

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**
Кыргызский горно-металлургический институт
им. акад. У. Асаналиева
Научно-инженерный центр «КОНАС»

**ТВЕРДЫЕ ПРОДУКТЫ ТЕРМООБРАБОТКИ УГЛЯ КАРА-КЕЧЕ:
ПОЛУЧЕНИЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА,
ИССЛЕДОВАНИЕ АДсорбЦИОННЫХ СВОЙСТВ**



Руководитель проекта:
к.т.н., доцент
Орозов Кельдибек Кубатбекович

Цель работы: Целью исследования является разработка технологии получения углеродных сорбентов из бурого угля Кара-Кече и использования их в водоочистных системах Кыргызстана.

Основные задачи исследований:

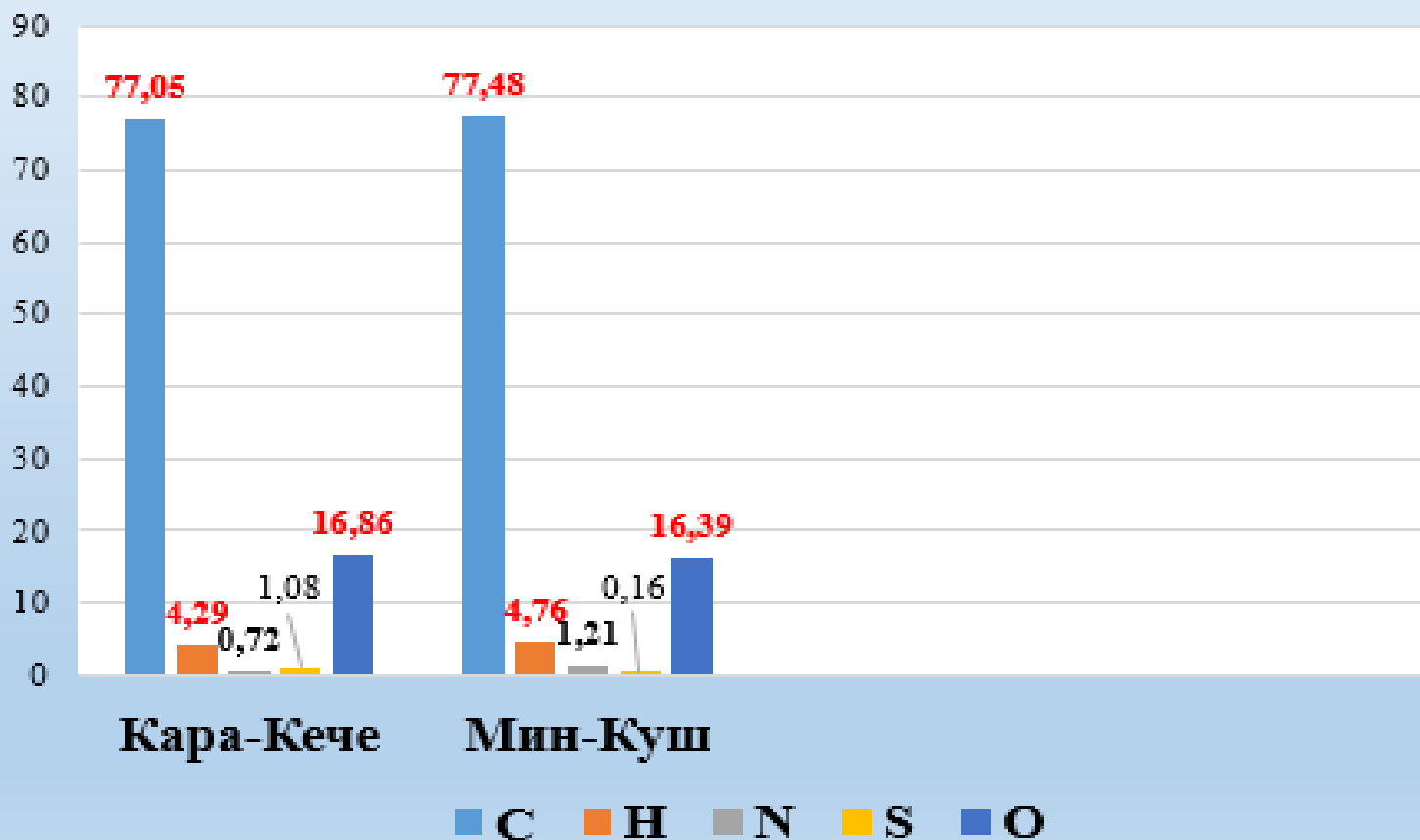
- изучить и получить углеродные сорбенты на основе бурого угля месторождения «Кара-Кече»;
- разработать конструкции и обосновать основные параметры экспериментальных установок для получения активированного угля;
- изучить эффективность полученных сорбентов для очистки сточных вод с различными свойствами;
- разработать рекомендации по использованию полученных сорбентов в водоочистных сооружениях Кыргызстана.

Объектом исследования: бурый уголь месторождений «Кара-Кече» и «Мин Куш».

ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРА-КЕЧЕ И МИН-КУШ

Месторождение	$W_{\text{вн}},$ %	$W^a,$ %	$A^d,$ %	$V^{\text{daf}},$ %	$B^{\text{daf}},$ %	$(\text{HA})^{\text{daf}},$ %	$Q,$ ккал/кг
Кара-Кече	3,68	14,4	7,04	34,60	0,72	17,35	7332
Мин-Куш	7,66	10,80	12,56	32,66	0,34	3,31	7282

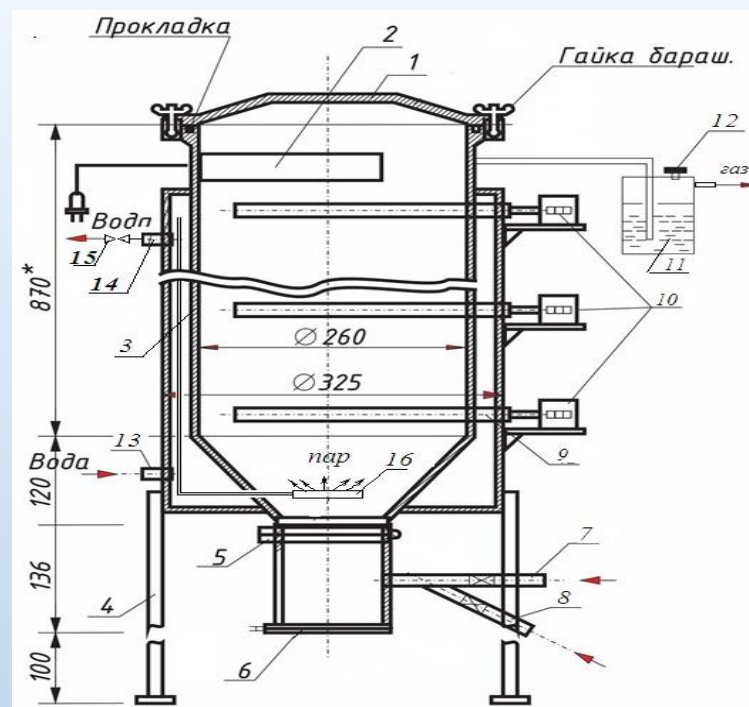
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРА-КЕЧЕ И МИН-КУШ, %



Основные эксперименты осуществлены при помощи пиролизной установки



а – натуральный образец пиролизера

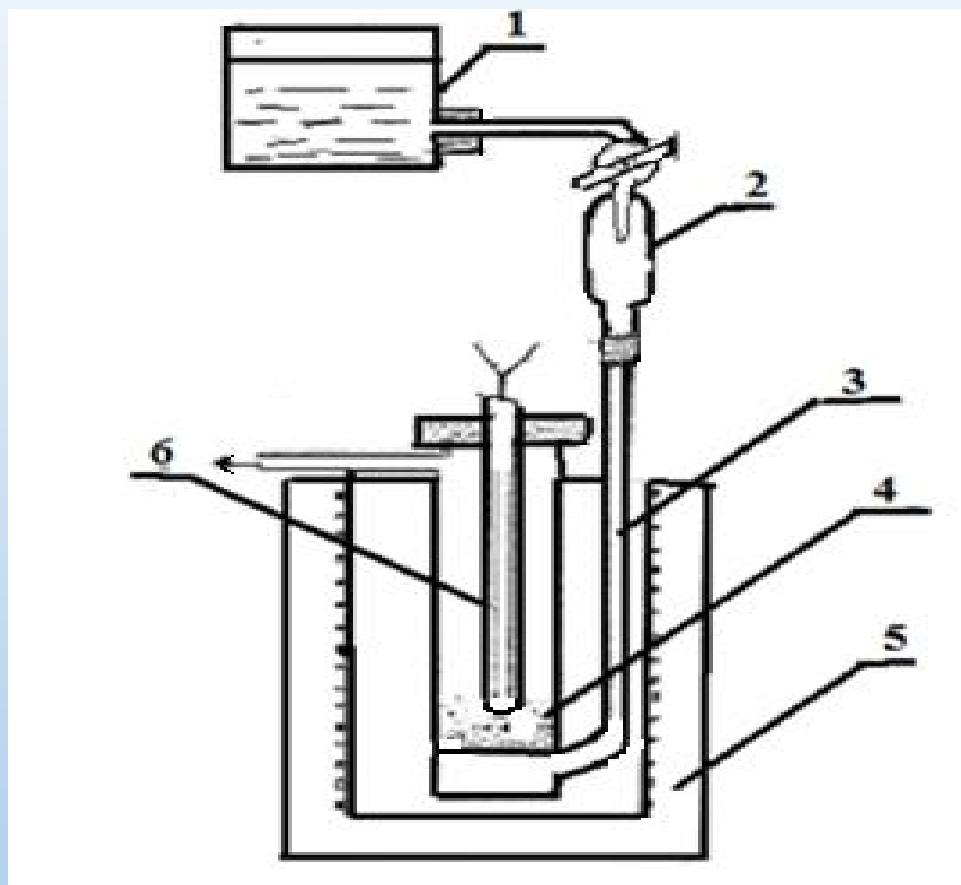


б - кинематическая схема

Общий вид пиролизной установки:

1-крышка пиролизной установки, 2 - устройства для розжига, 3 - двухслойный корпус пиролизера, 4 - рама пиролизной установки с водяной рубашкой, 5 - колесник, 6 - съемник готовой продукции, 7 - патрубок воздушного дутье, 8 – патрубок для подачи газа, 9 - патрубок для термодатчика, 10 - цифровой термодатчик, 11 - водный затвор, 12 - крышка водяного затвора, 13, 14 – вход и выход воды, 15 - регулировочный кран водяного пара, 16 - патрубок водяного пара.

Активацию углей водяным паром проводили на лабораторной установке реакторе-активаторе при температуре 500-550°C. Печь оборудована устройством для автоматического регулирования температуры и контрольной термопарой.



Установка для активации в кипящем слое: 1-емкость для воды; 2-капельница; 3-пароперегреватель; 4-активатор; 5-электронагревательная печь; 6-термопара.

**Для получения углеродных сорбентов использована
пиролизная установка и реактор-активатор**



Выход продуктов полукоксования (500°C), %

Месторождение	Первичная смола	Полукокс	Пирогенетическая вода	Газ+потери
Кара-Кече	1,25	70,00	16,75	12,0
Мин-Куш	3,81	67,21	15,22	13,76

Энергетическая ценность угля сохранилась. В процессе пиролиза (500°C) углей месторождений Кара-Кече и Мин-Куш выход твердого остатка (карбонизат) составляет 70,0 и 67%, соответственно.

Пласты этих углей не подвергались окислению, т.е. естественному выветриванию, так как содержание гуминовых кислот в них ниже 5%.

Дробление угля



РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование технического, химического и группового состава является необходимым и важным этапом в исследовании нового сырья.

В таблице приведена характеристика полученных карбонизатов при температуре 500⁰С.

Характеристика карбонизатов

<u>Карбонизаты</u> из углей месторождений	Температура пиролиза, °С	<u>W^a</u> , %	A ^d , %	<u>V^{daf}</u> , %	<u>C^{daf}</u> , %	<u>H^{daf}</u> , %	<u>Ад.акт.</u> <u>пойоду</u> , %
Кара-Кече	500	5,01	6,40	16,29	81,38	5,28	39,69
Мин-Куш	500	4,50	10,22	-	87,75	2,66	13,14

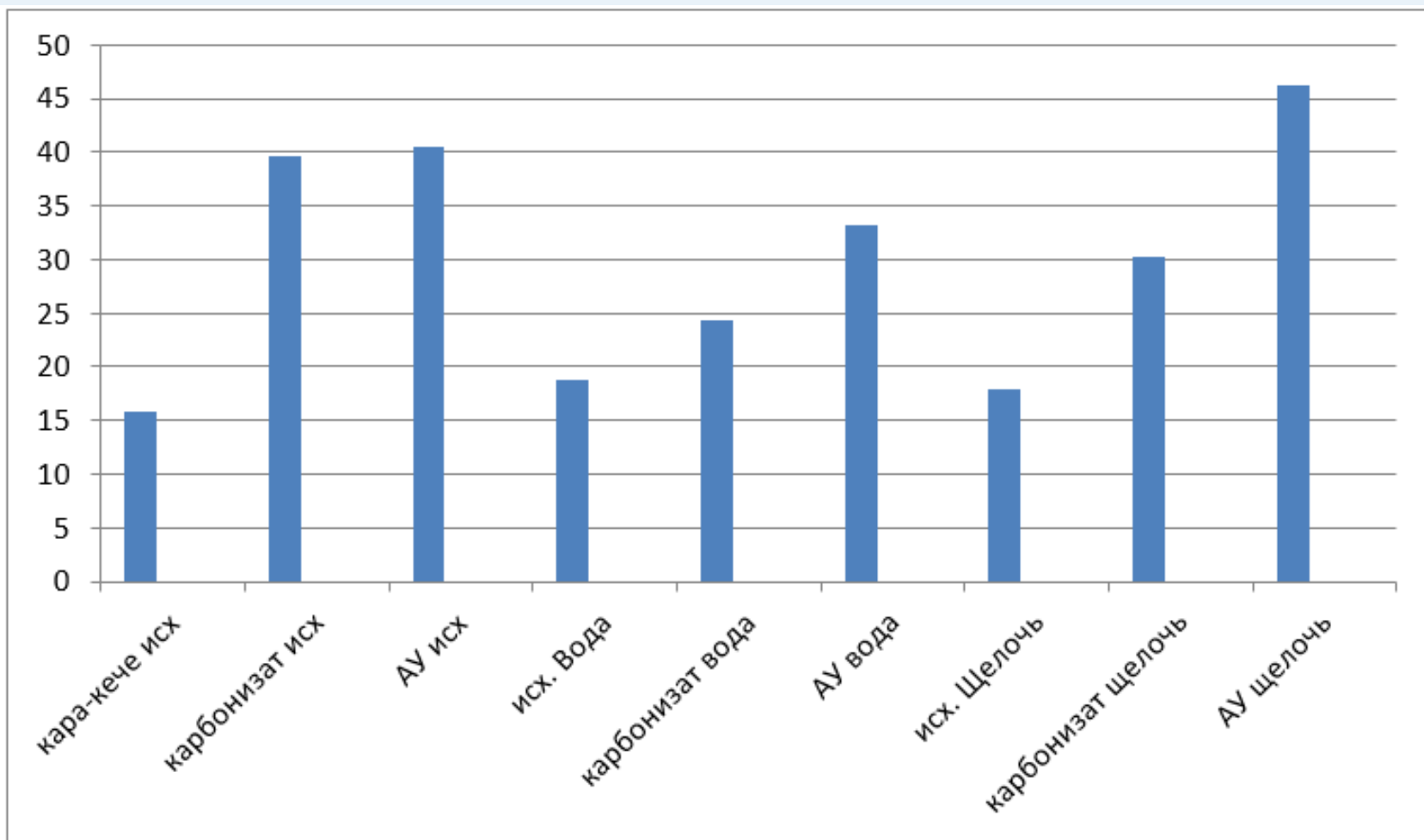
Пористая структура адсорбентов из угля месторождения Кара-Кече

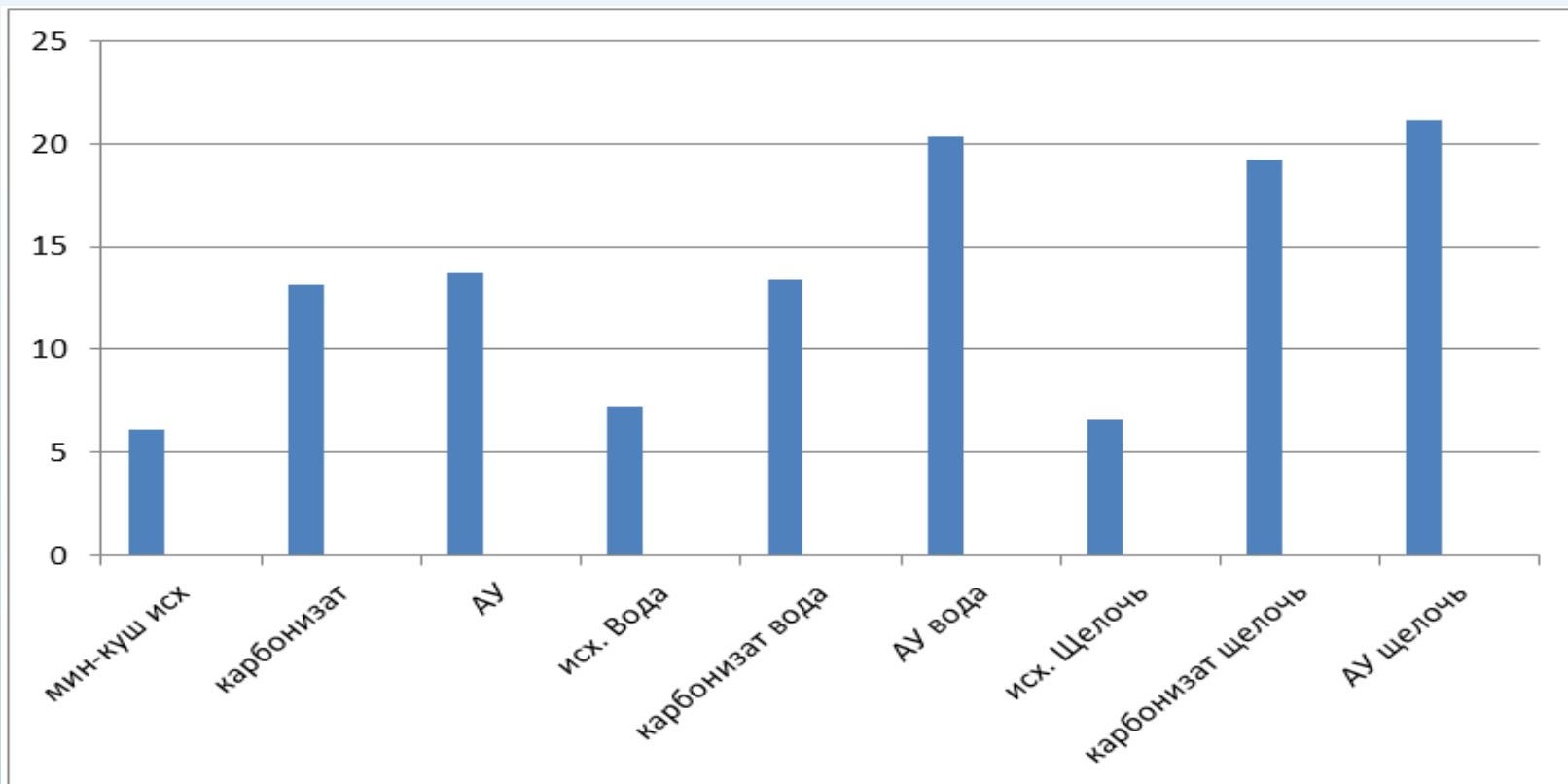
№	Проба	Тем-ра актива- ции, °C	Суммарный объем пор, см ³ /г	Объем сорбционного пространства, см ³ /г	Количество макропор, см ³ /г
1.	Уголь исходный	-	1.053	0.065	0.988
2.	Карбонизат	500	1.370	0.112	1.258
3.	Активированный уголь	500	1.889	0.126	1.763
4.	Уголь исходный, обработанный водой	-	1.133	0.044	1.089
5.	Карбонизат, обработанный водой	500	1.512	0.131	1.381
6.	Активированный уголь, обработан- ный водой	500	1.733	0.183	1.550
7.	Уголь исходный, модифицирован- ный щелочью	-	1.024	0.020	1.004
8.	Карбонизат, модифицирован- ный щелочью	500	1.139	0.099	1.040
9.	Активированный уголь, модифици- рованный щелочью	500	1.917	0.213	1.704

Пористая структура адсорбентов из угля месторождения Мин-Куш

№	Проба	Тем-ра активации, °C	Суммарный объем пор, см ³ /г	Объем сорбционного пространства, см ³ /г	Количество макропор, см ³ /г
1.	Уголь исходный	-	0.667	0.031	0.636
2.	Карбонизат	500	0.686	0.041	0.645
3.	Активированный уголь	500	1.129	0.078	1.051
4.	Уголь исходный, обработанный водой	-	0.896	0.018	0.878
5.	Карбонизат, обработанный водой	500	1.200	0.039	1.161
6.	Активированный уголь, обработанный водой	500	1.182	0.099	1.083
7.	Уголь исходный, модифицированный щелочью	-	0.750	0.017	0.733
8.	Карбонизат, модифицированный щелочью	500	1.027	0.042	0.985
9.	Активированный уголь, модифицированный щелочью	500	1.828	0.046	1.782

Адсорбционная активность сорбентов из угля Кара-Кече





Из полученных результатов видно, что адсорбционная активность карбонизатов увеличивается в 2 раза по сравнению с исходным углем.

Карбонизат, полученный из угля Кара-Кече, можно использовать в очистке питьевых и сточных вод.

Экспериментальные данные показывают, что адсорбционная активность по йоду, характеризующая микропористость сорбентов, выше у сорбентов, полученных из угля месторождения Кара-Кече, активированного при 500°C (33-46%), и карбонизатов, полученных при 500°C (30-40%).

Исходя из полученных данных, было проведено сравнение характеристик синтезированного сорбента по отношению к промышленным активированным углям марок БАУ–А (60%) и ДАК (30%). Адсорбционная активность сорбентов из угля Кара-Кече сравнима с адсорбционной активностью активного угля марки ДАК. Такие сорбенты можно использовать для очистки сточных вод и воздуха от различных примесей.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что проведенная модификация позволяет повысить обменную емкость в несколько раз по сравнению с исходным образцом. Результаты модификации положительно сказываются на адсорбционной способности в отношении к йоду.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

В качестве объектов исследования были приняты очистные сооружения такие как: ОсОО «Адыл Азык», «СЭЗ Бишкек», санаторий «Иссык-Ата», МП «Токмокводоканал».

ПОКАЗАТЕЛИ ОЧИСТНОГО СООРУЖЕНИЯ ОСОО «АДЫЛ АЗЫК» ДО И ПОСЛЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Наименование ингредиентов	Ед. изм.	Данные анализа по точкам		Очистка %	НД	Используемые приборы
		Вход	Выход			
БПК-5	<u>мгО/л</u>	950,00	390,00	59%	ПНД Ф 14.1:2:3.110-97	Термостат для поддержания температуры 20 С
БПК-5 с доб. Угля-20гр		950,00	280,00	70%	ПНД Ф 14.1:2:3.110-97	
Азот аммонийный	мг/л	95,00	90,00		ГОСТ 33045-14	Спектрофотометр- <u>Лазани</u>
Азот аммонийный с доб. Угля 10 гр на 400мл воды		95,00	58,00	41%	ГОСТ 33045-14	
Азот нитритный	мг/л	0,07	<0,001		ГОСТ 33045-14	СФ
					ГОСТ 33045-14	
Азот нитратный	мг/л	<0,001	<0,001		ГОСТ 33045-14	СФ
					ГОСТ 33045-14	

ПОКАЗАТЕЛИ ОЧИСТНОГО СООРУЖЕНИЯ «СЭЗ БИШКЕК» ДО И ПОСЛЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

<u>Наименование ингредиентов</u>	<u>Ед. изм</u>	<u>Данные анализа по точкам</u>		<u>Очистка %</u>	<u>НД</u>	<u>Использующиеся приборы</u>
		<u>Вход</u>	<u>Выход</u>			
БПК-5	<u>мгО/л</u>	260,00	130,00	50%	ПНД Ф 14.1:2:3.110-97	Термостат для поддержания температуры 20 С
БПК-5 с доб. угля-20гр		260,00	80,00	69%	ПНД Ф 14.1:2:3.110-97	
Азот аммонийный	мг/л	118,00	106,00	10%	ГОСТ 33045-14	<u>СФ-Лазани</u>
Азот аммонийный с доб. угля 20 гр. на 400мл воды		118,00	65,00	45%	ГОСТ 33045-14	<u>СФ-Лазани</u>
Азот нитритный	мг/л	<0,001	<0,001		ГОСТ 33045-14	СФ
					ГОСТ 33045-14	<u>СФ-Лазани</u>
Азот нитратный	мг/л	<0,023	2,3	<u>Идет нитрификация</u>	ГОСТ 33045-14	СФ

ПОКАЗАТЕЛИ ОЧИСТНОГО СООРУЖЕНИЯ САНАТОРИЙ «ИССЫК-АТА» ДО И ПОСЛЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Наименование ингредиентов	Ед. <u>изм</u>	Данные анализа по точкам		Очистка %	НД	Используемые приборы
		Вход	Выход			
БПК-5	<u>мгО/л</u>	140,00	66,00	53%	ПНД Ф 14.1:2:3.110-97	Термостат для поддержания температуры 20 С
БПК-5 с доб. угля-20гр		140,00	40,00	71%	ПНД Ф 14.1:2:3.110-97	
Азот аммонийный	г/л	85,00	43,00	49%	ГОСТ 33045-14	Спектрофотометр- <u>Лазани</u>
Азот аммонийный с доб. угля 10 гр на 400мл воды		85,00	26,00	69%	ГОСТ 33045-14	СФ- <u>Лазани</u>
Азот нитритный	мг/л	<0,001	<0,001	без изменений	ГОСТ 33045-14	СФ
Азот нитратный	мг/л	<0,023	1,3	Идет <u>нитрификации</u>	ГОСТ 33045-14	СФ

ПОКАЗАТЕЛИ ОЧИСТНОГО СООРУЖЕНИЯ МП «ТОКМОКВОДОКАНАЛ» ДО И ПОСЛЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Наименование ингредиентов	Ед. <u>изм</u>	Данные анализа по точкам		Очистка %	НД	Используемые приборы
		Вход	Выход			
БПК-5	<u>мгО/л</u>	196,00	96,00	51%	ПНД Ф 14.1:2:3.1 10-97	Термостат для поддержания температуры 20 С
БПК-5 с доб. угля-20грамм угля	мг/л	196,00	56,00	72%	ПНД Ф 14.1:2:3.1 10-97	
Азот аммонийный	мг/л	119,00	106,00	10%	ГОСТ 33045-14	СФ- <u>Лазани</u>
Азот аммонийный с доб. угля 10 гр. на 400мл воды	мг/л	119,00	65,00	45%	ГОСТ 33045-14	СФ- <u>Лазани</u>
Азот нитритный	мг/л	<0,001	<0,001	без изменений	ГОСТ 33045-14	СФ
Азот нитратный	мг/л	<0,023	2,3	Идет <u>нитрификация</u>	ГОСТ 33045-14	СФ

ИСПОЛЬЗОВАННОЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Титровальные установки



Автоматический дозатор



Флуориметрический флюорат



Фотоколориметр КФК -02-3М



Термостат для определения БПК5





ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определены физико-химические показатели сточных вод четырех очистных сооружений (ОС).
2. При применении активированного угля Кара-Кечинского месторождения эффект очистки составляет 70%.
3. Полученные сорбенты позволят в дальнейшем применять для очистки сточных вод от различных вредных примесей.

По результатам проведенных исследований опубликованы статьи в журналах РИНЦ

1. Камбарова Г.Б., Молдобаев Э.С., Орозов К.К. «Создание угольных сорбентов из сырья Каракечинского месторождения и Минкушской группы Кыргызстана». Горный журнал КГГУ. 2021.
2. Бейшенкулова Д.А., Токтокожоева Т.К., Орозов К.К. «Получение углеродных сорбентов на основе ископаемых углей для очистки сточных вод вредных примесей». Национальная ассосация ученых. Россия. г.Екатеринбург. 2021г.
3. Камбарова Г.Б., Молдобаев Э.С., Орозов К.К., Бейшенкулова Д.А. «Улавливание и очистка газов выбросов адсорбентами на основе углей месторождения Кара-Кече». 2022.
4. Бейшенкулова Д.А., Токтокожоева Т.К., Орозов К.К., Дегембаева Н.К. «Кавак курон комур бассейнинен комур сорбентин алуу». 2022.

Патент

1. Патент №20200064.1 «Пиролизная установка». Авторы: Асанов А.А., Асанова А.А., Ниязов Н.Т., Орозов К.К., Бекбосунов Р.Б.

РЕЦЕНЗИЯ

на проект:

«Твердые продукты термообработки угля Кара-Кече: получение, физико-химическая характеристика, исследование адсорбционных свойств»

В настоящее время основные направления использования углеродных сорбентов связаны с технологическими процессами адсорбционной очистки, разделения, выделения и концентрирования в газовых и жидких средах. Постоянно возрастает роль углеродных сорбентов в решении экологических проблем: очистки питьевой и сточной воды, отходящих газов предприятий промышленности и энергетики. Кыргызстан обладает значительными запасами углей. Богатейшая сырьевая база делает возможным получение углеродных адсорбентов различного назначения с оптимальным сочетанием цены и качества.

Поэтому в последние годы повысился интерес к углеродным адсорбентам, получаемым из местных углей, поскольку эти материалы существенно дешевле, чем традиционные предшественники для получения активированных углей (АУ), такие как синтетические полимеры. Но при этом, по-прежнему остается актуальным вопрос о путях увеличения выхода готового продукта и улучшения структурно-сорбционных характеристик активированных углей. В связи с этим настоящий проект является весьма актуальным, связанные с разработкой эффективных углеродных адсорбентов, которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства, в области охраны окружающей среды. В качестве объектов исследования использовались угли месторождения Кара-Кече (участок Беш-Сары) и Мин-Куш Кавакского бурогоугольного бассейна. Пласты этих углей не подвергались окислению, т.е. естественному выветриванию, так как содержание гуминовых кислот в них ниже 5%. Энергетическая ценность угля сохранилась.

Одним из возможных путей переработки этих углей является термическая деструкция (пиролиз). Авторами проекта исследованы физико-химические свойства бурого угля и на их основе углеродные сорбенты, спроектирована и изготовлена пиролизная установка для получения полукокса.

Проведен обзор и анализ оборудования по выпуску готового продукта – полукокса и отражены особенности термохимической переработки бурых углей месторождений Кара – Кече и Мин-Куш. В результате проведенных экспериментальных исследований сделана оценка определения экономической эффективности пиролизной установки при получении полукокса.

По количественному выходу продуктов термического разложения без доступа воздуха, по их химическому составу и свойствам судят о пригодности этих углей для переработки. В процессе пиролиза (500°C) углей месторождений Кара-Кече и Мин - Куш выход твердого остатка (карбонизат) составляет 70,0 и 67%, соответственно. Основную массу продуктов термической деструкции углей составляет твердый остаток, представляющий собой высокообуглероженный углеродный материал.

Экспериментальные данные показывают, что адсорбционная активность по йоду, характеризующая микропористость сорбентов, выше у сорбентов, полученных из угля месторождения Кара-Кече, активированного при 500°C (33-46%), и карбонизатов, полученных при 500°C (30-40%). Исходя из полученных данных, было проведено сравнение характеристик синтезированного сорбента по отношению к промышленным активированным углям марок БАУ-А (60%) и ДАК (30%). Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что проведенная модификация позволяет повысить обменную емкость в несколько раз по сравнению с исходным образцом.

В целом полученные данные свидетельствуют о перспективности использования сорбентов на основе углей Кара-Кече. Проект рекомендуется продолжить и внедрить научные результаты в промышленное производство.

Рецензент: д.х.н., профессор

Б.Б. Токтосунова

22.11.2022г

РЕЦЕНЗИЯ

на научную проект

“Твердые продукты термообработки угля Кара-Кече: получение, физикохимическая характеристика, исследование адсорбционных свойств”

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов приобретает в наши дни все большее значение для предотвращения загрязнения водоемов промышленными сточными водами. В связи с разнообразием состава и свойств и сточных вод промышленных предприятий необходима разработка и применение различных методов и сооружений по очистке воды.

Очистка сточных вод и утилизация отходов являются актуальными экологическими проблемами не только в Кыргызской Республике, но и в мире.

В настоящее время основные направления использования углеродных сорбентов связаны с технологическими процессами адсорбционной очистки. Постоянно возрастает роль углеродных сорбентов в решении экологических проблем: очистки питьевой и сточной воды, отходящих газов предприятий промышленности и энергетики. Для достижения этой цели перспективным является использование сорбентов, изготовленных на природной основе.

Следовательно, использование отечественного сырья для получения сорбентов позволит разработать технологию производства сорбционных материалов для очистки сточных вод различного происхождения.

Целью научно-исследовательской работы является получение сорбента из бурого угля месторождения Кара-Кече.

Авторами проекта исследованы физико-химические свойства бурого угля и на их основе углеродные сорбенты, спроектирована и изготовлена пиролизная установка для получения полукокса.

Проведен оборудований по выпуску готового продукта – полукокса и отражены особенности термохимической переработки бурых углей месторождений Кара – Кече и Мин-Куш. В результате проведенных экспериментальных исследований сделана оценка экономической эффективности пиролизной установки при получении полукокса.

Определены физико-химические показатели сточных вод четырех очистных сооружений такие как: ОсОО «Адыл Азык», «СЭЗ Бишкек», санаторий «Иссык-Ата», МП «Токмокводоканал». При применении активированного угля Кара-Кечинского месторождения эффект очистки

составляет 70%. Полученные сорбенты позволят в дальнейшем применять для очистки сточных вод от различных вредных примесей.

Была изучена адсорбционная активность полученных сорбентов и проведено сравнение характеристик по отношению к промышленным активированным углям марок БАУ-А (60%) и ДАК (30%). Экспериментальные данные показывают, что адсорбционная активность по йоду, характеризующая микропористость сорбентов, сравнима с адсорбционной активностью активного угля марки ДАК.

В целом полученные данные свидетельствуют о перспективности использования сорбентов на основе углей Кара-Кече с целью очистки питьевой и сточных вод, газовых конденсатов от различного рода загрязнителей.

Необходимо продолжить научный проект по изучению и использованию углеродных сорбентов для извлечения примесей тяжелых металлов, нефтепродуктов и вредных органических веществ из различных жидких сред.

Рецензент

Зав. кафедрой «Физические процессы в горном деле»
КРСУ им. Б.Н. Ельцина, д.т.н., профессор



Шамсутдинов М.М.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
УК ГОУВПО КРСУ
ИНН 01512199310054

Выписка

из протокола заседания НТС Государственного предприятия "Кыргызкомур" при
Министерстве энергетики Кыргызской Республики
№ 14 от 15 ноября 2022 года

Повестка дня: Рассмотрение итогового отчета научно-исследовательской работы на тему
«Твердые продукты термообработки угля Кара-Кече: получение, физико-химическая
характеристика, исследование адсорбционных свойств» за 2021-2022 гг.

Присутствовали:

1. Орозбаев М.Т – Генеральный директор ГП «Кыргызкомур», председатель НТС;
2. Орозов К.К. – руководитель научно-исследовательской работы, к.т.н., доцент, зам.директор по научной работе КГ-МИ им. акад. У. Асаналиева;
3. Молдокматов М.Б. – заместитель генерального директора ГП «Кыргызкомур»;
4. Ниязбеков А. - главный специалист планового отдела ГП «Кыргызкомур»;
5. Турганалиев К.Р. - главный специалист планового отдела ГП «Кыргызкомур»;
6. Токтомышева Б.Э. – главный специалист ОГЗиС ГП «Кыргызкомур», секретарь НТС.

Выступили:

Орозов К.К., который доложил о результатах выполнения научно-исследовательской работы на тему «Твердые продукты термообработки угля Кара-Кече: получение, физико-химическая характеристика, исследование адсорбционных свойств» за 2021-2022 гг. (итоговый отчет).

Молдокматов М.Б. – заместитель генерального директора ГП «Кыргызкомур»,
Ниязбеков А. - главный специалист планового отдела ГП «Кыргызкомур», Турганалиев К.Р. -
главный специалист планового отдела ГП «Кыргызкомур».

Постановили:

1. Принять к сведению информацию, изложенную в докладе Орозова К.К. – руководителя научно-исследовательской работы на тему: «Твердые продукты термообработки угля Кара-Кече: получение, физикохимическая характеристика, исследование адсорбционных свойств» за 2022 год (итоговый отчет).
2. Представленный отчет научно-исследовательской работы на тему: «Твердые продукты термообработки угля Кара-Кече: получение, физико-химическая характеристика, исследование адсорбционных свойств» за 2021-2022 гг. соответствует техническому заданию и календарному плану на 2022 год. Намеченные задачи на 2022 год выполнены в полном объеме.

3. Отметить результативность аналитических, теоретических и лабораторных исследований термохимической переработки бурых углей месторождений Кара – Кече и Мин-Куш.

Рекомендовать итоговый отчет научно-исследовательской работы на тему: «Твердые продукты термообработки угля Кара-Кече: получение, физикохимическая характеристика, исследование адсорбционных свойств» за 2021-2022 гг. к рассмотрению Управления науки и технической политики Министерства образования и науки Кыргызской Республики.

Председатель НТС,

Директор ГП «Кыргызкомур»

Орозбаев М.Т.

Секретарь заседания

Токтомышева Б.Э.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ