



НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СЕССИЯ | КАРАГАНДА | 10-11 ФЕВРАЛЯ 2025

# ГРУППА 1

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ГОРНО- МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ КАЗАХСТАНА

- 1) Исследование и разработка современных методов подземного выщелачивания медных руд
- 2) Исследование и разработка экономически перспективных технологий выщелачивания поверхностных объемов (ТМО, хвосты обогащения, шламы, шлаки) для извлечения ценных компонентов (медь, золото, серебро и другие редкоземельные металлы).

Название прототипа:

Селективное извлечение редкоземельных металлов из растворов выщелачивания с помощью графеновых технологий на основе оксида графена.

Краткое описание прототипа:

Селективное извлечение редкоземельных металлов (РЗМ) из растворов выщелачивания с использованием графеновых технологий на основе оксида графена (GO) основано на высокой сорбционной способности и регулируемой межслоевой структуре GO. Функционализированные мембраны и сорбенты из GO обеспечивают эффективное связывание ионов РЗМ за счёт электростатических и координационных взаимодействий. Этот метод позволяет селективно извлекать ценные металлы, снижая потребность в агрессивных реагентах и повышая эффективность переработки техногенных отходов.

Изготовление графеновых мембран.

Графеновые мембраны с наноразмерными отверстиями могут быть изготовлены и использованы для сепарации металлов из растворов выщелачивания. Этот метод основан на контролируемом создании пор в графене, которые позволяют избирательно пропускать или задерживать определённые ионы металлов.

#### 1. Производство графеновых мембран с наноразмерными отверстиями

Графеновые мембраны с контролируемыми порами могут быть изготовлены с использованием:

Лазерной абляции – точечное удаление атомов углерода для создания отверстий заданного размера.

Химического травления (например,  $H_2O_2$ ,  $O_3$ ) – регулируемое окисление, создающее поры диаметром 0,3–3 нм.

Ионного облучения – использование фокусированных ионных пучков для перфорации мембран.

Самоорганизации пор – формирование пор за счёт дефектов и химической обработки.

Эти методы позволяют настраивать размер отверстий, что критически важно для селективной фильтрации ионных растворов.

#### 2. Применение графеновых мембран для сепарации металлов

Графеновые мембраны могут быть использованы для разделения ионов металлов на основе их размера, заряда и химического взаимодействия с функциональными группами мембраны:

Мембраны с регулируемым порами (0,5–1,5 нм) – позволяют отделять мелкие ионы ( $Li^+$ ,  $Na^+$ ) от более крупных ( $Ce^{3+}$ ,  $Nd^{3+}$ ).

Функционализированные графеновые мембраны – модификация оксида графена (-COOH, -NH<sub>2</sub>, -SH) позволяет селективно задерживать редкоземельные металлы и пропускать примеси.

Электростатическая селективность – изменение pH и заряда мембраны позволяет управлять проницаемостью для разных металлов.

### 3. Возможности внедрения

Выделение редкоземельных металлов (Nd, Eu, Y, Ce) из промышленных растворов.

Сепарация ценных металлов (Cu, Re, Ag) из отходов выщелачивания.

Комплексная переработка растворов после гидрометаллургических процессов.

### 4. Вывод

Графеновые мембраны с наноразмерными отверстиями обладают высоким потенциалом для селективного извлечения металлов из растворов выщелачивания. Их применение может значительно повысить эффективность разделения редкоземельных и цветных металлов, снизить расход химических реагентов и обеспечить более экологически чистые процессы.

Использование графеновых порошков для извлечения редких металлов из растворов выщелачивания

Графеновые порошки обладают уникальными физико-химическими свойствами, позволяющими эффективно извлекать редкие металлы (редкоземельные элементы, рений, платиновые металлы и др.) из растворов выщелачивания. Основные механизмы включают адсорбцию, ионообмен, электрохимическое осаждение и катализ.

---

#### 1. Адсорбция редких металлов на графене

Принцип: Оксид графена (GO) и его производные содержат функциональные группы (-COOH, -OH, -NH<sub>2</sub>), которые селективно связываются с ионами металлов.

Процесс:

Графеновые порошки добавляются в раствор, содержащий редкие металлы.

Металлы связываются с функциональными группами на поверхности графена.

После насыщения графен извлекается механически (фильтрацией) или магнитными методами (если используется  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -нанокомпозит).

Применение:

Извлечение ионов рения ( $\text{ReO}_4^-$ ), неодима ( $\text{Nd}^{3+}$ ), церия ( $\text{Ce}^{3+}$ ).

Очистка промышленных сточных вод от редких металлов.

---

## 2. Ионообменная сорбция

Функционализация графена позволяет использовать его как ионообменный материал:

Допирование серой (-SH), фосфором (- $\text{PO}_4$ ), азотом (N-GO) повышает селективность к определённым металлам.

Ионы металлов замещают водород или другие элементы в функциональных группах графена.

Пример: Графен, функционализированный тиольными (-SH) группами, эффективно извлекает рений, палладий и платину.

---

## 3. Электрохимическое осаждение с использованием графена

Графеновые порошки могут выступать как катоды или носители катализаторов для электроосаждения металлов.

Принцип:

Ионы металлов восстанавливаются на поверхности графена при подаче электрического тока.

Графен улучшает токопроводимость и снижает энергозатраты процесса.

Применение: Осаждение золота, серебра, платиноидов, рения из разбавленных растворов.

---

#### 4. Каталитическое осаждение и ускорение процессов выщелачивания

Графеновые порошки, допированные металлооксидными наночастицами ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{TiO}_2$ ), могут использоваться как катализаторы:

Ускоряют процессы выщелачивания за счёт активации реакций растворения металлов.

Способствуют селективному осаждению редких металлов, снижая расход реагентов.

Пример: Взаимодействие графена с перекисью водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) усиливает окисление металлов, улучшая выход полезных компонентов.

---

#### 5. Регенерация и повторное использование графеновых сорбентов

После насыщения графенового порошка редкими металлами можно провести регенерацию ионов с помощью:

Промывки кислотными или щелочными растворами ( $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ).

Термической обработки для разрушения связей металла с графеном.

Электрохимической десорбции.

Графен можно повторно использовать до 10–15 циклов без потери эффективности.

---

#### Вывод

Графеновые порошки являются перспективным материалом для селективного извлечения редких металлов из растворов выщелачивания. Основные подходы:

1. Адсорбция на функционализированных графеновых структурах.
2. Ионообменная сорбция с использованием химически модифицированного графена.

3. Электрохимическое осаждение металлов с графеновых катодов.

4. Катализ в процессах выщелачивания и осаждения.

5. Регенерация и повторное использование графена.

Этот метод позволяет уменьшить использование химикатов, снизить энергозатраты и повысить эффективность извлечения редких металлов в горно-металлургической

промышленности.







12:40-13:00	После докладов будет проведено онлайн голосование; какие из докладов вызвали наибольший интерес ученых, экспертов предприятий и почему.	
13:00 – 14:00	<b>Обед</b>	-
<b>ОФИЦИАЛЬНОЕ ОТКРЫТИЕ НТС</b>		
14:00 – 14:20	<b>НАУЧНО-ИННОВАЦИОННАЯ СЕССИЯ – ФОРМАТ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ НАУКИ РК</b> Вступительная речь (офлайн) – Саясат Нурбек (Министр науки и высшего образования РК)	
14:20 – 14:25	Вступительная речь (офлайн) – Булекпаев Ермаганбет Кабдулович (Аким Карагандинской области)	
14:25 – 14:35	<b>ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ KAZAKHMYS</b> Вступительная речь (офлайн) – Нуриев Нурахмет Канатович (Председатель правления ТОО «Корпорация Казахмыс»)	
14:35 – 14:40	Вступительная речь (офлайн) – Бижанова Гульнара Кадиржановна (Заместитель Председателя Правления Национальной палаты предпринимателей Республики Казахстан "Атамекен")	
14:40 – 14:45	Вступительная речь (офлайн) – Смагулов Бауыржан Амиржанович (Депутат и Секретарь Комитета по вопросам экологии и природопользованию Мажилиса Парламента Республики Казахстан")	
14:45 – 15:40	<b>PART 3 МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ДЛЯ СФЕРЫ ГМК</b>	-
14:40-15:40	<i>Доклады иностранных ученых (зоот-выступления)</i>	
15:40 – 16:10	<b>Кофе-брейк</b>	-
16:10 – 17:50	<b>PART 4 (Brainstorming) ФОРМУЛИРОВАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПРОТИВОРЕЧИЙ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ В СФЕРЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ДЛЯ KAZAKHMYS</b>	-
16:10-17:50	Групповая работа команд <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Обсуждение результатов установочного доклада, международного опыта, а также опыта предприятий в сфере применения технологии выщелачивания (30 мин.)</li><li>▪ Онлайн голосование (10 мин.):<ul style="list-style-type: none"><li>• основные вопросы (научные проблем) развития технологии выщелачивания</li><li>• наиболее перспективные технологии/решения выщелачивания для KAZAKHMYS</li></ul></li><li>▪ Обсуждение результатов голосования, аргументация и позиции участников/групп (20 мин.)</li></ul>	
17:50 – 18:00	Подведение итогов дня (консультант-модератор)	-

Программа второго дня на следующей странице

Доклад "Селективное извлечение редкоземельных металлов из растворов выщелачивания с помощью шрафеновых технологий на основе оксида графена" сделал ВНС ТОО "ТСК-восток" Каргин Д.Б.