© В.А. Чантурия, И.Ж. Бунин, А.В. Зубенко, 2006

УДК 622.765+621.385.6+533.1

В.А. Чантурия, И.Ж. Бунин, А.В. Зубенко

*ВЛИЯНИЕ МОЩНЫХ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ И ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ**

Семинар № 24

Основная цель применения высоковольтной импульсной техники и наносекундной электроники большой мощности в процессах переработки упорного благороднометального минерального сырья состоит в повышении эффективности дезинтеграции тонковкрапленных минеральных комплексов, селективном раскрытии сростков минералов для обеспечения доступа выщелачивающего раствора к тонкодисперсным частицам благородных металлов при снижении энергозатрат на предварительное механическое измельчение руды, замене энергоемких и экологически опасных процессов окислительного обжига и автоклавной технологии вскрытия концентратов.

На основе технико-экономичес-кого анализа, проведенного в ИПКОН РАН [1-3], показаны преимущества нетеплового воздействия мощными электромагнитными импульсами (МЭМИ) в наносекундном диапазоне по сравнению с другими нетрадиционными методами обработки упорных продуктов (такими как электрохимическое окисление золотосодержащих сульфидов, облучение ускоренными электронами, СВЧ-нагрев, резонансное разрушение гиперударными волнами, электроимпульсное и электрогидродинамическое воздействие, магнитно-импульсная обработка и др.), позволяющего при обогащении упорных золотосодержащих руд и промпродуктов получить стабильный прирост извлечения ценных компонентов: золота на 5–80 % (таблица), серебра – на 20–50 % при уменьшении энергозатрат и снижении себестоимости готовой продукции. Доказана высокая эффективность высокоимпульсной наносекундной обработки и более низкие энергетические затраты по сравнению с процессами механического измельчения и другими энергетическими методами воздействия на минеральное сырье [2-6].

Эффективность обработки материала МЭМИ обеспечивается за счет применения генераторов наносекундных импульсов с накоплением (компрессией) энергии в емкостном накопителе, который при помощи коммутатора подключается к нагрузке, т.е. генераторов с замыкающими коммутаторами (рис. 1). Для реализации данного метода в промышленности в

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ «Научная школа акад. В.А. Чантурия» НШ-4918.2006.5(472.2005.5) и РФФИ (гранты - №№ 05-05-64039-а и 06-05-96082-р-восток-а).

на извлечение золота (%) цианированием из упорных золотосодержащих руд и продуктов обогащения

Месторождение; содержание золота, г/т	Содержание основных минералов (основных компонентов), % (масс.)	Класс крупности, мкм	Прирост извлечения золота (с → до), %
Исходная руда			
Кючус, 24,2	Сланцы – 43,6; полевые шпаты – 30,8; кварц – 17; лимонит – 3,1; антимонит – 2,6; арсенопирит – 2,3	–1000	12,1 (с 66,7 до 78,8)
Невское, 1,3-1,8	Серицит – 44; кварц – 39; карбонаты, полевые шпаты – 10-12; сульфиды – 5-6; 2,07 $S_{общ.}$; 1,72 $S_{сульф}$; 3,8 $C_{орг}$	–500	4,4 (91,2 → 95,6)
Олимпиадинское, 2,4	49,2 SiO_2; 7,83 Al_2O_3; 5,84 Fe_2O_3; 5,84 FeO; 15,67 CaO; 2,53 MgO; 1,99 K_2O; 1,54 $S_{общ}$. Рудные: арсенопирит, пирит, пирротин	–100	8,3 (60 → 68,3)
Концентраты			
гравитационные			
Нежданинское, 80 (90,4)	10,55 SiO_2; 36,2 $Fe_{общ.}$; 22,3 $S_{общ}$; 21,7 S_s; 2,1 $C_{орг}$; 18,6 As; 0,1 Sb; 0,05 Cu; 3,5 Pb; 0,7 Zn; Ag 318 (330,7) г/т. Арсенопирит – 38-39; пирит – 21-22 кварц – 8-10; углеродистые образования – 20 и др.	–50	6,4 (77 → 83,4)
		–500	31,1 (51,2 → 82,3)
флотационные			
Ключевское, пиритный, 29	Сульфидные минералы ~70; (пирит-марказит 65; халькопирит, арсенопирит, галенит – суммарно до 5). Глинисто-слюдистые минералы, турмалин, хлориты (суммарно 25), кварц – 6 и др.	–100	47 (40 → 87)
Кумтор (Киргизстан), пиритный, 45	Пирит – 70-80; арсенопирит (незначительно)	–20	5,7 (82 → 87,7)
		–140	8 (63 → 71)
Хвосты ОФ			
Александринское, 2,34	В руде: 3,0 Cu; 2,5 Zn; 30 S; Ag – 30 г/т	–74	31,2 (52,6 → 83,8)
Гайское, 2	Кварц – 35-40; пирит – 40-45; кальцит – 3-4; группа слюд (серицит, парагонит, мусковит, иллит) – 7-8; полевые шпаты – 5-6 и др.	–315	80 (11 → 91)
Узельгинское, 2,24	0,45 Cu; 1,51 Zn; 35,8 S; Ag – 36,5 г/т	–74	36,8 (6,2 → 43)
Урупское, 1,02	Кварц – 35-40; пирит – 25-30; кальцит – 5-6; хлориты – 20-28 и др.	–315	71,1 (8,5 → 79,6)
Учалинское, 2,1	0,45 Cu; 1,84 Zn; 42,3 S; Ag – 8,7 г/т	–74	30 (13 → 43)

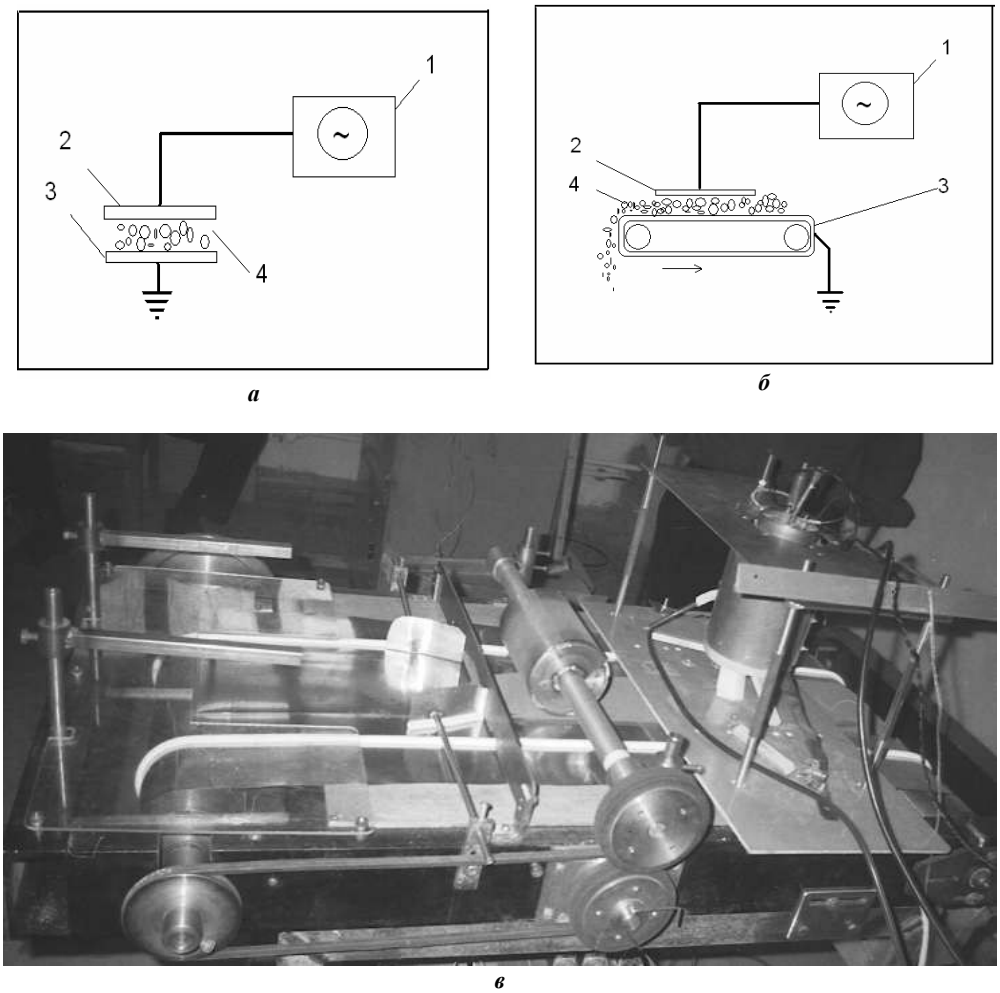


Рис. 1. Схемы устройства (а,б) и установка (в) для обработки упорных материалов мощными наносекундными импульсами: *1* – генератор МЭМИ, *2* – высоковольтный электрод, *3* – заземленный электрод (лента транспортера), *4* – обрабатываемый материал

ИПКОН РАН совместно с ООО НПП «ФОН» (г. Рязань) разработана установка производительностью 50–100 кг (обрабатываемой руды)/час при конвейерном способе подаче руды в зону высокоимпульсной обработки (рис. 1, *б*). Дезинтеграция минеральных комплексов и вскрытия частиц благородных металлов достигается за счет развития в межэлектродном промежутке разряда стриммерного типа при соответствующем подборе амплитуды, длительности и формы импульсов. Необходимая «доза» электромагнитного импульсного воздействия в расчете на заданную массу обрабатываемого минерального сырья набирается изменением скорости движения ленты транспортёра и частоты следования импульсов от формирователя импульсов. Поток материала, выровненный по толщине и ограниченный по ширине, подается транспортером в блок

высокоэнергетической обработки наносекундными МЭМИ со следующими параметрами: амплитуда напряжения импульса в пределах от 20 до 50 кВ, длительность импульса 10–20 нс, частота следования импульсов 100–1000 Гц, при этом потребляемая мощность установки не превышает 3 кВт.

Возможные механизмы дезинтеграции частиц минералов при воздействии МЭМИ с коротким фронтом (~1–5 нс), длительностью (~10–50 нс) и высокой напряженностью электрической компоненты поля E~10^7 В/м обуславливаются процессами электрического пробоя вмещающей минеральной матрицы [6, 7], возникновения термомеханических напряжений на границе раздела минеральных компонент с различными термомеханическими и электрофизическими свойствами [7], нетепловым поглощением электромагнитной энергии частицами благородных металлов (скин-эффект) [8, 9] и др.

В реальных технологических условиях при воздействии мощными наносекундными импульсами электрический пробой минеральной матрицы может развиваться в отсутствие омического контакта образца с источником высокого напряжения и реализуется в момент возникновения лавинообразного «размножения» электронов, ускоряющихся в электрическом поле (приближение лавинно-стримерной теории газового разряда Мика–Леба с учетом фотоионизации). Канал пробоя растет за счет вхождения в него области, ионизованной электронами лавины. При напряженности электрического поля импульса E~10^7 В/м в канале пробоя длиной порядка 10^{-4}м концентрируется энергия, достаточная для испарения вещества. При многократном воздействии МЭМИ на неоднородную минеральную среду, содержащую мелкодисперсные металлические включения, электрические пробои могут развиваться при напряженности поля меньшей предела электрической прочности однородного диэлектрика (полупроводника). Рост каналов пробоя происходит постепенно от импульса воздействия к импульсу, в промежутках между которыми происходит релаксация энергии. Механизмы и степень релаксации энергии, выделенной в канале пробоя, определяют условия дальнейшего роста канала.

Одним из основных механизмов релаксации энергии является процесс образования микротрещин вокруг канала пробоя вследствие расширения нагретого газа в канале и истечения его из канала в случае выхода последнего на поверхность образца [7]. Одновременно с процессами дезинтеграции минеральных комплексов, вызывающих их разупрочнение, в экспериментах наблюдается изменение физических и физико-химических свойств минералов, в частности, для сульфидов (пирита, арсенопирита) – химической активности [10, 11], гидрофобности [12, 13], локальных электрофизических свойств [4-6] и микротвердости поверхности. Предположительно, эти изменения могут быть обусловлены процессами развития (плазмо) химических реакций в незавершенных каналах пробоя и структурных фазовых превращений в вершинах распространяющихся микротрещин, приводящих к микро- и нанообразованиям на поверхности минералов.

В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию мощных наносекундных импульсов на механические и магнитные свойства некоторых рудных минералов.

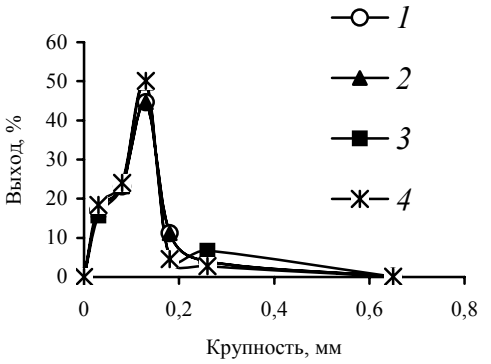
Влияние МЭМИ на механические свойства минералов. Одним из спосо-

бов оценки механических свойств дисперсных материалов является изучение гранулометрического состава представительных проб. Ранее в работах ИПКОН РАН на примере образцов руд месторождений Албазинское, Дегдеканское, Ореховая роща, гравитационных концентратах из руд месторождений Нежданинское, Каларское и минералах, выделенных из руд месторождений Нежданинское (арсенопирит), Дарасунское (пирит), было показано, что предварительная обработка МЭМИ вызывает некоторое изменение их ситовых характеристик, а именно, снижение выходов наиболее крупных классов и, соответственно, увеличение средних и мелких классов. Однако эти изменения не являются главным фактором для последующего повышения извлечения благородных металлов при цианировании. Так, для упорного гравитационного концентрата (класс –0,5 мм) Нежданинского месторождения было установлено, что после импульсного воздействия его ситовая характеристика изменилась незначительно (выход класса –0,1 мм вырос на 6 %, с 32,7 % до 38,7 %), а извлечение золота при цианировании было близко к извлечению золота из концентрата, измельченного до класса –0,05 мм (82,3 % и 83,4 % соответственно) [4].

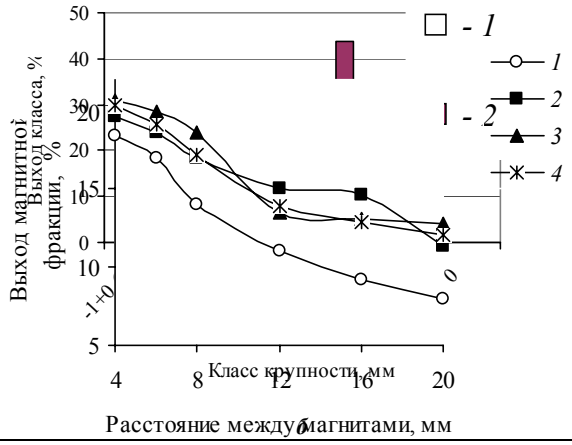
Для интенсификации процесса механического измельчения сульфидных минералов и продуктов обогащения упорных руд образцы в виде навесок подвергали воздействию серией наносекундных импульсов со следующими параметрами: длительность фронта импульса 1–5 нс, частота их следования – 100 Гц; амплитуда (20–40 кВ) и общее число (200–2000 имп) импульсов изменялись в каждом эксперименте в зависимости от электрической прочности обрабатываемого материала. В экспериментах использовали образцы пирита месторождения Кургашинканское крупностью (–1,0 + 0,1) мм, окисленных железистых кварцитов Михайловского –0,5 мм и Лебединского +0,5 мм ГОКов и песковой фракции отвальных хвостов Норильской ОФ. Электроимпульсную обработку проводили как при неподвижном положении навесок в межэлектродном пространстве (рис. 1, *а*), так и в условиях движущегося слоя (потока) материала (рис. 1, *б*).

В результате обработки МЭМИ (по схеме рис. 1, *а*) образцов железистых кварцитов и пирита исходной крупности +0,5 мм и последующего их измельчения в шаровой мельнице в течение 1,3,5,10 мин измельчаемость минералов, оцениваемая по выходу *готового* класса (–0,1 + 0) мм практически не изменилась. Более того, для железистых кварцитов отмечено небольшое снижение (~0,5 %) выхода указанного класса с ростом числа импульсов при фиксированном времени измельчения. Это может быть связано с локальным нагревом компонентов минеральных комплексов при импульсном воздействии, вызывающим упрочнение межфазных границ за счет оплавления и закрытия изначально существующих микротрещин.

При импульсном воздействии в условиях движущегося слоя (схема рис. 1, *б*), т.е. при относительной подвижности и возможности переориентации частиц минералов в межэлектродном пространстве, установлен ярковыраженный эффект интенсификации процесса их механического измельчения. Такой способ электроимпульсной обработки обеспечивает условия, благоприятные для образования микротрещин в различных кристаллографических плоскостях обрабатываемых минералов и уменьшает вероятность развития нежелательных сквозных макропробоев.



а



б

Рис. 2. Влияние предварительного воздействия МЭМИ (всего ~10³ имп) на гранулометрические характеристики пирита месторождения Кургашинканское после механического измельчения в течение 1 мин (а) и 10 мин (б): 1 - без обработки, 2 - МЭМИ

В результате обработки МЭМИ образцов железистых кварцитов и последующего измельчения в течение 10 мин в шаровой мельнице установ-лено, что производительность измель-чения по классу (–0,315 + 0,2) мм возросла на 50 % по сравнению с базовым опытом (без импульсной обработки), а по классу (–0,2 + 0,1) мкм – на 80 %, тогда как выход класса –0,1 мм уменьшился с 25,6 % до 16,2 %. Для частиц крупных классов производительность измельчения увеличилась (на 60 % для класса +1,0 мм и на 80 % для класса (–0,2 + 0,1) мм) при одновременном уменьшении выхода шламистых частиц (с 25 % до 16 %).

На рис. 2 представлены данные о влиянии МЭМИ (всего 10^3 имп, схема обработки - рис. 1, *б*) на изменение гранулометрического состава образцов пирита (–1,0 + 0,1) мм месторождения Кургашинканское после их измельчения в шаровой мельнице в течение 1 мин, согласно которым предварительное электроимпульсное воздействие вызвало уменьшение выхода самого крупного класса крупности (–1,0 + 0,63) мм на 30 % при одновременном росте выходов средних и снижении самого мелкого класса. При увеличении продолжительности времени механического измельчения до 20 мин существенного влияния воздействия МЭМИ на гранулометрический состав пирита не обнаружено.

На рис. 3 представлены результаты исследований влияния МЭМИ на измельчаемость материала песковой фракции отвальных хвостов Норильской ОФ, свидетельствующие о существовании оптимальных режимов ($7{,}5 \cdot 10^3$ имп) предварительной им-пульсной обработки.

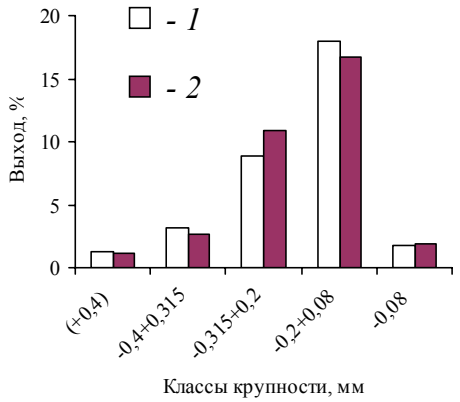


Рис. 3. ***Результаты анализа выхода магнитной фракции из зерно-подрешетного продукта доизмельчения в шаровой мельнице (без (1) и после (2–4) обработки МЭМИ:*** 2 – 10^2, 3 – $7{,}5\cdot10^2$, 4 – $1{,}5\cdot10^3$ имп)

Рис. 4. Зависимость выхода частиц магнитной фракции гравитационного концентрата Норильской ОФ от межполюсного расстояния (без (1) и после (2–4) обработки МЭМИ: $2–0{,}2\cdot10^3$, $3–0{,}6\cdot10^3$, $4–1{,}2\cdot10^3$ имп

Влияние МЭМИ на магнитные свойства минералов. Ранее при изучении поверхностных свойств частиц узкого класса крупности (–0,1 + 0,063) мм первичного гравитационного концентрата рудного цикла обогащения вкрапленных медно-никеле-вых руд Норильского региона было отмечено влияние предварительной обработки МЭМИ на выход магнитной фракции (Т.А. Иванова). Эти наблюдения послужили поводом для постановки специальных экспериментов по изучению влияния мощных наносекундных импульсов на магнитные свойства минералов.

На рис. 4 представлены результаты исследований магнитных свойств частиц гравитационного концентрата НОФ методом сухой магнитной сепарации, полученные на лабораторном сепараторе с постоянными магнитами СМС (напряженность поля 20 кА/м) при непрерывной подаче материала в межполюсную зону (время подачи 8 мин). В исходном состоянии в материале концентрата присутствует фер-ромагнитный магнетит (выход порядка 5 %), а также пирротин представленный магнитной и немагнитной разновидностью. Определение выхода магнитных фракций проводилось путем взвешивания продуктов после разделения на сепараторе. Напряженность магнитного поля в зоне разделения регулировали за счет изменения положения магнитной системы, при этом с увеличением расстояния в магнитный продукт попадали только зерна, обладающие наиболее сильными магнитными свойствами. Наибольшее влияние МЭМИ отмечено для сильномагнитной фракции, выход которой в интервале изменения расстояния между магнитами от 4 до 20 мм увеличивался на 1–5 % по сравнению с необработанным материалом.

В результате импульсной обработки (частота следования МЭМИ 100 Гц, амплитуда 25 кВ, общее число импульсов ~$3\cdot10^3$ имп) образцов золотосодержащего промпродукта одного из месторождений Амурской области (магнетит – 30 %, пирротин – 22 %, пирит – 2 %, остальное ~46 % – кварц и минералы породы) и последующей сухой магнитной сепарации на аппарате СМС заметного изменения выхода магнитной фракции в результате воздействия импульсов не наблюдалось. Однако отмечено измене-

ние распределения фракций по классам крупности (рис. 5). После импульсного воздействия снижался выход магнитных фракций крупных классов +0,315 мм, а слабомагнитных оставался неизменным. Одновременно возрастала доля частиц класса крупности (–0,315 + 0,2) мм, как за счет прироста магнитных, так и слабомагнитных зерен. С уменьшением размеров магнитных частиц наблюдалось уменьшение их доли в результате импульсного воздействия.

После воздействия МЭМИ на частицы пирита месторождения Березовское было отмечено образование в продукте обработки сильномагнитной фракции, выход которой составил около 2 %. Исследование зерен в магнитном продукте показало, что он представлен частицами пирита со следами воздействия электромагнитных импульсов. Рентгеноспектральный микроанализ локальных участков поверхности частиц показал наличие новообразований, относящихся к классу оксидов железа. Образование микро- и наночастиц окислов железа на поверхности сульфидов может вызывать изменения магнитных свойств пиритов после обработки мощными наносекундными импульсами.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют об эффекте влияния высокоимпульсной (МЭМИ) обработки на механические и магнитные свойства минералов, что представляет несомненный интерес, как в теоретическом плане, так и в практических приложениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чантурия В.А.* Современные проблемы обогащения минерального сырья в России // Горный журнал, 2005, № 12, С.56-64.
2. *Чантурия В.А., Бунин И.Ж., Лунин В.Д.* Нетрадиционные методы дезинтеграции и вскрытия упорных золотосодержащих продуктов: теория и технологические результаты // Горный журнал, № 4, 2005, № 4, С.68-74.
3. *Чантурия В.А., Бунин И.Ж., Лунин В.Д.* Применение высоковольтной импульсной техники и наносекундной электроники в процессах переработки благороднометального минерального сырья // Маркшейдерия и недропользование, 2005, № 5, С.32-43.
4. *Чантурия В.А., Гуляев Ю.В., Лунин В.Д., Бунин И.Ж. и др.* Вскрытие упорных золотосодержащих руд при воздействии мощных электромагнитных импульсов // Доклады РАН, 1999, Т.366, № 5, С.680-683.
5. *Чантурия В.А., Бунин И.Ж., Лунин В.Д., Гуляев Ю.В. и др.* Использование мощных электромагнитных импульсов в процессах дезинтеграции и вскрытия упорного золотосодержащего сырья // ФТПРПИ, 2001, № 4, С.955-106.
6. *Chanturiya V.A., Gulyaev Yu.V., Bunin I.J., et al.* Non-traditional Higly Effective Breaking-up Technology for Resistant Gold-Containing Ores and Benefication Products // Proceedings: XXII International Mineral Processing Congress, Chief Editors: L.Lorenzen and D.J.Bradshaw, Cape Town, South Africa, 2003. Cape Town: Document Trasformation Technologies, 2003, V.1, PP.232-241.
7. *Чантурия В.А., Бунин И.Ж., Ковалев А.Т.* Механизмы дезинтеграции минеральных сред при воздействии мощных электромагнитных импульсов // Известия АН. Серия. «Физическая», 2004, Т. 68, № 5, С.629-631.

Коротко об авторах

Ковалев А.Т. Селективная дезинтеграция тонковкрапленных минеральных комплексов при высокоимпульсном воздействии // Известия АН. Серия. «Физическая», 2005, Т. 69, № 7, С.1058-1061.
9. *Чантурия В.А., Бунин И.Ж., Ковалев А.Т.* Модели процессов дезинтеграции и вскрытия минеральных сред при высокоимпульсном (pulsed power) воздействиях // Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ), – М.: Изд-во МГГУ. – 2005, № 9, С. 326-330.
10. *Бунин И.Ж., Иванова Т.А., Лунин В.Д.* Влияние высокоэнергетических воздействий на процесс растворения золотосодержащих минералов // Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ), – М.: Изд-во МГГУ. – 2002, №8, С.172-176.

11. *Чантурия В.А., Бунин И.Ж., Иванова Т.А.* Изменение физико-химических свойств золотосодержащих сульфидов железа под воздействием мощных электромагнитных импульсов // Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ), – М.: Изд-во МГГУ. – 2004, № 10, С. 301-305.

12. *Чантурия В.А., Бунин И.Ж., Иванова Т.А., Недосекина Т.А.* Исследование влияния высокоимпульсных (pulsed power) воздействий на физико-химические свойства поверхности сульфидных минералов и продуктов обогащения // Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ), – М.: Изд-во МГГУ. – 2005, № 8, С.313-319.

13. *Чантурия В.А., Бунин И.Ж., Иванова Т.А.* Влияние мощных электромагнитных импульсов на процесс растворения и физико-химические свойства поверхности сульфидных минералов // Материаловедение, 2005, № 11, С. 21-26.

Чантурия Валентин Алексеевич – академик РАН, директор ИПКОН РАН, профессор,
Бунин Игорь Жанович – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, старший научный сотрудник,
Зубенко Артур Владимирович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
Институт проблем комплексного освоения недр РАН, лаборатория «Теории разделения минеральных компонентов».

© И.М. Петров, 2006

УДК 55(091): 622(091): 622.7

И.М. Петров

ДОБЫЧА И ОБОГАЩЕНИЕ РУД ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В РОССИЙСКОЙ ИМПЕРИИ В НАЧАЛЕ XX ВЕКА

Семинар № 24

В начале XX века в России начался очень мощный по темпам подъем промышленного развития, сопровождавшийся увеличением добычи различных видов минерального сырья. При этом «пик» этого подъема пришелся на последний предвоенный 1913 г.

Цветной металлургии в те годы как отдельной отрасли не существовало, добыча всех полезных ископаемых находилась в ведении так называемой «горной и горнозаводской промышленности».

Предприятиями добывались медные руды (65 рудников), цинковые и свинцово-цинковые руды (11 рудников), кобальтовые, вольфрамовые, сурьмяные, ртутные и радиоактивные руды (по 1 руднику). Как видно, шла разработка достаточно узкого круга сырья (всего 7 видов), причем большая часть из них - единственным предприятием.

Естественно, что основным видом добываемых руд цветных металлов были медные. На рис. 1 представлена динамика их добычи в первую четверть прошлого века. Особенно бросается в глаза фантастическое увеличение производства в 1906-13 гг., составившее почти 380 % (!).

По мнению специалистов того времени, этот подъем объясняется тем, что «многие единичные предприятия, страдавшие ранее от недостатка оборотных средств, приняли в последние годы, при ближайшем посредстве русских банков

и иностранных финансовых групп, акционерную форму, обеспечившую им привлечение необходимых капиталов и доставившую возможность произвести полное переоборудование рудников и заводов, согласно требованиям современной техники, расширить вместе с тем самое производство до крупных размеров» (Общий обзор главных отраслей горной и горнозаводской промышленности, Петербург, 1915). На мой взгляд, сказанное выше созвучно и настоящему времени...

Следует отметить, что перед первой мировой войной Россия была в числе немногих стран мира, чья добыча медных руд и производство меди неуклонно возрастало. Увы, потом началась война, что интересно (и малоизвестно) - в конце 1914 г. турецкие войска захватили территорию, принадлежавшую Российской Империи, где добывалось около 20 % медной руды в стране (Дзансульский, Ходский и Кварцханский рудники).

А потом была, как известно, революция и гражданская война, все это наглядно видно на графике – обвальный спад добычи, которая только-только восстановилась к 1922-23 гг. Интересно, что к 1927 г. (дальше цифры по добыче меди стали закрытыми) СССР вышел на уровень добычи медной руды только 1909 года…

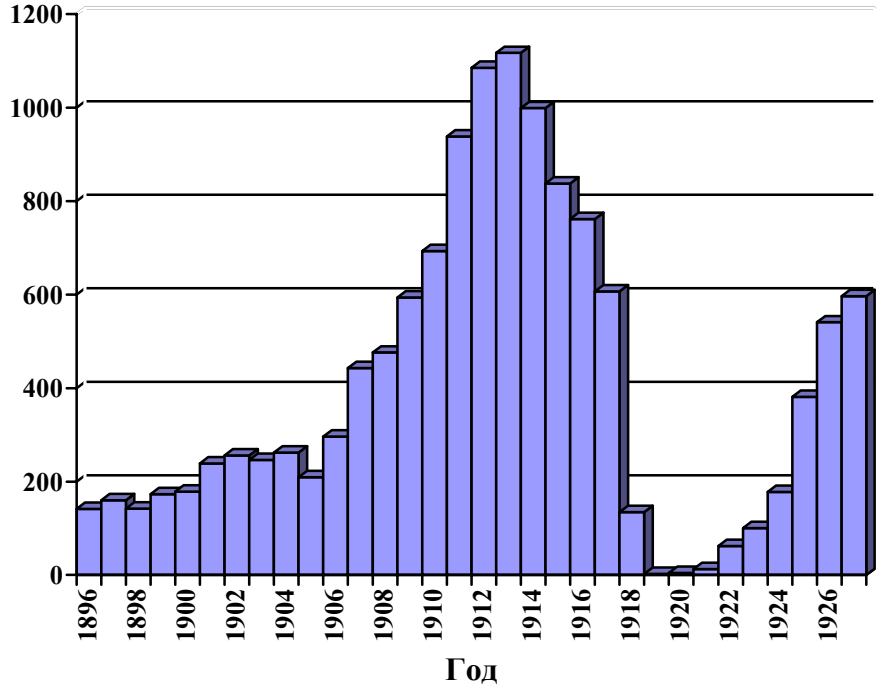


Рис. 1. Динамика добыча медных руд в России/СССР в 1896-1927 гг., тыс. т

Если рассматривать долю различных регионов в добыче медных руд (1913 г.), то несомненным лидером здесь выглядит Урал (60 %), также велика роль медных предприятий Кавказа - почти 33 % (рис. 2).

Вслед за медной рудой по объему добычи стояли цинковые и свинцово-цинковые руды. Динамика их добычи в первой четверти XX века представлена на рис. 2. Весьма характерным является принципиальное ее различие по сравнению с медными рудами. До 1913 г. уровень добычи собственно цинковых руд (галмей) был выше, чем смешанных (свинцово-цинковых), их в основном в Российской Империи добывали в Царстве Польском, на Олькушских рудниках. Во время первой мировой войны эта территория также была занята противником – германскими войсками.

В XIX в. свинцово-цинково-серебрянные руды добывались главным образом на Алтае и в печально знаменитом Нерчинском округе, являвшемся местом ссылки преступников. Но Алтайский и Нерчинский округа постепенно сокращали добычу руд, к 1907-11 гг. совершенно ее приостановили.

Поэтому разработка свинцово-цинковых месторождений в те годы осуществлялась только на Кавказе (Садонский рудник), к 1914-17 гг. к числу разработчиков добавляется Акционерное общество «Тетюхе» (Приморский край), начинается также добыча на Риддерском и Сокольном рудниках (теперешний Казахстан). Самое примечательное, что максимум добычи свинцово-цинковых руд приходится на 1917 г. – эхо революции до отдаленных рудников еще не дошло.

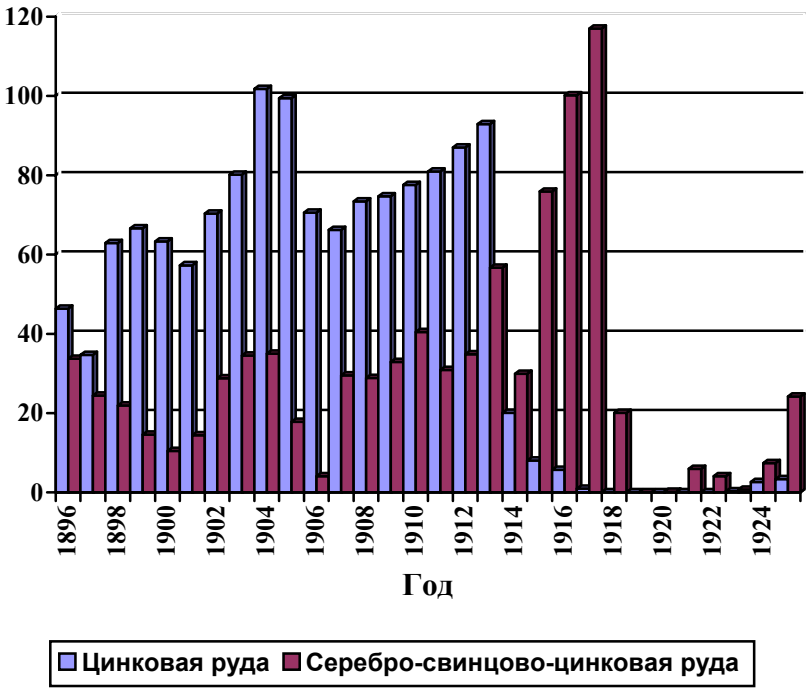


Рис. 2. Динамика добычи цинковых и свинцово-цинковых руд в России/СССР в 1896-1927 гг., тыс. т

С точки зрения объемов добычи, после медных, свинцово-цинковых и цинковых руд следуют ртутные руды. Они добывались в п. Никитовка Екатеринославской губернии (теперешняя Украина) 3-мя рудниками (София, Железнянская, Чагаринская) и перерабатывались на ртутном заводе Ауэрбаха.

Добыча других видов руд, содержащих цветные металлы, была крайне незначительна (не более 300-400 т в год). Можно лишь перечислить эти рудники: Дашкесанский рудник (кобальтовые руды, Кавказ); рудник Туя-Муюн (ванадий-урановые руды, Ферганская область), Гумбейский рудник (вольфрамовые руды, Урал).

Автором сформирован список наиболее крупных рудников и горнодобывающих компаний, занимавшихся в те годы добычей и переработкой руд цветных металлов (табл. 1). На их долю приходилось почти 90 % всей добычи этого сырья в Российской Империи.

Обращает на себя первое место в этом списке уже упоминавшегося Дзансульского рудника (сейчас – это территория современной Турции).

Следует также отметить, что по суммарной добыче впереди этого предприятия стояли рудники Акционерного общества Кыштымских горных заводов (Смирновский, Конюховский и Карпинский), возглавлявшегося небезызвестным Лесли Уквартом. Помимо этой компании Уркварт создал еще Южно-Уральское и Риддерское горно-промышленные общества, Киргизское медно-промышленное общество и, конечно, этого человека в то время следовало бы считать своего рода «российским медным королем».

Еще хотелось бы немного остановиться на переработке руд в то время. Увы, здесь следует признать крайне низкий уровень развития обогащения сырья. В 1908 г. отмечалось, что «механическая обработка полезных ископаемых распространена до сих пор в России крайне слабо. В тех немногочисленных случаях, когда на наших горнопромышленных предприятиях прибегают к помощи ее, это делается скрепя сердце, за полной невозможностью поступить иначе» (Корзухин И.А. «Механическая обработка полезных ископаемых»).

Анализ очень разрозненных данных позволил выявить наличие в дореволюционной России 9 обогатительных фабрик, краткие данные о которых представлены в табл. 2. Обращает на себя внимание, что обогащение руд мало использовалось для медных руд, в основном – для переработки свинцово-цинкового сырья.

Естественно, что применяемые технологические схемы были достаточно примитивны, в основном использовались гравитационные методы. Степень концентрации также была крайне низкая, в частности, при переработке бедных руд Аллавердского рудника (менее 2,5 % меди) получался концентрат с содержанием 4 % меди. Для Мургульской фабрики характерным было получение концентрата 8-9 % меди при обогащении руды, содержащей 3-5 %. Единственным «экзотическим» методом, который был применен в России - на Богословской фабрике - был метод Мюрекса. Он представлял собой комбинацию магнитного обогащения с селективным обволакиванием частиц масляной пленкой (масло предварительно смешивалось с магнетитовым порошком).

В заключение осталось провести еще некоторые параллели из прошлого в настоящее. Из всего списка (табл. 1) сейчас работает 4 предприятия: акционерное общество «Тетюхе» - это уже давно комбинат «Дальполиметалл» (теперь тоже АО), Садонский рудник – Садонское рудоуправление в составе ОАО «Электроцинк», Риддерский рудник – Лениногорский (с недавнего времени - снова Риддерский) ГОК. Работает и Дегтярское рудоуправление, хотя добычу медных руд уже не осуществляет. В Армении после многолетнего перерыва возобновил деятельность Шамлугский рудник, началась реанимация Аллавердского рудника.

Коротко об авторах

Петров И.М. –Московский государственный горный университет, ООО «Инфомайн».