

**Харьковский национальный автомобильно-
дорожный университет**

**ИЗУЧЕНИЕ
ВОЗМОЖНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ
УГЛЕДОБЫЧИ В
СТРОЙИНДУСТРИИ**

асп. Уханёва М.И.

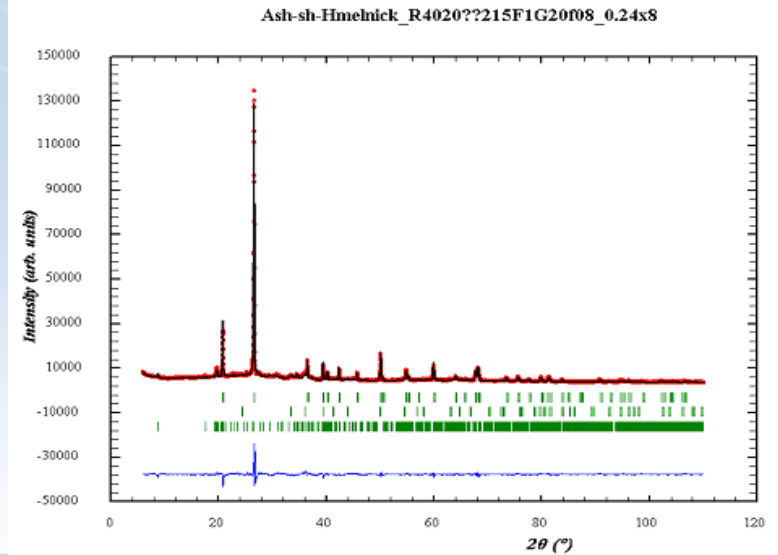
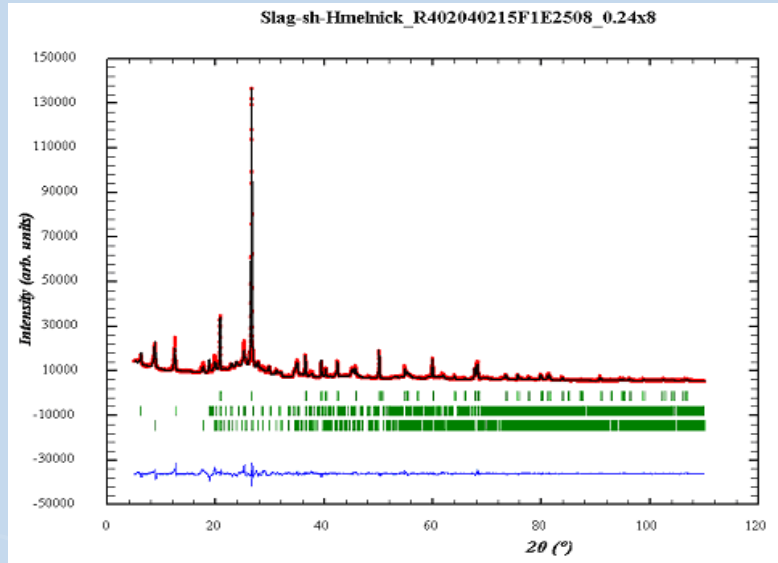
Цель работы - изучение химического и радионуклидного составов отвальных пород угольных шахт «Хмельницкая» и им. Свердлова Луганской области и выяснение возможности их утилизации в строительной отрасли.

Задачи исследования:

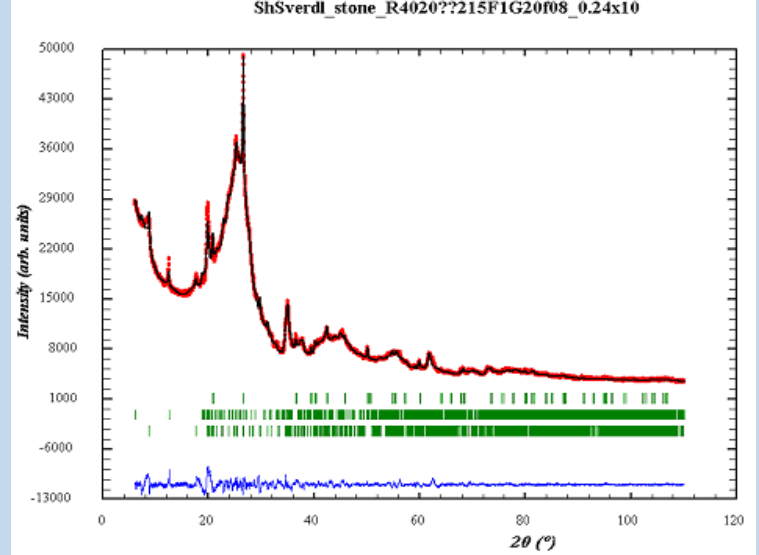
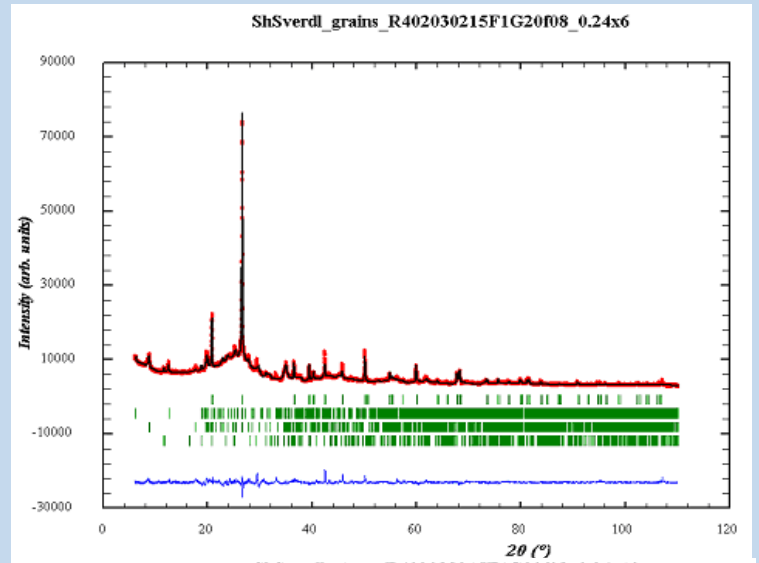
1. Изучение элементного, оксидного и минералогического состава отвальных пород угольных терриконов и их образцов после спекания.
2. Исследование морфологических особенностей поверхности частиц терриконных пород и их спеченных образцов.
3. Изучение поведения отвальных пород шахт при нагревании.
4. Установление радионуклидного состава и класса радиационной опасности терриконных пород.
5. Оценка гидравлической активности отвальных пород угольных шахт.

Результаты уточнения дифрактограмм образцов отвальной породы

Дифрактограммы образца шахты "Хмельницкая"



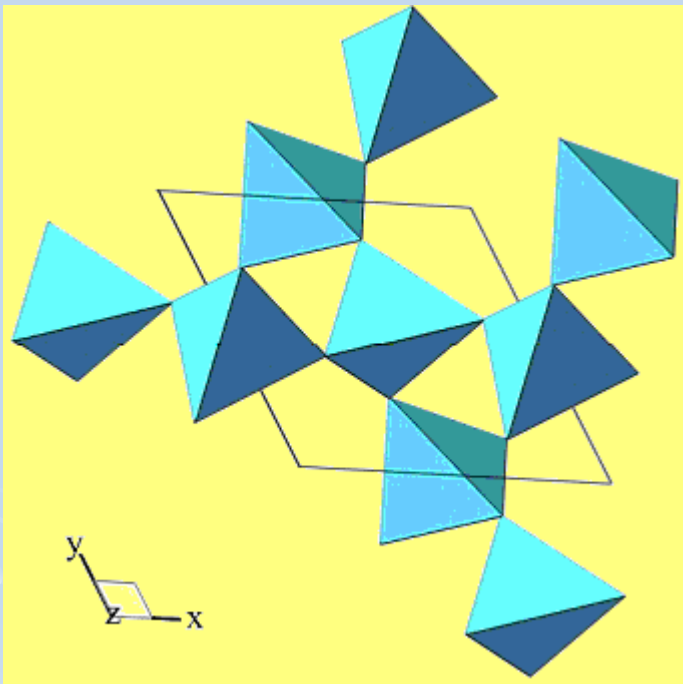
Дифрактограммы образца шахты им. Свердлова



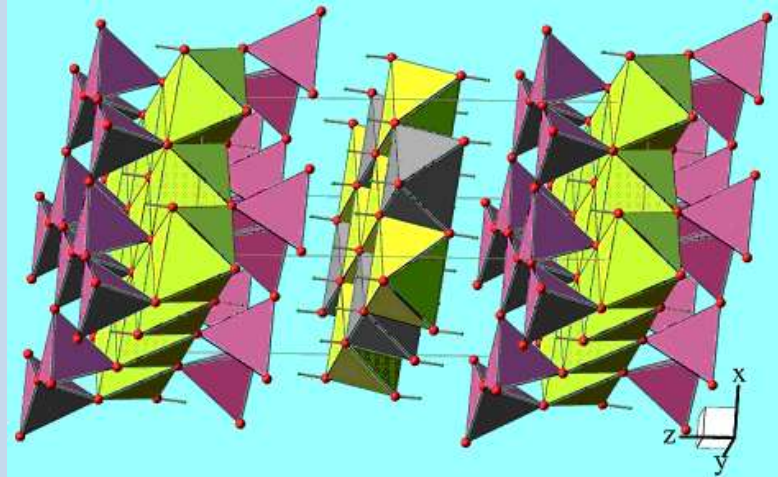
Результаты рентгенофазового анализа кристаллической составляющей образцов терриконных пород

Фаза	Шахта "Хмельницкая"				Шахта им. Свердлова			
	Терриконный шлак		Прокаленный шлак		Мелкая фракция терриконного шлака		Крупная фракция терриконного шлака	
	массовая доля, %	размер, нм	массовая доля, %	размер, нм	массовая доля, %	размер, нм	массовая доля, %	размер, нм
Кварц	44,1	> 200	73,5	140	40,3	140	7,7	120
Клинохлор	10,2	38	–	–	11,1	47	17,4	48
Мусковит	45,7	32	21,2	35	48	45	74,9	25
Гематит	–	–	5,3	–	–	–	–	–
Гипс	–	–	–	–	0,7	–	–	–

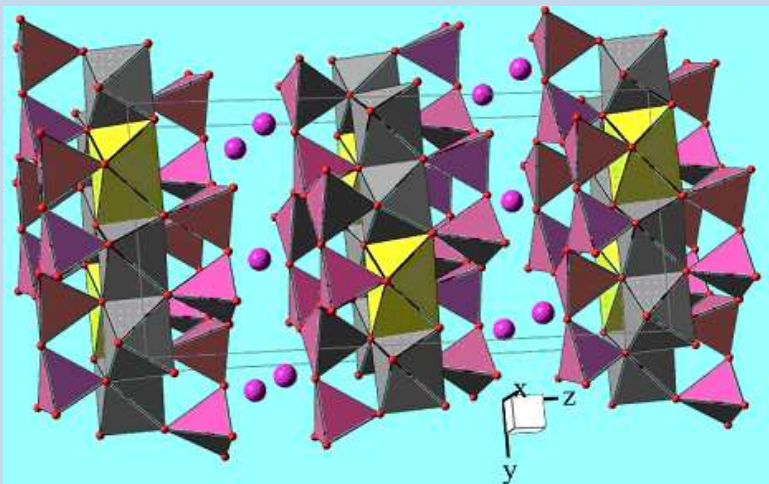
Структура основных минералов отвальных пород угольных шахт



Кварц SiO_2



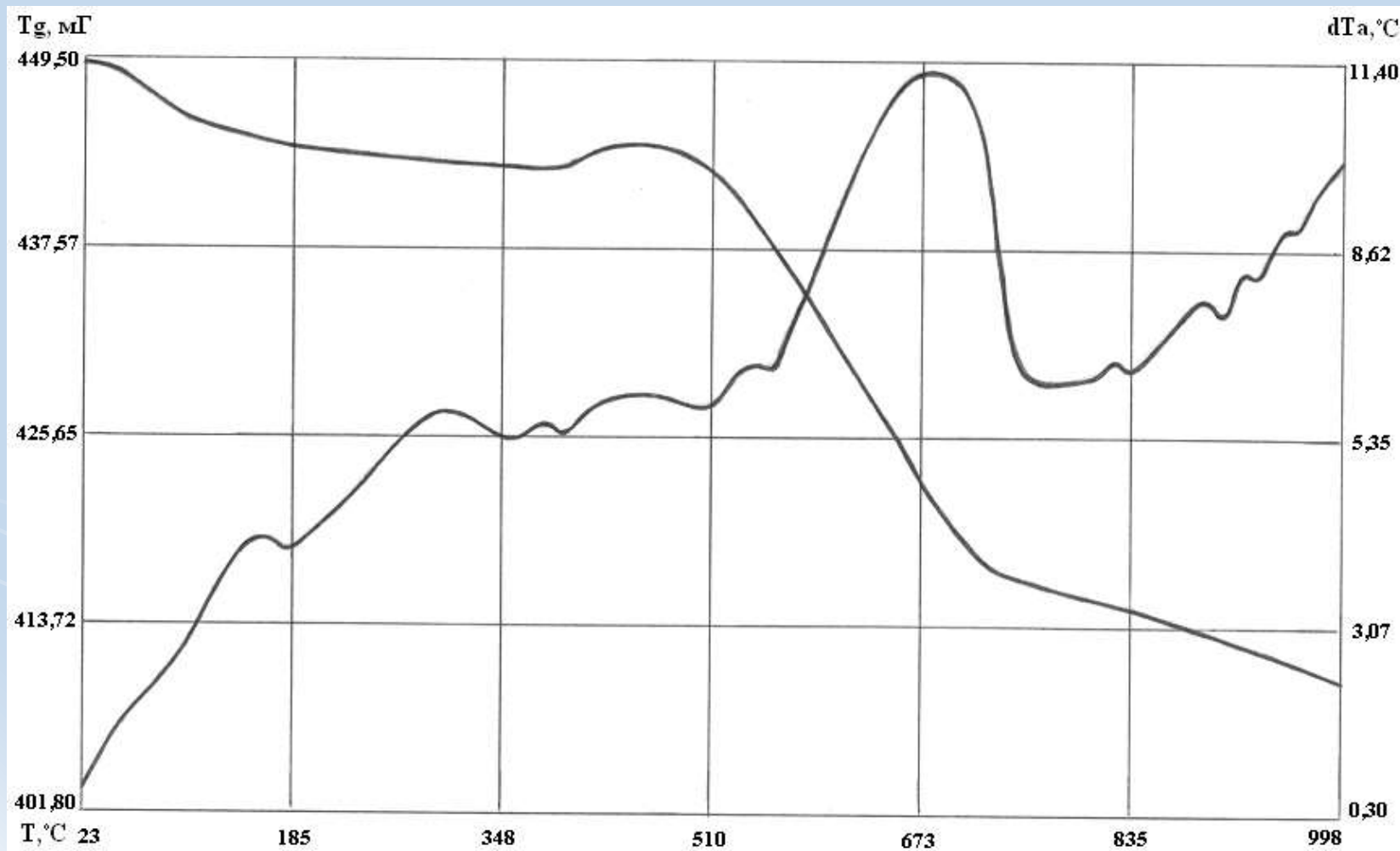
Клинохлор $(\text{Mg,Fe})_6(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$



Мусковит

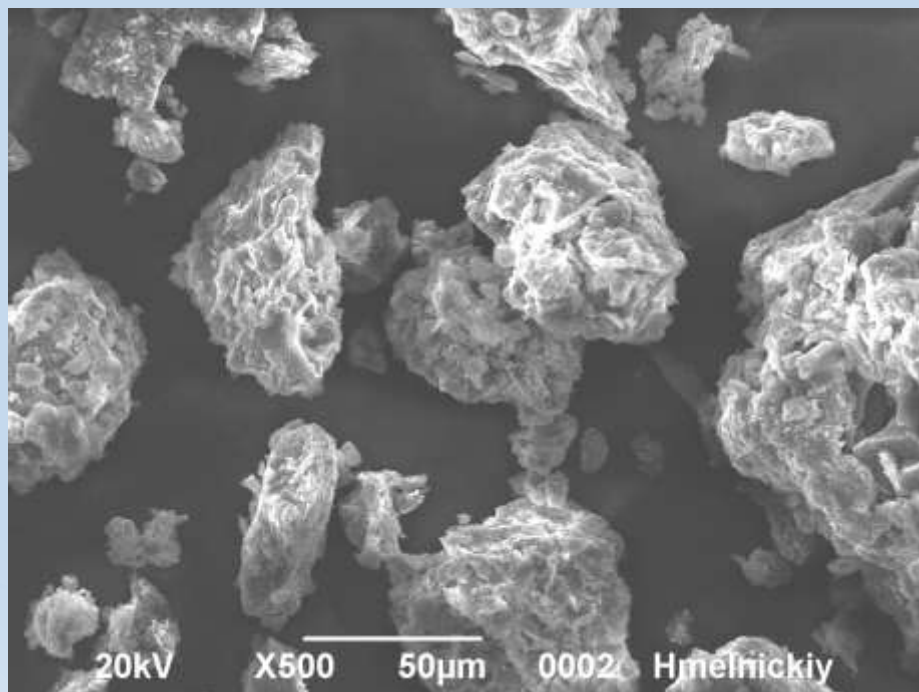


Дериватограмма отвальной терриконной породы шахты “Хмельницкая”

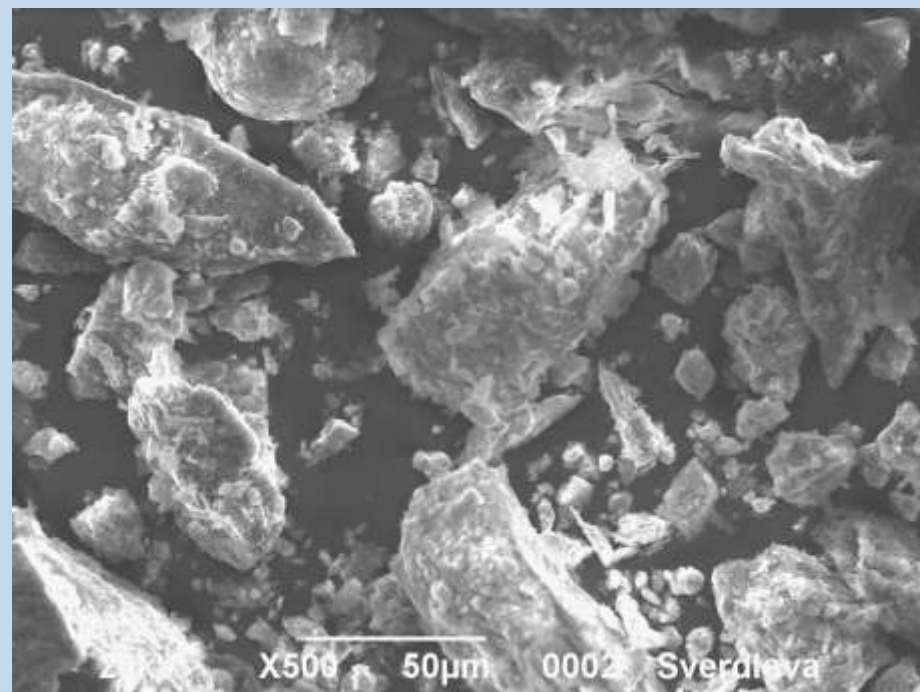


Tg – потеря массы; dTa – тепловые эффекты

Микрофотографии поверхности образцов отходов угледобычи при увеличении в 500 раз

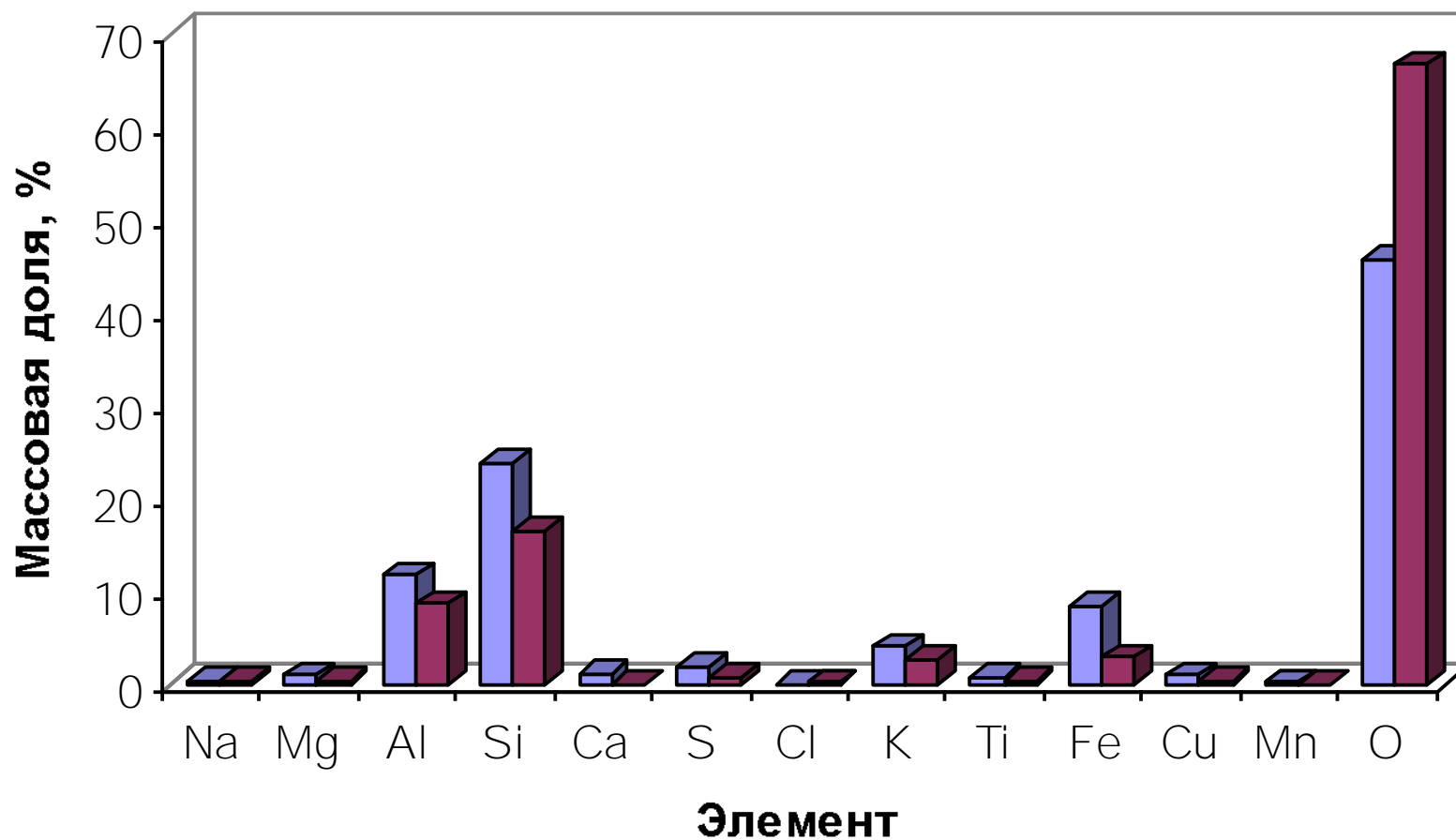


Образец шахты “Хмельницкая”



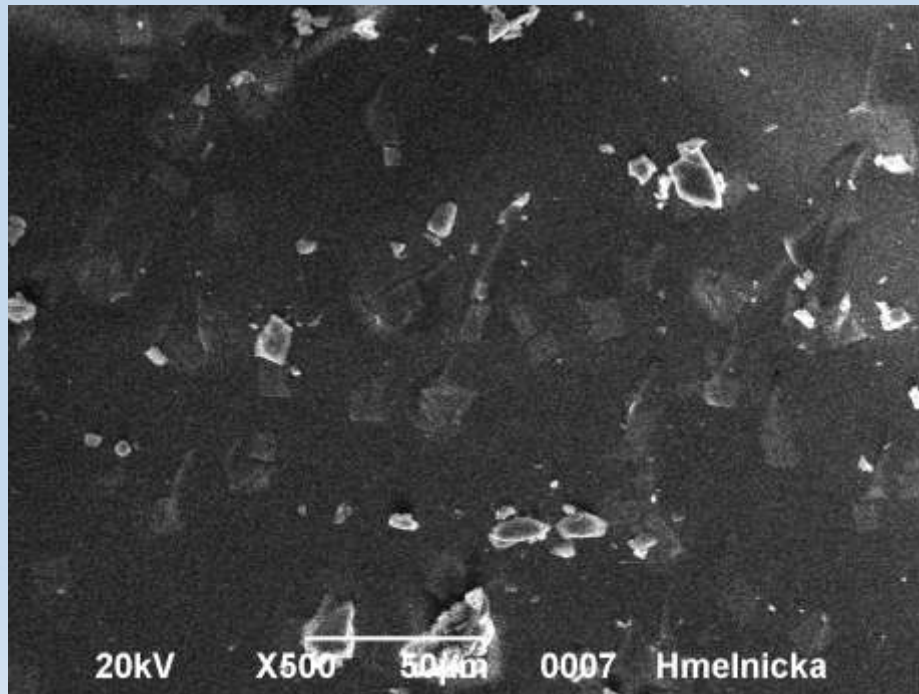
Образец шахты им. Свердлова

Относительный элементный состав неуглеродной части образцов терриконных пород

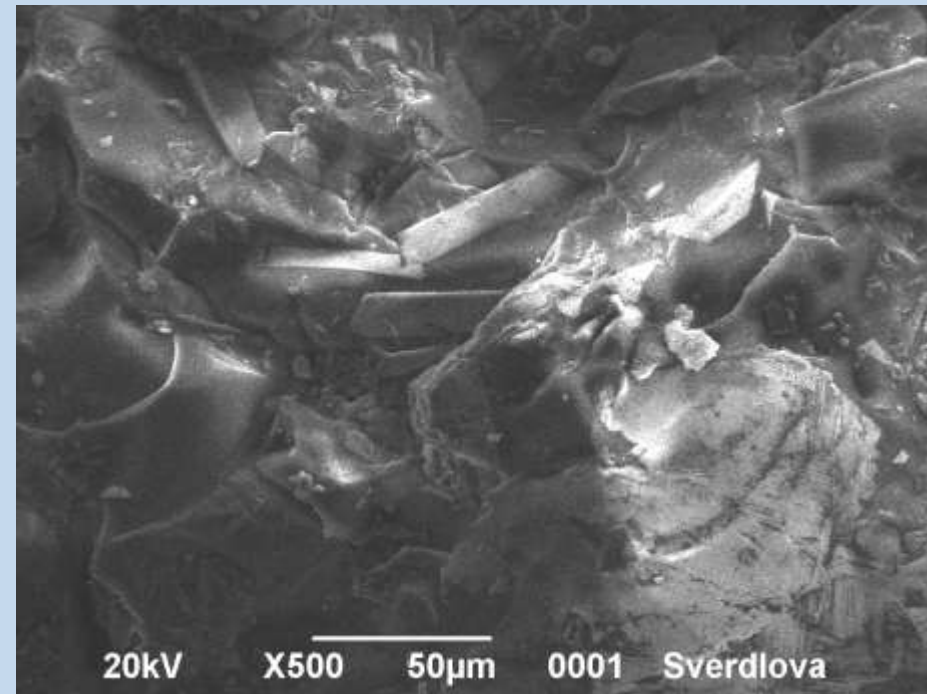


■ Образец шахты им. Свердлова ■ Образец шахты "Хмельницкая"

Микрофотографии поверхности спеченных образцов отвальных терриконных пород при увеличении в 500 раз



Образец шахты “Хмельницкая”

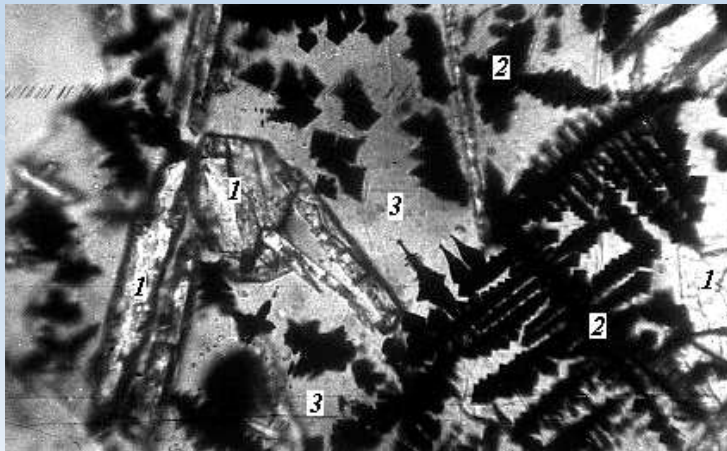


Образец шахты им. Свердлова

Результаты петрографического исследования спеченных образцов отвальных шахтных пород

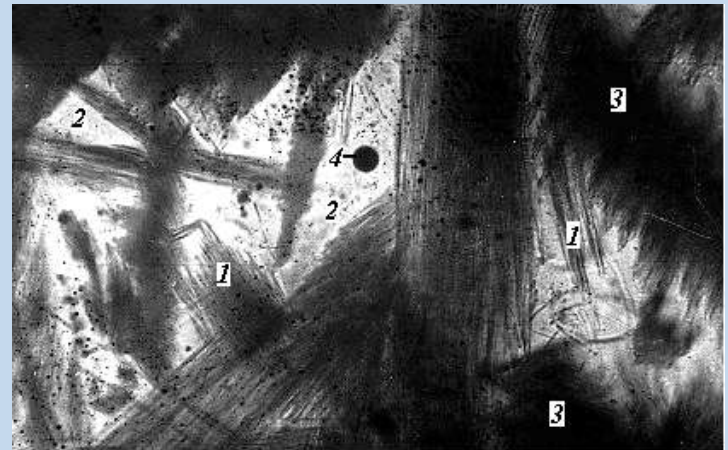
Минералы, фазы	Массовая доля, %	
	шахта им. Свердлова	шахта "Хмельницкая "
Пироксены (диопсид – геденбергит)	–	3 – 5
Железистые шпинелиды (магнетит)	10 – 15	5 – 7
Корунд ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$)	30 – 50	–
Муллит ($3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$)	следы	30 – 35
Стеклофаза	40 – 60	55 – 60

Образец спеченного шлака шахты им. Свердлова



1 – корунд, 2 – магнетит,
3 - стеклофаза

Образец спеченного шлака шахты "Хмельницкая"



1 – муллит, 2 – стеклофаза,
3 – пироксены, 4 – металл

Формулы для расчёта модулей

Модуль активности – M_a

$$M_a = \frac{Al_2O_3}{SiO_2} \quad (1)$$

Силикатный модуль - M_c

$$M_c = \frac{SiO_2}{Al_2O_3} \quad (2)$$

Глинозёмистый модуль – M_g

$$M_g = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} \quad (3)$$

Глинитно-железистый модуль – $M_{гж}$

$$M_{гж} = \frac{Al_2O_3 + Fe_2O_3}{SiO_2} \quad (4)$$

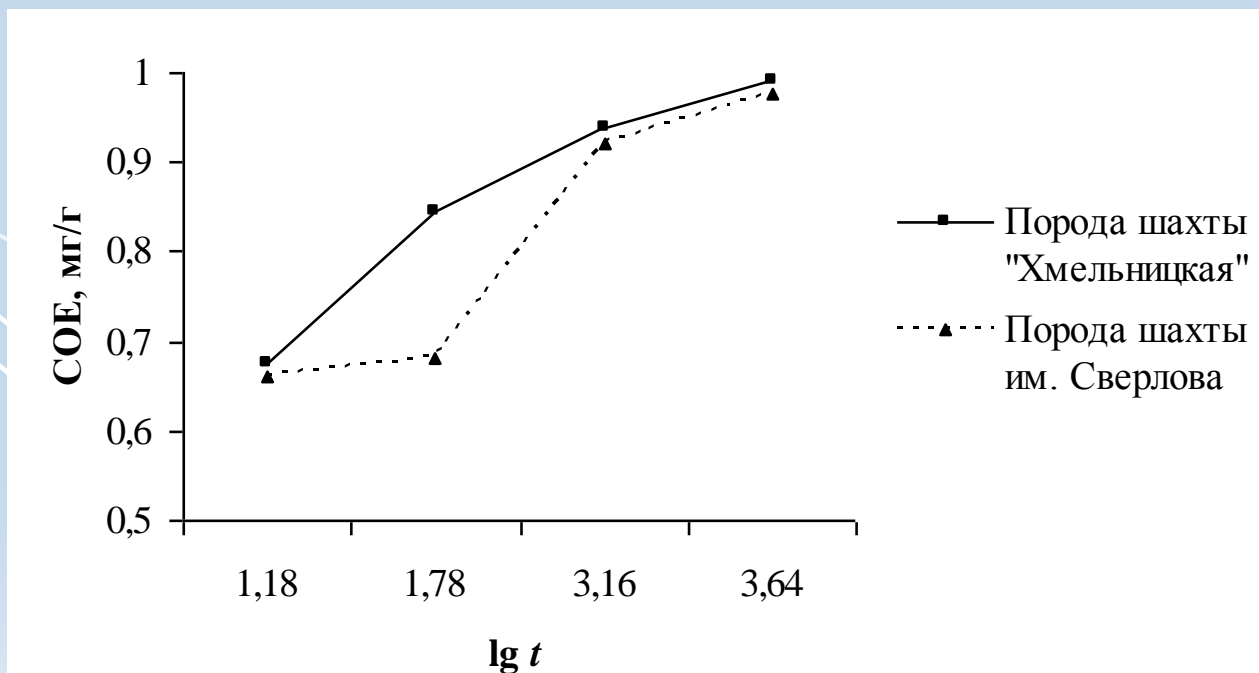
Относительное содержание оксидов элементов в неуглеродной части отвальных пород и их классификация по системе модулей

Оксид	Порода шахты им. Свердлова		Порода шахты “Хмельницкая” после спекания	
	микрорентгеновский анализ		микрорентгеновский анализ	химический анализ
	до спекания	после спекания		
Na ₂ O	0,60	1,099	0,670	–
K ₂ O	4,82	3,062	3,553	–
MgO	1,53	1,102	2,544	–
CaO	1,62	2,205	–	0,63
SiO ₂	50,97	42,737	66,877	63,4
Al ₂ O ₃	22,08	39,558	21,775	22,3
TiO ₂	1,20	0,603	0,708	–
FeO	10,96	9,634	3,867	8,1 (Fe ₂ O ₃)
Модуль	Модульная классификация отвальных пород			
Ma	0,43	0,93	0,33	0,35
Mc (1,7-3,5)	2,31	1,08	3,07	2,84
Mg (1,0-2,5)	2,01	4,11	5,63	2,75
Mгж	0,65	1,15	0,38	0,48

Активность терриконных пород по поглощению СаО

Порода шахты	Время контакта породы с раствором СаО	Содержание СаО в растворе, %	Величина поглощения СаО, %	Величина поглощения СаО, мг/г
"Хмельницкая"	1 сут.	3,0	2,625	261,2
	3 сут.	2,0	3,625	360,7
им. Сердлова	1 сут.	3,625	2,0	199,0
	3 сут.	3,0	2,625	261,2

Адсорбционная активность терриконных пород



Результаты гамма-спектрометрического анализа образцов породы террикона шахты "Хмельницкая"

Радионуклид, показатель	Активность радионуклидов в Бк/кг (вклад, %) в разных точках террикона на разных глубинах											
	северная			южная			восточная			западная		
	0 м	0,5 м	1,0 м	0 м	0,5 м	1,0 м	0 м	0,5 м	1,0 м	0 м	0,5 м	1,0 м
^{40}K	797,0 (90,2)	721,0 (88,8)	762,0 (88,9)	786,0 (89,6)	847,0 (91,4)	846,0 (90,2)	947,0 (90,9)	942,0 (89,9)	685,0 (89,9)	799,0 (88,7)	1020,0 (92,6)	630,0 (89,0)
^{226}Ra	44,9 (5,1)	44,1 (5,4)	44,1 (5,1)	49,0 (5,6)	33,5 (3,6)	48,0 (5,1)	48,1 (4,6)	60,0 (5,7)	41,1 (5,4)	60,2 (6,7)	34,5 (3,1)	43,1 (6,1)
^{232}Th	42,0 (4,8)	47,3 (5,8)	50,8 (5,9)	42,5 (4,8)	46,0 (5,0)	43,5 (4,6)	46,1 (4,4)	46,4 (4,4)	36,1 (4,7)	41,4 (4,6)	47,7 (4,3)	34,7 (4,9)
$C_{\text{сум.}}$	884,0	812,0	857,0	877,0	926,0	937,0	1040,0	1050,0	763,0	900,0	1100,0	708,0
$C_{\text{эф.}}$	168,0 $\pm 27,4$	167,0 $\pm 23,7$	175,0 $\pm 26,0$	172,0 $\pm 25,7$	166,0 $\pm 25,6$	177,0 $\pm 26,3$	189,0 $\pm 30,0$	201,0 $\pm 29,8$	147,0 $\pm 23,2$	182,0 $\pm 27,9$	184,0 $\pm 29,1$	142,0 $\pm 21,3$

$$C_{\text{эф.}} = C_{\text{Ra}} + 1,31 C_{\text{Th}} + 0,085 C_{\text{K}}, \text{ Бк/кг}$$

Выводы

- На основании исследования химического состава отвальных пород угольных шахт показано, что основными минералами кристаллической фазы отходов угледобычи являются мусковит (слюда) и клинохлор (хлорит), а аморфной фазы - углерод и СаО.
- Подтверждено начальное превращение минералов породы при прокаливании и показана способность углистой части породы к горению.
- Изучение морфологических особенностей поверхности частиц отвальной породы до и после спекания доказало наличие аморфного состояния веществ.
- Определены высокие гидравлические свойства терриконных пород расчётным и экспериментальными методами.
- Показана наибольшая вертикальная миграция ЕР по объёму террикона в южном и северном направлениях и установлено обращение ряда миграции радионуклидов.