

УДК 662.84:992.82
AGRIS P05

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/99/37>

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ИЗ УГЛЕЙ КЫЗЫЛ-БУЛАКСКОГО И КОЖО-КЕЛЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ И НАГРЕТОГО БИТУМА

©**Сабиров Б. З.**, ORCID: 0009-0000-8204-9235, SPIN-код: 2334-8963, Институт природных ресурсов им. А. С. Джаманбаева, г. Ош, Кыргызстан, batir73@mail.ru

©**Ташполотов Ы.**, ORCID: 0000-0001-9293-7885, SPIN-код: 2425-6716, д-р физ.-мат. наук, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, itashpolotov@mail.ru

TECHNOLOGY FOR PRODUCING COMPOSITE SOLID FUEL FROM COALS OF KYZYL-BULAK AND KOZHO-KELEN DEPOSITS AND HEATED BITUMEN

©**Sabirov B.**, ORCID: 0009-0000-8204-9235, SPIN-code: 2334-8963, Institute of Natural Resources named after A. S. Dzamanbaev, Osh, Kyrgyzstan, batir73@mail.ru

©**Tashpolotov Y.**, ORCID: 0000-0001-9293-7885, SPIN code: 2425-6716, Dr. habil., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, itashpolotov@mail.ru

Аннотация. В работе приведены результаты исследования получения композиционных твердых топлив (КТТ) из композиций углей Кызыл-Булакского и Кожо-Келенского месторождений и битумное связующее. Исследованы возможности получения КТТ из смеси битума и предварительно нагретых углей. Для определения зависимости качества получаемых КТТ от крупности помола вышеуказанный уголь был измельчен на три фракции: фракция с крупностью частиц 0–1 мм, фракция с частицами 0–3 мм и фракция 0–5 мм. Указанные 3 фракции угля были подвергнуты ситовому анализу и определены гранулометрический состав, затем каждая фракция в отдельности была подвергнута брикетированию на гидравлическом прессе, в пресс-форме диаметром 40 мм. Прессование происходило при 3-х параметрах, а именно: при давлении 10 МПа, 15 Мпа и 20 МПа. Применение различного давления дало возможность проследить зависимость качества полученного КТТ от давления прессования и определить оптимальный параметр давления. Также проведены брикетирование при различной концентрации шихты и определены механические свойства КТТ при концентрации связующего 6%, 8%, 10%. Установлено, что использование в качестве связующего материала — битумоподобный продукт (битум) полученный в результате терморастворения угля с нефтяным отходом при температуре 320–380°C дает механически прочные брикеты, которые оказывает сопротивление сжатию до 106 кг/см² и сопротивление на изгиб до 7,5 кг/см². Показаны, что механическая прочность брикетов увеличивается с увеличением степени помола угля, а также повышение давления прессования увеличивает механическую прочность брикетов. С увеличением степени влажности угля механическая прочность брикета понижается. Установлены оптимальные параметры получения КТТ: крупность угля 0–3 мм, влажность 6,5%, давление прессования 200 кг/см².

Abstract. The paper presents the results of a study of the production of composite solid fuels (CSF) from compositions of coal from the Kyzyl-Bulak and Kozho-Kelen deposits and a bitumen binder. The possibilities of producing CSF from a mixture of bitumen and preheated coals have been studied. To determine the dependence of the quality of the resulting CSF on the grinding size,

the above coal was crushed into three fractions: a fraction with a particle size of 0-1mm, a fraction with particles of 0-3 mm and a fraction of 0-5 mm. These 3 fractions of coal were subjected to sieve analysis and the granulometric composition was determined, then each fraction individually was subjected to briquetting on a hydraulic press, in a mold with a diameter of 40 mm. Based on the task, pressing took place at 3 parameters, namely: at a pressure of 10 MPa, 15 MPa and 20 MPa. The use of different pressures made it possible to trace the dependence of the quality of the resulting CSF on the pressing pressure and determine the optimal pressure parameter. Briquetting was also carried out at different concentrations of the charge and the mechanical properties of the CSF were determined at a binder concentration of 6, 8, 10%. It has been established that the use of a bitumen-like product (bitumen) as a binding material, obtained as a result of thermal dissolution of coal with oil waste at a temperature of 320-380°C, produces mechanically strong briquettes that have compression resistance up to 106 kg/cm² and bending resistance up to 7.5 kg/cm². It has been shown that the mechanical strength of briquettes increases with increasing degree of coal grinding, and also an increase in pressing pressure increases the mechanical strength of briquettes. As the moisture level of coal increases, the mechanical strength of the briquette decreases. The optimal parameters for producing CHP have been established: coal size 0-3 mm: humidity 6.5%, pressing pressure 200 kg/cm².

Ключевые слова: уголь, композиционное твердое топливо, брикет, сжигание.

Keywords: coals, composite solid fuel, briquette, combustion.

Получение композиционных твердых топлив с заданными формами и требуемыми технологическими параметрами на основе угольных мелочей КР в настоящее время является актуальной задачей. Однако существующие технологии брикетирования и гранулирования, основанные на использовании органических связующих – горючих отходов или попутных продуктов химических и пищевых производств не могут быть широко использованы в Кыргызстане из-за отсутствия источников этих связующих: нефтедобычи и ее переработки, развитой пищевой промышленности. В известных технологиях и производствах по выпуску угольных окускованных композитных топлив (брикетов), предпочтение отдается органическим связующим, таким как каменноугольная смола, пек, тяжелые нефтяные остатки, битум, отходы масложирового производства и другие из-за их высокой связующей и теплотворной способности [1–4]. Органические связующие отличаются высоким коксовым числом и низкой пенетрацией, что имеет очень важное значение [5].

В исследованиях авторов показано возможность получения связующего вещества битумоподобного вещества (далее битума) за счет процесса термического растворения (рафинирующая гидрогенизация) угля и получены окускованные топлива на их основе [6, 7]. Исследования по получению окускованных композиционных твердых топлив, брикетов с применением битума продолжены, определены основные физико-технические параметры. Исследовались угли Кызыл-Булакского и Кожо-Келенского месторождений с битумом, параметры брикетирования варьировались широко, но результаты показали, что не всегда удается получить из них брикеты удовлетворительные по всем показателям. *Целью настоящей работы* является разработка технологии получения композиционного твердого топлива из углей Кызыл-Булакского и Кожо-Келенского месторождений с нагретым битумом в зависимости от различных характеристик.

Материалы и методы исследования

Битум как связующее вещество обладает высокими клеящими свойствами, например, КТТ полученные на основе битума имеют высокую механическую прочность при истирании (89–91%), сбрасывании (90–100%), сжатии (1,2–1,6 МПа). Для определения зависимости качества получаемых КТТ от крупности помола вышеуказанный уголь был измельчен на три фракции: фракция с крупностью частиц 0–1 мм, фракция с частицами 0–3 мм и фракция 0–5 мм. Указанные 3 фракции угля были подвергнуты ситовому анализу и определены гранулометрический состав, затем каждая фракция в отдельности была подвергнута брикетированию на гидравлическом прессе, в пресс-форме диаметром 40 мм. Композиционное твердое топливо из угольных мелочей и нагретым битумом получены при давлении прессования: 10 МПа, 15 МПа и 20 МПа. Применение различного давления дало возможность проследить зависимость качества полученного КТТ от давления прессования и определить оптимальный параметр давления. Также проведены брикетирование смеси при различной концентрации шихты и определены механические свойства КТТ при концентрации связующего 6, 8, 10%. Полученные КТТ подвергались лабораторному испытанию на сжатие и изгиб на термостойкость, на влагустойчивость. В качестве связующего материала нами были использованы битумоподобный материал (битум), полученный путем терморастворения угля с нефтяным остатком при температуре 320–380°C [6, 7]. Для подготовки шихты уголь нагревали до 250°C, затем добавляли связующий материал соответственно в количестве 6, 8 и 10%.

Результаты и обсуждение

Получение КТТ из фракции 0–1 мм. Указанная фракция угля, полученная путем помола исходного угля в щековой дробилке, имела гранулометрический состав, представленный в Таблице 1.

Таблица 1.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ УГЛЕЙ ФРАКЦИИ 0–1 мм

Наименование	Класс	Количество, %
Класс угля с размером частиц	1–0,6мм	34
Класс угля с размером частиц	0,6–0,4	12
Класс угля с размером частиц	0,4–0,2	25
Класс угля с размером частиц менее	0,2	29

Как видно из приведенного выше состава распределения классов во фракции относительно равномерное, что говорит об однородном составе угля. Формование вышеуказанной фракции угля 0–1 мм производились при давлении: 10, 15 и 20 МПа. В Таблице 2 приведены результаты формования композиции угля с 6, 8 и 10% при давлении 10 МПа.

Таблица 2.

КТТ ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗ УГЛЕЙ ФРАКЦИИ 0–1 мм (10 МПа)

Связующее, %	Высота брикета, мм	Объемный вес брикета, г	Объем брикета, см ³	Плотность, г/см ³
6	25	40,00	31,4	1,27
6	20	30,200	25,1	1,203
6	20	30,370	25,1	1,54



Связующее, %	Высота брикета, мм	Объемный вес брикета, г	Объем брикета, см ³	Плотность, г/см ³
6	21	34,100	26,37	1,29
8	18	30,100	22,00	1,38
8	21	31,970	26,37	1,21
8	23	35,200	23,88	1,22
10	19	28,900	23,86	1,21
10	18	30,100	22,60	1,33
10	16	29,180	20,09	1,45

Полученные КТТ после снятия давления хорошо сохраняли форму, имели плотный блестящий с глянецом вид с незначительными трещинами на цилиндрической поверхности брикета. При падении на плиточный пол с высоты 2 м — часть КТТ разбивались. Для определения механической прочности указанная партия КТТ была подвергнута испытанию на изгиб и на сжатие (Таблица 3, Рисунок 1, 2). Как видно из Рисунков 1 и 2 — прочность КТТ возрастает с увеличением концентрации связующего и давления прессования.

Таблица 3.

ИСПЫТАНИЕ КТТ НА ИЗГИБ И НА СЖАТИЕ

Вид испытания	Концентрация связующего материала, С %	Прочность, МПа
Соппротивление на сжатие брикета	6	4,5
Соппротивление на сжатие брикета	8	5,2
Соппротивление на сжатие брикета	10	6,3
Соппротивление на изгиб	6	0,33
Соппротивление на изгиб	8	0,37
Соппротивление на изгиб	10	0,45

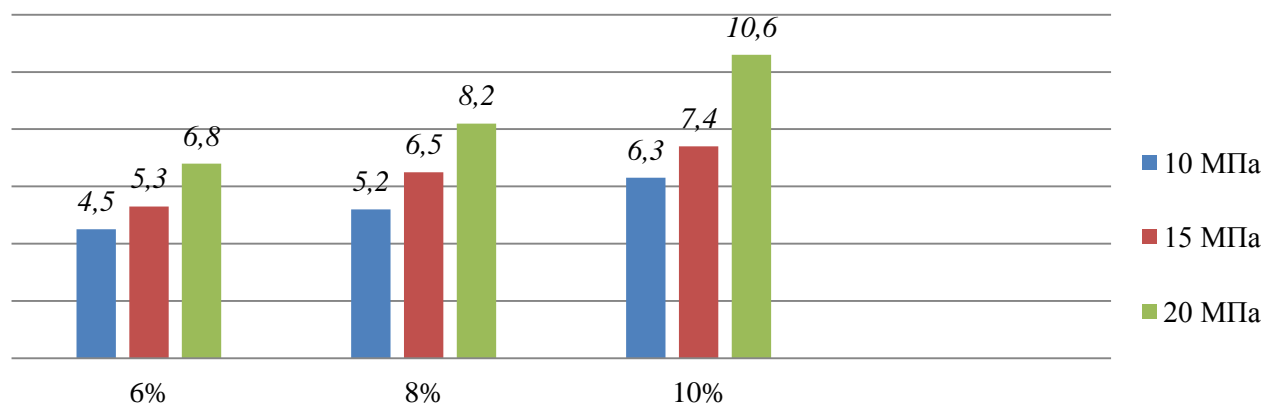


Рисунок 1. Прочность угольного брикета фракции 0–1 мм на сжатие при концентрациях связующего 6, 8 и 10% и при давлении прессования 10, 15 и 20 Мпа

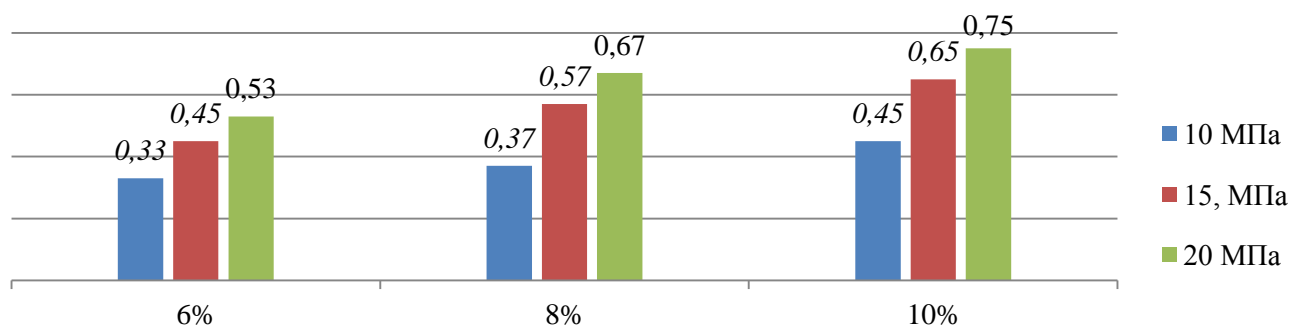


Рисунок 2. Прочность брикета фракции 0–1мм на изгиб при концентрациях связующего 6, 8 и 10% и при давлении прессования 10, 15 и 20 МПа

Брикетирование фракции 0–1 мм при давлении 15 МПа. Следующая партия КТТ была изготовлена при давлении 15 МПа, по внешнему виду они не отличались от предыдущей партии, изготовленной при 10 МПа. КТТ изготовленные при 15 МПа прошли испытание на механическую прочность (Таблица 4).

Таблица 3.

КТТ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ ДАВЛЕНИИ 15 Мпа

Связующее, %	Высота брикета, мм	Вес брикета, г	Объем брикета, см ³	Плотность брикета
6	18	29,940	22,60	1,32
6	21	33,340	26,37	1,26
6	18	29,760	22,60	1,32
6	20	30,370	25,10	1,22
8	19	29,750	23,86	1,24
8	20	30,050	25,10	1,23
8	19	29,200	23,86	1,21
8	21	32,500	26,37	1,33
10	20.5	32,390	25,75	1,25
10	19	31,000	23,86	1,3
10	20	32,490	25,1	1,29
10	18	27,940	22,60	1,23

Таблица 4.

ИСПЫТАНИЕ КТТ НА ИЗГИБ И НА СЖАТИЕ (при 15 МПа)

Вид испытания	Концентрация связующего материала, С %	Прочность, МПа
Сопротивление на сжатие брикета:	6	5,3
Сопротивление на сжатие брикета	8	6,5
Сопротивление на сжатие брикета	10	7,4
Сопротивление на изгиб	6	0,45
Сопротивление на изгиб	8	0,57
Сопротивление на изгиб	10	0,65

Брикетирование фракции 0–1 мм при давлении 20 МПа. Брикетирование углей фракции 0–1 мм при давлении 20 МПа производилось при тех же условиях как и в опытах с давлением 10–15 МПа. Полученные КТТ имели меньше трещин на цилиндрической поверхности, чем в предыдущих опытах. Характеристика полученных КТТ представлена в Таблице 5.

Механическое испытание на сжатие и сопротивление на изгиб КТТ показано в Таблице 6.

Таблица 5.

КТТ ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ ДАВЛЕНИИ 20 МПа

Связующее, %	Высота брикета, мм	Вес брикета, г.	Объем брикета, см ³	Плотность брикета, см ³
6	19,5	29,700	24,49	1,21
6	22	35,910	27,63	1,29
8	20	32,730	25,1	1,30
8	19	31,380	23,86	1,31
10	18	29,470	22,60	1,30
10	20	31,980	25,1	1,27

Брикетирование фракции 0–3 мм. Уголь данной фракции был подвергнут брикетированию в той же пресс-форме и при тех же условиях, которые соблюдались при испытании фракции угля 0–1 мм, при этом получены нижеследующие размеры и результаты на механическую прочность (Таблица 7): Брикетирование фракции 0–5 мм. Уголь данной фракции был подвергнут брикетированию при тех же условиях что и в опытах с фракциями 0–1 и 0–3 мм. Результаты испытаний приведены в Таблице 8.

Таблица 6.

ИСПЫТАНИЕ КТТ НА ИЗГИБ И НА СЖАТИЕ

Вид испытания	Концентрация связующего материала, С %	Прочность, МПа
Сопротивление на сжатие брикета	6	6,8
Сопротивление на сжатие брикета	8	8,2
Сопротивление на сжатие брикета	10	10,6
Сопротивление на изгиб	6	0,53
Сопротивление на изгиб	8	0,67
Сопротивление на изгиб	10	0,75

Таблица 7.

РЕЗУЛЬТАТЫ БРИКЕТИРОВАНИЯ ФРАКЦИИ УГЛЯ 0–3 мм

Связующее, %	Давление, Па	Высота брикета, мм	Вес брикета, г	Сопротивление на сжатие, МПа	Сопротивление на изгиб, МПа
6	10	19.5	выйдя из формы рассыпался		
6	15	25	38,350	1,6	—
6	20	24	37,760	2,2	—
8	10	22	34,613	2,9	0,35
8	15	23	35,282	3,6	0,37
8	20	24	37,680	4,6	0,43
10	10	23	35,340	3,4	0,55
10	15	25	39,230	4,7	0,59
10	20	25	39,280	7,3	0,67

Таблица 8.

РЕЗУЛЬТАТЫ БРИКЕТИРОВАНИЯ ФРАКЦИИ УГЛЯ 0–5 мм

Связующее, %	Давление, МПа	Высота брикета, мм	Вес брикета, г.	Сопротивление на сжатие, МПа	Сопротивление на изгиб, МПа
6	10				рассыпается
6	15	24	37,450		рассыпается
6	20	24	36,510	2,3	
8	10	25	38,300	2,8	0,33
8	15	24	37,800	3,3	0,35
8	20	24	38,200	3,9	0,37
10	10	24	38,650	3,6	0,45
10	15	25	39,100	4,7	0,49
10	20	25	39,120	6,4	0,55

Брикетиrowание при различной влажности шихты. Для определения влияния степени влажности на механическую прочность КТТ и выбора оптимального ее содержания в исходном угле проведено брикетиrowание угля при содержании влаги 8–10%. Давление прессования составило 20 МПа. Партия КТТ, изготовленная из угля с содержанием влаги 8% имели следующие характеристики (Таблица 9).

Таблица 9.

КТТ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ ИЗ УГЛЯ С СОДЕРЖАНИЕМ ВЛАГИ 8%

Высота брикета, мм	Вес брикета, г.	Объем брикета, см ³	Плотность брикета, см ³
17	27,330	21,35	1,28
18	28,740	22,61	1,27
18	28,380	22,61	1,25
17	27,720	21,35	1,29
18	28,590	22,61	1,26
17,5	27,990	21,98	1,27

Термостойкость КТТ. Сжигание в муфельной печи показали, что форма КТТ сохраняется до конца процесса горения, при этом давая легкие трещины и осыпаясь по мере выделения золы на поверхность. Выделение летучих и их горение давало языки пламени длиной до 8–10 см высоты над КТТ. Брикет рассыпался под действием нагрузки только в момент его полного озоления. *Влагоустойчивость КТТ.* Наиболее механически крепкие (давление 20 МПа и влага 8%) КТТ были опущены в сосуд с водой. Брикет после погружения в воду рассыпался частично. Сопротивление на сжатие брикета — 6,8 МПа, а сопротивление на изгиб — 0,56.

Таблица 10.

КТТ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ ИЗ УГЛЯ С СОДЕРЖАНИЕМ ВЛАГИ 10%

Высота брикета мм	Вес брикета, г	Объем брикета, см ³	Плотность брикета, см ³
17	26,340	21,35	1,23
18	28,060	22,61	1,24
18	28,420	22,60	1,30
18,5	29,700	23,24	1,27
19	30,120	23,86	1,26
19	29,530	23,86	1,23

Брикетирование шихты с влагой 10%. КТТ полученные из угля с влагой 10% имели характеристику представленную в Таблице 10. Результаты испытаний показали, что прочность КТТ на сжатие составляет — 6,3 МПа, а на изгиб — 0,51 МПа.

Выводы:

1. Применение в качестве связующего материала — битумоподобный продукт (битум) полученный в результате терморастворения угля с нефтяным отходом при температуре 320–380°C дает механически прочные брикеты, которые оказывает сопротивление сжатию до 106 кг/см² и сопротивление на изгиб до 7,5 кг/см².

2. Механическая прочность брикетов повышается с увеличением степени помола угля, а также повышение давления прессования увеличивает механическую прочность брикетов. С увеличением степени влажности угля механическая прочность брикета понижается.

3. Оптимальными параметрами при производстве механически крепких брикетов следует считать: крупность угля 0–3 мм, влажность 6,5% и давление прессования 200 кг/см².

Список литературы:

1. Текенов Ж. Т., Исманжанов А. И., Джолдошева Т. Д. Утилизация низкосортных углей кыргызстана окускованием с неорганическими связующими. Бишкек: Илим, 2008. 147 с.

2. Rubiera F., Hall S. T., Shah C. L. Sulfur removal by fine coal cleaning processes // Fuel. 1997. V. 76. №13. P. 1187-1194. [https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(97\)00015-X](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(97)00015-X)

3. Methods of shaping, e.g. pelletizing or briquetting with the aid of binders, e.g. pretreated binders. DE3114141C2. Germany.

4. Андреева Л. М. Асфальто-битумные сплавы, как связующее для брикетирования шаргунских углей // Брикетирование углей и углеродистых материалов. М., 1973. С. 51-57.

5. Зорин А. Ж. Разработки технологии брикетирования угля бурого со связующими нефтяного происхождения // Тезисы докладов конференции. Уфа, 1991. С. 28.

6. Сабилов Б. З., Цой А. В., Джапарова Ш., Полотов И. Ж., Коназарова Ч. К. Терморастворение угля // Вестник Ошского государственного университета. 2017. №1. С. 155-164.

7. Кошназарова Ч. К., Сабилов Б. З., Джапарова Ш., Полотов И. Ж. Исследование получения термо и водостойкого угольного брикета на основе битума (полученного терморастворением угля) и бентонитовой глины // Вестник Ошского государственного университета. 2017. №1. С. 76-79.

References:

1. Tekenov, Zh. T., Ismanzhanov, A. I., & Dzholdosheva, T. D. (2008). Utilizatsiya nizkosortnykh uglei kyrgyzstana okuskovaniem s neorganicheskimi svyazuyushchimi. Bishkek. (in Russian).

2. Rubiera, F., Hall, S. T., & Shah, C. L. (1997). Sulfur removal by fine coal cleaning processes. *Fuel*, 76(13), 1187-1194. [https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(97\)00015-X](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(97)00015-X)

3. Methods of shaping, e.g. pelletizing or briquetting with the aid of binders, e.g. pretreated binders. DE3114141C2. Germany.

4. Andreeva, L. M. (1973). Asfal'to-bitumnye splavy, kak svyazuyushchee dlya briketirovaniya shargun'skikh uglei. In *Briketirovanie uglei i uglerodistykh materialov*, Moscow. 51-57. (in Russian).

5. Zorin, A. Zh. (1991). Razrabotki tekhnologii briketirovaniya uglya burogo so

svyazuyushchimi neftyanogo proiskhozhdeniya // Tezisy докладov konferentsii. Ufa. (in Russian).

6. Sabirov, B. Z., Tsoi, A. V., Dzhaparova, Sh., Polotov, I. Zh., & Konazarova, Ch. K. (2017). Termorastvorenie uglya. *Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta*, (1), 155-164. (in Russian).

7. Koshnazarova, Ch. K., Sabirov, B. Z., Dzhaparova, Sh., & Polotov, I. Zh. (2017). Issledovanie polucheniya termo i vodostoikogo ugol'nogo briketa na osnove bituma (poluchennogo termorastovreniem uglya) i bentonitovoi gliny. *Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta*, (1), 76-79. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 13.01.2024 г.*

*Принята к публикации
24.01.2024 г.*

Ссылка для цитирования:

Сабилов Б. З., Ташполотов Ы. Технология получения композиционного твердого топлива из углей Кызыл-Булакского и Кожо-Келенского месторождений и нагретого битума // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №2. С. 388-396. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/99/37>

Cite as (APA):

Sabirov, B., & Tashpolotov, Y. (2024). Technology for Producing Composite Solid Fuel From Coals of Kyzyl-Bulak and Kozho-Kelen Deposits and Heated Bitumen. *Bulletin of Science and Practice*, 10(2), 388-396. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/99/37>