



*Пятый международный симпозиум «УРАН: ГЕОЛОГИЯ,
РЕСУРСЫ, ПРОИЗВОДСТВО»*

23-24 ноября 2021 г., Москва, ФГБУ «ВИМС»

Перспективы переработки концентратов урана с повышенным содержанием карбонатных пород Эльконского месторождения в карбонатных средах

*С.И. Степанов, А.В. Бояринцев, А.В. Гозиян.
РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва, chao_step@mail.ru*



В РХТУ им. Д.И. Менделеева на кафедре технологии редких элементов и наноматериалов на их основе длительное время проводятся систематические исследования по разработке гидрометаллургических методов переработки минерального природного и техногенного сырья редких и радиоактивных металлов в карбонатных средах.

Применительно к переработке урансодержащего сырья разработаны следующие процессы:

1. Окислительное карбонатное выщелачивание урана из концентратов с повышенным содержанием карбонатных пород.
2. Экстракционный карбонатный аффинаж урана из карбонатных растворов с получением U_3O_8 ядерной чистоты.
3. КАРБЭКС-процесс переработки отработавшего ядерного топлива в карбонатных средах с получением порошков UO_2 и смешанных UO_2 - PuO_2 керамического качества.



В развитие работ по «карбонатному» урану были проведены исследования по карбонатной переработке концентрата Эльконского месторождения – от исходного концентрата до конечного продукта – U_3O_8 высокой степени чистоты.



Принципиальная типовая
схема переработки
концентратов урана в
карбонатных средах



Минеральный состав образца Эльконского концентрата (%)

Минерал	Содержание, %	Минерал	Содержание, %
Калишпат	25,20	Апатит	1,18
Кварц	27,40	Флюорит	1,00
Плагиоклаз	18,00	Гранат	Ед. зн.
Карбонаты	8,36	Волластонит	Ед. зн.
Амфиболы, пироксены	1,40	Пирит, марказит	5,38
Биотит, хлорит	1,5	Магнетит, гидроксиды железа	2,5
Серицит, гидрослюда	5,79	Минералы Ti (титано-магнетит, рутил, анатаз)	1,0
Барит	0,5	Минералы U	0,2



- Основным концентратом урана в руде является **браннерит**. Кроме того, отмечаются **продукты изменения браннерита** в участках пострудного карбонатного метасоматоза.
- **Браннерит** отличается чрезвычайно малыми размерами индивидов (доли мкм), слагающих сплошные массы в прожилках и гнездах, размер которых варьирует от долей мкм до 1-2 см.
- В **браннерите** установлено значительное количество примесей; кремния, кальция, свинца, железа, циркония, ниобия, тантала и вольфрама.
- Для относительно крупных выделений браннерита характерна вкрапленность мельчайших выделений пирита.



Карбонаты, по данным термического анализа, составляли ~ 9 %. Они представлены мелкозернистым Fe-доломитом, рассеянным в породе, мелко и крупно зернистым кальцитом и доломитом, слагающими цемент брекчий, а также выполняющими немногочисленные прожилки.

Результаты химического анализа образца
Эльконского концентрата, %

$S_{\text{сульфи}}$	$S_{\text{общ}}$	$C_{\text{общ}}$	$C_{\text{орг}}$	CaF_2	CaCO_3	U	Mo	Au	Ag
2,80	3,20	2,00	0,1	1,00	9,00	0,136	0,002	1,00	5,87

**Пятый международный симпозиум «УРАН: ГЕОЛОГИЯ, РЕСУРСЫ,
ПРОИЗВОДСТВО»**

23-24 ноября 2021 г., Москва, ФГБУ «ВИМС»



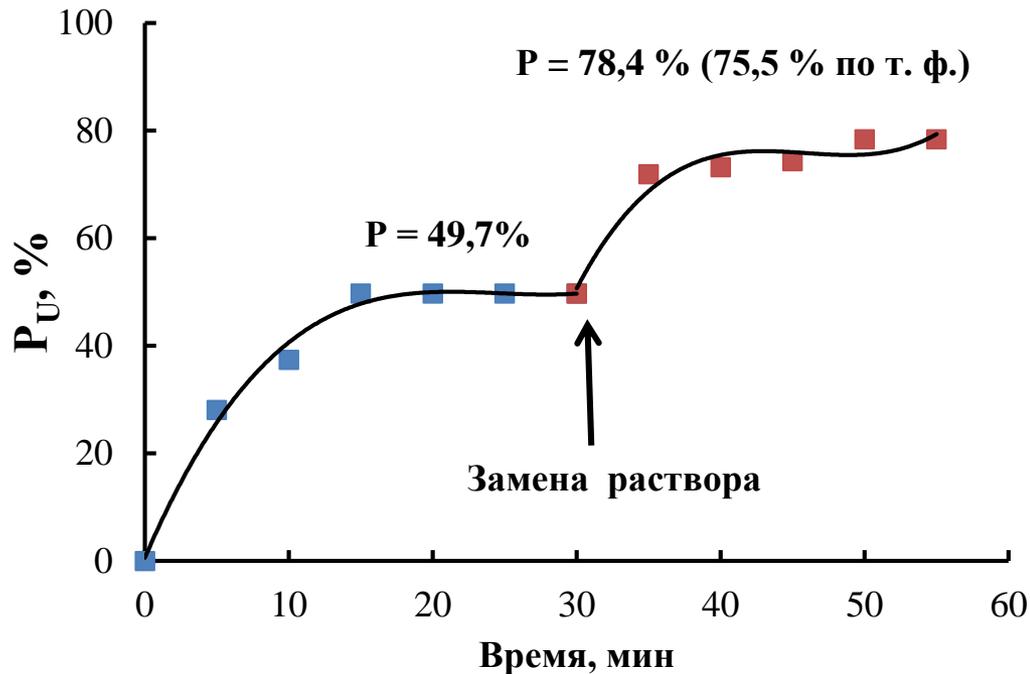
Экспериментальные ультразвуковые установки

А – мощность 1,5 кВт , Б – мощность 3,6 кВт

**1 – ультразвуковые генераторы; 2 – излучатели; 3 – термостат;
4 – проточные ячейки; 5 – подача воды для охлаждения.**



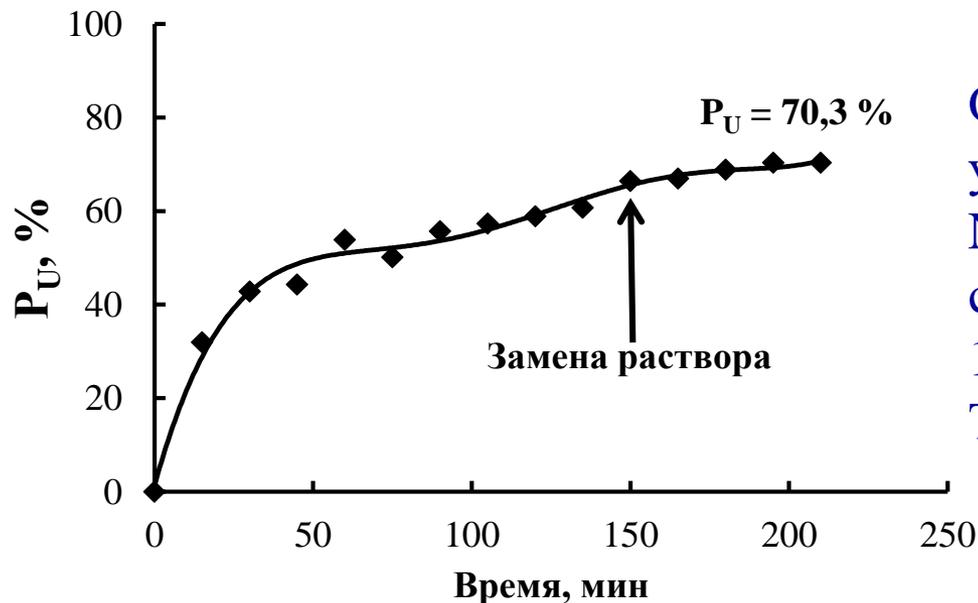
На первом этапе проводили окислительное выщелачивание растворами Na_2CO_3 в присутствии H_2O_2 в качестве окислителя и при УЗ воздействии на пульпу.



Окислительное выщелачивание урана из ЭК 0,5 М раствором $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ и барботажем CO_2 в смешанном цикле: перемешивание 5 минут – УЗ воздействие 5 минут. Т:Ж=1:2; Т = 65-75°C,



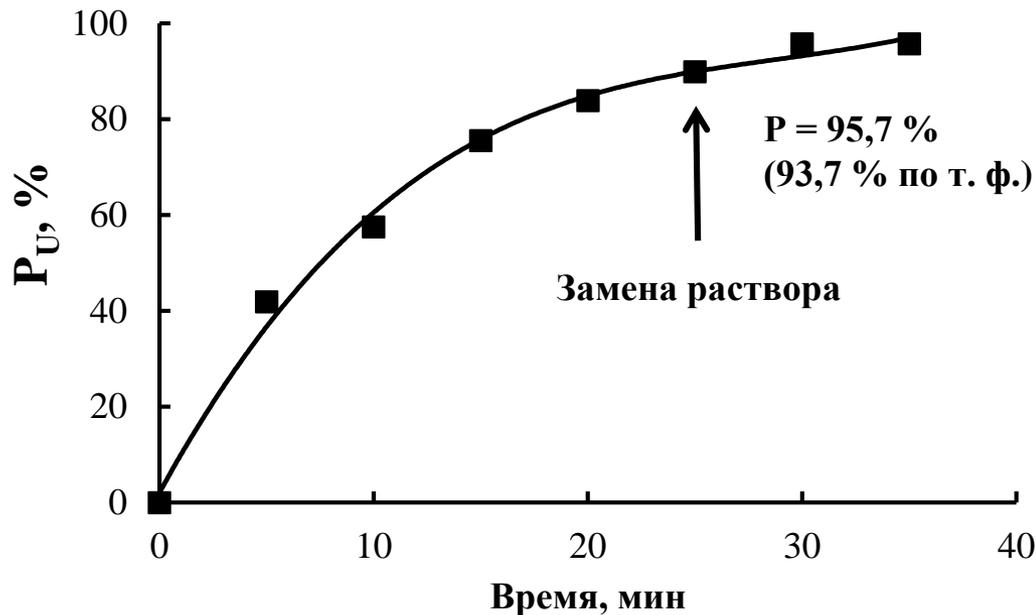
Окислительное выщелачивание растворами $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHCO}_3$ в присутствии H_2O_2 в качестве окислителя и при УЗ воздействии на пульпу.



Окислительное выщелачивание урана из ЭК раствором $0,25 \text{ M Na}_2\text{CO}_3 + 0,25 \text{ M NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$, в смешанном цикле: перемешивание 15 минут – УЗ воздействие 5 минут. Т:Ж=1:2; Т = 80°C.



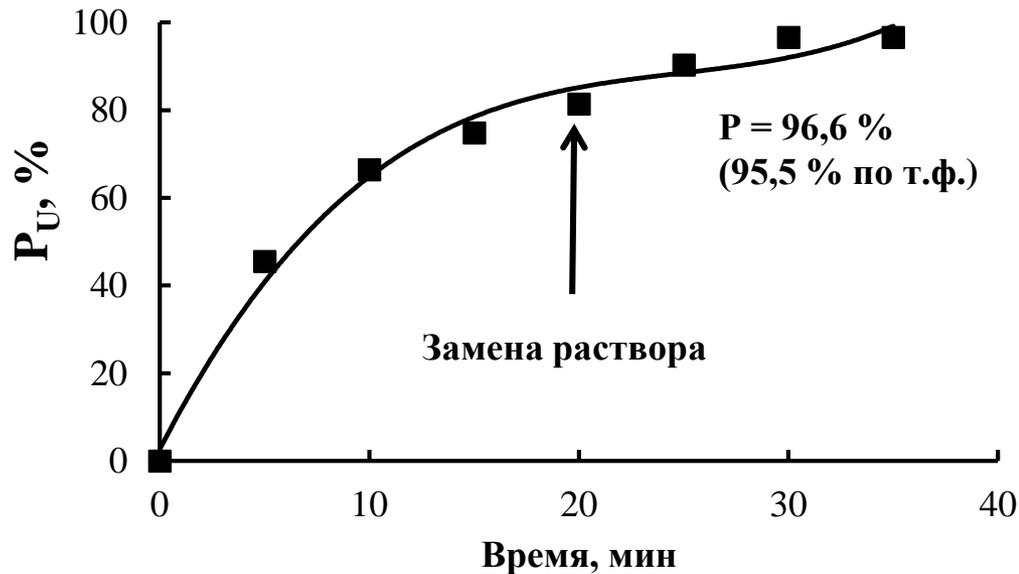
На втором этапе проводили сорбционное окислительное выщелачивание растворами Na_2CO_3 в присутствии H_2O_2 в качестве окислителя и при УЗ воздействии на пульпу.



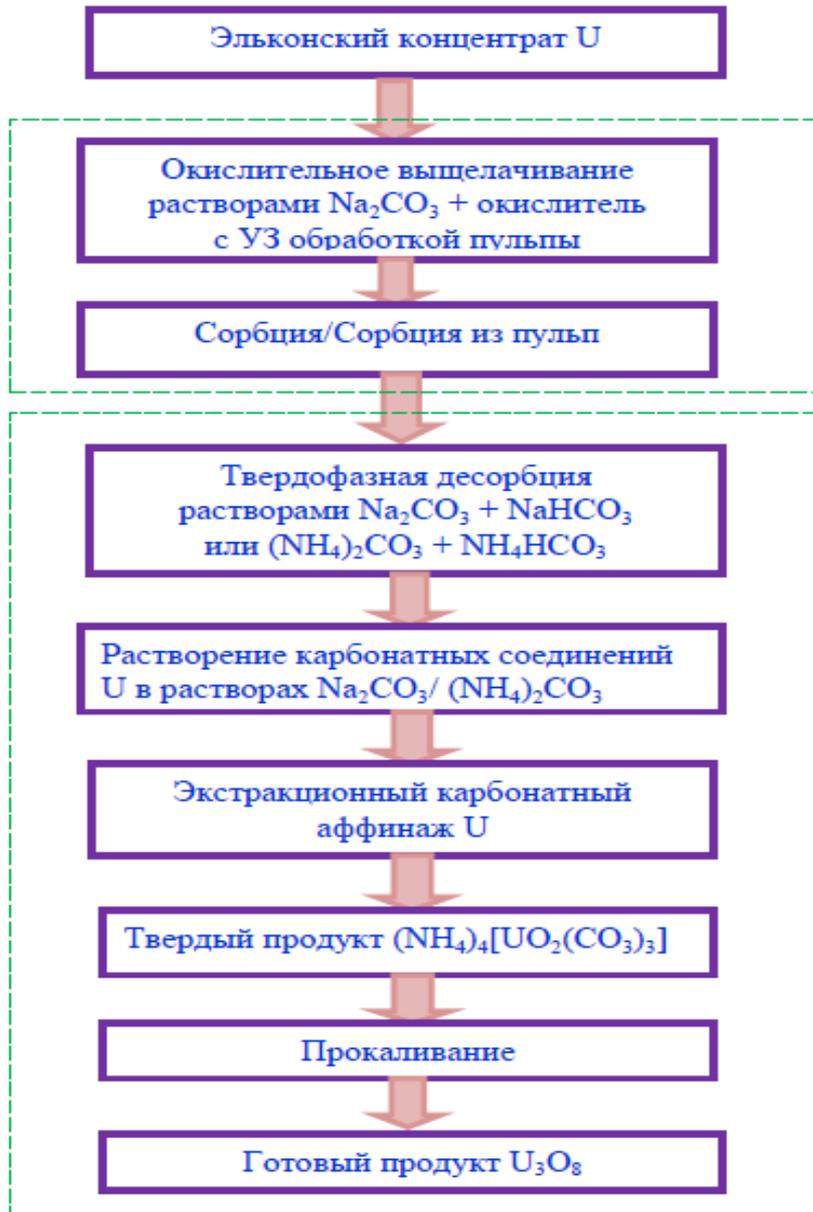
Сорбционное выщелачивание урана из ЭК 0,5 М раствором $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ и барботажем CO_2 в смешанном цикле: перемешивание 5 минут – УЗ воздействие 5 минут. Т:Ж=1:10; Т = 65-75°C, Сорбция на АМП- CO_3 после каждого цикла перемешивание – УЗ воздействие



Повторное сорбционное окислительное
выщелачивание растворами Na_2CO_3 в присутствии
 H_2O_2 в качестве окислителя и при УЗ воздействии на
пульпу.



Сорбционное выщелачивание урана из ЭК 0,5 М раствором $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ и барботажем CO_2 в смешанном цикле: перемешивание 10 минут – УЗ воздействие 5 минут. Т:Ж=1:10; Т = 65-75°C, Сорбция на АМП- CO_3 после каждого цикла перемешивание – УЗ воздействие

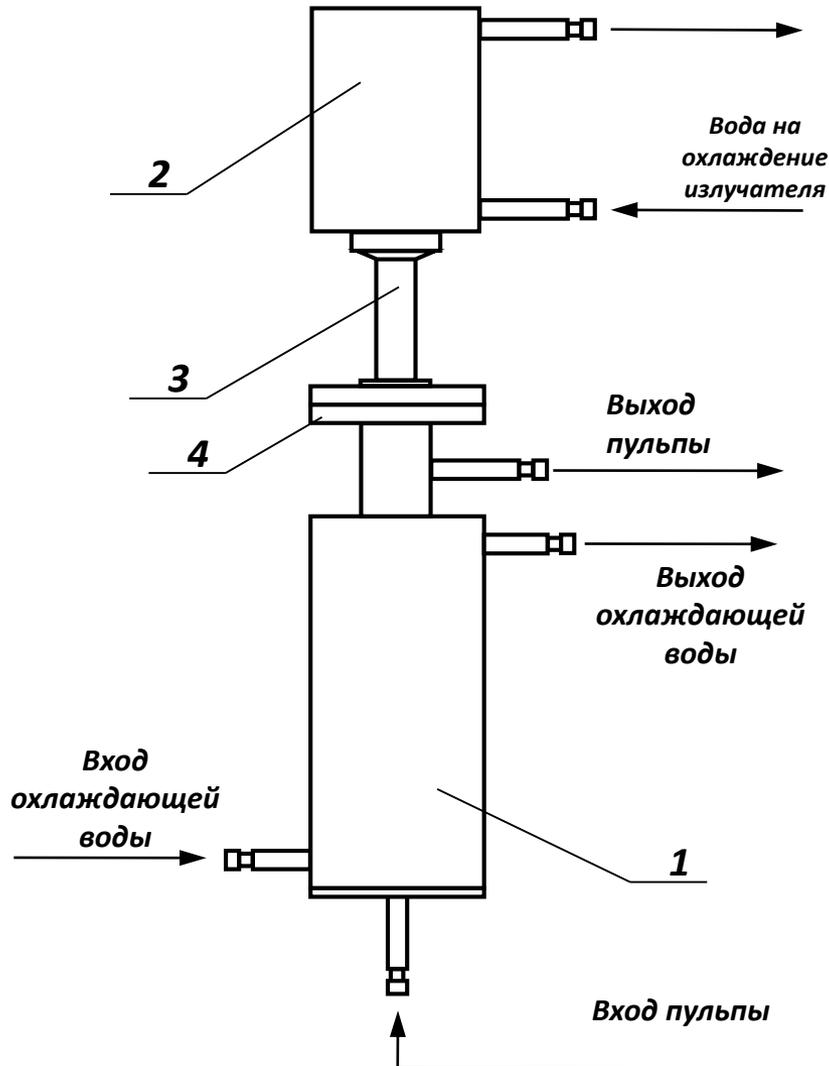


- Карбонатное выщелачивание урана из концентрата Эльконского месторождения при УЗ воздействии на пульпу позволяет извлекать U(VI) в равновесные растворы практически на 95-97% при температурах 70-80°C и при атмосферном давлении.
- Сорбционное выщелачивание позволяет значительно улучшить характеристики извлечения U(VI) в раствор.

Принципиальная схема переработки Эльконского концентрата урана в карбонатных средах



Схема проточной ячейки



1 – проточная ячейка

2 – УЗ излучатель

3 – тело излучателя

4 – соединительный фланец

Скорость подачи пульпы: 30 л/ч

Температура: $70 \pm 1^\circ\text{C}$

Патент RU167656U1. Гозиян А.В., Гизанов В.Г., Степанов С.И.
Проточная камера к ультразвуковому реактору. Приоритет от
26.10.2016 г.



ВЫВОДЫ

- Проведена разработка технологических условий окислительного сорбционного выщелачивания урана из ЭК с содержанием урана 0,136 % в карбонатно-пероксидные растворы при воздействии УЗ на пульпу.
- Показано, что в режиме: агитационное выщелачивание – УЗ обработка пульпы – сорбция на анионите АМП, степень извлечения урана из ЭК в карбонатные растворы достигает 95-97% при атмосферном давлении и температуре обработки пульпы 70-80°C.
- На основании проведенных исследований разработано «Техническое задание» для разработки полной технологической схемы переработки урансодержащих промышленных концентратов Эльконского месторождения в карбонатных средах.



Спасибо за внимание