

УДК 553.94:536.2

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕЙ ТАЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**С. К. Карякин, А.С. Заворин, С. Г. Маслов,
В.И. Николаева, С.Х. Сиразитдинова, О.А. Ласовская**
Томский политехнический университет, г. Томск
E-mail: aleks@ped.tpu.ru

Исследования свойств углей Таловского месторождения проводились путем анализа керновых проб, представленных Томской геологоразведочной экспедицией.

Содержание общей влаги в рабочем состоянии всех исследованных проб достаточно велико и находится в диапазоне от 29,4 до 59,6 %. При этом большая часть общей влаги (до 90 %) представлена ее внешней составляющей, а среднее содержание влаги в аналитическом состоянии не превышает 10%. Такое распределение структурных составляющих влаги определяет высокую способность исследуемых углей к сушке даже в естественных условиях.

Отмечается довольно большой диапазон содержания общей золы в рабочем состоянии исследованных проб (от 8,0 до 56,9%). В то же время большинство проб (73%) имеют зольность, не превышающую 20%. Небольшая часть проб (до 20%) имеет зольность от 20 до 30%, и лишь в 4-х пробах зольность превышает 30%. Среднее значение содержания золы в исследованных пробах составляет 18,1%. Полученные данные по содержанию золы при рабочем состоянии исследуемых проб позволяет отнести таловские угли в основной своей массе к среднезольным.

Во всех пробах обнаруживается довольно высокое содержание летучих веществ (от 58,3 до 70,9%, в среднем – 61,4%). Это свидетельствует о том, что органическая часть таловских углей насыщена веществами, легко разлагающимися при нагреве на газообразные продукты.

Содержание углерода в исследованных пробах (на сухое беззольное состояние) находится в пределах от 50,9 до 79,4% (в среднем – 65,2%), водорода – от 1,2 до 7,3% (в среднем – 4,7%), серы – от 0,1 до 2,0% (в среднем – 0,8%), азота – от 0,5 до 3,0 % (в среднем – 1,8%), кислорода от 13,1 до 40,4 % (в среднем – 27,5 %).

Полученные данные позволяют отметить, что исследуемые угли по элементному составу достаточно близки к другим бурым углям, в частности, углям Канско-Ачинского бассейна, но с более высокой степенью окисленности органической части. Кроме того, они отличаются довольно низким содержанием серы (в среднем – 0,8%), что позволяет отнести их к достаточно экологичным в технологиях топливосжигания.

Анализ результатов определения низшей теплоты сгорания показывает, что ее значения (на рабочее состояние) для отдельных проб находятся в широком диапазоне – от 3595 до 13250 кДж/кг.

Такой довольно широкий диапазон полученных значений теплоты сгорания можно объяснить двумя обстоятельствами. Во-первых, некоторые из анализировавшихся проб не

являются собственно угольным веществом, а представляют отдельные породные прослойки, а с другой стороны, приходится иметь дело с различными по качеству участками угля в рамках опробованной площадки.

Если исключить из рассмотрения некоторые пробы, явно выпадающие по теплоте сгорания из общей массы (5 проб с теплотой сгорания $Q_{i,T} \leq 5000$ кДж/кг), можно говорить о том, что в основной своей массе исследуемые угли имеют низшую теплоту сгорания в пределах $5000 \div 13250$ кДж/кг, что присуще многим бурым углям, которые считаются пригодными для энергетического использования.

Наряду с этим широкий диапазон значений низшей теплоты сгорания на рабочее состояние исследованных проб объясняется еще и тем, что этот показатель в значительной мере определяется и существенными колебаниями значений зольности и влажности, о чем было отмечено выше.

Если представить теплоту сгорания на сухое или сухое беззольное состояние, то диапазон ее изменения существенно сужается, а их значения значительно повышаются вплоть до 25376 кДж/кг.

Это обстоятельство свидетельствует о том, что исследуемые таловские угли должны использоваться в подсушенном состоянии, когда их энергетический потенциал находится на более высоком уровне.

Результаты химического анализа золы проб углей показывают, что в золе исследованных проб обнаружены все типичные представители зол многих ископаемых углей – SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO и SO_3 .

Больше всего в золе таловских углей находится оксидов кремния SiO_2 ($43,19 \div 72,08\%$).

Вторым по величине представителем химического состава золы являются оксиды алюминия Al_2O_3 ($13,85 \div 33,67\%$); третьими – оксиды железа Fe_2O_3 ($1,98 \div 10,98\%$), четвертыми – оксиды кальция CaO ($2,12 \div 14,81\%$). Оксидов магния в золе находится от $0,13$ до $2,53\%$, оксидов серы – от следов до $7,17\%$.

Судя по химическому составу золы, минеральная часть углей представлена песчаниками и глинами, довольно разного состава.

Количество тех или иных минеральных примесей в составе углей, по всей вероятности, определяется условиями формирования и залегания углей на различных участках опробованной площадки.

Делать какие-либо серьезные оценки состава минеральной части исследуемых углей и ее поведения, например, при сжигании, на данном этапе не представляется возможным, т.к. для этого необходимо более глубокие исследования ее минералогического состава.

Температурные характеристики золы находятся в довольно узких диапазонах. Так, температура начала деформации золы (T_A) для отдельных проб составляет величину от 1137 до 1241°C , температура начала размягчения (T_B) – от 1235 до 1367°C , температура начала жидкоплавленного состояния (T_C) – от 1279 до 1417°C .

Оценивая полученные результаты, можно отметить, что у исследованных проб зола имеет невысокую тугоплавкость, которая определяется составом и структурой минерального состава каждой конкретной пробы угля.

Установлено, что содержание битумов в исследованных пробах колеблется в достаточно широких пределах от 1,1 до 6,9% на сухое состояние топлива, и от 1,6 до 9,7% на сухое беззольное состояние. Это свидетельствует о том, что битуминозные угли на Таловском месторождении залегают линзами и для определения их конкретных запасов требуется бурение дополнительных скважин в районах взятия проб с повышенной битуминозностью как по глубине, так и по простиранию угольных пластов.

Важнейшей характеристикой битумов является содержание в них смол (растворимых в ацетоне веществ). В исследованных углях их количество колеблется в широких пределах – от 19,0 до 52,5%. При этом, как правило, отмечается зависимость количества смол от содержания битумов: чем больше выход битумов, тем больше содержится в них смолистых веществ.

Результаты определения гуминовых кислот показывают, что их выход в отдельных пробах колеблется от 21,8 до 44,0% на сухое топливо и от 32,2 до 61,5% на сухое беззольное. Следует отметить, что практически все исследованные пробы таловского угля удовлетворяют требованиям ГОСТ 11574 – 65 «Бурый уголь для производства порошкообразных углещелочных реагентов», и таким образом пригодны для их получения. Повышенное содержание «свободных» гуминовых кислот (28,6 – 50,9%) свидетельствует о возможности использования таловских углей для получения углещелочных реагентов с большим содержанием активной части гуминовых кислот и угольно-гуминовых удобрений.

Результаты определения выхода продуктов полукоксования в керновых пробах таловского угля показывают, что в представлении на горючую массу выход полукокса колеблется в интервале от 42,7 до 70,8%, смолы – от 11,4 до 23,8%, пирогенетической воды – от 4,3 до 11,7%, газа – от 12,9 до 25,0%.

По выходу смолы образцы угля относятся, в основном, ко второй группе по международной классификации, т. е. характеризуется средними значениями по этому показателю. В то же время ряд образцов показывают повышенный выход смолы и их можно отнести к третьей группе. Эти результаты характерны для наименее зрелых бурых углей. Они превышают выход смолы для дальневосточных углей, приближаясь к наиболее высоким показателям для бурых углей Подмосковья, Южного Урала и Украины (Александрийские).

По выходу полукокса, газа и пирогенетической воды изученные пробы также близки к наименее зрелым бурым углям. В то же время отмечается значительный разброс результатов по отдельным образцам, особенно по выходу первичной смолы, пирогенетической воды и газа. Это говорит о том, что качество бурых углей довольно разнообразно. В связи с этим при решении вопроса об использовании углей Таловского месторождения потребуется более детальная проработка по качеству углей по отдельным участкам с выделением более однородных массивов в пределах месторождения.

По показателям истинной и кажущейся плотности исследованные пробы довольно близки. Значения истинной плотности изменяются в интервале $1,66 \div 1,86$ г/см³, а кажущейся – $0,8 \div 1,1$ г/см³. Полученные значения характерны для высокзольных бурых углей, таких как угли Артемовского и Бикинского месторождений (Дальний Восток).

Наиболее высокие значения истинной плотности ($1,77 \div 1,86 \text{ г/см}^3$) соответствуют самым высокочастотным образцам.

Главной проблемой, которую предстоит решить при сжигании исследуемого топлива, является эффективное удаление влаги для использования довольно высокой теплоты сгорания сухой массы. У таловских углей этому благоприятствует структура, вследствие которой от 60 до 85% всей влаги топлива представлено ее внешней разновидностью. Подсушенный уголь будет иметь высокую реакционную способность на стадиях воспламенения и горения, о чем свидетельствуют величина выхода летучих веществ и содержание водорода в горючей массе.

В котельных установках тепловых электрических станций "большой энергетики" подобные топлива сжигают в топках, оборудованных специальными системами пылеприготовления. Подсушка и измельчение топлива в них являются взаимно интенсифицирующими процессами, а использование специальных горелок обеспечивает получения факела с интенсивным массообменом. В мировом котлостроении имеется достаточный опыт создания такого оборудования, а энергетика ряда стран базируется на сжигании низкокалорийных и высоковлажных топлив, типа таловских углей. Так лигниты с рабочей влажностью до 70% и низшей теплотой сгорания рабочей массы до 5030 кДж/кг сжигаются на многих электростанциях в Австралии, Греции, Югославии, Польше, Болгарии, Румынии и других странах. В России имеется также и собственный опыт эксплуатации котельной техники при сжигании высоко влажных топлив: фрезерный торф и некоторые бурые угли (башкирский, чихезский, канско-ачинский и ряд других).

Другим путем использования таловского угля как топлива можно рассматривать его сжигание в отопительных котельных. При этом также не исключаются варианты модернизации слоевых топков, позволяющие достигать большей полноты выгорания и форсировки воспламенения. Вместе с тем представляется принципиально осуществимым и сжигание таловского угля в слоевых топках без серьезных реконструктивных мероприятий при условии, что удастся осуществить и освоить надежную технологию его предварительной сушки.

Отдельным направлением энергетического использования углей Таловского месторождения можно рассматривать технологию сжигания продуктов их термической переработки, например, после газификации или полукоксования.

Полукокк является пористым высокорекреакционным топливом с прекрасной воспламеняемостью, которое горит бездымным пламенем. Такое топливо является и более транспортабельным, чем натуральный исходный уголь, и поэтому может использоваться широко в качестве топлива не только для котельных, являющихся источниками теплоснабжения в системе жилищно-коммунального хозяйства области, причем без реконструкции топочных устройств, но и для бытового потребления населением. Кроме того, полукокк можно использовать для газификации с получением ценного газообразного топлива, а также в качестве химического реагента в производстве карбида кальция, сероуглерода, активированного угля.

Первичная смола является сырьем для получения жидких топлив, парафина, фенола и других веществ. Выход ее при полукоксовании таловских углей достаточно велик и составляет 15 – 20% на горючую массу, что позволяет по этому показателю

отнести таловские бурые угли к ценному сырью для производства жидких топлив, парафина и фенолов.

Следует отметить, что в процессе полукоксования образуется еще и подсмольная вода, рассматриваемая обычно в качестве балласта процесса, хотя из нее тоже может извлекаться некоторое количество ценных фенолов.

Таким образом, при полукоксовании получение энергетически ценного топлива может быть совмещено с химическим производством, что повысит экономическую эффективность использования таловских углей.

Предварительная выборочная оценка химико-технологических свойств таловских углей, как сырья комплексного использования, выполнена не только по продуктам полукоксования, но и по таким основным показателям группового состава как битумы и гуминовые кислоты.

Битумы, которые получают в промышленных условиях из торфа и бурых углей, находят применение в 200 отраслях промышленности, а именно, в точном литье, производстве пластмасс, антиадгезионных составов для формирования изделий из пенополиуретанов, в полиграфии, текстильной и деревообрабатывающей промышленности, в бытовой химии и медицине. Основным мировым производителем горного воска является Германия, которая производит до 50 тыс. тонн в год, что составляет около 90 % мирового объема. В России такое производство отсутствует, хотя годовая потребность составляет около 7 тыс. тонн. Ранее она частично покрывалась за счет буроугольного воска Семеновского завода (Украина) и торфяного воска завода в г. Дукора (Белоруссия). Опубликованы сведения, что только для предприятий химической и машиностроительной промышленности, бумажных фабрик и предприятий бытовой химии закупается за рубежом до 5 тыс. тонн воска ежегодно по цене, превышающей 120 долларов за тонну.

В 15-ти исследованных пробах таловского угля установлено содержание битумов от 1,6 до 9,7% на горючую массу. В четырех образцах содержание битумов превышает экономически выгодный для производства уровень (6,0 – 6,5%), а в пяти образцах приближается к нему.

Хотя сделать заключение о запасах битуминозного сырья при выполненном объеме работ не представляется возможным, факт его наличия не вызывает сомнения. По содержанию смол извлеченные битумы хуже углей Александровского месторождения на Украине, но лучше углей Южно-Уральского бассейна, намеченного как база для создания производства буроугольного воска в России.

Для уточнения запасов битуминозных углей на Таловском месторождении необходимо дополнительное бурение скважин, как по глубине, так и по простираанию угольных пластов. Необходимо определить и качественные показатели битумов Таловского месторождения, что не было охвачено настоящими работами.

Широкое практическое использование гуминовых кислот, извлекаемых из бурых углей и торфа, определяется их коллоидно-химическими, сорбционными, гидрофильными и ионообменными свойствами. Гуминовые вещества применяются в сельском хозяйстве как стимуляторы роста, аккумуляторы влаги в почве, носители

основных питательных элементов и микроэлементов. искусственные структурообразователи почвы.

Гуминовые кислоты представляют собой избирательные сорбенты и ионообменные материалы. Применение гуматов оказывается эффективным для умягчения воды. Широко известно применение гуматов натрия, извлекаемых из различных каустобиолитов, в качестве стабилизаторов минеральных суспензий, которые используются в производстве строительных материалов, а также при бурении скважин (угольно-щелочной реагент, торфо-щелочной реагент). Определенный интерес гуминовые кислоты представляют и как антисептические средства, красящие вещества, дубители. Они нашли применение в электротехнической промышленности.

Для десяти выбранных к исследованию проб таловского угля установлено содержание гуминовых кислот от 32,2 до 61,5% на горючую массу. Это означает, что все представляемые этими пробами таловские угли пригодны для получения качественного угле-щелочного реагента и других гуминовых препаратов. При этом отмечается большое содержание так называемых «свободных» гуминовых кислот (от 28,6 до 50,9%), что свидетельствует о возможности получения из таловских углей угольно-щелочного реагента с большим содержанием активной части (гуминовых кислот). Для производства угольно-гуминовых удобрений применяются те же угли, что и для угольно-щелочного реагента. Требования к бурым углям как к сырью для получения гуминовых препаратов ограничиваются содержанием гуминовых кислот в количестве не менее 30%. Однако следует отметить, что чем меньше зольность исходных углей, тем выше экономическая эффективность производства гуминовых препаратов вследствие меньшего расхода химических реагентов.

В целом на данном этапе исследования месторождения полученные данные не являются достаточными для полной и исчерпывающей характеристики качества таловских углей. Они дают лишь первое представление об их природе и возможностях использования. Основываясь на этом объеме информации, можно полагать, что при более полном установлении запасов и кондиционности улей Таловского месторождения наиболее квалифицированным и экономически выгодным направлением их использованием обещает быть химическая переработка с получением горного воска, угле(торфо)-щелочного реагента и химической продукции на базе первичной смолы полукоксования, а также транспортабельного твердого топлива - полукокса.