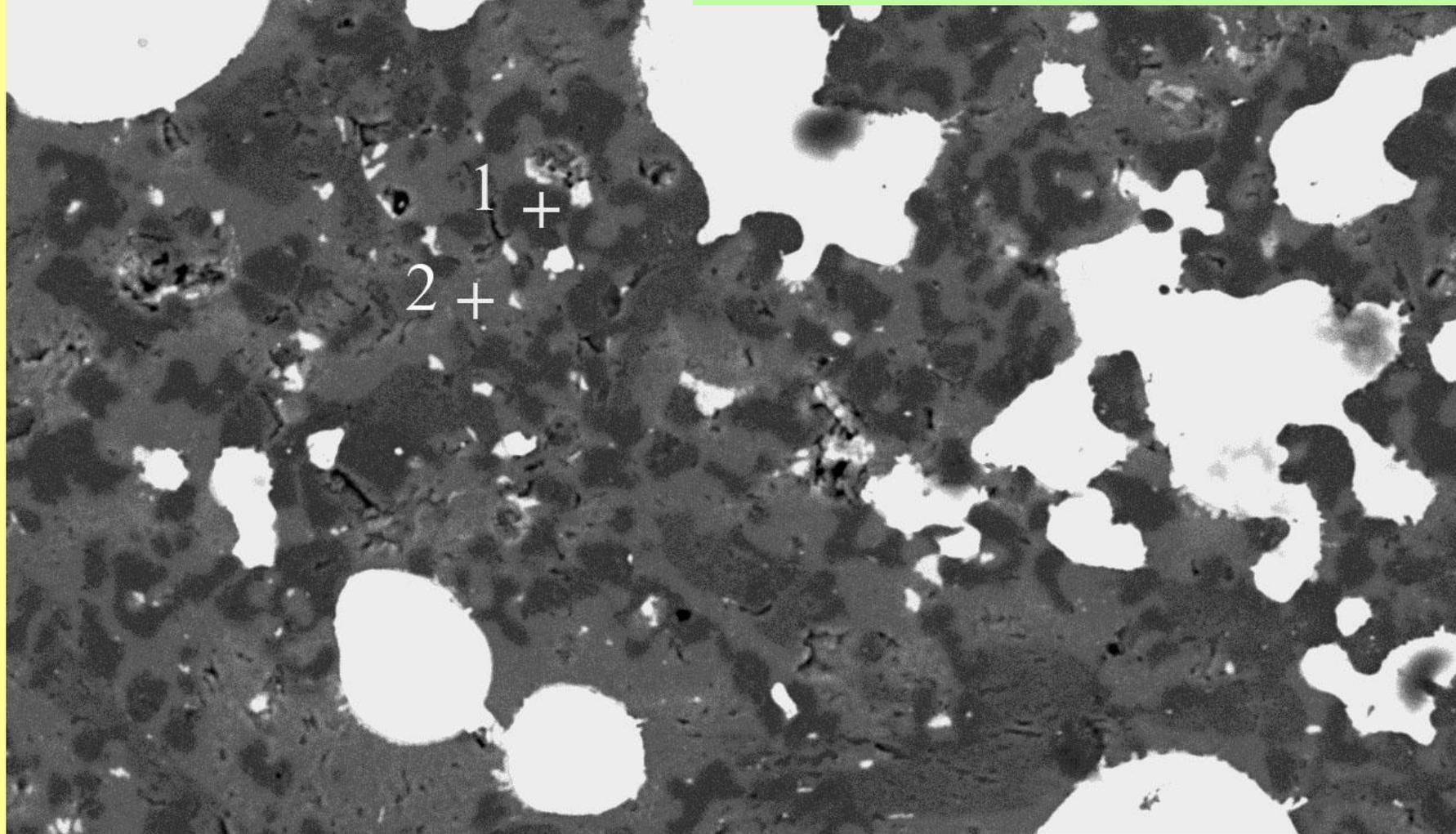
Состав оксидов, % масс.:

1 – 80,08 MgO; 0,59 Al₂O₃;

0,22 SiO₂; 0,29 CaO; 7,84 MnO; 10,98 FeO;

2 – 25,74 MgO; 0,80 Al₂O₃; 37,57 SiO₂;

26,74 CaO; 5,79 MnO; 3,35 FeO



X 400

20.0kV COMPO SEM

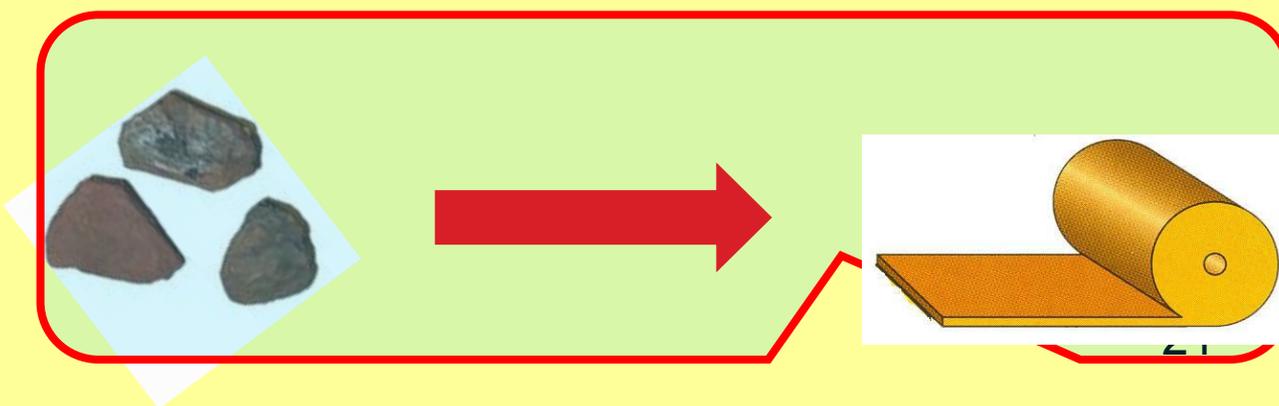
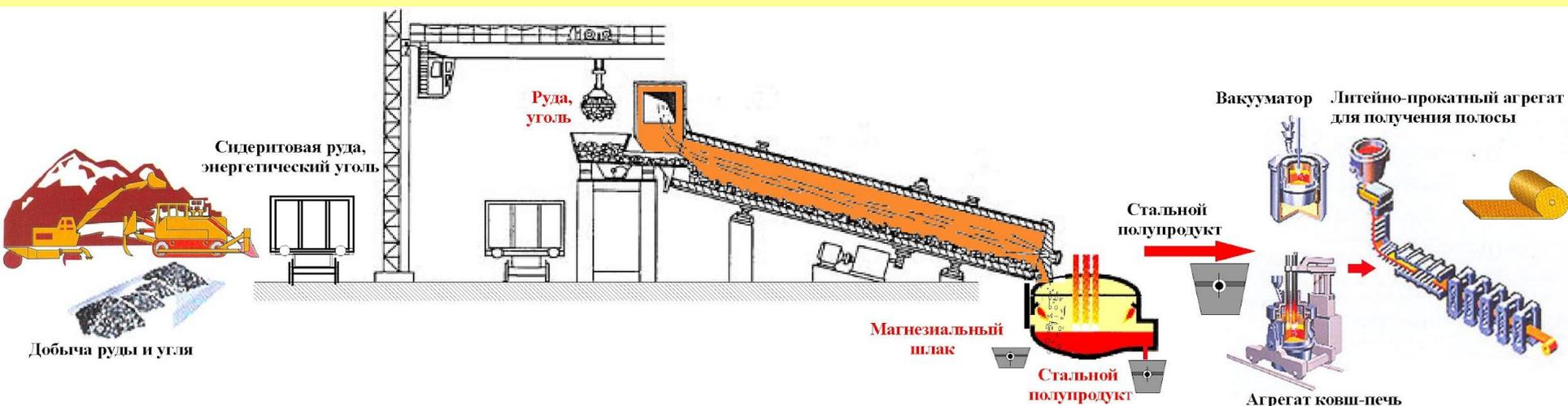
10µm JEOL

11/21/2013

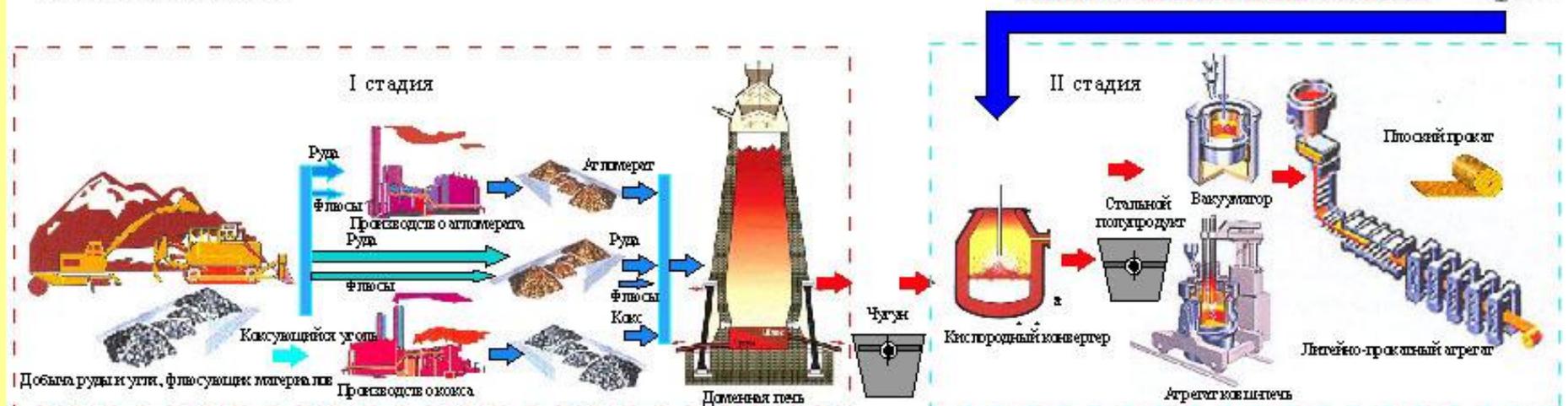
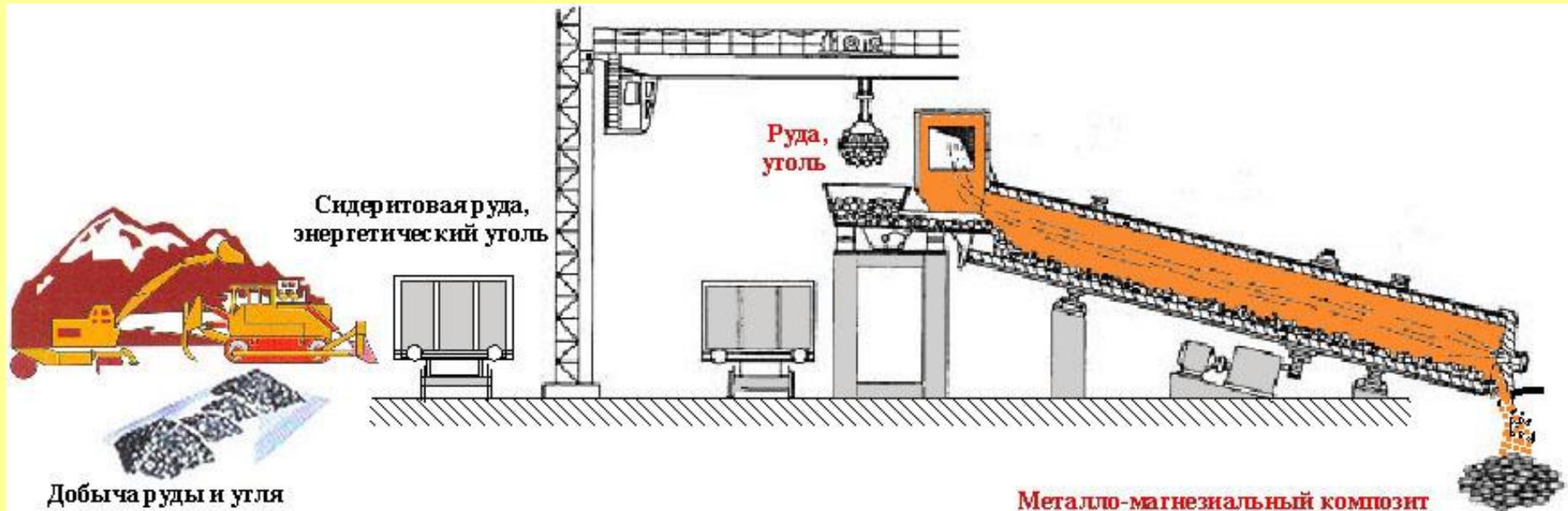
WD 10mm

12:50:55

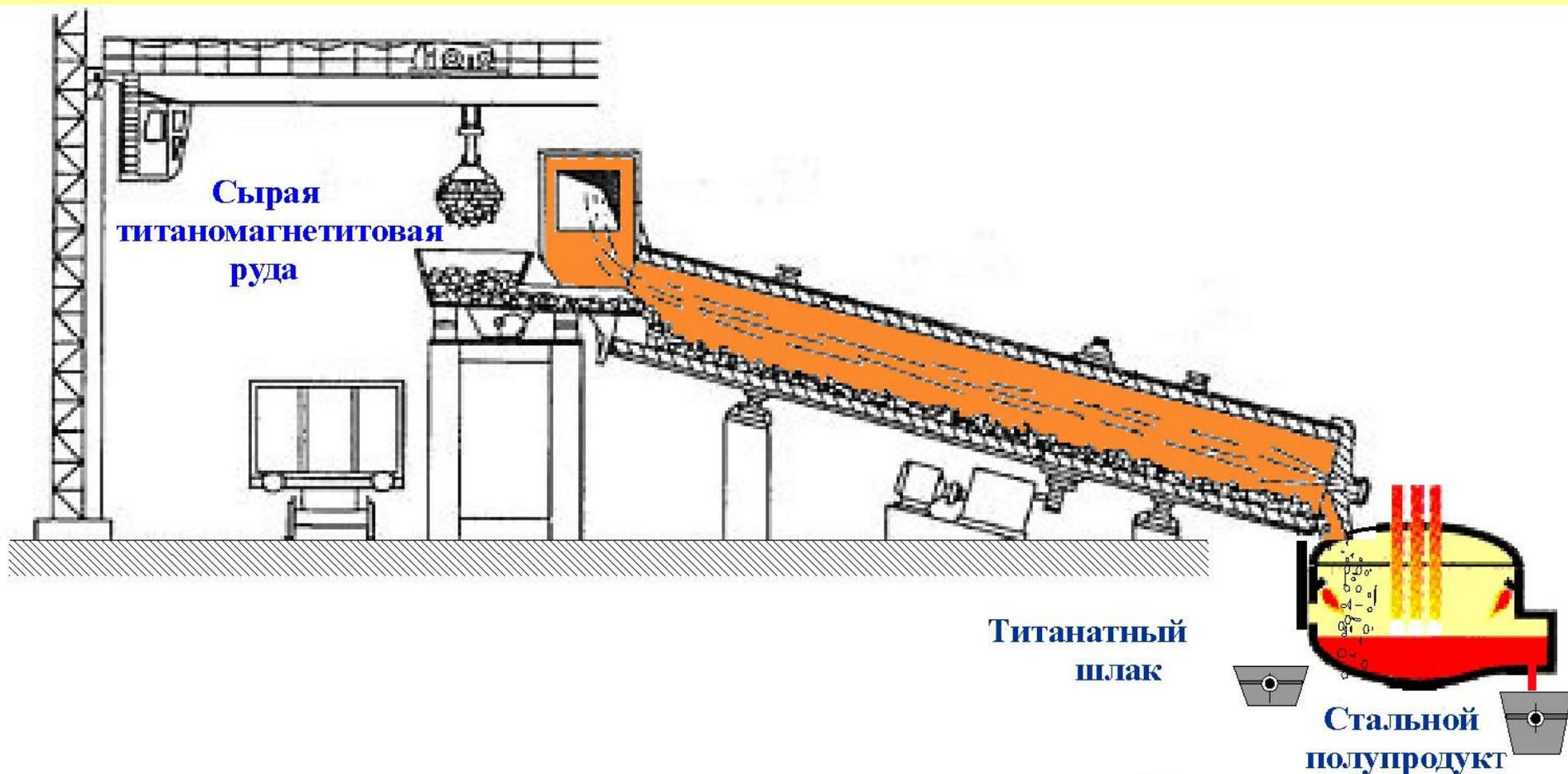
Восстановленное из сидеритовой руды чистое железо — идеальное сырьё для производства плоского проката



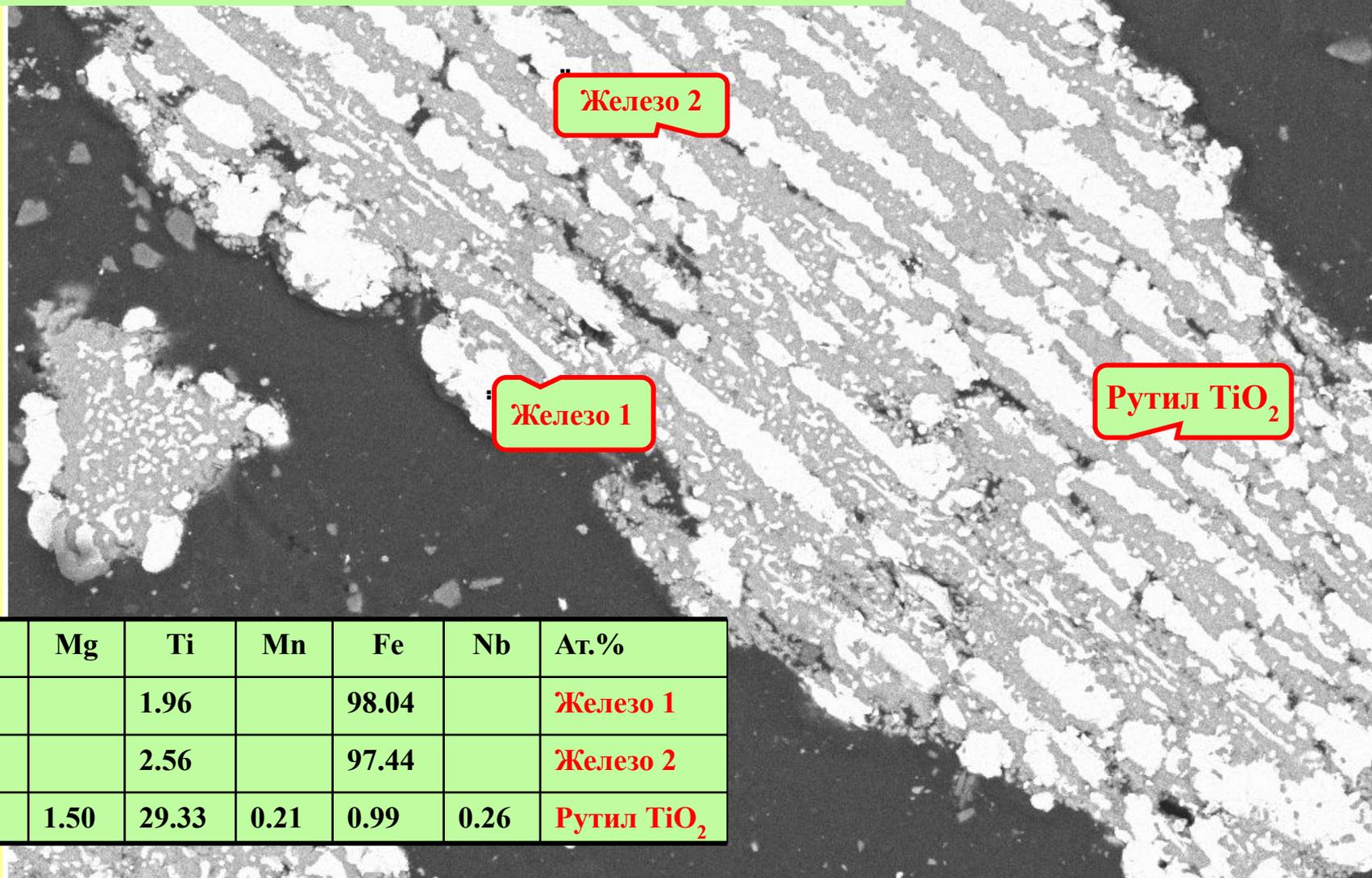
Железо-магнезиальный композит пригоден в качестве добавки чистого железа и магнезии в конвертер на интегрированных заводах



Получение стали и диоксида титана из ильменитовой и титаномагнетитовой руд — идеальная перспектива для Златоустовского металлургического завода



Железо и диоксид титана в ильменитовой руде

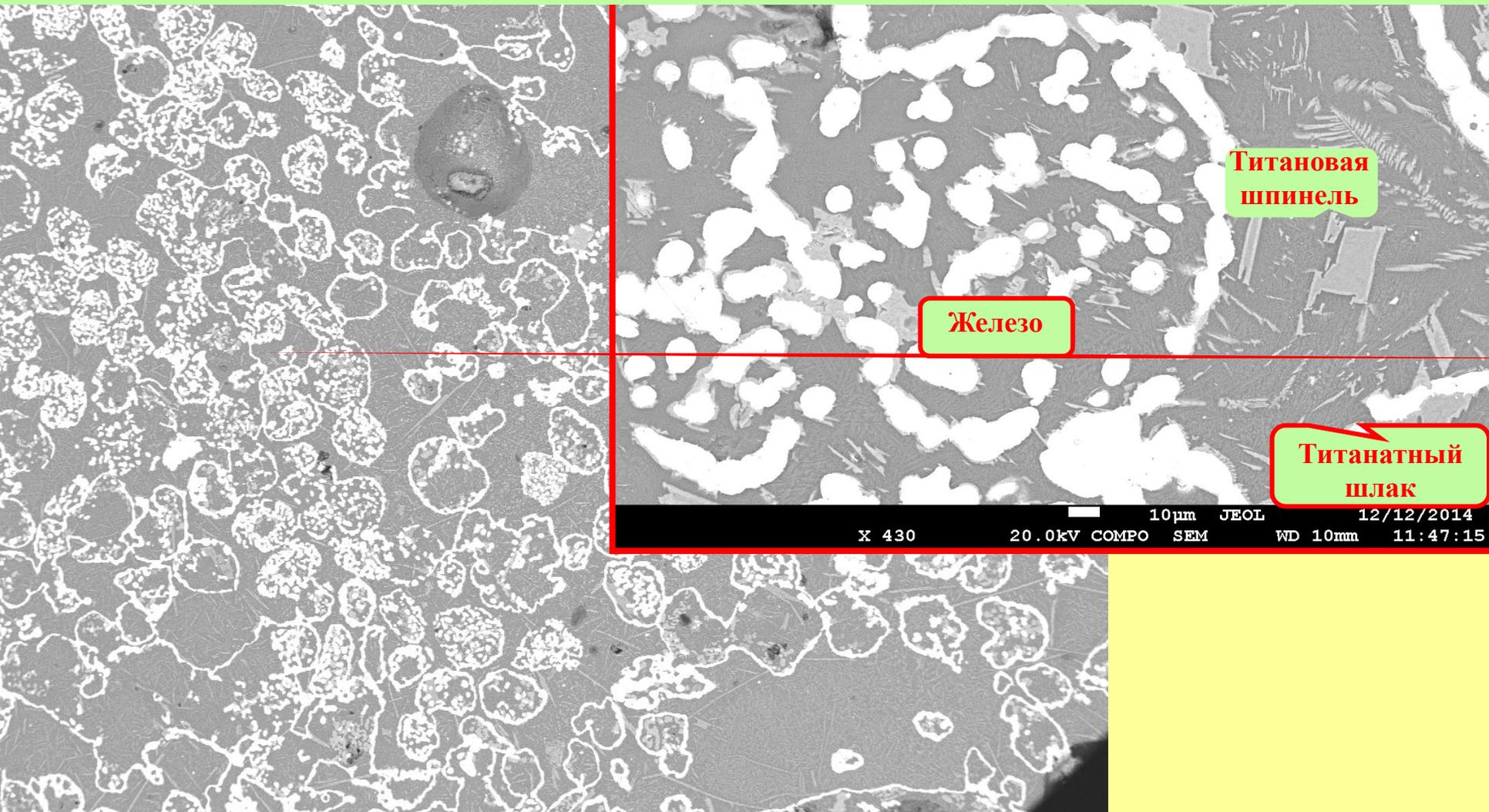


	O	Mg	Ti	Mn	Fe	Nb	Ат.%
1			1.96		98.04		Железо 1
2			2.56		97.44		Железо 2
3	67.71	1.50	29.33	0.21	0.99	0.26	Рутил TiO ₂

100мкм

Электронное изображение 1

Железо и титанатный шлак титаномагнетитовой руды

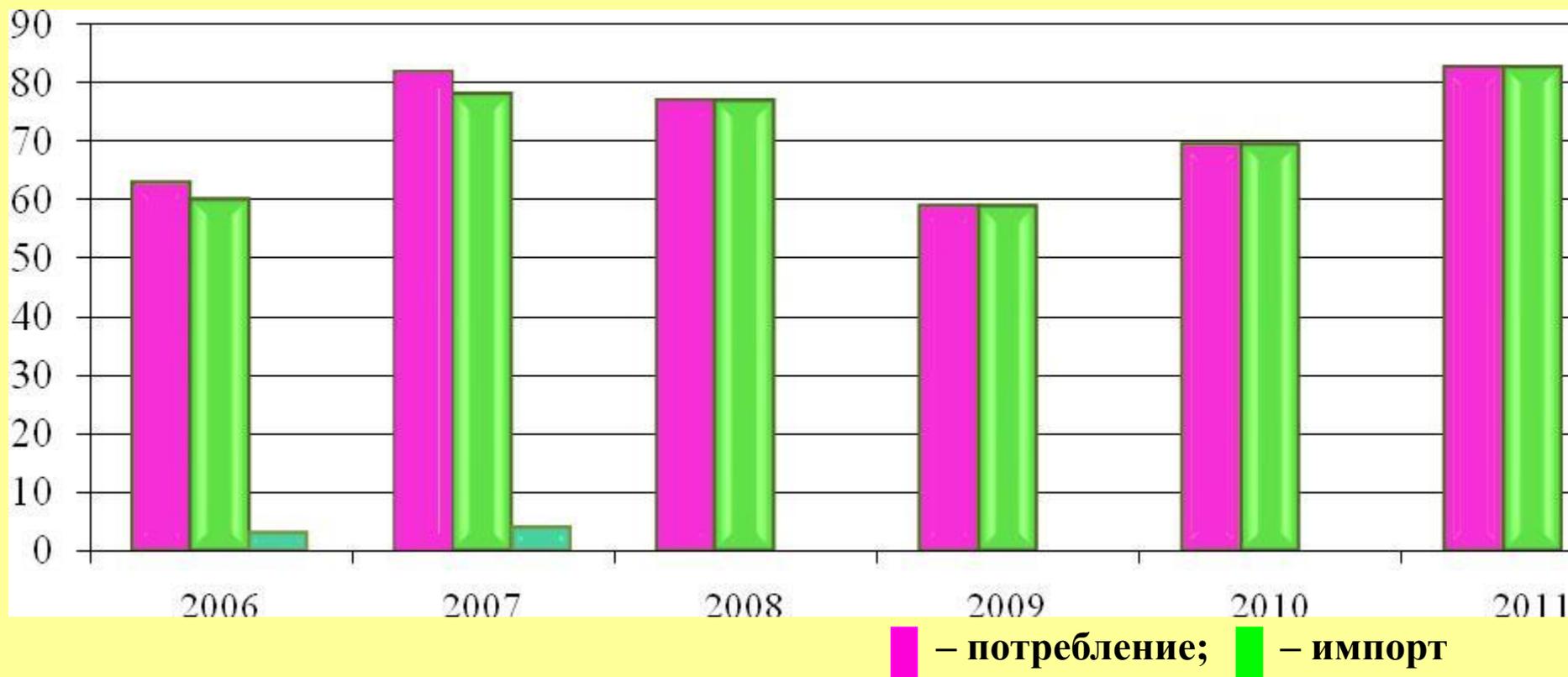


X 430 20.0kV COMPO SEM 10µm JEOL 12/12/2014 WD 10mm 11:47:15

100µm JEOL 12/12/2014 WD 10mm 11:45:24

ат	O	Mg	Al	Si	Ca	Ti	V	Mn	Fe
1				0.7		0.5			98.8
2	63.5	3.2	1.8	0.3	0.1	23	2	0.2	5.9

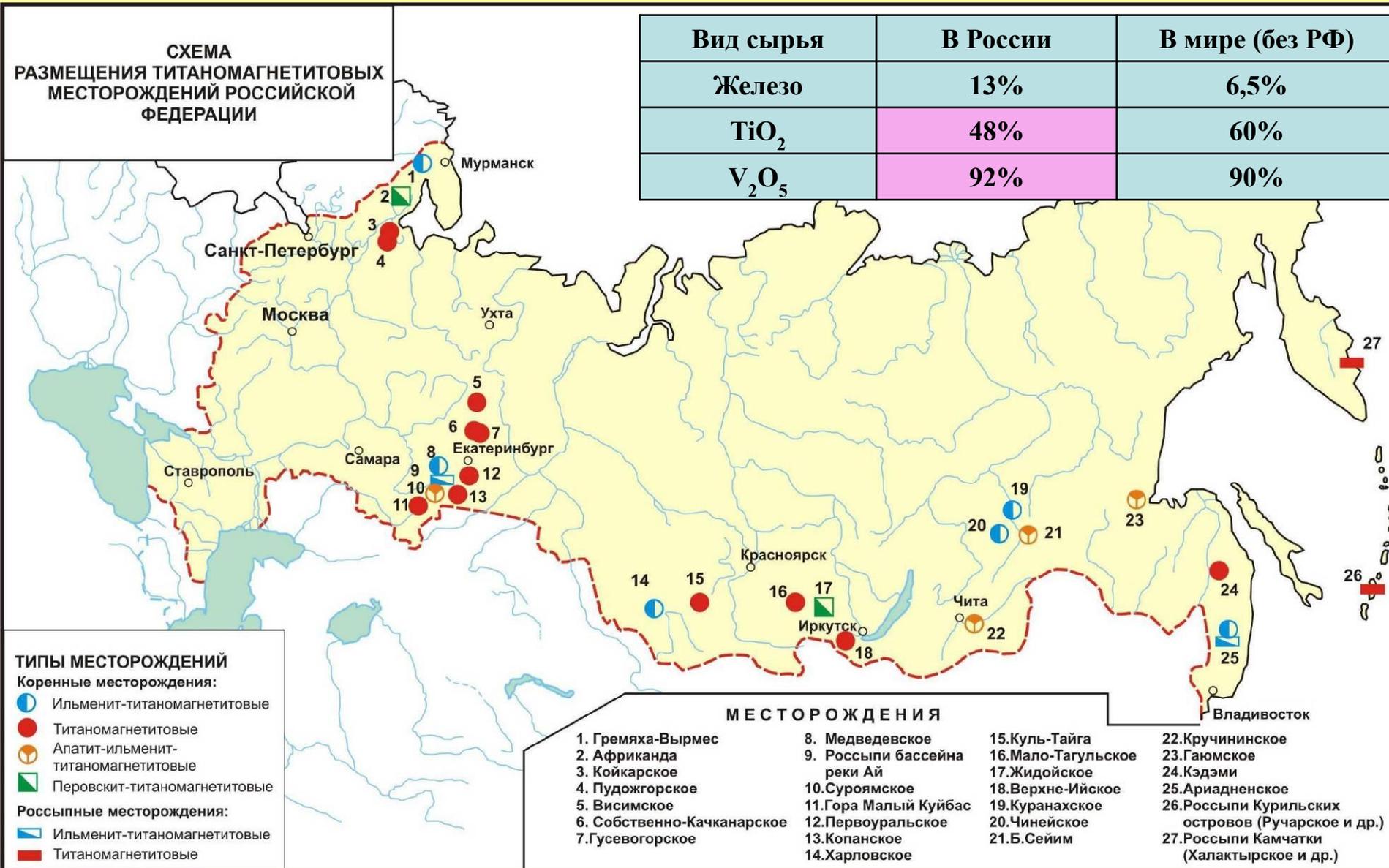
Потребность РФ в диоксиде титана (тыс.т/год)



В настоящее время **вся потребность РФ в диоксиде титана закрывается за счет импорта**

В титаномагнетитовых (железных) рудах сосредоточен практически весь ванадий и половина мировых запасов титана

Вид сырья	В России	В мире (без РФ)
Железо	13%	6,5%
TiO ₂	48%	60%
V ₂ O ₅	92%	90%



Вблизи г. Златоуста (15 и 30 км) находятся два наиболее перспективных по содержанию Ti и V месторождения – Медведёвское и Копанское (6 млрд. т)

Месторождение	Минеральный тип руд	Титаномагнетитов. концентрат			Ильменитовый концентрат		
		Fe _{общ}	TiO ₂	V ₂ O ₅	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	V ₂ O ₅
Медведёвское	Ильменит-титаномагнетитовые	56,7	12,5	0,80	44,1	35,2-36,3	0,13-0,21
Копанское	Ильменит-титаномагнетитовые	60	11	0,85	40,2	39	-
Собственно Качканарское	Титаномагнетитовые	55-59	3,6	0,4-0,55	-	-	-

Концентраты этих руд по содержанию ванадия и титана существенно богаче перерабатываемых в настоящее время на НТМК Качканарских концентратов

Выводы:

- 1. Разработаны научные основы селективного восстановления металлов в кристаллической решётке комплексных оксидов.**
- 2. Определены технологические параметры селективного восстановления железа в кусковых титаномагнетитовой и сидеритовой рудах.**
- 3. Предложены технологические схемы и набор стандартного (используемого в промышленном масштабе) технологического оборудования, позволяющие производить чистое железо и оксидный концентрат (высокомагнезиальный или высокотитанистый шлак) непосредственно из сырой сидеритовой или титаномагнетитовой руды.**
- 4. В лабораторных условиях из сырых кусковых руд и энергетического угля получены первородное малоуглеродистое железо и шлаки, пригодные для использования в качестве магнезиальных флюсов или исходных материалов для получения диоксида титана.**
- 5. Метод селективного твёрдофазного восстановления подтверждён результатами экспериментов в промышленной трубчатой печи.**



Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)

Спасибо за внимание!

Рощин Василий Ефимович