

**ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
РАСПЛАВНЫХ И СПЕЧЕННЫХ ШЛАКОВ С
ЦЕНТРА ДРЕВНЕГО ЖЕЛЕЗОДЕЛАТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА БАРУН-ХАЛ-2 (ПРИБАЙКАЛЬЕ)**



Степанов И.С., Кожевников Н.О., Харинский А.В.,
Финкельштейн А.Л., Васильева И.Е., Шабанова Е.В.,
Феоктистова Л.П.

На территории Прибайкалья известны множество центров древнего железоделательного производства, где в конце I тыс. до н.э - I тыс. сыродутным способом получали железо.



Одним из крупнейших таких центров является Барун-Хал-2, который расположен в Приольхонье (район пос. Черноруд).

Свидетельством железоделательного производства являются его следы, среди которых наиболее хорошо сохранившиеся - шлаки.

Шлаки – это продукты-индикаторы древнего процесса получения железа. Информативность шлаков состоит не только в том, что они говорят о технологиях, но и об используемых рудах и флюсах.

Все шлаки подразделяются на расплавные и спеченные. Расплавные шлаки целиком состоят из расплавных фаз. Спеченные шлаки состоят из расплавных фаз и ксеногенных реликтов шихты



Расплавные шлаки

Силикатно-окисные шлаки - продукты, состоящие из вюстита, силикатных минералов и стекла.

Окисно-стеклянно-силикатные шлаки – продукты, состоящие из силикатных минералов, стекла и вюстита.

Стекло-силикатные шлаки – следы, состоящие из силикатных минералов и стекла.

Силикатно-стеклянные шлаки - продукты, состоящие из стекл. фазы и силикатных минералов.



Спеченные шлаки

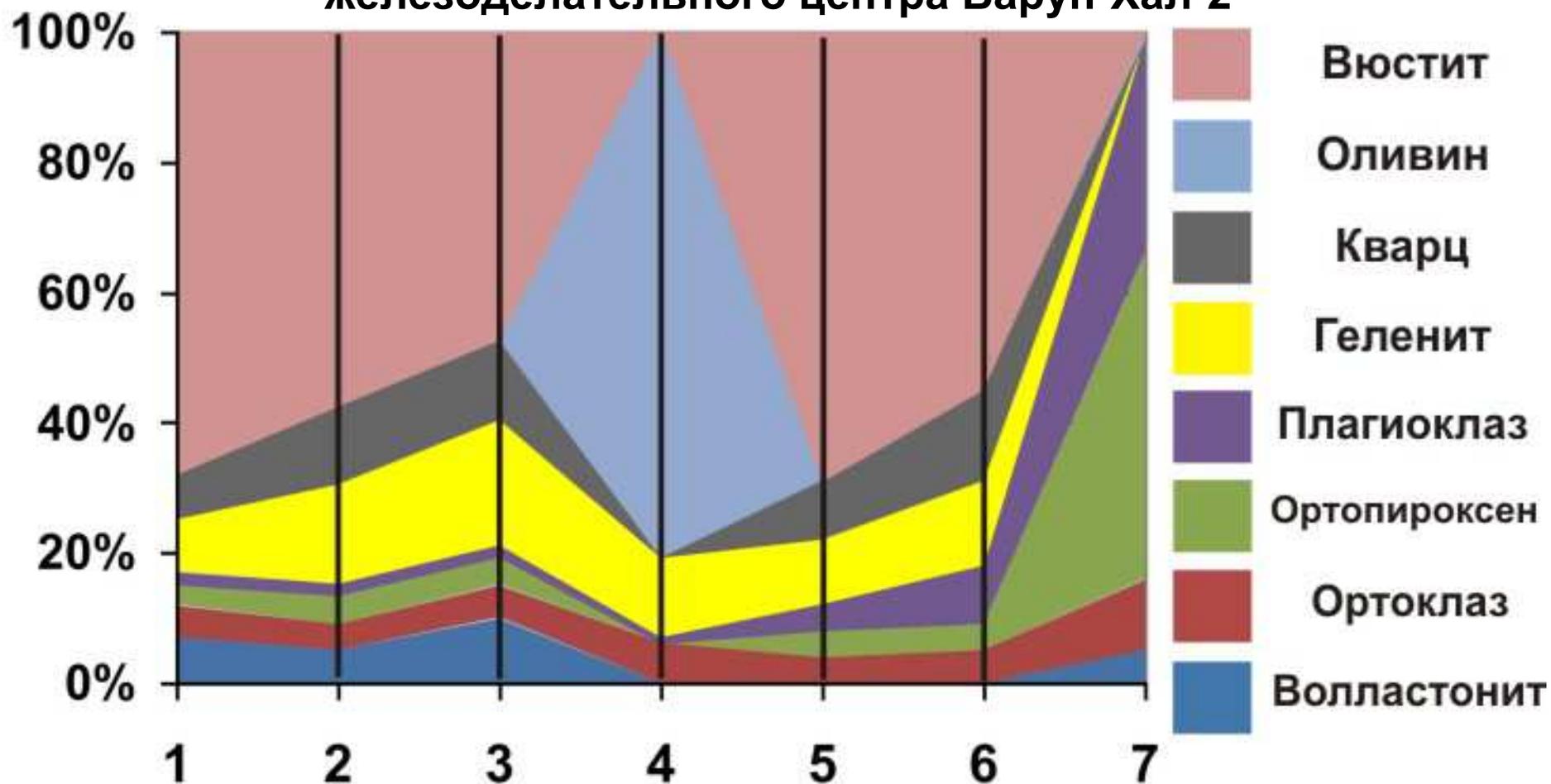
Стекло-рудно-силикатные шлаки. Состоят из силикатных минералов, реликтов руды (гематит) и стекла.

Железо-стеклянно-окисно-силикатные шлаки. Состоят из силикатных минералов, вюстита, стекла и металлического железа.

Силикатно-стеклянные шлаки. Состоят из стекла, силикатных минералов, реликтов кварца, пол. шпата, карбоната.

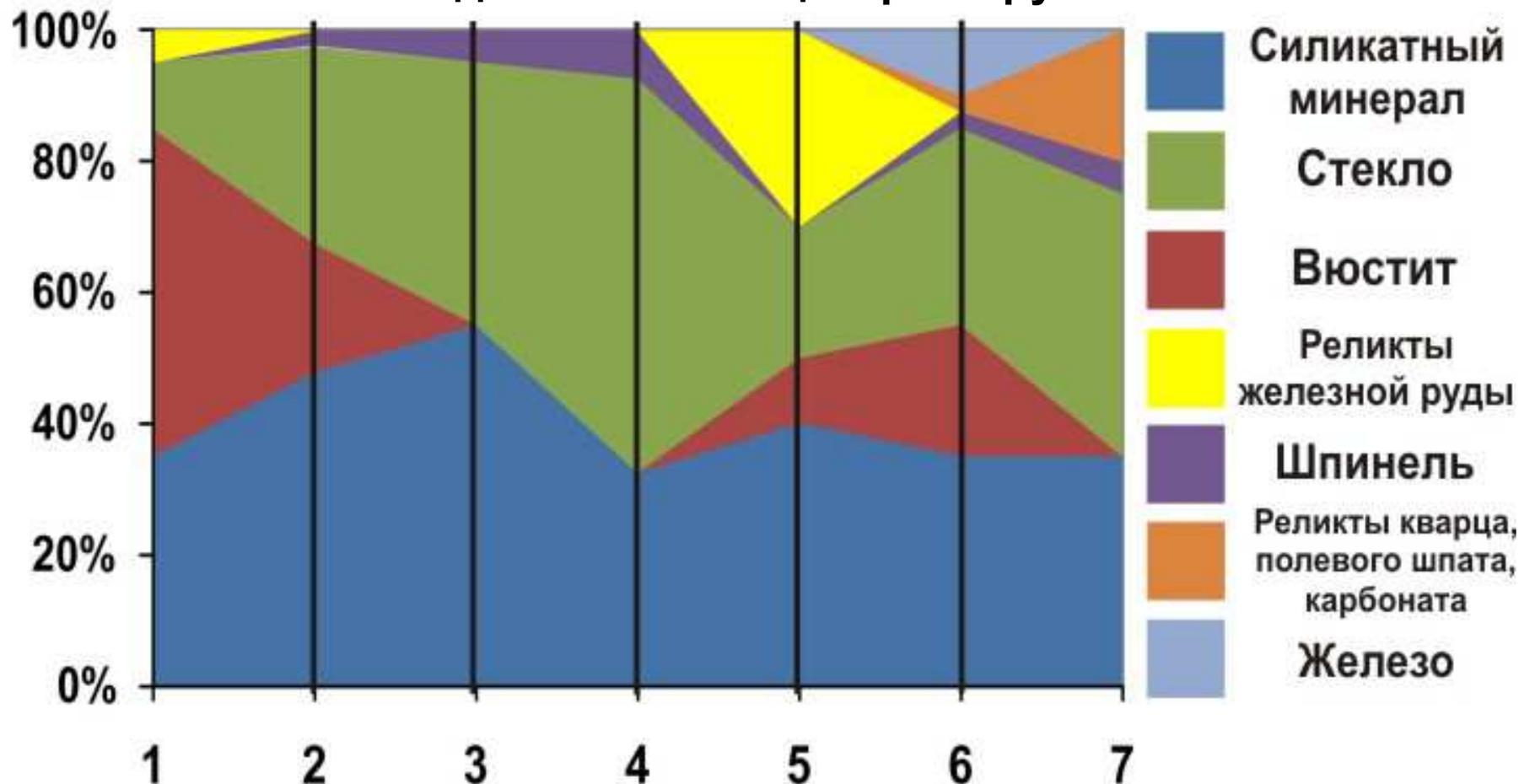


Рассчитанный по Kresten, Serning (1983) фазовый состав шлаков железоделательного центра Барун-Хал-2



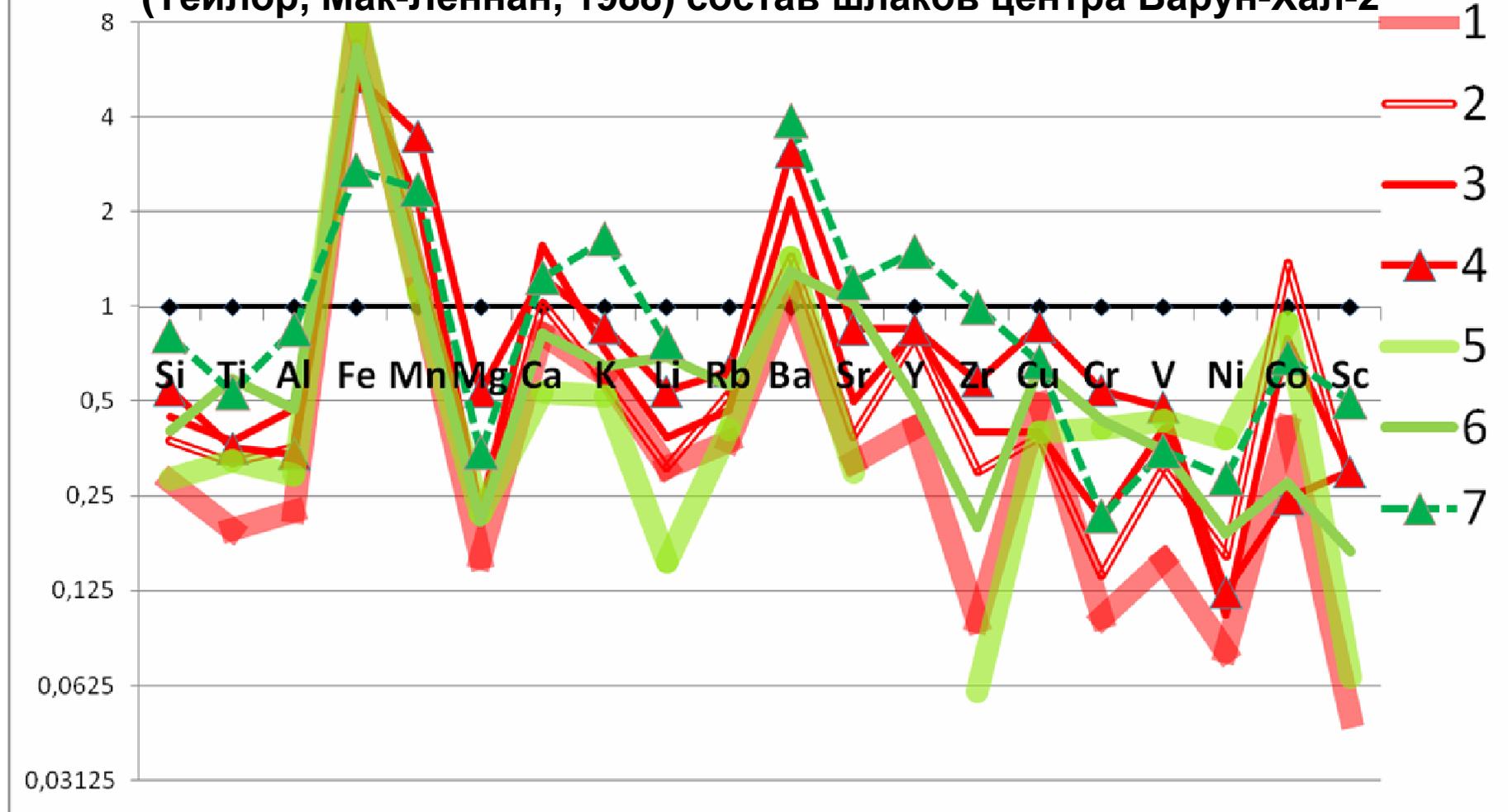
Расплавные шлаки (1-4): 1 - силикатно-окисные шлаки, 2 – окисно-стеклянно-силикатные шлаки, 3 – стеклянно-силикатные шлаки, 4 - силикатно-стеклянные шлаки. Спеченные шлаки (5-7): 5 - стеклянно-рудно-силикатные шлаки, 6 – железно-стеклянно-окисно-силикатные шлаки, 7 – силикатно-стеклянные шлаки.

Фазовый состав шлаков (по результатам наблюдений в шлифах) железоделательного центра Барун-Хал-2



Расплавные шлаки (1-4): 1 - силикатно-окисные шлаки, 2 – окисно-стеклянно-силикатные шлаки, 3 – стеклянно-силикатные шлаки, 4 - силикатно-стеклянные шлаки. Спеченные шлаки (5-7): 5 - стеклянно-рудно-силикатные шлаки, 6 – железно-стеклянно-окисно-силикатные шлаки, 7 – силикатно-стеклянные шлаки.

Нормированный по валовому составу континентальной коры (Тейлор, Мак-Леннан, 1988) состав шлаков центра Барун-Хал-2



Расплавные шлаки (1-4): 1 - силикатно-окисные шлаки, 2 – окисно-стеклянно-силикатные шлаки, 3 – стеклянно-силикатные шлаки, 4 - силикатно-стеклянные шлаки. Спеченные шлаки (5-7): 5 - стеклянно-рудно-силикатные шлаки, 6 – железно-стеклянно-окисно-силикатные шлаки, 7 – силикатно-стеклянные шлаки.

Близкий петрогенный и редкоэлементный состав шлаков Барун-Хал-2 отражают применение в железнорудном производстве схожих по своим химическим характеристикам железных руд (обедненных элементами группы железа) и флюсов (обогащенных литофильными элементами).

Присутствие реликтов гематитовой руды в шлаках центра Барун-Хал-2 должно быть обусловлено использованием болотных руд из района р.Кучулги.

Наличие ксеногенных зерен кварца, полевого шпата и карбоната в спеченных силикатно-стеклянных шлаках, а также повышенные содержания Ba, CaO, K₂O, Sr, свидетельствуют о введении добавок силикатных и карбонатных флюсов при производстве железа.

ВЫВОДЫ

- × Вещественные характеристики шлаков центра Барун-Хал-2 отражают технологическую специфику (состав руд и флюсов) железоделательного производства в этом центре.
- × Наличие в шлаках реликтов гематитовой руды может быть обусловлено использованием местных болотных руд.
- × Присутствие ксеногенных реликтов кварца, полевого шпата и карбоната в шлаках связано с применением этих минералов в качестве флюсов. Это могло привести к обогащению железом остаточного расплава и сравнительно высокому выходу железа в виде крицы.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



Химический состав шлаков и руд с центра Барун-Хал-2

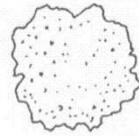
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	16,11	21,82	25,94	31,55	16,52	23,46	46,84	5,16	8,49
TiO ₂	0,18	0,29	0,34	0,32	0,29	0,53	0,48	0,01	
Al ₂ O ₃	3,54	5,68	7,49	5,39	4,64	7,53	13,40	0,31	2,16
*FeO	72,00	62,20	51,94	48,89	70,06	59,72	24,60	73,35	66,42
MnO	0,21	0,25	0,38	0,63	0,20	0,22	0,42	0,07	1,04
MgO	0,85	1,10	1,17	2,86	1,17	1,11	1,83	0,16	
CaO	5,92	7,39	11,31	9,00	3,86	5,96	8,95	0,25	
K ₂ O	0,66	0,64	0,79	0,94	0,57	0,71	1,80	0,01	
Na ₂ O	0,23	0,23	0,24	0,22	0,24	0,11	0,30	0,01	
Ba	369	475	712	1016	473	426	1280	164	
Sr	109	132	171	290	102	349	408	9	
Zn	69	64	59	45	86	61	50	550	
Cr	19	26	39	100	76	80	40	11	
V	36	71	94	110	100	80	80	36	

Расплавные шлаки (1-4): 1 - силикатно-окисные шлаки, 2 – окисно-стеклянно-силикатные шлаки, 3 – стеклянно-силикатные шлаки, 4 - силикатно-стеклянные шлаки. Спеченные шлаки (5-7): 5 - Стекляннорудно-силикатные шлаки, 6 – железно-стеклянно-окисно-силикатные шлаки, 7 – силикатно-стеклянные шлаки. Железные руды (8-9): 8 – р-н р.Тонты, 9- р-н. р. Кучулги (Артемьев, 1926).

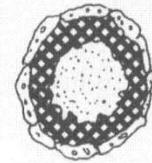
Сыродутный процесс

(Pleiner, 2000)

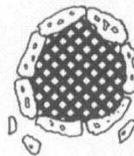
РУДА



Формирование железной корки



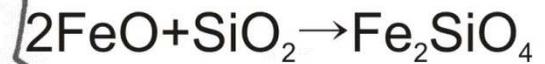
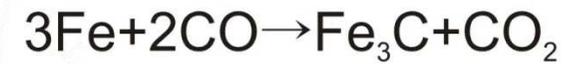
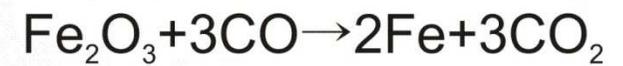
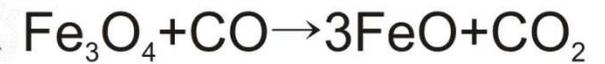
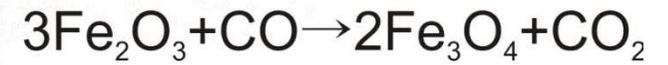
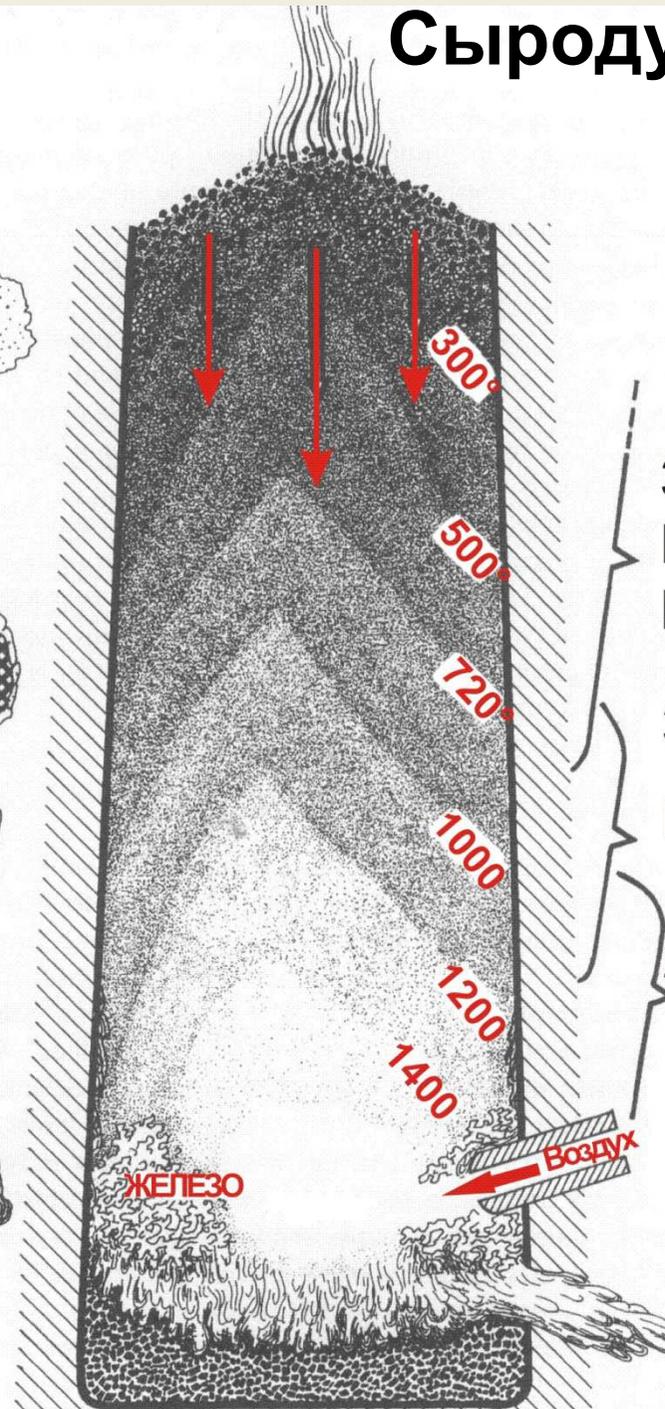
Формирование вюстита



Отделение шлака



ЖЕЛЕЗО



Выпуск шлака