

Результат переработки  
низкосортного топлива —  
брикеты

**ТОПЛИВО**

**ИЗ ГЛУБИНКИ**



Одну из главных ролей в энергетике сегодня играет твердое топливо — каменный или бурый уголь. На территории России угольные месторождения разрабатывают лишь в некоторых регионах, а потому для остальных стоимость угля существенно возрастает из-за затрат на транспортировку. Уголь практически буквально становится золотым. И это лишь один из многих недостатков угольной энергетики — помимо вреда окружающей среде, высокой зольности угля и т.д. Это навело ученых из Томского политехнического университета на мысль о создании технологии автономного энергообеспечения на основе топлива из возобновляемого сырья, которое можно найти в любом регионе, — биомассы. Разработкой и адаптацией такой технологии на протяжении нескольких лет занимается **Роман Борисович Табакаев** — кандидат технических наук, научный сотрудник Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова Томского политехнического университета.

**— Роман Борисович, чем сегодня занимается ваш научный коллектив? Какие основные задачи?**

— Сегодня мы глубоко погрузились в проблемы российской и мировой энергетики, одна из которых — исчерпание ресурсов качественных видов топлива и необходимость перехода на использование низкосортного сырья. К нему относятся низкокачественные бурые угли, торф, биомасса и др. Проблема низкосортных видов топлива состоит в том, что они обладают высокой влажностью и высокой зольностью. Биомасса при сжигании выделяет не такое большое количество золы, как угли, но даже оно становится сегодня серьезным препятствием к ее энергетическому использованию — происходит «шлакование» поверхностей нагрева котельного оборудования. Шлак, налипая на поверхность котла, образует прочный загрязняющий слой, приводящий к пережогу металла, авариям, внеплановому ремонту. КПД котла существенно падает за счет того, что тепло передается не напрямую стенке от дымовых газов, а через теплоизолирующие отложения этих шлаков. Мы стали решать эту проблему. Сначала я решал ее в рамках направления переработки

низкосортного топлива в брикеты, или твердое композитное топливо, — так его называют потому, что в процессе изготовления мы можем придать ему необходимые свойства и характеристики (различную прочность, теплоту сгорания и др.).

**— Как это происходит?**

— В качестве основополагающего процесса, заложенного в эту технологию, использовался низкотемпературный пиролиз, то есть нагревание исходного сырья без доступа кислорода. В процессе нагрева происходит разложение топлива — если бы мы добавили кислород, то было бы горение, но в его отсутствие органическая часть разрушается, и в результате образуются сразу несколько продуктов. Первый продукт — это твердый углеродистый остаток, вещество с высокой теплотой сгорания. В качестве примера этого вещества можно привести древесный уголь, который вы покупаете летом для приготовления шашлыка: это продукт термической переработки древесного угля. Второй продукт — химически ценное сырье, имеющее пастообразное состояние, которое называют пиролизной смолой. При термической переработке также образуются пирогенетическая влага и газ. Получается, что из биомассы мы можем получить жидкое,

газообразное или же твердое топливо. В рамках кандидатской диссертации я занимался изготовлением твердого топлива, а сейчас мы расширяем границы и совместно с коллегами исследуем такие направления, как получение жидкого и газообразного топлива. Проект по изучению и разработке технологии получения жидкого топлива из биомассы был поддержан стипендией Совета по грантам Президента Российской Федерации.

**— Есть ли еще какие-нибудь направления, которыми занимается коллектив вашего НОЦ?**

— Мы ведем также исследования по прогнозу остаточного ресурса конструкционных сталей и сплавов. Для этого конструкционный материал изучается на микроуровне, то есть рассматриваются параметры элементарной ячейки кристаллической решетки. У нас есть лаборатория, которая исследует, как меняются параметры этой решетки, то есть расстояние между атомами в процессе эксплуатации стали. Наш коллектив рассуждает так: как ведет себя эта ячейка, так ведет себя и сталь на макроуровне. Если разрушается кристаллическая решетка, то ресурс теряет и сама сталь. По этому направлению нами опубликованы статьи в зарубежных высокорейтинговых журналах, получено несколько патентов РФ на изобретения.

*Рассказывая об основных задачах своего научно-коллектива, Р.Б. Табакаев ведет нас в лабораторию, где и занимаются разработкой технологии термической переработки биомассы для автономного энергообеспечения. Этим вопросом он озадачился еще в аспирантуре, разрабатывал его в рамках своей кандидатской диссертации, а сейчас продолжает совершенствовать созданную технологию вместе со своими студентами и аспирантами в рамках докторской.*

— Одним из решений проблемы топлива в современной энергетике была переработка низкосортных видов топлива, в частности биомассы, в твердое, жидкое или газообразное топливо. Я начал с переработки торфа, древесных опилок, низкокачественного бурого угля, сапропеля в высококалорийное топливо для энергетических объектов. Сейчас этот список значительно расширился отрубями, соломой, отходами заготовки кедровых орехов и т.п.



Кандидат технических наук Р.Б. Табакаев

*В лаборатории Р.Б. Табакаев показывает нам отруби в двух разных состояниях — в виде небольшой горстки шелухи, которая разлетится во все стороны при легком дуновении ветра, и в виде «шайбы», или, как говорят ученые, брикета. Такая форма придает сырью как раз благодаря термобрикетированию, то есть прессованию шелухи при одновременном нагреве.*

— Жечь биомассу в исходном виде непрактично. В таком насыпном состоянии горение сырья будет происходить только на поверхности, а внутри оно останется нетронутым. Возможно, вы замечали такое явление, когда пытались поджечь горстку опилок или кучу листьев на субботнике. В энергетике, когда у вас

есть задача топить традиционно используемым в таком случае котлом с топочной камерой слоевого типа, вам необходимо получить определенное количество тепла для реализации этой задачи. Если вы для этой цели возьмете сырье в виде шелухи, вы не сможете получить большое количество тепла. Одно из возможных решений этой проблемы — термическое брикетирование топлива. В этом случае необходимо определить оптимальные параметры процесса, обеспечивающие высокие прочностные и теплотехнические характеристики получаемого топлива при минимизации затрат. На примере отрубей установлено: чтобы получить такую «шайбу», температура прессования должна составлять 130–150° С. После прессования у брикетов остается та же теплота сгорания, что и у исходного сырья, — 16 МДж, но при этом брикеты имеют достаточные для перевозки прочность и временное сопротивление намоканию. Есть более перспективный вариант переработки таких органических отходов, как отруби, солома, древесные отходы и т.п. Этот способ включает предварительное термическое «облагораживание» исходного сырья посредством пиролиза в твердый углеродистый остаток. Пиролиз позволяет удалить из перерабатываемого сырья балластные компоненты с получением полукокса — остатка, практически полностью состоящего из углерода и имеющего высокую удельную теплоту сгорания. Для получения брикетов в этот остаток добавляют такой полисахарид, как декстрин, изготавливая брикет нужных вам формы и размера. На этот способ получен патент РФ № 2484125 на изобретение. Однако, к сожалению, при «облагораживании» зола практически не претерпевает

изменений, что приводит к удельному росту зольности. Поэтому мы пришли к выводу, что перерабатывать в брикеты лучше всего именно биомассу, так как она обладает низкой зольностью в исходном состоянии.

— **Вы изучали преимущественно томские торфы. В чем их особенность?**

— Когда мы начали работать с томскими торфами, мы обнаружили, что их зольность составляет порядка 20–30%. После термической переработки зольность углеродистого остатка имеет еще большую величину. Перерабатывать такой торф в брикеты бессмысленно. Мы долго думали, что же в таком случае можно делать с высокозольной биомассой, и решили попробовать получать из нее жидкое и газообразное топливо. Это направление исследований в нашем НОЦ только зарождается.

— **Вы говорите о необходимости утилизации биомассы. Почему ее нужно утилизировать? Чем она опасна?**

— Если говорить о ресурсах торфа, отходах лесозаготовки и сельского хозяйства, необходимо отметить возможность возникновения природных пожаров. Можно вспомнить пожары в Московской области (2010), Хакасии (2015), Томской области (2016) и др. В свою очередь, промышленное освоение пожароопасных ресурсов позволит сократить их количество, обеспечить постоянный контроль над ними и тем самым уменьшить количество возгораний. Среди прочих ресурсов биомассы особо можно выделить отруби. Обычно отрубями кормят домашних животных в хозяйстве, но если эти отруби полежали два-три дня и их так и не успели пустить на корм, они становятся токсичными. Что же делать с токсичными отрубями? Можно просто закопать их в землю, но только зимой или осенью, когда на полях нет урожая. Весной и летом для этих целей нужен целый полигон, на котором ничего не выращивается. Найти такое место крайне тяжело. Оптимальный, на наш взгляд, способ утилизации таких отрубей — переработка их в топливо. Сжигать их в исходном виде, как я уже сказал, невыгодно. Существуют примеры прямого сжигания биомассы, которые показали, что котлы сильно загрязнялись шлаком, в результате чего их приходилось менять уже через два года. С брикетами такого не происходит. Еще один вариант, который мы предложили производителям: мы перерабатываем

исходное сырье в газ, который сжигаем для покрытия собственных нужд. Образующийся при газификации углеродистый остаток, теплота сгорания которого превышает 25 МДж, мы перерабатываем согласно ранее описанному способу брикетирования. Таким образом мы убиваем сразу двух зайцев: получаем топливо и утилизируем токсичные отруби.

— **Можно ли считать это альтернативой углю по качеству топлива?**

— Это топливо даже лучше угля. Во-первых, оно хоть и дает золу, но в разы меньше, чем уголь. Во-вторых, биотопливо имеет высокую теплоту сгорания, сопоставимую или даже превышающую теплотворность большинства качественных видов углей. В-третьих, такое топливо намного безопаснее для окружающей среды. При сжигании биомасс выбросы  $CO_2$ , согласно Киотскому договору, не учитываются из следующих соображений: во-первых, потому что пока биомасса существует в растительном виде, она поглощает углекислый газ; во-вторых, когда идет процесс естественного разложения биомассы, выделяется практически то же количество  $CO_2$ , что и при сжигании. Поэтому с точки зрения выброса парниковых газов это топливо можно

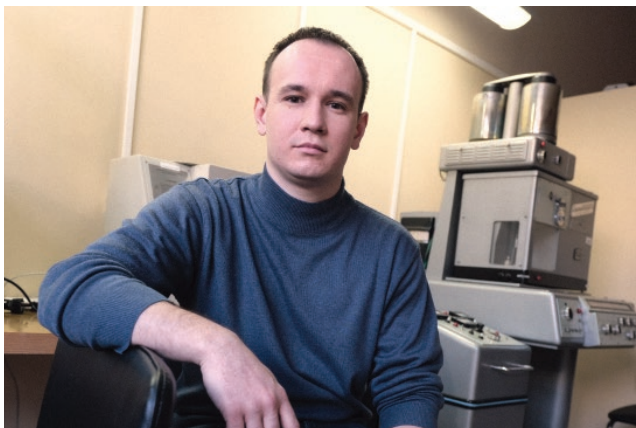
даже назвать экологическим. Если вы посмотрите отчет Международного энергетического агентства за 2016 г., то увидите, что каждый день из-за загрязнения окружающей среды — прямым или косвенным образом — умирают 18 тыс. человек. Для меня это страшные цифры. Так что если вам тоже хочется сохранять экологию нашей планеты, лучше отказаться от угля и перейти на топливо из биомассы.

— **А что выгоднее с точки зрения экономики?**

— Применительно к оценке экономической эффективности лично я придерживаюсь подхода, разработанного зарубежными учеными и активно пропагандируемого академиком П.П. Безруких: необходимо учитывать затраты не только на производство топлива, но и на устранение последствий его использования. При сжигании угля образуется большое количество вредных выбросов, наносящих огромный вред окружающей среде и организму человека, формируются радиоактивные золоотвалы. На устранение последствий такого влияния наше государство тратит огромные средства, которые, по идее, также должны быть заложены в себестоимость угольной

**Биотопливо дает золу в разы меньше, чем уголь, имеет высокую теплоту сгорания, превышающую теплотворность большинства качественных видов углей, и намного безопаснее для окружающей среды**





Студент Р.Б. Табакаева Александр Астафьев

энергетики. При таком подходе стоимость выработки электроэнергии на угле уже в настоящее время уступает энергетическому использованию биомассы.

— **Что насчет ветровой и солнечной энергетики?**

— Применительно к нашей стране в среднем по территории, имеющей краткосрочность светового дня и большое количество ветряных преград, эти источники энергии проигрывают перед биомассой. Солнечная энергетика до сих пор считается самой убыточной, да и ненадежной, особенно с теми проблемами, которые встречаются в Сибири, а именно сильными морозами.

— **Какие проблемы, существующие в энергетике сегодня, может решить ваша технология?**

— Наша технология особенно актуальна для отдаленных районов. Там выработка тепла происходит в котельных, функционирующих на твердом топливе. Электричество же вырабатывается на дизельных электростанциях. Если мы рассмотрим, например, Томскую область, здесь железная дорога проложена в ограниченном количестве мест. Поэтому мы можем говорить только об автомобильной, речной, когда это возможно, а также воздушной транспортировке. В последнем случае энергоснабжение вообще становится золотым — представьте, во сколько вам обойдется воздушная транспортировка топлива. В таких районах себестоимость одного киловатт-часа превышает сто рублей. Для сравнения: потребители в Томске платят где-то по два с половиной рубля за киловатт. Вот и возникает сорокакратная разница в величине тарифа. Разница между этими тарифами и выставляемыми при централизованном энергоснабжении ложится на плечи областного бюджета или расположенные в области промышленные предприятия.

— **Значит, ваша технология — спасение для малой энергетики?**

— Да, поскольку она как раз характерна для отдаленных районов. Брикеты отлично подходят для сжигания в слоевых топках, где организация сжигания мелкодисперсного топлива, такого как, например, опилки, солома или отруби, — довольно сложный в техническом отношении процесс. Везти топливо для маломощных объектов из соседних областей неперспективно. Наша технология позволит обеспечить в отдаленных районах автономное энергоснабжение за счет местных ресурсов, обеспечив существенную экономию. Для повышения экономической эффективности переработки мы также начали серьезное изучение такого явления, как автотермический режим осуществления пиролиза. Этот режим сможет принести огромную пользу, снизив затраты на собственные нужды. Молодые в метаморфическом отношении виды топлива при термическом разложении выделяют тепло, которое может быть использовано для самопроизвольного протекания этого процесса. Доказательством возможности организации автотермического пиролиза торфа, к сожалению, служат все те же природные пожары. Если вдруг начался торфяной пожар, мы не сможем его остановить, так как горение идет не на поверхности, а внутри. Это происходит

## Наша технология позволит обеспечить в отдаленных районах автономное энергоснабжение за счет местных ресурсов

автотермически по всему торфянику. Этот процесс под моим руководством изучает наш студент Александр Астафьев. В ходе исследования было определено, что помешать автотермическому протеканию пиролиза может только высокая влажность исходного сырья. Вместе мы изучили, какие значения влажности для биомассы будут допустимы, и пришли к выводу, что если солома или торф будут иметь влажность меньше 10%, то гореть они будут с легкостью. Полученные результаты были опубликованы в зарубежных журналах и встретили огромный интерес со стороны научного сообщества в процессе рецензирования.

— **Значит, если мы будем использовать торф для создания топлива, мы сможем предотвратить торфяные пожары?**

— Использование отходов биомассы позволит убить двух зайцев: снизить риск возникновения природных пожаров и обеспечить теплом любой регион нашей страны — ведь биомасса распространена практически повсеместно. ■

Подготовила Дарья Дегтярева