

ИЛО в виде суспензии ИЛОС-1. Расчеты проведены при атмосферном давлении, в широком диапазоне температур (до 4000 К) и массовых долей воздушного плазменного теплоносителя (до 90%). Расчеты проведены с применением программы термодинамического расчета состава фаз произвольных гетерогенных систем «TERRA».

В результате проведенных расчетов показано, что при температурах до 1500 К и массовых долях воздушного плазменного теплоносителя 70% и выше основными продуктами в конденсированной фазе являются простые и сложные

оксиды металлов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и др.), включая магнитный оксид железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (с), что позволит применить магнитное осаждение для извлечения этих продуктов.

По результатам проведенных исследований могут быть рекомендованы для практической реализации следующие условия:

- состав ИЛОС-1: (40% ИЛО : 15,5% ДТ : 44,5% вода);
- массовое отношение фаз (70% воздух : 18% ИЛОС-1);
- температура ( $1500 \pm 200$ ) К.

### Список литературы

1. Орешкин Е.А., Каренгин А.Г., Шаманин И.В. // IV Международная школа-конференция молодых атомщиков Сибири: Сборник тезисов докладов. – Томск: ТПУ, 2013. – С.18.
2. Шингарев Н.Э. и др. Способы обращения с илами водоемов-хранилищ радиоактивных отходов. // Экология и промышленность России, 2000. – №3. – С.43–45.
3. Соболев И.А., Хомчик Л.М. Обезвреживание радиоактивных отходов на централизованных пунктах. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – С.75–78.
4. Новоселов И.Ю., Каренгин А.Г., Кокорев Г.Г. // Известия вузов. Физика, 2014. – Т.57. – №2/2. – С.17–21.

## ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ КЕДРОВОЙ СКОРЛУПЫ

Д.А. Широковская, В.М. Демиденко

Научные руководители – к.х.н., доцент В.А. Реутов; к.пед.н., доцент О.Д. Арефьева

Дальневосточный федеральный университет

690091, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова 8, rectorat@dvfu.ru

Кедр маньчжурский (лат. *Pinus koraiensis*) – одна из самых распространенных древесных пород Дальнего Востока, определяющая облик тайги. При переработке кедрового ореха на ядра или кедровое масло образуется скорлупа, составляющая в среднем 51–59% от веса исходного сырья. Поэтому создание комплексной технологии, ориентированной на получение очищенных ядер кедрового ореха и целевого продукта из его скорлупы, является актуальной проблемой [1]. В частности, таким целевым продуктом может быть углеродный карбонизированный материал – биоуголь.

Целью настоящей работы являлось изучение свойств биоугля, полученного из кедровой скорлупы, а также влияние условий процесса пиролиза на характеристики конечного продукта.

Процесс пиролиза проводился в температурном интервале 450–600 °С в трубчатой печи

фирмы Nobertherm (Германия) с при одной температуре пиролиза (образцы 1 и 2) или с применением ступенчатого нагрева (образцы 3 и 4), в токе инертного газа (образцы 2–4) или в присутствии воздуха (образец 1).

Конкретные условия пиролиза и характеристики полученного биоугля представлены в таблицах 1 и 2, соответственно.

Определение сорбционной активности образцов по метиленовому синему и метиловому оранжевому проводилось в соответствии с ГОСТ 4453-74, по йоду – ГОСТ 6217-74. В качестве образца сравнения был использован березовый активированный уголь (БАУ) по ГОСТ 6217-74.

Выход биоугля в среднем составляет около 30%. При этом выход увеличивается при проведении пиролиза в среде инертного газа. Проведение процесса при температуре выше 600 °С и скорости процесса свыше 30 град/мин, по-види-

**Таблица 1.** Условия пиролиза скорлупы кедрового ореха

Образец	Условия процесса					Среда
	Степень	T начальная, °C	Скорость нагрева, град/мин	T конечная, °C	Время выдержки при T, мин	
1	1	25	30	600	30	воздух
2	1	25	30	600	30	аргон
3	1	25	40	400	20	аргон
	2	400	3	600	30	
4	1	25	40	400	20	аргон
	2	400	3	600	40	

**Таблица 2.** Характеристика полученных биоуглей

Образец	Выход биоугля, %	Сорбционная емкость по		
		метиловому оранжевому, мг/г	метиленовому синему, мг/г	йоду, %
1	28	8	25	130
2	31,25	7	24	131
3	31,33	2	7	137
4	26,42	2	5	143
БАУ	–	26	47	60

тому, не желательно.

Адсорбционная активность полученных углеродных материалов по йоду превышает данный показатель для БАУ более чем в два раза, что указывает на развитую микропористую структуру материала. Однако сорбционные активности биоугля по метиловому оранжевому и метиленовому синему существенно ниже таковых для БАУ. При этом полученные сорбенты обладают меньшей активностью по отношению к основному красителю метиловому оранжево-

му, чем по отношению к кислотному красителю метиленовому синему. Это, по-видимому, связано с образованием малого количества кислотных центров на поверхности образцов в процессе пиролиза, особенно в отсутствие воздуха (инертной атмосфере).

Подводя итоги, можно сказать, что кедровая скорлупа является перспективным сырьем для получения биоугля и характеризуется высоким выходом продукта (около 30%) с развитой микропористой структурой.

### Список литературы

1. Рудковский А.В. и др. Технология комплексной переработки кедровых орехов // Химия растительного сырья, 2000. – №1. – С.61–68.