

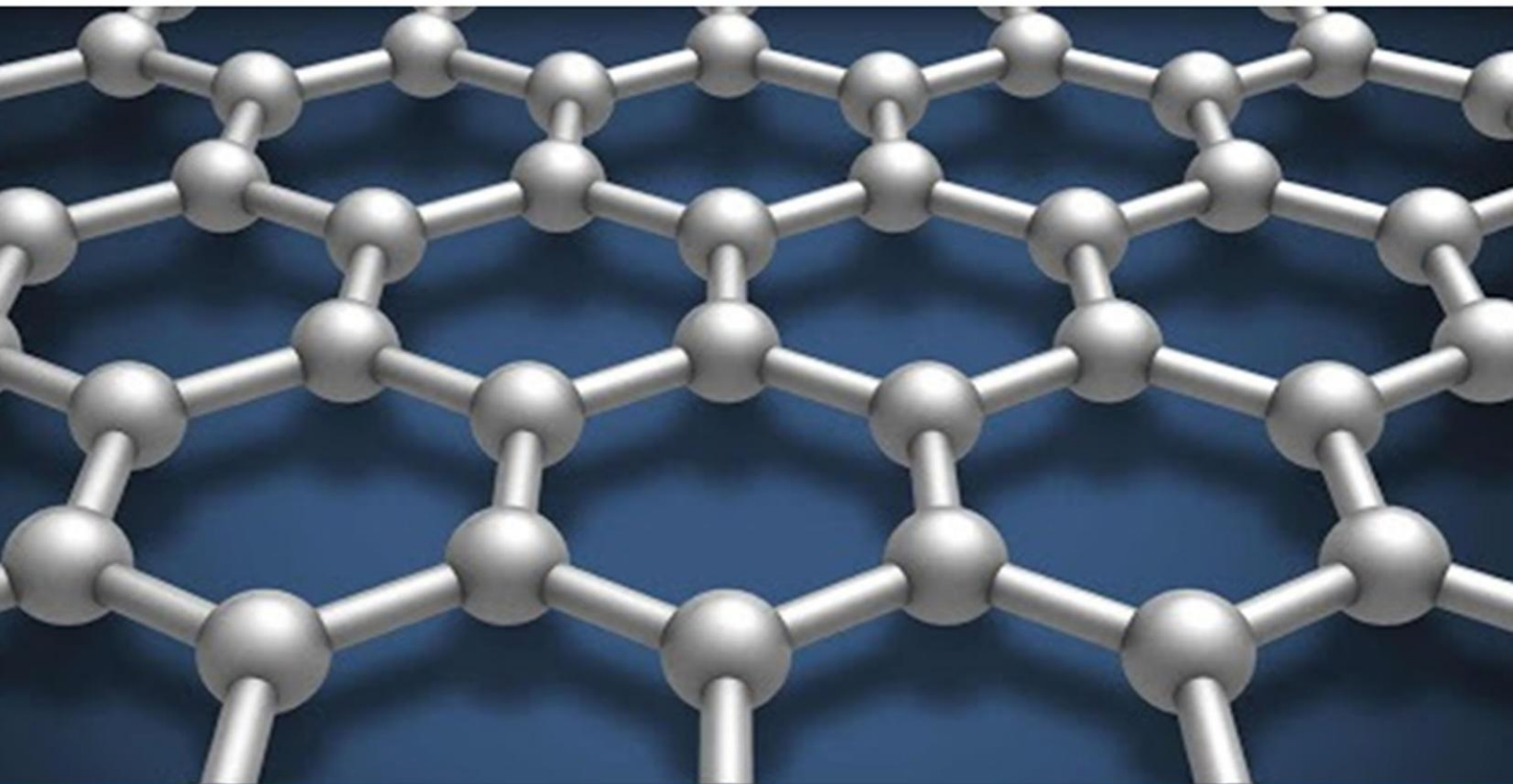
ISSN 2091-5527

№ 3/2025

O'zbekiston

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал

Композиционные материалы

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПРОЦЕССА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ОГАРКА СОЛЯНОЙ КИСЛОТОЙ

Очилев Э.А., Юсупов О.Г., Холбозорова Д.Н., Сайдуллаева К.А., Абдурахимов К.Г., Хушвактова У.А.

Государственное учреждение «Фан ва тараққиёт»

Аннотация. В работе представлены результаты исследования процесса выщелачивания огарка соляной кислотой. Изучено влияние концентрации кислоты, температуры и продолжительности обработки на степень извлечения целевых компонентов. Установлены оптимальные условия, обеспечивающие эффективное протекание процесса.

Ключевые слова: выщелачивание, огарок, соляная кислота, гидрометаллургия, цветные металлы, степень извлечения, кинетика процесса, температура, концентрация кислоты, жидкостно-твёрдое соотношение.

Введение. В условиях роста объёмов промышленного производства и потребления энергии одной из актуальных задач становится эффективное использование техногенных отходов. К числу таких отходов относится зола и золошлаковые материалы (ЗШО), образующиеся при сжигании угля и других видов топлива на теплоэлектростанциях (ТЭС), а также на мусоросжигательных предприятиях. По оценкам, в мире ежегодно образуется более одного миллиарда тонн золы, при этом значительная часть этих отходов накапливается на золоотвалах, создавая долгосрочные экологические и санитарные риски.

Угольная промышленность остаётся важнейшей отраслью мировой энергетики, несмотря на активное развитие альтернативных источников энергии. При сжигании угля образуются значительные объёмы золы-уноса и золошлаковых отходов, накопление которых создаёт экологические проблемы. Однако современные исследования всё больше рассматривают золу не как отход, а как перспективное вторичное минеральное сырьё для извлечения ценных и редких металлов [1,2].

В развитых странах (США, Китай, Россия, страны ЕС) активно ведутся исследования по вовлечению золы в переработку. Основные технологии: кислотное и щелочное выщелачивание, использование плазменных и термохимических методов, флотация и гидрометаллургические схемы комплексного извлечения. Промышленное использование золы пока ограничено в основном производством строительных материалов (цемент, бетон, керамика), тогда как металлургическое использование находится на стадии лабораторных и пилотных исследований.

Состав золы определяется видом исходного топлива, режимом сжигания и технологическими параметрами электростанции. В большинстве случаев зола содержит оксиды кремния, алюминия, железа, кальция, а также целый ряд ценных и редких элементов, включая скандий, галлий, германий, ванадий, редкоземельные элементы (REE),

золото и другие металлы. В некоторых случаях концентрации REE в золах достигают 300–500 ppm, что сопоставимо с содержанием этих элементов в природных рудах. Это делает золу потенциальным источником вторичного минерального сырья [3].

В развитых странах — таких как США, Китай, Россия и государства Европейского Союза — активно ведутся научные исследования, направленные на вовлечение золы в переработку и получение ценных компонентов. Основными направлениями применения золы остаются строительная отрасль (производство цемента, бетона, керамики и других материалов), однако всё больше внимания уделяется металлургическому использованию, в том числе извлечению редкоземельных и благородных металлов [4].

Для переработки золы применяются различные технологии: кислотное и щелочное выщелачивание, термохимические и плазменные методы, флотация, а также гидрометаллургические схемы комплексного извлечения. Несмотря на наличие лабораторных и пилотных установок, промышленное извлечение ценных элементов из золы пока остаётся экономически и технологически ограниченным. Основными препятствиями являются низкие концентрации целевых компонентов, сложность минеральной матрицы золы, высокие энергозатраты и экологические риски, связанные с обращением с реагентами и отходами переработки.

Тем не менее, в условиях глобального перехода к устойчивому развитию и замкнутой экономике, интерес к золошлаковым отходам как к альтернативному источнику сырья продолжает расти. Реализация масштабных международных проектов, таких как AshCycle, RAREASH и RemovAL в странах ЕС, а также программы Минэнерго США и исследовательские инициативы в России и Китае, подтверждают стратегическую важность направления по комплексному вовлечению золы в хозяйственный оборот.

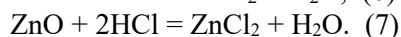
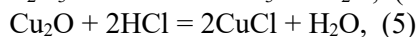
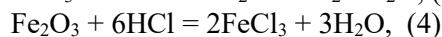
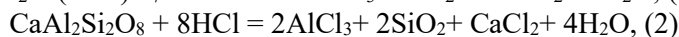
Цель работы – исследовать современное состояние и перспективы развития угольной промышленности с акцентом на использование золы углей как комплексного вторичного сырья, определить возможности и направления извлечения из неё ценных и редких металлов, а также обосновать научно-технические и экологические преимущества вовлечения золошлаковых отходов в переработку.

Полученные результаты и их обсуждение. Выщелачивание является одним из основных методов гидрометаллургической переработки металлосодержащих отходов и промежуточных продуктов металлургического производства. Использование соляной кислоты позволяет эффективно переводить в раствор оксиды и соединения цветных металлов, что открывает возможности для дальнейшего разделения и очистки целевых элементов.

Изучение закономерностей процесса выщелачивания огарков имеет важное значение для оптимизации технологии и повышения извлечения полезных компонентов.

В качестве объекта исследования использовался огарок, полученный в результате обжига металлосодержащего концентрата. Состав огарка был предварительно определён методом рентгенофлуоресцентного анализа. Эксперименты проводились при различных концентрациях HCl (от 1 до 6 моль/л), температурах (от 25 до 90 °С) и продолжительности выщелачивания (от 15 до 180 минут). Соотношение твёрдое: жидкое (Т:Ж) варьировалось в диапазоне 1:10 – 1:50.

С учетом установленного фазового состава огарка механизм процесса его выщелачивания соляной кислотой можно представить реакциями [4,5]:



Условная зависимость $\Delta G(T)$ для реакций (1)–(7)
(хлориды считаются растворёнными, аq)

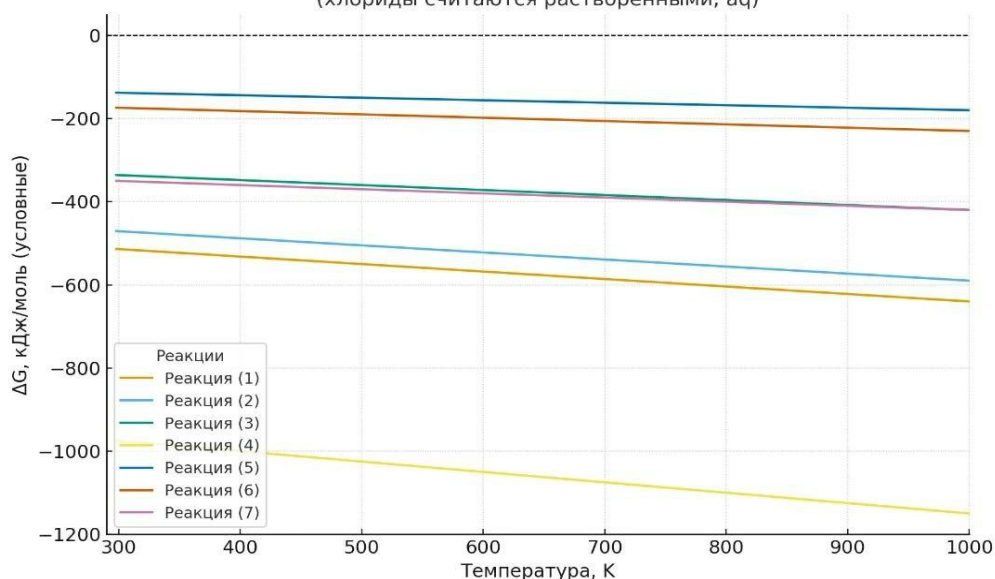


Рис. 1. Зависимость свободной энергии Гиббса от температуры для реакций (1) – (7)

Видно, что вероятность протекания реакций взаимодействия геленита и анортита с соляной кислотой в температурном интервале 298...373 К, обеспечивающие переход алюминия в раствор в виде его хлорида, практически невозможна, в силу положительных значений свободной энергии Гиббса реакций (1), (2). При этом высока вероятность разложения волластонита соляной кислотой по реакции (3) с образованием хлорида кальция и кварца. Образование свободного количества CaCl_2

представляется не принципиальным, так как он является обратным и возвращается в голову технологии – на процесс обжига золы.

Высокие отрицательные значения свободной энергии Гиббса реакций (4) – (7) указывают на возможность перевода железа и цветных металлов в виде их хлоридов в раствор. Установленные закономерности показывают, что согласно термодинамическим расчетам перевод алюминия в раствор из легко растворимых его соединений (геленит,

G'ulomova I.B., Mahkamov M.A., Islomov M.M. Karboksimetilkra xmal asosidagi bioparchalanuvchi polimer plyonkalar va ularning xossalari	125
Umrzoqov A.T., Muxiddinov B.F., Ikramov A., Vapoyev H.M., Qodirov S.M. Kompozit katalizatorlar ishtirokida atsetaldegidning ammiak bilan kondensatsiylanishi	129
Eshbaeva U.J. Tarkibida yelimlovchi moddalar bo'lgan qog'ozning bosma xossalarini tadqiq qilish	134
Хамдамова Ч.Х., Сайфиева П.О., Очилов Э.А., Абед Н.С., Камолов Т.О. Исследование влияния параметров магнитного сепаратора на эффективность извлечения магнитной фракции	137
Амонова М.М. Sapropel asosidagi sorbentlarning fazaviy tahlili: rentgenodifraksiya usulida baholash	140
Яхшиева З.З., Асророва З. Методика определения ионов Fe(III) в мясных продуктах	143
Бакахонов А.А., Яхшиева З.З., Султонов М.М. Карбоплатинни электрохимический анализ килиш	145

6. Проблемные обзоры

Исаходжаева Н.А. Анализ и исследование свойств композиционных материалов и правила адаптивного конструирования	149
Озодова Ш.О. Автоматизация метрологических измерений	151
Сайдалиева У.Р. Исследование свойств композиционных материалов, используемых в целлюлозных головных уборах	154
Очиллов Э.А., Юсупов О.Г., Холбозорова Д.Н., Сайдуллаева К.А., Абдурахимов К.Г., Хушвактова У.А. Исследование механизма процесса выщелачивания огарка соляной кислоты	156
Турганбаев. Б.Б., Калбаев Б.А., Нажимов Ж.Б., Мамутов У.Б., Танатаров О.Р. Исследование возможностей применения базальта Шехжелинского месторождения в производстве строительных материалов	158
Очилдиев К.Т., Мухаметджанова Ш.А., Маткаримов С.Т., Носирхужаев С.К. Исследования по улучшению способа обеднения шлаков медного производства, применяемые в процессе плавления в отражательной печи	161
Parmonov G., Parmonov S. "O'zbekiston texnologik metallar kombinati" AJ qoshidagi Nodir metallar va qattiq qotishmalar ishlab chiqarish zavodi volfram texnogen chiqindilarini tahlil qilish	165
Xandamov D.A., Xonqulov Sh.B., Bekmirzayev A.Sh., Xandamova D.K., Doniyorov S.A., Xudoyberdiyev A.I. Adsorbsiya muvozanat izotermalarining nazariy asoslari va tahlili	168
Курязов З.М., Кадырова З.Р., Эминов А.М., Азимов Х.Э. Альтернативный источник глинистого сырья-илистых отложений водохранилищ для производства керамических материалов	171
Yoqubov O.M. "Olmaliq KMK" AJda metall ishlab chiqarish texnogen xomashyolarining ahamiyati	174
Абдувалиева К.Х. К вопросу интенсификации технологии извлечения металлов платиновой группы	178
Egamberdiyeva Sh.U., Berdimurodov E.T., Akbarov Kh.I. Synthesis of carbon dot from pomegranate peel waste and its modification with Fe ₃ O ₄ magnetic nanoparticle	180
Daminov T.Z., Maxmarejabov D.B. Angren ko'mir konidan olingan qo'ng'ir ko'mir va kaolinli gil namunalarning moddiy tarkibi o'rganish	183
Кулдеев Е.И., Негматов С.С. Диатомиты и потенциал их использования.....	186
Rasulov A.A., Berdimurodov E.T., Akbarov Kh.I. Preparation of magnetic Fe ₃ O ₄ modified with carbon dots derived from orange peels extract and its application in Ni ²⁺ adsorption	189
Ruzmetov A.Kh., Ibragimov A.B., Atajanov B.A. Crystal structure and UV-Vis spectroscopic correlation of [triacqua-μ ₃ -oxido-hexa(3-hydroxybenzoato)triiron(III)] chloride dihydrate	192
Рахимов Х.Ю., Юсупходжаева Э.Н., Аюбова И.Х., Халматова Н.Г. Магистрал газ кувурларини коррозиядан химия килиш йўллари	195
Akbarova Z.O. Application of zardozi embroidery technique in clothing and methods for its improvement	197