

and mineralizations were discovered before the 1980s. Majority of the discovered rare earth deposits in Kyrgyzstan are unexplored and unappraised. Accessing from surface involved very few of them. It is topical to continue exploration and prospecting in the areas holding mineralizations and deposits of rare earths, and in the new zones suitable for rare earth discovery. With this end in view, the development strategy of the Republic should include a new program on integrated analysis, prospecting, exploration and mining of rare-earth elements.

**Keywords:** Kyrgyzstan, Tien Shan, rare earths, mineralization, deposit, reserves, development prospects.

#### References

1. Global Rare Earth Oxide Mine Production. Available at: [http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare\\_earths/ree-trends.pdf](http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/ree-trends.pdf) (accessed: June 20, 2016).
2. Chen Z. Global rare earth resources and scenarios of future rare earth industry. *Journal of Rare Earths*. 2011. Vol. 29, Iss. 1. pp. 1–6.
3. Nikonov V. V. *Rudnye mestorozhdeniya Kyrgyzstana* (Ore deposits of Kyrgyzstan). Bishkek, 2009. 482 p.
4. Akmatov M. A. Redkozemelnye elementy (Rare-earth elements). *Geologiya i poleznye iskopaemye* (Geology and minerals). Bishkek, 2009. pp. 231–232.
5. Ivleva E. A., Pak N. T. Redkozemelnoe orudnenie Kyrgyzstana (Rare-earth mineralization of Kyrgyzstan). *Geodinamika, orudnenie i geoekologicheskie problemy Tyan-Shanya : materialy konferentsii* (Geodynamics, mineralization and geoeological problems of Tian Shan : materials of conference). Bishkek, 2013. pp. 91–97.
6. Kröner A., Alexeiev D. V., Hegner E. et al. Zircon and muscovite ages, geochemistry, and Nd isotopes for the Aktyuz metamorphic terrane: evidence for an Early Ordovician collisional belt in the northern Tian Shan of Kyrgyzstan. *Gondwana Research*. 2012. No. 21. pp. 901–927.
7. Seltmann R., Konopelko D., Biske G., Divaev F., Sergeev S. Hercynian post-collisional magmatism in the context of Paleozoic magmatic evolution of the Tian Shan orogenic belt. *Journal of Asian Earth Sciences*. 2011. No. 42. pp. 821–838.
8. Kim V., Malyukova N., Raimbault L. The Ak-Tyuz rare-metal ore field. In: *Geodynamics and Gold Deposits in the Kyrgyz Tian Shan*. IGCP 373 International Field Conference, Bishkek and Kyrgyz Tian Shan, Kyrgyz Republic, 16–25 August, 2001. IAGOD Guidebook Series 9: Natural History Museum London. 2001. pp. 115–124.
9. Dzhenchuraeva R. D. *Geodinamika, metallogeniya i rudogenez (na primere Tyan-Shanya i prilegayushchikh territoriy)* (Geodynamics, metallogeny and ore genesis (on example of Tian Shan and adjacent areas)). Bishkek, Ilim, 2010. 236 p.
10. Malyukova N. Hypogene Zoning of Polymetallic Rare-Earth and rare-Metal Deposits in the Ak-Tyuz Ore Field (Northern Tian Shan, Kyrgyzstan). Second International Workshop on Tethyan Orogenesis and Metallogeny in Asia. China University of Geosciences. Wuhan, China, 2015. pp. 59–63.
11. Djenchuraeva R. D., Borisov F. I., Pak N. T., Malyukova N. N. Metallogeny and geodynamics of the Aktiuz-Boordu Mining District, Northern Tian Shan, Kyrgyzstan. *Journal of Asian Earth Sciences* (Formerly the Journal of Southeast Asian Earth Sciences). 2008. Vol. 32, Iss. 2–4. Special Issue Geodynamics and Metallogeny of Altai Orogen. pp. 280–299.
12. Ivleva E. A., Pak N. T. Mineralnye tipy rud redkozemelnogo mestorozhdeniya Kutessay-2 (Kyrgyzstan) (Mineral types of ores of rare-earth deposit Kutessay-II (Kyrgyzstan)). *Geologicheskaya nauka nezavisimogo Kazakhstana: dostizheniya i perspektivy* (Geological science of independent Kazakhstan: achievements and prospects). Almaty, 2011. pp. 183–192.
13. Ivleva E., Pak N. T. The Biggest Rare-Earth Deposits in Tian-Shan. Ore genesis. Miass, 2013. pp. 39–42.
14. Dzhumagulov U. Redkometalno-redkozemelnoe mestorozhdenie Sarysay (Kyrgyzstan) (Rare-metal and rare-earth deposit Sarysay (Kyrgyzstan)). *Izvestiya Natsionalnoy Akademii Nauk Kyrgyzskoy Respubliki = Bulletin of National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic*. 2014. No. 2. pp. 25–30.
15. *Geodinamika i orudnenie Tyan-Shanya* (Geodynamics and mineralization of Tian Shan). Under the editorship of A. B. Bakirov. Bishkek, Ilim, 2014. 278 p.

УДК 662.33(575.2)

## РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННЫХ УГОЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КЫРГЫЗСТАНЕ

**А. А. АСАНОВ<sup>1</sup>**, заведующий кафедрой, проф., д-р техн. наук, [asanov52@mail.ru](mailto:asanov52@mail.ru)

**А. А. АСАНОВА<sup>2</sup>**, преподаватель кафедры механики, канд. физ.-мат. наук

**К. К. ОРОЗОВ<sup>3</sup>**, заведующий отделом, канд. техн. наук

<sup>1</sup> Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры, Бишкек, Кыргызстан

<sup>2</sup> Кыргызско-Российский (Славянский) университет, Бишкек, Кыргызстан

<sup>3</sup> Институт горного дела и горных технологий им. академика

У. А. Асаналиева, Бишкек, Кыргызстан

### Введение

Угольная промышленность Кыргызской Республики (КР) среди других отраслей топливно-энергетического комплекса имеет наиболее обеспеченную сырьевую базу. На территории республики находится более половины каменных и бурых углей Центральной Азии. Балансовые запасы и прогнозные ресурсы углей до глубины 600 м от земной поверхности составляют 6390,96 млн т, в том числе числятся на балансе 1303 млн т (20 %), из них разведанных по категориям А+В+С<sub>1</sub> — около 1 млрд т, а по категории С<sub>2</sub> — более 3, 1 млрд т [1]. Известны залежи углей от бурого до антрацита. Наибольший объем составляют бурые угли. На севере республики крупными месторождениями бурого угля являются Кара-Кече и Мин-Куш. Запасы угля по месторождению Кара-Кече на текущий момент учтены в коли-

Оценено состояние ресурсной базы угольной отрасли промышленности в Кыргызской Республике. Отмечено преобладание залежей углей с низкой степенью метаморфизма. Указано на сравнительно низкую теплопроводную способность таких углей, высокое содержание летучих компонентов, повышенную влажность. Показано, что для улучшения потребительских свойств топлива необходимо применять современные углеперерабатывающие технологии. Приведены сведения о разработанных способах переработки местных углей и оборудовании для их реализации.

**Ключевые слова:** Кыргызская Республика, каменные и бурые угли, брикетирование, пиролиз, установки для переработки угля.

**DOI:** [dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.08.11](https://doi.org/10.17580/gzh.2016.08.11)

честве 435 млн т. На месторождении Мин-Куш объемы эксплуатационных запасов угля достигают 119 млн т.

Большая часть запасов бурого и каменного угля сосредоточена на юге республики. Известны крупные месторождения со значительными запасами угля (млн т): по Баткенской области — Сулюкта (113,8), Шурабское (140,325), Бешбурхан (38,114), Кызыл-Кия (88,22); Ошской области — Алмалык (19,3), Бель-Алма (90). На месторождениях Кок-Янгак, Ташкомур, Джергалан, Кара-Тыт, Тегенек добывают длиннопламенные и газовые каменные угли, которые также относятся к энергетическим сортам. Коксующие угли и антрацит сосредоточены в основном в Узген-

ском каменноугольном бассейне, где отсутствует промышленная их добыча.

Из вышеизложенного следует, что в республике преобладают залежи углей с низкой степенью метаморфизма, к которым относятся бурые, длиннопламенные и газовые каменные угли. Отличительной особенностью таких углей является сравнительно низкая теплотворная способность, высокое содержание в них летучих веществ и повышенная влажность. Кроме того, бурые угли подвержены крошению при добыче и длительном хранении, а угольная мелочь осложняет ее транспортирование и сжигание.

Основное применение добываемого угля в настоящее время — энергетическое, т. е. получение тепла и электроэнергии. В течение последних десятилетий активное потребление дешевой нефти и природного газа тормозило развитие новых технологий использования угля. Как следствие, на сегодняшний день в стране главным способом использования энергетических углей является их сжигание по технологиям, основы которых разработаны в начале прошлого века.

В связи с этим необходимы разработка и внедрение принципиально новых, энергетически и экономически эффективных, экологически безопасных и высокопроизводительных технологий использования угля для замены (вытеснения) экологически «грязных» технологий сжигания угля технологиями, резко снижающими вредные выбросы в окружающую среду. Следует ориентироваться на замену экспортной продукции отечественной; ликвидацию отходов угольных предприятий.

### Результаты исследований

Для выработки собственных подходов к решению проблемы комплексной энергоэффективной переработки местных углей был изучен положительный опыт стран, занимающихся угольными технологиями. В качестве примера, можно отметить положительный опыт российской компании «Сибтермо» (г. Красноярск) по производству полукокса и попутного горючего газа. Компания «Талко» (Таджикистан) за счет переработки угля в газ не только обеспечивает энергоносителем производство крупнейшего алюминиевого завода, но и подает тепло и горячую воду в жилые районы г. Душанбе. В США в 1990-е годы были реализованы два проекта промышленного масштаба для производства термооблагороженного твердого топлива. Китайская компания Shendun освоила производство модульных установок для выработки электроэнергии, работающих на угольном газе. В г. Павлодаре (Казахстан) запущена промышленная установка по технологии Лурги (Германия) для выработки газа из шабыркульских углей для нужд алюминиевого завода, а в г. Караганде из той же марки угля производят углеродистый восстановитель для металлургии.

Зарубежный опыт использования низкосортных углей предполагает термическую их переработку с целью повышения потребительских свойств. Выполнен обзор существующих технологий термической переработки местных углей, а также рассмотрены пути их использования в приложении к решению задачи повышения энергоэффективности использования добываемых в республике углей.

На сегодняшний день известны более двух десятков методов переработки углей, начиная от простейшей сортировки, обогащения,

пиролиза, газификации, перевода угля в жидкое топливо путем гидрирования, и заканчивая получением углеродных волокон и новых форм углерода. Для получения продуктов топливного назначения с новыми потребительскими свойствами наиболее востребованы следующие основные технологии, получающие развитие в республике:

- технологии повышения качества угольного топлива (брикетирование, термическое обогащение, термобрикетирование, способы сжигания) [2, 3];
- технологии производства топливной продукции с новыми потребительскими свойствами и более высокой стоимостью (пиролиз, газификация, переработка в жидкое топливо) [4–7];
- технологии переработки углей в продукцию нетопливного назначения (адсорбенты, удобрения, реагенты и т. п.);
- технологии извлечения из угля, отходов его переработки и угольной золы неорганических минеральных примесей (редкие металлы, кремний, ферро- и карбосилиций и др.) [8–11].

На данном этапе проведены исследования по изучению состояния угольных шахт и карьеров, способов утилизации угольной мелочи, а также исследования свойств местных углей на пригодность в технологических целях [2].

Брикетирование углей — одно из направлений превращения мелких классов углей в бытовое и энергетическое топливо для слоевого сжигания. Брикетирование бурых, каменных углей и антрацитов крупностью 0–6 мм осуществляют, как правило, в прессах с применением различных связующих компонентов. В последние годы на рынке в городах Бишкек и Ош появились топливные брикеты, произведенные, соответственно, на базе промышленной линии и мини-комплексов, в создании которых принимали участие и авторы статьи. В качестве связующего вещества использованы местные бентонитовые глины.

Опыт производства угольных брикетов (рис. 1) с использованием холодного брикетирования и соответствующего оборудования показывает, что при минимальных затратах на брикетирование эти технологии и оборудование могут найти применение на практике и тем самым способствовать эффективному использованию низкосортных углей. Вместе с тем топливный брикет, произведенный по известным технологиям, не в состоянии конкурировать с теми марками угля, которые традиционно представлены на энергетическом рынке, прежде всего из-за низкой теплотворной способности, довольно высокой для энергетического топлива себестоимости, поскольку брикет попадает в один сегмент рынка с более дешевым сортовым углем.

Более привлекательны в этом плане техника и технология получения бездымных топливных брикетов повышенной теплотворной способности на основе буроугольного полукокса, что предполагает переработку исходного мелкодисперсного угля с использованием высокоскоростных способов пиролиза угля.

Переработка угля по технологии мягкого пиролиза или, как ее называют в США — LPS, заключается в сушке и последующем нагреве угля до 550 °С в инертной среде. В результате получают бездымное высококалорийное топливо — полукокс, газовое топливо и/или смолы. Процесс полукоксования углей является наиболее адаптивным в ряду технологий глубокой переработки топлива. У него технически выгодный температурный интервал, он экономически менее



Рис. 1. Общий вид промышленного (а) и опытно-экспериментальных (б, в) образцов оборудования для производства угольных брикетов

затратен (по сравнению с высокотемпературным коксованием), более привлекателен относительно получения широкого спектра химических продуктов с высокой добавленной стоимостью. Полукокс может быть использован в качестве сорбента, обогащенного твердого топлива для энергетического, коммунально-бытового и технологического использования; как технологическое сырье для получения новых продуктов в металлургии [3–5, 10].

Наиболее крупным достижением советской науки в этой области является технология ОАО «ЭНИН», реализованная в 1987 г. на уровне опытно-промышленной установки ЭТХ-175 (175 т/ч по углю) [4]. Основная особенность этой технологии заключается в использовании твердого теплоносителя в схеме его рециркуляции, что обеспечивает термообработку крупнозернистого (до 3–5 мм) угля с разделением твердого остатка на два класса по крупности частиц.

Технология брикетирования полукокса, получаемого в условиях высокоскоростного пиролиза по схеме ЭНИН, основана на использовании валкового пресса. Исходный горячий полукокс, получаемый при пиролизе, перед брикетированием охлаждается водой, увлажняется до 15–18 % и далее поступает в бункер, откуда посредством питателя подается на смеситель шнекового типа; туда же подается связующее вещество. Полученная шихта предварительно охлаждается и стабилизируется в следующей установке и далее подается в вальцовый пресс; готовые брикеты по транспортеру поступают на термоокислительную установку.

Опыт эксплуатации установки ЭТХ-175 показал, что она не удовлетворяла требованиям по надежности, экономической эффективности и экологической безопасности. Причиной, по мнению авторов, послужили ее конструктивная сложность, аллотермический принцип подвода тепла для сушки и пиролиза исходного угля, при котором попутное образование некоторых продуктов пиролиза (смол и подсмольных вод), а также отработанного газообразного теплоносителя требует определенных затрат по реализации природоохранных мер.

С учетом изложенного выше исследована и разработана новая технология пиролиза и частичной газификации местных углей с использованием технологии кипящего слоя. В разработанной технологии использован автотермический способ переработки угля, при котором существенно выше интенсивность подвода тепла к углю, а «огневое обезвреживание» летучих продуктов пиролиза осуществляется непосредственно в процессе переработки угля внутри реактора.

Аналогом послужила технология, разработанная компанией «Сибтермо». Кроме этой, промышленной технологией термической переработки угля, использующей автотермический принцип нагрева, является коксование угля в кольцевой подовой печи. Этот процесс разработан в 1960–1970-х годах в США компанией Salem Corporation и реализован в промышленном масштабе в 1980-е годы в Германии (Rheinbraun AG) и Канаде (Luskar Ltd). В технологической схеме отсутствуют жидкие продукты пиролиза, определяющие экологическую опасность производства. Тепло, необходимое для термообработки угля, генерируется за счет сжигания летучих веществ. Единственный побочный продукт — дымовые газы, сбрасываемые в котел-утилизатор для генерации пара, направляемого на сушку исходного угля.

Для решения проблем, связанных с аппаратным оформлением нового процесса, на основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований были выполнены опытно-конструкторские работы по реализации усовершенствованной технологии сжигания угля и комбинированной установки для переработки угля (новизна способа и установки защищены патентами КР № 1430, 1614). Принципиальная схема этой установки показана на рис. 2.

Устройство содержит газогенератор 1, представляющий собой цилиндрический реактор 2 с точкой 3, соосно размещенной внутри реактора. Под точкой 3, перпендикулярно ее оси смонтированы газораспределительные кольцеобразные решетки 4 и 5 с размещенными по их краям переливными стенками 6 и 7. Решетки 4 и 5 установлены под уклоном, верхняя — с уклоном к стенке цилиндрического реактора, нижняя — с уклоном от стенки реактора. Опираются они, соответственно, на круглый и кольцеобразный диски 8 и 9, смонтированные в реакторе 2. Решетки 4 и 5 и соответствующие им диск 8 и 9 образуют между собой камеры 10 и 11. Под нижним диском 9, представляющем собой одновременно дно цилиндрического реактора 2, смонтирован пиролизер 12 с фурмой 13 для дутья насыщенного пара и коллектором 14 для отвода генерируемого газа, Газогенератор 1 и пиролизер 12 сообщены между собой посредством отверстия 13, образованного переливной стенкой 7 нижней решетки 5, а камеры 10 и 11 сообщены через эжектор 15 с трубопроводом отсоса 16 и линией подачи воздуха 17. Кроме того, установка снабжена циклоном 18, смонтированным между цилиндрическим реактором 2 и эжектором 15, его выход сообщен с выходом шнека 19 для отбора полукокса.

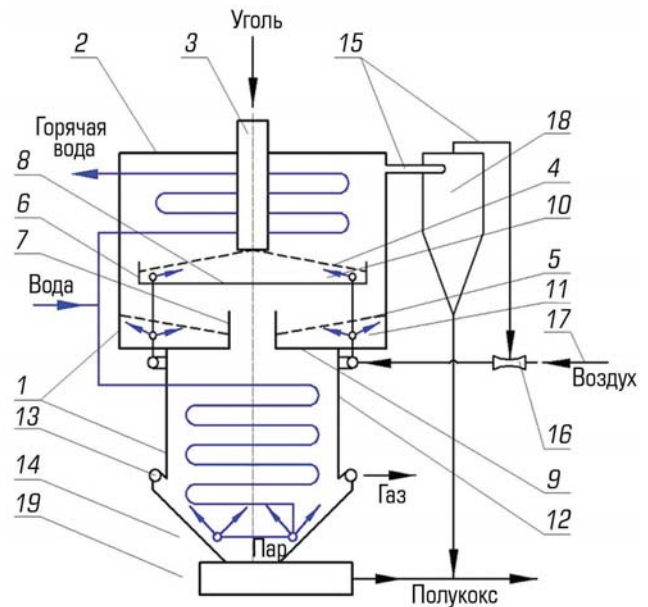
Устройство работает следующим образом. Подлежащее переработке твердое топливо фракции 5–25 мм непрерывно загружается сверху в цилиндрический реактор 2 через течку 3 газогенератора 1 и поступает на поверхность решетки 4, а затем и решетки 5. При подаче воздуха линией 17 в камеры 10 и 11 на решетках 4 и 5 образуется кипящий слой, за счет чего интенсифицируется процесс газификации непрерывно поступающего через течку 3 угля. Образующийся в верхней части реактора 2 при воздействии на твердое топливо высокотемпературных продуктов горения и воздушного дутья генераторный газ вместе с парами влаги и угольной пылью по трубопроводу 16 при подаче воздуха через линию 17 и эжектор 15 заново поступает в камеры 10 и 11. Далее по отверстию 13 проходит сверху вниз через толщу топлива в корпусе пиролизера 10 к коллектору 14, откуда он в смеси с образующимся пиролизным газом поступает к потребителю. Остаточный продукт пиролиза в виде сухого полукокса из нижней части пиролизера 12 отбирается шнеком 19 и также направляется потребителю в качестве ценного продукта. Чтобы камеры 10 и 11 не забивались угольной пылью, на трубопроводе 16 между цилиндрическим реактором 2 и эжектором 15 установлен циклон 18; выход последнего сообщен со шнеком 19 для выгрузки полукокса.

Была изготовлена пилотная установка производительностью до 2000 кг/ч по углю. Общий вид установки для комбинирования процессов пиролиза и газификации угля в кипящем слое показан на **рис. 3** [10].

Продукт рекомендуется для использования в качестве специального технологического топлива в самых разных приложениях: высокорреакционный восстановитель (пылевидный и брикетированный) в металлургических процессах; компонент твердого топлива для вдувания в домы; технологическое топливо для цементных и глиноземных печей; сырье для производства бездымного бытового топлива (брикеты).

Идея производства синтетического жидкого топлива (СЖТ) из угля весьма востребована производителями, однако она почти не была реализована на практике, за исключением заводов SASOL в ЮАР, построенных в 1950–1980-е годы в период действия эмбарго на поставки нефти в эту страну. За последующие четверть века, несмотря на два мировых энергетических кризиса, ни в одной стране, за исключением Китая, не было построено ни одной установки СЖТ из угля [4, 7].

Китай провел успешные испытания технологии сжижения угля. По результатам десятилетних исследований было построено пилотное предприятие производственной мощностью 160–180 тыс. т сжиженного угля в год. При этом для получения 1 т нефтепродуктов затрачивается 4 т угля. Испытания показали, что горючие материалы, произведенные в рамках проекта, являются экологически чистыми, выброс вредных веществ в атмосферу соответствуют пятой категории по европейскому стандарту, двигатели на таком топливе работают на 10–12 % экономнее, чем на обычном горючем. В дальнейшем предполагается обеспечить производительность до 5 млн т в год. Потребность в инвестициях начинает свой отсчет от уровня порядка 350–400 млн долл.



**Рис. 2. Принципиальная схема установки для газификации и пиролиза твердого топлива**



**Рис. 3. Общий вид установки для переработки бурых углей**

США при сроках окупаемости от 7–8 лет и более. Авторами начаты работы по обоснованию возможности постепенного освоения данной технологии в Кыргызстане, где ежегодно импортируются нефтепродукты в объеме до 1 млн т.

В республике начато также освоение и четвертой группы технологий, связанных с производством экспортно-ориентированной продукции — ферросиликоалюминия, получаемого из высокоуглистого сырья. Технология разработана Карагандинским химико-металлургическим институтом (Казахстан) [8]. Ис-

пользование этих технологий аналогично производству технического кремния и ферросплавов, они позволяют получать востребованную на рынке конкурентоспособную продукцию, которая отвечает экологическим и технологическим требованиям.

Шихта для выплавки ферросиликоалюминия в рудотермической печи содержит золу от сжигания углей, углеродистый восстановитель в виде коксового продукта, а также кварцит. В качестве исходного сырья предполагается использование бурых углей и угольных отвалов месторождений Тегене (г. Ташкомур), Ак-Улак (г. Мин-Куш) с высоким содержанием алюминия, достигающим 18–34 %, а также кварцита месторождения Уч-Курт в Джалал-Абадской области. Начата реализация проекта по строительству ферросплавного завода в г. Ташкомуре.

### Заключение

Таким образом, энергоэффективное использование бурых и каменных углей по предлагаемым технологиям обеспечивает качественное повышение экономической эффективности и близкий к предельному уровень экологической эффективности для данного класса сырья. Разработанная технология открывает широкие перспективы для вовлечения в топливно-энергетический баланс страны дешевых углей и переводит известные месторождения бурых углей на уровень стратегического ресурса страны, на базе которого может быть построена энергетика и металлургия нового поколения.

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 8, pp. 61–65

DOI: [dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.08.11](https://doi.org/10.17580/gzh.2016.08.11)

#### The development of modern coal technologies in Kyrgyzstan

##### Information about authors

**A. A. Asanov**<sup>1</sup>, Head of a Chair, Professor, Doctor of Engineering Sciences, [asanov52@mail.ru](mailto:asanov52@mail.ru)

**A. A. Asanova**<sup>2</sup>, Lecturer at the Chair of Mechanics, Candidate of Physico-Mathematical Sciences

**K. K. Orozov**<sup>3</sup>, Head of Department, Candidate of Engineering Sciences

<sup>1</sup> Isanov Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture, Bishkek, Kyrgyzstan

<sup>2</sup> Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyzstan

<sup>3</sup> Academician Asanaliyev Institute of Mining and Mining Technologies, Bishkek, Kyrgyzstan

##### Abstract

The current situation in the coal industry of Kyrgyzstan that is rich in coal reserves from lignite to anthracite is considered. Predominance of coal reserves with low degree of metamorphism, which include brown and subbituminous coals and gas, is highlighted. Low calorific value, high volatile content, high humidity and exposure to crumbling of such coals is indicated. It is shown that using the modern coal processing technologies is necessary to improve their consumer properties.

Phased implementation of the current coal processing technologies to produce products with new consumer properties is initiated. The information about the developed local coal processing methods and the equipment for their implementation are presented. The results are based on the use of techniques and technologies of fluidized bed pyrolysis and partial gasification of local coal. The experience of their commercial introduction and further implementation associated with synthetic liquid fuel production and valuable metal recovery from coal ash for ferroalloying is outlined.

**Keywords:** Kyrgyz Republic, bituminous coal and lignite, briquetting, pyrolysis, coal conversion plants.

##### References

- Asanov A. A. *Pererabotka uglia — osnova novykh tekhnologiy i energetiki Kyrgyzstana* (Coal conversion — the basis of new technologies and energetics of Kyrgyzstan). Bishkek : Engineering Center «Tekhnik», 2011. 215 p.
- Zhumaliev K. M., Alymkulov S. A., Asanov A. A., Sarymsakov Sh. S. *Issledovanie i razrabotka tekhnologii proizvodstva ugolnykh briketov dlya promyshlennykh*

### Библиографический список

- Asanov A. A. *Pererabotka uglia — osnova novykh tekhnologiy i energetiki Kyrgyzstana*. — БИШКЕК : ИЦ «Техник», 2011. — 215 с.
- Zhumaliev K. M., Alymkulov S. A., Asanov A. A., Sarymsakov Sh. S. *Исследование и разработка технологии производства угольных брикетов для промышленных коммунально-бытовых нужд*. — БИШКЕК : Макс-принт, 2012. — 254 с.
- Evtifeev E. N. *Новая технология производства бытового бездымного топлива // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2011. № 6. С. 51–53.
- Islamov S. P. *Энерготехнологическая переработка углей*. — Красноярск : Поликор, 2010. — 224 с.
- Shkoller M. B. *Полукоксование каменных и бурых углей*. — Новокузнецк : Инженерная академия России, Кузбасский филиал, 2001. — 232 с.
- Grieco E., Baldi G. *Analysis and modelling of wood pyrolysis // Chemical Engineering Science*. 2011. Vol. 66. P. 650–660.
- Cau G., Cocco D., Serra F. *Energy and cost analysis of small-size integrated coal gasification and syngas storage power plants // Energy Conversion and Management*. 2012. Vol. 56. P. 121–129.
- Zharmenov A. A. *Отечественный и мировой опыт промышленной реализации научно-технической продукции // Химия и металлургия комплексной переработки минерального сырья : матер. междунар. науч.-практ. конф. — Караганда : ХМИ, 2015. С. 669–674.*
- Lang Y., Zitney S.E., Biegler L.T. *Optimization of IGCC processes with reduced order CFD models // Computers and Chemical Engineering*. 2011. Vol. 35. P. 1705–1717.
- Shun Davon. *Clean coal technology and its cases // International Networking for Coal Industry Activation : Seminar in the Kyrgyz Republic 2014, Bishkek*. P. 208–217.
- Burdakov A. P., Popov V. I., Faleev V. A., Yusupov T. S. *Использование механически активированных углей микропомол в энергетике // Ползуновский вестник*. 2010, № 1. С. 93–98.
- Патент КР № 1614. *Способ переработки угля в «кипящем» слое и устройстве для его реализации / А. А. Асанов, Э. А. Асанов, А. Алишер ; заявл. 13.12.2012; опубл. 31.03.2014 ; Бюл. 3(180). ГЖ*

*kommunalno-bytovykh nuzhd* (Investigation and development of coal bricks production technology for industrial public living needs). Bishkek : Maks-print, 2012. 254 p.

- Evtifeev E. N. *Novaya tekhnologiya proizvodstva bytovogo bezdymnogo topliva* (New technology of production of domestic smokeless fuel). *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy = International journal of applied and fundamental investigations*. 2011. No. 6. pp. 51–53.
- Islamov S. R. *Energotekhnologicheskaya pererabotka uglia* (Energy and technological coal conversion). Krasnoyarsk : Polikor, 2010. 224 p.
- Shkoller M. B. *Polukoksovaniye kamennykh i burykh uglia* (Semicoking of stone and brown coals). Novokuznetsk : Engineering Academy of Russia, Kuzbass subsidiary, 2001. 232 p.
- Grieco E., Baldi G. *Analysis and modelling of wood pyrolysis*. *Chemical Engineering Science*. 2011. Vol. 66. pp. 650–660.
- Cau G., Cocco D., Serra F. *Energy and cost analysis of small-size integrated coal gasification and syngas storage power plants*. *Energy Conversion and Management*. 2012. Vol. 56. pp. 121–129.
- Zharmenov A.A. *Otechestvennyy i mirovoy opyt promyshlennoy realizatsii nauchno-tehnicheskoy produktsii* (Domestic and global experience of industrial realization of scientific and technical products). *Khimiya i metallurgiya kompleksnoy pererabotki mineralnogo syr'ya : materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Chemistry and metallurgy of complex processing of mineral raw materials : materials of international scientific and practical conference). Karaganda : Chemical and Metallurgical Institute named after Zh. Abishev, 2015. pp. 669–674.
- Lang Y., Zitney S. E., Biegler L. T. *Optimization of IGCC processes with reduced order CFD models*. *Computers and Chemical Engineering*. 2011. Vol. 35. pp. 1705–1717.
- Shun Davon. *Clean coal technology and its cases*. *International Networking For Coal Industry Activation : Seminar in the Kyrgyz Republic 2014, Bishkek*. pp. 208–217.
- Burdakov A.P., Popov V.I., Faleev V.A., Yusupov T. S. *Ispol'zovanie mekhanooaktivirovannykh uglia mikropomola v energetike* (Use mechanically activated microgrinding coals in power). *Polzunovskiy vestnik = «Polzunovskiy vestnik» journal*. 2010. No. 1. pp. 93–98.
- A. A. Asanov, E. A. Asanov, A. Alisher. *Sposob pererabotki uglia v «kipiyashchem» sloe i ustroystvo dlya ego realizatsii* (Method of coal conversion in «boiling» layer and a tool for its realization). Patent KR, No. 1614. Applied: December 13, 2012. Published: March 31, 2014. Bulletin No. 3(180).