

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ

На правах рукописи

Павлова Галина Анатольевна

УДК 669.2/.8 (043.3)

РАЗРАБОТКА ОСНОВ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ  
ИЗ ПЛАЗМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНО-МИНЕРАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Специальность 05.16.03 – Metallургия цветных  
и редких металлов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

г. Екатеринбург

1997г.

Работа выполнена на кафедре «Теплофизических и энергетических систем» Магнитогорской горно-металлургической академии им. Г. И. Носова .

Научный руководитель : профессор, доктор технических наук Иванов Н. И.

Официальные оппоненты:

профессор, доктор технических наук, Заслуженный деятель науки и техники РФ

Кожевников Г. Н.

кандидат технических наук, ст. научный сотрудник

Подольский В. Г.

Ведущее предприятие : Уральский Государственный технический Университет

Защита диссертации состоится « 6 » июня 1997 г. в 13 часов 00 мин на заседании Диссертационного Совета Д 002.01.01 в Институте металлургии Уро РАН по адресу: 620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена , 101

Отзыв просим высылать в двух экземплярах, заверенном гербовой печатью, по адресу: 620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена , 101 , ученому секретарю Диссертационного Совета д.х.н. Кайбичеву А. В.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИМЕТ Уро РАН.

Автореферат разослан « 29 » апреля 1997 г.

Ученый секретарь  
Диссертационного Совета,  
доктор химических наук :



Кайбичев А. В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы . Металлургия является базовой отраслью народного хозяйства. Она требует больших капитальных затрат на поиск , разработку сырья и его переработку. Кроме того, руды цветных, редких и благородных металлов содержат полезные компоненты в концентрациях от нескольких граммов до десятков килограммов в тонне руды (за исключением алюминиевого сырья) . Количество руды, необходимой для производства 1т металла , несмотря на научно-технический прогресс, постоянно возрастает. Переработка руд цветных и черных металлов, вследствие больших материальных потоков - дорогостоящий процесс, требующий больших затрат топлива, энергии, рабочей силы, сложного оборудования .

В настоящее время для металлургии России, как и всего мира, характерно снижение ресурсов высококачественных руд, а по ряду целевых элементов - необходимость импорта. Существенно повысились стоимость энергоресурсов и транспортные расходы. Поэтому значительно повысилась стоимость металлопродукции, и как следствие, возросла цена на товары в других отраслях народного хозяйства (машиностроении, строительстве и др.) .

Несмотря на многочисленные усовершенствования технологий по добыче и переработке металлургического сырья, существующие процессы не позволяют в полной мере комплексно его использовать. В ходе получения металлов образуется большое количество газообраз-

ных, жидких и твердых отходов, что значительно ухудшает экологическую обстановку.

Поэтому поиск и разработка принципиально новых технологий (мэнее материало- и энергоемких, экологически чистых), а так же расширение сырьевой базы металлургии имеет актуальное значение.

Цель работы : - разработка основ технологического процесса получения металлов из водно-минеральных систем с использованием эффектов фазовых превращений 4-6 рода;

- изучение физико-химических свойств получаемого продукта;
- разработка основ технологии переработки порошка и получения из него сплавов цветных металлов.

Основные задачи, решаемые в работе

- разработка технологии переработки водно-минеральных систем, отходов и промстоков производств с целью получения полиметаллических порошков в результате реализации фазовых превращений 4-6 рода;
- исследование параметров процесса получения полиметаллических порошков заданного состава;
- изучение свойств получаемого материала;
- разработка технологической схемы переработки полученного материала;
- разработка принципиальных основ расчета, конструирования, сооружения агрегатов для разделения металлов, получаемых из полиметаллических порошков.

Научная новизна работы заключается в следующем

- экспериментально подтверждена возможность использования водно-минеральных систем в качестве плазмо-

образующей среды для получения полиметаллических порошков;

- получены статистические и динамические характеристики процессов получения, сушки и переработки полиметаллических порошков ;
- показана возможность получения сплавов цветных металлов и сплавов на основе железа методом последовательного плавления и разделения полиметаллического порошка (основного продукта фазовых превращений) путем отжима расплавов от порошковой массы.

#### Практическая ценность работы заключается

- в создании агрегатов «Энергонива 2» для реализации фазовых превращений 4-6 рода и преимущественного получения полиметаллического порошка;
- определении режимов работы агрегатов «Энергонива-2» с целью получения полиметаллического порошка заданного состава;
- создании печей нового типа (пресс-плавильных) для разделения металлов методом последовательного плавления с отжатию расплавов;
- расширение сырьевой базы металлургии.

#### Реализация результатов

Разработаны технические задания для ряда предприятий Челябинской области на проектирование промышленных систем :

- экологических - с целью переработки вредных выбросов промышленных и других предприятий (стоков, шламов, шлаков и т.д.);
- металлургических - с целью получения сырья для черной и цветной металлургии.

Публикации По материалам работы опубликовано 12 статей и тезисов докладов, получено 2 решения о выдаче патентов РФ.

Апробация работы : Результаты работы доложены и обсуждены на межгосударственной научно-технической конференции «Развитие сырьевой базы промышленных предприятий Урала» (1995 г., МГМА), Всероссийской конференции «Состояние и перспективы развития городов Южно-уральского региона» (1996 г., МГМА), Межгосударственной научно-технической конференции «Проблемы развития металлургии Урала на рубеже 21 века» (1996 г., МГМА), Симпозиуме «Синергетика, структура и свойства материалов. Самоорганизующиеся системы» (1996 г., Москва).

Объем работы : Диссертационная работа изложена на 120 страницах и состоит из введения, пяти глав, выводов, библиографического списка и приложений; содержит 19 рис., 13 таблиц.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из новых направлений развития металлургии является овладение процессами фазовых переходов 4-6 рода, т.е. при температурах 150000-300000 К, в ходе реализации которых рядом ученых теоретиков (Гинзбург В.Л., Арцимович Л.А., Юкава Х.) предсказывалось выделение значительного количества энергии. Основываясь на работах Гинзбурга В.Л., Яворского Б.М., Ильинского Ю.А., Келдыша Л.В., Шкловского И.С. и др., Иванов Н.И.

и Ваचाев А.В. разработали теорию практического использования эффектов фазовых переходов 4-6 рода с целью получения электрической энергии. В ходе исследований выяснилось, что кроме электроэнергии можно получать металлы в виде полиметаллических порошков. Однако процесс их получения совершенно не изучен.

## ГЛАВА 1. ИЗВЕСТНЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

В главе 1 рассмотрены характеристики основных цветных металлов и методы их производства. На основе литературных данных рассмотрены достоинства и недостатки существующих способов получения металлов, в результате чего были сделаны следующие выводы:

- несмотря на все технические усовершенствования, технологические схемы процессов получения цветных металлов не претерпели коренных изменений;
- пирометаллургические процессы нуждаются в большом количестве высококачественного топлива и окислителя, дефицит которых неизбежен и наблюдается сейчас в нашей стране;
- все процессы получения металлов используют сложные многоступенчатые технологические схемы;
- процессам получения металлов присуще громоздкое, сложное аппаратное оформление;
- для электротермических методов характерны значительные затраты электроэнергии;
- методы сорбции и экстракции нуждаются в разработке эффективных, доступных и экологически безопасных сорбентов, экстрагентов, смол;

- производство цветных металлов сопровождается выделением большого количества газов, шламов, шлаков, которые, несмотря на соответствующую очистку, наносят непоправимый ущерб экологии.

Поэтому необходимо искать новые технологии получения металлов. Одним из перспективных направлений развития производства металлов следует признать перевод его на интенсивный внутренний энергомассообмен, основанный на энергетике фазовых переходов 4 - 6 рода, в ходе реализации которых изменяется симметрия исходного вещества с попутной генерацией электроэнергии, создаются условия для синтеза химических элементов.

Показано, что впервые возможность использования энергии фазовых переходов высших порядков (4 - 6 рода) для получения электрической энергии и синтеза новых веществ была теоретически предсказана еще в 50-60-х годах 20 века Арцимовичем Л.А., Гофманом К., Гинзбургом В.О. и практически подтверждена Вачаевым А.В. и Ивановым Н.И.. Основное внимание при этом уделялось вопросам получения энергии, а процесс получения металлических порошков, их свойства, способы применения изучались недостаточно полно.

## ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В Гл.2 рассмотрен механизм дейтонизации водных систем, процесс синтеза полиметаллических порошков из дейтонной плазмы, осуществляемый в агрегате «Энергонива 2». Также показана роль воды, которая в процессе выступает как основной строительный мате-

риал для синтеза порошков, как хладагент, как средство для транспорта водно-минеральной смеси.

На основании экспериментов на установках мощностью от 0,6 до 300 кВт практически подтверждена возможность получения электрической энергии в ходе реализации фазовых превращений 4 -6 рода. Одновременно было установлено, что фазовые превращения 4 -6 рода происходят с изменением метрики веществ, т.е. возможно получение новых веществ.

Было установлено также, что путем изменения конструкции реактора и характеристик управления можно добиться приоритетного выхода порошка с минимумом выхода электроэнергии. С учетом полученных данных удалось создать металлургический вариант агрегата «Энергонива 2».

В отличие от «Энергонивы 1», плазменный объем реализуется в прямом потоке водной среды; изменена конструкция разрядных электродов, что приводит к увеличению температуры плазмы, изменяется характеристика импульса, появляется возможность использовать меньший ток стабилизации (на 5...25%), увеличивается срок службы электродов; установлены оптимальные геометрические размеры реактора; внесены существенные изменения в электрическую схему и т.д. На основании серии экспериментов с целью получения максимального количества полиметаллического порошка заданного состава определены электрический и гидравлический режимы работы агрегата.

Наиболее удачной для производства полиметаллических порошков является схема энерготехнологиче-

ского комплекса с агрегатами «Энергонива 2», представленная на рис.2.1 .

Показано, что если пуск агрегата «Энергонива 2» заключается в обеспечении электрического разряда соответствующей мощности, то мощность разряда

Принципиальная схема энерготехнологического комплекса с агрегатами «Энергонива 2»

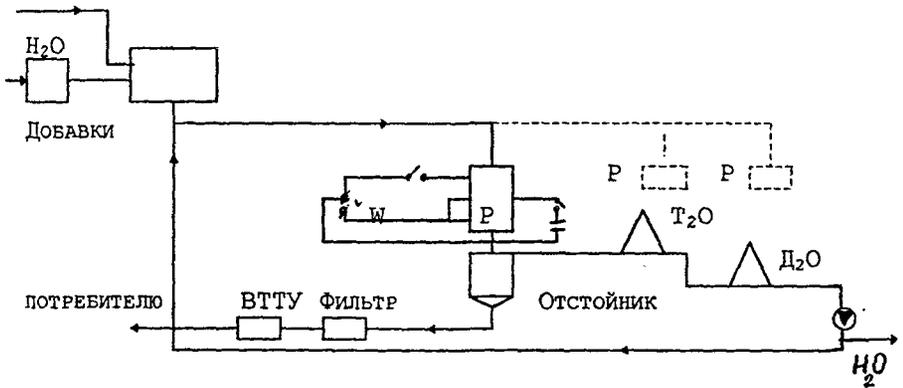


Рис.2.1

обуславливает дейтонизацию какого-либо элемента из состава исходного материала, а изменение характеристик стабилизирующего поля регулирует состав конечных продуктов реакции.

Проведена серия экспериментов по обработке природных вод. Целью экспериментов являлось практическое подтверждение возможности получения полиметаллических порошков из различных водных систем.

Экспериментами установлено, что результаты обработки водных системы различного происхождения в агрегате «Энергонива 2» имеют некоторые отличия. Это

объясняется различием кристалло-кластерной структуры систем.

Для получения полиметаллических порошков с максимальным содержанием целевого элемента разработаны определенные режимы работы агрегата «Энергонива 2».

Процесс получения порошков в общем случае описывается уравнением Кортвега-де Фриза:

$$E \cdot \frac{dK}{dE} = \frac{\mu_0 \mu}{c^2} \frac{dK}{dH} + \frac{\rho}{c} \frac{d^3 K}{dH^3}, \quad (2.1)$$

где  $\mu_0, \mu$  - магнитопроницаемость вакуума и дейтонной плазмы с электропроводностью  $\rho$ ;  $K$  - концентрация элемента в конечных продуктах.

Решение уравнения (2.1) записывается в виде:

$$K = C_1 ch^{-2}(C_2 f(E)), \quad (2.2)$$

где  $C_1, C_2$  - постоянные интегрирования, интерпретируемые как свойства элементов.

Значения  $C_1$  и  $C_2$ , определены статистической обработкой экспериментальных данных, получены в виде следующих зависимостей:

$$C_1 = 0,207 j^2; \quad C_2 = 1,6781 \cdot 10^{-4} \cdot \varphi n, \quad (2.3)$$

где  $j$  - электроотрицательность элемента;  $\varphi$  - потенциал полной ионизации;  $n$  - линейные размеры атомов целевого элемента.

Доказано, что изменяя режим прохождение среды через зону реакции ( $v$ ) и диаметр реактора ( $d$ ) можно регулировать количество полиметаллического порошка.

Расчетами определены безопасные и надежные режимы работы агрегата «Энергонива 2».

### ГЛАВА 3. ПРИМЕНЕНИЕ АГРЕГАТОВ «ЭНЕРГОНИВА 2» ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВОДНО-МИНЕРАЛЬНЫХ СИСТЕМ

В главе 3 приведены результаты экспериментов по обработке водно-минеральных систем, где в качестве твердой составляющей были выбраны различные руды, шлаки. Целью экспериментов являлось определение максимального выхода целевого элемента.

Экспериментами установлено, что рудные материалы разных месторождений в агрегате «Энергонива 2» при их обработке даже при одинаковых режимах и параметрах дают различные конечные продукты. Это объясняется различием характеристик рудных материалов, обусловленных кристалло-кластерными структурами минералов и пород в составе горно-рудной массы.

Эксперименты выполнены с управлением выхода и вида конечных продуктов методом регулирования тока стабилизации.

Необходимо отметить: хотя в ходе экспериментов получили, что в составе порошков доминирует железо, оно не является самой ценной составляющей. А достигнутые концентрации (в продуктах реакции) таких элементов, как Al (9,7-13,4%), Cu (1,4-3,4%), Zn (11-8%), позволяют считать их хорошим сырьем для цветной металлургии.

Таким образом, можно считать целесообразной обработку рудно-минеральных систем в агрегатах «Энергонива 2», в результате которой можно получать высококачественное сырье для различных направлений цветной металлургии, минуя стадии разведки, разработки месторождений, транспортирования, обогащения руды.

Металлургическая промышленность служит источником выбросов шлаков, шламов, сточных вод, содержащих в своем составе гамму черных и цветных металлов. Увеличивая потери металла, названные материалы - отходы горно-металлургического производства, - существенно загрязняют окружающую среду и поэтому утилизация их служит цели не только расширения сырьевой базы предприятий черной и цветной металлургии, но и улучшению экологической обстановки.

Проведена серия экспериментов по переработке водно-шлаковых систем, шламовых систем, стоков в агрегатах «Энергонива 2». Целью экспериментов являлось определение режима максимального выхода целевого элемента из шлаков, шламов, стоков.

Сравнивая результаты, полученные при переработке отходов производства, промышленных, бытовых стоков, можно заметить, что какой-либо определенной шихтовки для их переработки в агрегатах «Энергонива 2» не требуется. Необходимая для обеспечения реализации дейтонной технологии вода может быть любого качества, в том числе и загрязненной кислотами, щелочами, углеводородами, маслами и т. д.

Экспериментами показано, что шлаки, шламы, промстоки являются хорошим сырьем для получения цветных металлов при переработке их по дейтонной технологии в агрегатах «Энергонива 2». Выяснено, что использование в качестве исходного продукта водно-минеральных систем резко увеличивает выход полиметаллического порошка (по сравнению с обработкой водных систем).

#### ГЛАВА 4. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА АГРЕГАТЕ «ЭНЕРГОНИВА 2»

Механизм взаимодействия частиц в дейтонной плазме подтверждается химическими анализами начальных и конечных продуктов, полученных в ходе реализации технологии.

Выход полиметаллических порошков, их химический и дисперсный состав регулируются системами управления агрегата «Энергонива 2».

Полученные порошки обладают характерным металлическим блеском, непрозрачны. Важной характеристикой, оказывающей влияние на технологические свойства порошков, является форма частиц. Форма частиц высушенного порошка определялась на оптическом микроскопе (МИМ-9) с 30 \* увеличением. На 15% они представлены сферическими образованиями, до 60% - игольчатыми, пластинчатыми; остальное - образования в виде чешуек, нитей и т.д. Для получения более точных сведений о форме и размерах частиц порошка, провели исследования частиц на электронном микроскопе путем съемки на просвет.

Выяснено, что каждая частица порошка, полученного на агрегате «Энергонива 2», является либо отдельным зерном-кристаллитом, либо (в большинстве случаев) поликристаллом или метастабильным образованием. При исследовании свежих порошков выяснено, что каждая частица обладает моноэлементным составом, но, вследствие своей высокой дисперсности, частицы способны, быстро коагулируя, образовывать крупные конгломераты.

Проведен гранулометрический анализ порошков.

Анализ высушенных порошков выполнен ситовым и седиментационным методами, а анализ свежих - методом электронной микроскопии.

Проведены исследования оксидной фазы в составе порошка. В свежих порошках оксидов не обнаружено. При хранении порошков в воде-продукте реакции в агрегате «Энергонива2», окисление частиц порошка незначительно (до 3% от всей массы). В силу высокой дисперсности и, как следствие, повышенной поверхностной энергии, при сушке или длительном хранении на открытом воздухе окисление частиц идет весьма интенсивно. При обработке результатов серии экспериментов выяснено, что динамика окисления частиц порошка подчиняется закону:

$$c = (b / (1 + a e^{-bkt})) + 0,35 \quad , \quad (4.1)$$

где  $c$  - концентрация оксидной фазы в составе порошка;  $a$  - постоянная, характеризующая начальную концентрацию оксидов в порошке;  $t$  - время окисления;  $b$  - максимально возможное значение  $c$ ;  $k$  - относительная скорость окисления.

При длительном хранении в воде, в силу своей активности, порошок способен разлагать воду. При этом обнаружены оксиды Al, Cr, Si, Mn и наблюдается выделение водорода.

Проведены исследования микротвердости отдельных частиц, установлены существенные ее колебания, свидетельствующие об изменении прочностных характеристик металлической фазы в составе порошков.

Исследованиями выяснено, что пикнометрическая плотность порошка колеблется в пределах 7,48-7,63

г/см<sup>3</sup>; насыпной вес 1,95 - 1,98 г/см<sup>3</sup>. В связи с большой полидисперсностью порошка ( $d_{cp}=1,6$  мм), он не текуч, но обладает сыпучестью (угол естественного откоса 28°). Порошки не пирофорны. При производстве порошков на агрегате «Энергонива 2» не отмечено повышения радиоактивного фона, порошки так же не радиоактивны.

Вода, являющаяся продуктом реакции, имеет следующие характеристики: pH - 6,0-6,8; D<sub>2</sub>O - 0,05 %; T<sub>2</sub>O - 0,05%; кроме этого в воде присутствуют те же металлы, что и в порошке (в микродозах), придающие воде свойства биологически активной среды.

Таким образом, технология получения полиметаллических порошков на агрегате «Энергонива 2» пригодна для получения порошков широкого диапазона и создания биологически активных сред, обеспечивая экологическую чистоту и снижая напряженность рудноминеральной базы.

## ГЛАВА 5. МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В АГРЕГАТЕ «ЭНЕРГОНИВА 2»

В Гл.5 рассмотрены различные методы и способы разделения полиметаллических порошков, проведен их технический и экономический анализ, который приводит к выводу, что эффективность разделения порошков полиметаллического состава различна. Наиболее полное разделение с максимальным выходом элементов и минимальными потерями возможно при последовательном плавлении с отжатию расплава от порошковой массы. В Гл.5 приведены основы технологии разделения по-

рошков последовательным плавлением. Способ разделения порошков, полученных в агрегате «Энергонива 2», основан на различии температур плавления металлов, в частности - мелкодисперсных порошков, плавящихся при более низких температурах, чем в слитках. Измерениями установлено, что крупность частиц легкоплавких металлов (Pb, Sn), а также тугоплавких (Ni, Fe, Cr) далека от предельной. Это значит, что применение способа последовательного плавления с отжигом расплавов из полиметаллических порошков после агрегата «Энергонива 2» вполне допустимо. Были проведены целевые эксперименты по разделению порошка последовательным плавлением. Принципиальная схема установки приведена на рис. 5.1. Установка позволяет, поочередно повышая температуру порошка, дренировать расплав более легкоплавкого элемента в накопитель расплава 6, откуда он разливается в формы. Химический анализ полученных слитков говорит об их сложном полиэлементном составе. Более четкое (моноэлементное) разделение их возможно, видимо, другими методами (например, зонной очистки и т. д.). Химический анализ слитков подтвержден рентгеноструктурным анализом.

Определены основные физико-механические характеристики изготовленных слитков.

Из данных Гл. 5 можно сделать вывод о реальной возможности разделения металлов из полиметаллических порошков методом последовательного плавления с отжигом расплавов. В результате разделения порошков описанным методом, получаем сплавы (в основном цветных металлов), являющиеся ценным сырьем для цветной металлургии.

Принципиальная схема установки для последовательного плавления с отжигом расплавов

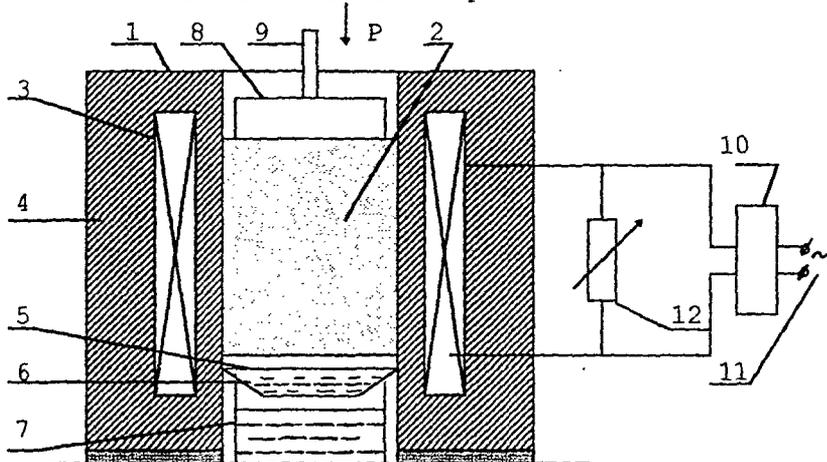


Рис.5.1 1 - тигель; 2 - порошок; 3 - индуктор; 4 - огнеупорная футеровка; 5 - решетка; 6 - накопитель расплава; 7 - литейная форма; 8 - пуансон; 9 - пресс; 10 - ВЧ генератор; 11 - сеть; 12 - регулятор.

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В работе показано, что будущее традиционного производства цветных металлов в большой степени определяется возможностями и результатами интенсификации внешнего и внутреннего энергообмена, которые ограничены теплофизическими характеристиками используемых для этой цели материалов. Существующим технологии производства цветных металлов присуща многоступенчатость, сложное и громоздкое аппаратное оформление.
2. Практически подтверждена возможность получения

- полиметаллических порошков из водных, водно-минеральных систем в агрегатах «Энергонива 2».
3. Показана роль воды, как плазмообразующего вещества в процессе получения порошков.
  4. Доказано, что применяя определенные характеристики управления ( $I_{ст}$ ,  $I_{разр}$ ,  $v$ ,  $d$ ), можно получать полиметаллические порошки с максимальным выходом целевого элемента и изменять количество получаемого порошка.
  5. Исследованы физико-химические свойства получаемого порошка.
  6. Доказано, что энергосберегающая технология на базе агрегатов «Энергонива 2» позволяет реализовать очистку стоков промышленных и др. предприятий с получением полиметаллических порошков и чистой воды.
  7. Доказано, что реализация фазовых переходов 4-6 рода в агрегатах «Энергонива 2» обеспечивает безотходное использование любого сырья без каких-либо выбросов, т.е. обеспечивает экологически чистое производство полиметаллических порошков.
  8. Показана возможность разделения полученных порошков методом последовательного плавления с отжатием расплавов от порошковой массы, с получением сплавов цветных металлов, пригодных для применения в качестве сырья для металлургического производства.
  9. Технология с использованием агрегатов «Энергонива 2» обеспечивает высокую технологическую, экологическую, энергетическую и экономическую эффективность, обеспечивая получение дешевых металлов и

- электроэнергии, обладая при этом малой материалоемкостью.
10. Показано, что при соблюдении технологических режимов и допустимых значений  $I_{ст}$ ,  $I_d$  агрегат «Энергонива 2» является безопасным и надежным в работе.
  11. Разработаны технические задания для ряда предприятий Челябинской области на проектирование промышленных систем :
    - экологических - с целью переработки вредных выбросов промышленных и других предприятий стоков, шламов, шлаков и т.д.);
    - металлургических - с целью получения сырья для черной и цветной металлургии.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗЛОЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ  
ПУБЛИКАЦИЯХ

1. Иванов Н.И., Вачаев А.В., Павлова Г.А. О закритических состояниях вещества и их значении для развития энергометаллургической технологии // Развитие сырьевой базы промышленных предприятий Урала: Тез. докл. Межгосуд.науч.-техн. конф. - Магнитогорск-1995.- с. 171-172.
2. Иванов Н.И., Вачаев А.В., Павлова Г.А. Дейтонная плазма - источник металлов, энергии и чистой воды. // Развитие сырьевой базы промышленных предприятий Урала: Тез. докл. Межгосуд.науч.-техн. конф. - Магнитогорск-1995.- с.173-174.
3. Иванов Н.И., Вачаев А.В., Павлова Г.А. Утилизация отходов промышленности // Состояние и перспективы

развития городов Южно-Уральского региона : Тез. докл. Межгосуд.науч.-техн. конф. - Магнитогорск -1995.- с. 64-67.

4. Иванов Н.И., Вачаев А.В., Павлова Г.А. Возможности дейтонной технологии при очистке сточных вод //Состояние и перспективы развития городов Южно-Уральского региона : Тез. докл. Межгосуд.науч.-техн. конф. - Магнитогорск-1995.- с.16-18.

5. Иванов Н.И., Павлова Г.А., Вавилов Н.С., Фолманис Г.Э., Коваленко Л.В. Полиметаллические порошки, получаемые по технологии «Энергонива» //Синергетика. Структура и свойства материалов: Тез. докл. Симпозиума-М.-РАН, 1996. - с.13.

6. Иванов Н.И., Павлова Г.А., Вачаев А.В. Состав и свойства сплавов из полиметаллического порошка, полученного по технологии «Энергонива» //Синергетика. Структура и свойства материалов: Тез. докл. Симпозиума-М.-РАН, 1996. -с.99 .

7. Иванов Н.И., Вачаев А.В., Павлова Г.А. Разработка и исследование энергометаллургической технологии, соответствующей требованиям оптимального природопользования. // Проблемы развития металлургии Урала на рубеже 21 века: Межвуз. сб. науч. трудов-Магнитогорск-1996.-с.104-107.

8. Иванов Н.И., Вачаев А.В., Павлова Г.А. Метастабильные полиметаллические порошки - новый металлургический ресурс // Проблемы развития металлургии Урала на рубеже 21 века: Межвуз. сб. науч. трудов-Магнитогорск-1996.-с.108-110.

9. Иванов Н.И., Вачаев А.В., Павлова Г.А. Получение полиметаллических порошков из железосодержащих руд

и отходов // Проблемы развития металлургии Урала на рубеже 21 века:Межвуз.сб. науч. трудов-Магнитогорск-1996.-с.120-123.

10. Иванов Н.И.,Вачаев А.В.,Павлова Г.А.Разделение полиметаллических порошков на моноэлементные системы // Проблемы развития металлургии Урала на рубеже 21 века:Межвуз.сб. науч. трудов-Магнитогорск-1996.-с.124-127.

11. Иванов Н.И.,Вачаев А.В.,Павлова Г.А.Критическая температура дейтонизации // Проблемы развития металлургии Урала на рубеже 21 века:Межвуз.сб. науч. трудов-Магнитогорск-1996-с.117-119.

12. Иванов Н.И.,Вачаев А.В.,Павлова Г.А.Генерация электроэнергии в процессах преобразования вещества в чистые металлы // Проблемы развития металлургии Урала на рубеже 21 века:Межвуз.сб. науч. трудов-Магнитогорск -1996.-с.111-116.

13. Вачаев А.В.,Павлова Г,А,Иванов Н.И.,Иванов А.Н. Способ получения элементов и устройство для его осуществления.Решение о выдаче патента на изобретение РФ по заявке 94020392/25(019903) от 31.05.94г. приоритет от 27.01.1997 г.

14. Вачаев А.В.,Павлова Г,А,Иванов Н.И.,Иванов А.Н. Способ утилизации отходящих газов. Решение о выдаче патента на изобретение РФ по заявке 94025449/26(024755) от 06.07.94г. приоритет от 19.07.1996 г.

