



# ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БРИКЕТИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИЕМОВ МЕХАНОАКТИВАЦИИ

Николаева Л.А., Буренина О.Н. ФГБУН  
Институт проблем нефти и газа СО РАН,  
[lanikolaeva\\_ipng@mail.ru](mailto:lanikolaeva_ipng@mail.ru)

В работе представлены результаты, полученные при разработке технологии и составов для брикетирования некондиционных буроугольных отходов с применением в качестве связующего вещества гудрона, модифицированного механоактивированными органо-минеральными наполнителями. Рассмотрено влияние высокодисперсных добавок и технологических режимов брикетирования на формирования структуры и качественные характеристики топливных буроугольных брикетов.



Рис. 1 – Угольные бассейны в России



Рис. 2 - Динамика и прогноз добычи угля в  
Республике Саха (Якутия)

**Цель работы:** разработка технологии получения топливных брикетов на основе бурых углей Кангаласского месторождения и гудрона, модифицированного высокодисперсными органическими добавками.

• **Задачи:**

- исследование влияния технологических параметров брикетирования на физико-механические, теплотворные свойства и продолжительность хранения брикетов;
- исследование физико-механических, теплотворных, реологических, структурных характеристик топливных брикетов в зависимости от природы и содержания органических добавок;
- разработка технологии брикетирования бурых углей и гудрона, базирующейся на механической активации дисперсных добавок;
- разработка новых составов топливных брикетов с улучшенным комплексом технических характеристик.



В качестве связующего вещества, повышающего качественные и теплотехнические характеристики топлива, выбран гудрон от переработки нефти, использование которого является экономически выгодным ввиду низкой себестоимости и доступности, требует значительно меньших транспортных издержек по сравнению с битумом. Для улучшения качества гудрона наиболее эффективно применение модификации его структурно-активными добавками, в качестве которых использовали природные сорбенты – сухой озерный сапропель оз. Большая Чабыда, бурые угли Кангаласского месторождения и природный цеолит месторождения Хонгуруу.

Предпосылкой использования дисперсных веществ органического и минерального происхождения в качестве модифицирующих добавок при наполнении связующего вещества в технологии брикетирования бурых углей, помимо обширной сырьевой базы и дешевизны, явились их специфические свойства, обусловленные их повышенной удельной поверхностью, пористостью, а также высокими адсорбционными характеристиками.

**Таблица 1**

**Основные физико-химические свойства гудрона**

Показатели	гудрон						
	без добавки	сапропель	акт. сапропель	цеолит	акт. цеолит	уголь	акт. уголь
Плотность при 20°С, кг/м <sup>3</sup>	941,10	940,10	938,52	952,34	950,63	943,68	941,54
Вязкость условная при 80°, усл. градус	23,30	15,93	13,65	18,75	16,47	17,21	16,56
Массовая доля смол силикагелевых, %	18,40	19,10	20,01	22,57	23,84	18,73	19,37
Массовая доля асфальтенов, %	6,20	7,80	8,24	6,98	7,12	9,75	9,97
Масла, %	75,44	73,10	71,56	70,45	68,32	74,52	73,66
Массовая доля парафина, %	8,88	8,60	8,65	7,51	7,60	7,05	7,09
Коксумость, %	10,82	14,10	14,88	11,45	12,98	12,44	13,35
Элементный состав: массовая доля, %							
-С	85,00	84,90	84,80	84,88	84,87	84,91	84,85
-Н	13,60	13,00	12,86	13,43	13,40	13,15	13,19
-N	0,50	0,80	0,81	0,55	0,55	0,64	0,63
-S <sub>общ</sub>	0,74	0,81	0,80	0,75	0,74	0,76	0,78
-О	0,16	0,49	0,73	0,39	0,44	0,54	0,55
Температура размягчения по КиШ, °С не ниже	56	54	52	55	53	51	48
Глубина проникновения иглы при 25°С, × 0,1мм	280	201	190	185	170	209	196

## Текстурные характеристики наполнителей

Показатели	Неактивированный			Активированный		
	сапропель	цеолит	уголь	сапропель	цеолит	уголь
Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г	0,002	0,017	0,013	0,012	0,028	0,14
Удельная геометрическая поверхность, м <sup>2</sup> /г	1,257	13,848	2,704	7,156	17,166	5,440

Таблица 3

## Содержание органического (ОВ) и минерального (МВ) вещества в наполнителе

Название	m <sub>исх</sub> г	ОВ+МВ T <sub>обр</sub> =110°C		МВ T <sub>обр</sub> =500°C		Кол-во ОВ %
		г	%	г	%	
Сапропель	500	42,70	8,54	16,45	3,29	61,48
Цеолит		473,32	94,66	437,91	87,58	7,48
Бурый уголь		458,65	91,73	90,68	18,13	80,22

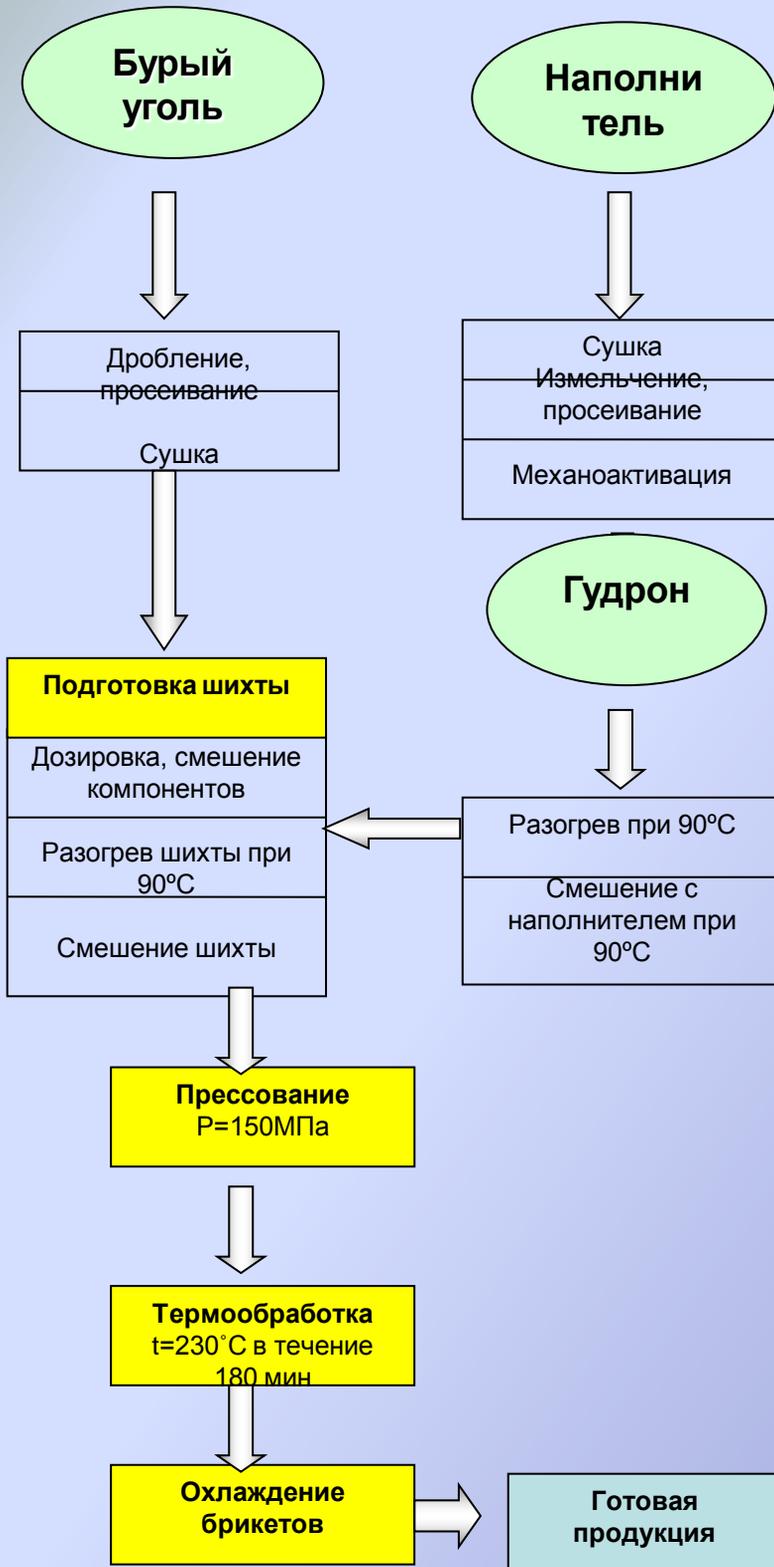
Результаты исследования влияния наполнителей в исходном и активированном состояниях на основные физико-химические свойства и групповой химический состав связующего приведены в табл.1. Из сопоставления приведенных данных следует, что введение активированных наполнителей позволяет сохранить технологические показатели гудрона, а по некоторым показателям и значительно улучшить. Благодаря высокой пористости, наполнители обладают повышенной сорбционной способностью по отношению к маслам гудрона. Имобилизация масел способствует снижению подвижной дисперсионной среды, что, по-видимому, снижает температуру размягчения и пенетрацию гудрона.

Установлено, что после модификации в гудроне понижается содержание масел на 1,2-9,5%, вязкости на 20-41%, но повышается содержание смол на 1,76-22,82%, кислорода в 2,5-4,6 раза. Асфальтены считаются одними из основных носителей спекающих и реологических свойств нефтесвязующих. Содержание асфальтенов в гудроне с добавками составило 6,98-9,75 %, с активированными добавками – 7,12-9,97%. Основным качественным показателем связующего при брикетировании углей также является температура размягчения, которая обуславливает температуру разогрева гудрона перед присадкой его к углю, степень разогрева шихты, температуру прессования и глубину охлаждения готовых брикетов. Добавление наполнителей в гудрон снижает температуру размягчения до 48°С.

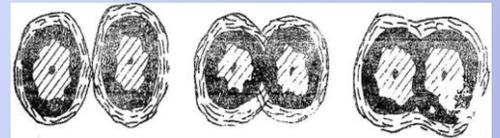
Установлено, что модификация также положительно влияет на пенетрацию и на значение коксумости, которое обеспечивает термоустойчивость брикетов. Пенетрация проб гудрона, определяемая при температуре 25°С, составила 280 единиц. Введение наполнителей приводит к снижению данного показателя до 185-209, с активированными наполнителями – до 170-196 единиц. Характер изменения пенетрации гудрона, наполненного сапропелем аналогичен пенетрации гудрона с угольным и цеолитовым наполнителями. Величина коксумости связующего без добавки составляет 10,82 %, с добавкой – 11,45-14,10%, с активированной добавкой – 12,98-14,88%.

Таким образом, анализ изменения свойств связующей композиции свидетельствует, что для любого из наполнителей предварительная активация в планетарной мельнице приводит к улучшению физико-механических свойств по сравнению со связующим, содержащим неактивированный наполнитель той же концентрации.

# Общая технологическая схема получения брикетов из бурых углей на основе гудрона



Первичные угольно-связующие комплексы (а – I тип, б – II тип, в – III тип), индивидуальные крупные зерна (г) и вторичные угольно-связующие ассоциаты (д)



Механизм усиления внутреннего трения брикетной смеси в период прессования: а – до приложения усилий прессования; б – момент возрастания усилий прессования; в – момент предельного напряжения давления прессования



## Основные технические характеристики брикетов из бурого угля Кангаласского месторождения

Состав	$\sigma_{сж}$ , МПа	$A^d$ , %	$V^{daf}$ , %	$S^d$ , %	$H^a$ , %	Дым-ть, сек	$W$ , %	$W^a$ , %	$Q^{daf}_{сг}$ , МДж/кг	$Q^f_{сг}$ , МДж/кг
Уголь +гудрон	6,12	16,00	45,80	0,33	3,81	108	2,10	5,67	28,64	19,93
Уголь +гудрон +сапрпель	12,13	18,40	49,00	0,53	3,56	110	2,15	4,80	29,86	21,06
Уголь +гудрон +акт.сапрпель	25,12	14,20	48,00	0,42	3,59	125	2,18	4,70	29,89	21,07
Уголь +гудрон +цеолит	15,51	22,50	50,80	0,42	3,63	127	2,40	4,30	28,66	19,15
Уголь +гудрон +акт.цеолит	19,59	26,80	54,70	0,22	3,93	126	2,45	4,10	28,68	18,72
Уголь +гудрон +уголь обр.	10,31	18,50	53,50	0,28	4,27	115	2,20	4,10	28,70	20,61
Уголь +гудрон +акт.уголь	13,94	16,60	56,40	0,29	4,86	116	2,24	4,10	29,79	22,67
<b>Показатели ГОСТ 7299-84</b>	<b>7,80</b>	<b>25,00</b>	<b>65,00</b>	<b>4,20</b>	<b>-</b>	<b>90</b>	<b>3,00</b>	<b>-</b>	<b>29,73</b>	<b>-</b>

*Примечание:*  $\sigma_{сж}$  – предел прочности при сжатии;  $A^d$  – зольность на сухое состояние топлива;  $V^{daf}$  – выход летучих веществ;  $S^d$  – общее содержание серы на сухое состояние топлива;  $H^a$  – общее содержание водорода на воздушно-сухое состояние топлива;  $W$  – водопоглощение;  $W^a$  – массовая доля общей влаги;  $Q^{daf}_{сг}$  – высшая теплота сгорания на сухое беззольное состояние топлива;  $Q^f_{сг}$  – низшая теплота сгорания на рабочее состояние топлива.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что оптимальны следующие параметры получения качественных топливных брикетов: крупность угля 0–2,5мм; влага аналитическая угля – 10–11%; давление прессования –150,0 МПа; температура обработки –230°С; время термообработки –180 мин.

Результаты исследования комплекса физико-механических испытаний буроугольных брикетов, представленные в табл. 4, свидетельствуют, что введение в гудрон активированных структурно-активных наполнителей (природный цеолит, озерный сапрпель, бурый уголь) приводит к значительному улучшению технических характеристик разработанных брикетов. Видно, что наибольший вклад в увеличении прочности брикетов вносит активация наполнителя. Основные показатели соответствуют требованиям ГОСТ 7299-84.

По сравнению с рядовым, сортовым углем, разработанные брикеты характеризуются повышенными физико-механическими характеристиками, стойкостью к механическим повреждениям, высокой влагостойкостью, тепловой эффективностью, длительным временем горения и благодаря своей компактности – удобством при хранении и транспортировке.



### **Область применения:**

топливные брикеты с использованием низкосортных местных видов топлива предназначены для отопления объектов малой и средней мощности, объектов малой и средней мощности, объектов социально-бытового назначения, для бытовых нужд населения, в мини котельных, печах, котлах, муниципальных отопительных системах и частных домовладениях (отопление домов, коттеджей, бань, саун, гаражей ит.д.)