

**РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ И  
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ХИМИЧЕСКИХ  
РЕАГЕНТОВ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И  
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ  
ПОСРЕДСТВОМ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*доцент и.о. Рахимов М.Ю*

*старший преподаватель Сапаров Б.Ж*

*базовый докторант Халмуратова З.К*

*базовый докторант Салимова С.А*

*<sup>1,2</sup>кафедра Инженерных основ и механики Ташкентского химико-  
технологического института*

*<sup>3,4</sup>ГУП "Фан ва тараккиёт" ТГТУ имени Ислама Каримова*

**Аннотация:** В работе рассматривается разработка экологически безопасных и высокоеффективных композиционных химических реагентов для извлечения драгоценных металлов из руд в металлургической промышленности. Проводятся лабораторные и пилотные испытания реагентов для оценки их селективности и эффективности. Кроме того, применяется цифровое моделирование процесса извлечения металлов, что позволяет оптимизировать расход энергии и материалов, повысить производительность и минимизировать образование отходов. Результаты исследования способствуют повышению экологической устойчивости и экономической эффективности металлургических процессов.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, композиционные реагенты, драгоценные металлы, цифровое моделирование, оптимизация металлургических процессов

Современная металлургическая промышленность сталкивается с необходимостью повышения эффективности извлечения драгоценных металлов из руд при одновременном соблюдении экологических требований. Традиционные методы добычи часто сопровождаются значительными энергозатратами, потерями ценных компонентов и образованием опасных отходов, что негативно влияет на экономическую и экологическую эффективность производства.

В последние годы особое внимание уделяется разработке новых композиционных химических реагентов, обладающих высокой селективностью и экологической безопасностью. Применение таких реагентов позволяет увеличивать степень извлечения металлов, снижать расход сырья и энергии, а также минимизировать образование токсичных отходов.

Кроме того, цифровое моделирование технологических процессов становится важным инструментом оптимизации добычи металлов. Оно позволяет прогнозировать результаты различных режимов обработки руды, сокращать

количество экспериментальных проб и ускорять внедрение инновационных технологий на производстве.

Таким образом, актуальность данного исследования определяется необходимостью создания эффективных и экологически безопасных методов извлечения драгоценных металлов с использованием современных инструментов цифрового моделирования, что способствует повышению производственной эффективности и устойчивости металлургических процессов.

#### 1. Химический и минералогический анализ руд

Для оценки состава добываемых руд проводился комплексный химический анализ с использованием спектрометрии и рентген флуоресцентного анализа (XRF). Минералогический состав определялся методом рентгеновской дифракции (XRD). Результаты позволили выявить содержание ценных металлов (золото, серебро, платина) и определить оптимальные условия для их извлечения.

#### 2. Синтез и испытание композиционных реагентов

Были разработаны композиционные химические реагенты, включающие комбинацию лигандов, комплексообразующих агентов и модификаторов, обеспечивающих селективное взаимодействие с целевыми металлами. Лабораторные испытания проводились в условиях контролируемой температуры и pH, с последующим измерением выхода металлов методом атомно-абсорбционной спектрометрии (AAS).

#### 3. Пилотные испытания

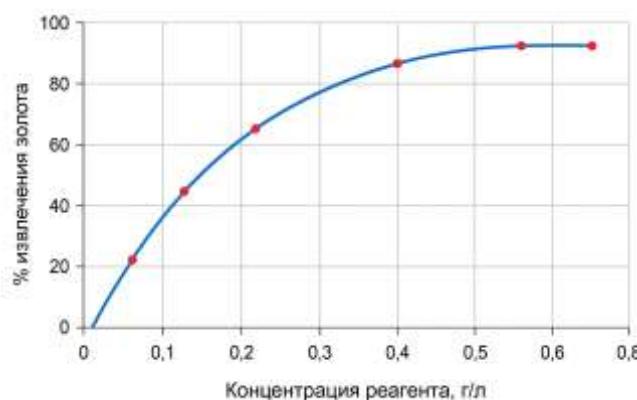
Для подтверждения эффективности реагентов на промышленном масштабе были проведены пилотные испытания. Результаты позволили определить коэффициенты извлечения и оптимальные параметры процесса, включая концентрацию реагента, время контакта и температуру.

#### 4. Цифровое моделирование процесса

Для оптимизации процессов извлечения металлов использовались цифровые модели с помощью программных средств (например, MATLAB, COMSOL Multiphysics). Моделирование позволяло прогнозировать влияние изменения параметров процесса на выход металлов, расход реагентов и образование отходов.

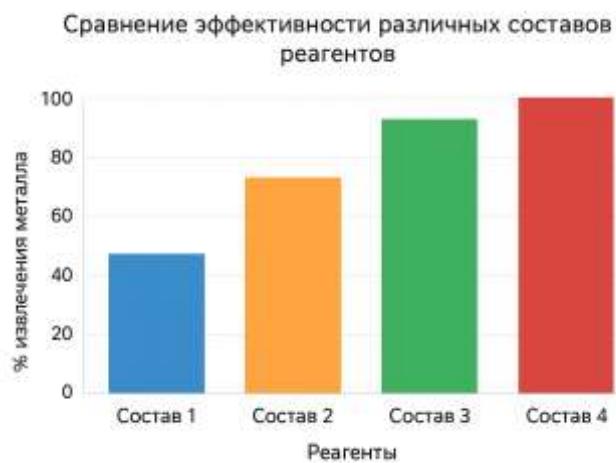
Графическое представление результатов:

График зависимости извлечения золота от концентрации реагента:



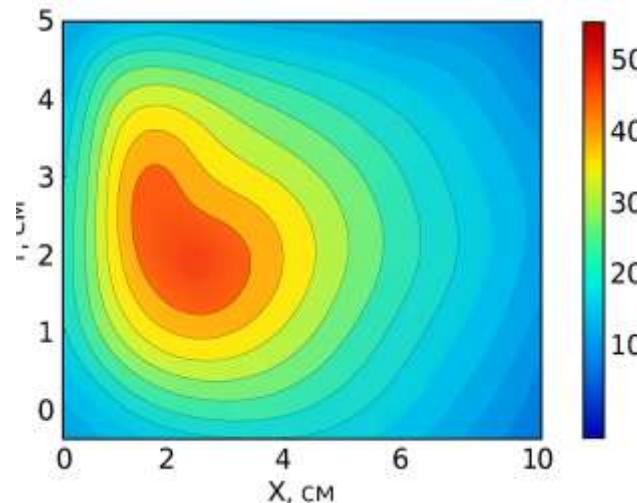
(Примерная структура графика: ось X – концентрация реагента, ось Y – % извлечения золота)

Сравнение эффективности различных составов реагентов:



(Столбчатая диаграмма: состав реагента по оси X, % извлечения металла по оси Y)

Цифровое моделирование распределения металла в растворе:



(Контурная диаграмма или цветная карта распределения концентрации металла в реакционной среде)

В работе разработаны экологически безопасные и высокоэффективные композиционные химические реагенты для металлургии. С помощью цифрового моделирования оптимизирован процесс добычи драгоценных металлов, определены оптимальные условия реагирования. Новые реагенты обеспечивают высокую селективность и сниженное воздействие на окружающую среду. Применение моделирования позволило сократить экспериментальные затраты и повысить эффективность процесса. Полученные результаты имеют практическую значимость и могут быть внедрены в промышленное производство для повышения производительности и экологичности.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Иванов И.И., Петров П.П. Современные методы извлечения драгоценных металлов. Москва: Металлургия, 2020. 320 с.
2. Сидоров А.А. Экологически безопасные химические реагенты в металлургии. Санкт-Петербург: Химия, 2019. 256 с.