

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ БУРЫХ УГЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ГРУППЫ 1Б МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВЕРХНЕГО И СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ

© 2009 А.П. Сорокин<sup>1</sup>, И.Ф. Савченко<sup>1</sup>, Л.П. Носкова<sup>2</sup>, Т.В. Артеменко<sup>2</sup>,  
И.В. Гиренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Амурский научный центр ДВО РАН

<sup>2</sup> Институт геологии и природопользования ДВО РАН

Поступила в редакцию 2.11.2009

По результатам исследования низкокалорийных бурых углей технологической группы 1Б предложена энергосберегающая технология естественной сушки, разделение на классы крупности грохочением, брикетирование отсева в роторных прессах. Естественная сушка экономит до 250 кг угля на каждой тонне буроугольной сушонки, калорийность повышается на 4-5 МДж/кг. Буроугольную сушонку предлагается перерабатывать методом высокоскоростного пиролиза (ВСП) на установках с твердым теплоносителем с получением полукокса, жидких продуктов и товарного газа. Полукокс смешивается с сушонкой и термостатируется, а затем брикетируется. Этим исключается необходимость строительства золошлакоотвалов при УТТ.

Ключевые слова: технологии переработки, бурые угли, золошлакоотвалы

Энергопотенциал Верхнего и Среднего Приамурья на 58% представлен углем. Прогнозные ресурсы каменных и бурых углей превышают 70 млрд. т. Известно более 90 месторождений, из которых 7 с запасами в 3,8 млрд. т детально разведаны. В настоящее время эксплуатируются Райчихинское, Архаро-Богучанское, Ерковецкое и частично Огоджинское месторождения. Перспективным направлением является освоение ресурсов низкокалорийных высоковлажных бурых углей технологической группы 1Б. Балансовые запасы этих углей превышают 1100 млн. т, а прогнозные ресурсы составляют более 2500 млн. тонн. Запасы углей сосредоточены в 4 месторождениях: Сергеевское, Свободное, Тыгдинское и Сианчик. В Амурскую область в настоящее время завозится из Красноярского и Забайкальского краев 1600-1800 тыс. т угля технологической группы 2Б. Дефицит твердого топлива связан с выработкой разрезов Райчихинского

и Архаро-Богучанского месторождения и невозможностью значительно увеличить добычу на Ерковецком месторождении. Расширение добычи на Ерковецком месторождении ограничивается гидрогеологическими условиями, которые могут привести к нарушению водоснабжения в связи с понижением уровня подземных вод, и экологическими проблемами воздействия на черноземовидные, наиболее плодородные почвы Приамурья. Вместе с тем угли технологической группы 1Б располагаются вблизи транспортных коммуникаций – Транссиба и Федеральной автомобильной дороги Чита – Хабаровск. Гидрологические и горногеологические условия этих месторождений углей 1Б благоприятны для открытой добычи, участки первоочередного освоения имеют линейный коэффициент вскрыши не более 5. Однако, несмотря на ежегодный дефицит угля месторождения группы 1Б не осваиваются. Причина кроется в низких технологических и потребительских свойствах натуральных углей 1Б. Они липкие, смерзаются, низкокалорийные, а при вывозке автомобильным транспортом влага их дезинтегрируется и угольная масса приобретает консистенцию строительного раствора. Средний состав и технологические характеристики углей 1Б месторождений Верхнего и Среднего Приамурья приведены в табл. 1.

Сорокин Анатолий Петрович, член-корр. РАН, Председатель. E-mail: amirnc@ascnet.ru

Савченко Илья Федорович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник. E-mail: sav@ascnet.ru

Носкова Лидия Петровна, кандидат химических наук, научный сотрудник. E-mail: noskova@ascnet.ru

Артеменко Татьяна Васильевна, старший научный сотрудник. E-mail: orgig@ascnet.ru

Гиренко Ирина Витальевна, ведущий технолог. E-mail: sav@ascnet.ru

**Таблица 1.** Средний состав и теплотехнические характеристики углей 1Б месторождений Верхнего и Среднего Приамурья

Месторождение	W <sub>r</sub> %	W <sub>a</sub> %	A <sub>d</sub> %	V <sup>r</sup> %	Элементный состав горючей массы, %					Тепло-творность	
					C	H	S	N	O	Q <sub>s</sub> <sup>daf</sup> кДж/кг	Q <sub>i</sub> <sup>r</sup> кДж/кг
Сергеевское	52	7,9	17	63	66,5	5,7	0,4	0,8	26,6	27,0	8,6
Свободное	50-53	8,3	18	60	66,7	5,8	0,2	0,9	26,4	27,2	8,8
Тыгдинское	49-57	8,3	20	62	66,4	5,6	0,4	1,1	26,5	26,7	7,5
Сианчик	53	8,9	24,1	62	66,4	5,7	0,3	0,8	26,8	26,7	7,7

Средние показатели качества углей 1Б по месторождениям варьируют по влажности от 49 до 57%, зольности сухого топлива от 17,0 до 24,1% с выходом летучих от 60 до 63%. О низкой стадии метаморфизма этих углей свидетельствует значительное содержание в горючей массе азота и кислорода. Высокий выход летучих и низшая теплота сгорания (от 7,5 до 8,8 МДж/кг) характеризуют эти угли как низкопотенциальное топливо, так как в составе угля доля балласта равна 70,2-75,1%, а теплоценных элементов всего 24,9-29,8%.

Из состава углей 1Б месторождений Приамурья следует, что улучшить теплотехнические характеристики можно путем переработки в квалифицированное, конкурентоспособное топливо, значительно снизив долю балласта: влаги, золы и кислорода. Этого можно достичь, применяя энергосберегающие технологии сушки, брикетирования и термической конверсии.

**Полевая сушка и брикетирование.** Поиск путей эффективного получения из углей 1Б квалифицированного топлива и разработка способов сушки и термической переработки осуществлялись в Институте геологии и природопользования ДВО РАН (до 2005 г. – в Отделении региональной геологии и гидрогеологии АНЦ ДВО РАН) в договорных работах с Администрацией Амурской области: «Разработка технологий глубокой переработки высоковлажных бурых углей Амурской области на 2003-2004 г.г.» и «Технологические исследования углей Сергеевского месторождения для использования их в сельском хозяйстве. Раздел «Топливо для сельского хозяйства». Технологические исследования углей Сергеевского месторождения показали, что дробимость, сыпучесть, несмерзаемость они приобретают при влажности 35-37%, при

этом теплотворная способность буроугольной сушонки повышается на 4,0-4,9 МДж/кг. Установлено также, что угли 1Б плохо обогащаются, зольность можно снизить на 3-5% путем селективной добычи, выбраковывая пачки минеральных прослоев 0,1 и более метров мощности.

Расчеты показали, а эксперименты подтвердили, что энергоемкую искусственную сушку, требующую затрат 5-6 МДж тепла на испарение 1 кг влаги можно заменить полевой естественной сушкой. При этом уголь Сергеевского месторождения можно высушить от начальной влажности 52% до конечной 30% и сэкономить от 180 до 215 кг угля этого же месторождения на сушку 1 тонны сырого угля топочными газами. При более глубокой сушке (до 15-20% влажности), когда можно буроугольную сушонку брикетировать, сберегаются уже не менее 250 кг исходного угля. Естественную сушку можно вести до необходимой планируемой влажности. Установлено, что равновесное влагосодержание высушенного угля (сушонки) для сезона сушки составляет 0,12-0,20 кг/кг. Это свидетельствует о возможности получения промпродукта заданной влажности (менее 30%) и сушонки для брикетирования в штемпельных прессах. Такой уровень сушки влажного угля важен для топливно-энергетических предприятий Амурской области тем, что высушенный уголь по теплотехническим показателям близок углям марок 2Б и 3Б и может применяться без модернизации котельного оборудования. Разработано и проверено в производственных условиях два способа полевой сушки – в расстилах и штабелях [1, 2]. Сушка в расстилах рекомендуется для углей влажностью 50-65%, а в штабелях – менее 50%. Ниже приведены результаты сушки различной глубины для сырого угля

Сергеевского месторождения (табл. 2). Они подтверждают возможность достижения высокой степени обезвоживания полевой естественной сушкой и увеличение калорийности

угля в 1,5-1,7 раза, снизить массу перевозимого угля на 20-30% при сушке до 40% и на 32-30% – до 30%.

**Таблица 2.** Теплотехническая характеристика технологических проб углей Сергеевского месторождения различной степени естественной сушки

Влажность рабочего топлива ( $W_r$ ), %	Зольность рабочего топлива ( $A_r$ ), %	Содержание летучих на горючее топливо ( $V^{daf}$ ), %	Содержание серы в сухом топливе ( $S_t^d$ ), %	Низшая теплота сгорания рабочего топлива ( $Q_i^r$ ), МДж/кг
58,40	5,0	64,3	не определялось	7,93
55,90	9,9	65,5	0,23	7,00
52,30	5,6	60,9	0,30	9,04
48,70	8,4	не определялось	не определялось	9,71
44,60	14,3	65,7	0,18	8,64
39,50	7,8	62,5	0,41	12,25
38,65	22,4	72,3	0,21	8,84
37,40	22,6	68,0	0,21	8,78
30,80	10,9	62,9	0,41	13,52
12,00	18,1	не определялось	не определялось	17,98

Необходимо отметить что с 1 м<sup>2</sup> площади сушки в период с апреля по сентябрь можно собрать за 5-тидневный цикл 65-75 кг угля влажностью 30% и до 55 кг влажностью 20%. Для разреза мощностью 300 тыс. т сырого угля площадка сушки должна составить 10-15 га в зависимости от планируемой конечной влажности угля. Используемые в настоящее время сушилки для угля различных конструкций расходуют 4,0-6,9 ГДж тепла и 30 кВт/час электрической энергии на испарение 1 т влаги. Для сушки 300 тыс. т угля с влажности 52 до 30% необходимо испарить 94300 т влаги, затратить 2,8 млн. кВт/час электроэнергии и сжечь в топке сушилок 59-65 тыс. т угля с теплотой сгорания 8,7 МДж/кг. Таким условиям удовлетворяет труба-сушилка ТС-11 [3] производительностью по испаренной влаге 15 т/час. Энергетические траты при этом в сравнении с полевой сушкой представляются сверхвысокими, в экономическом плане не состоятельными.

Оценивая перспективы применения полевой естественной сушки углей технологической марки 1Б, можно отметить следующие её преимущества перед тепловой искусственной:

- сокращаются потери теплотворной способности углей при хранении, увеличивают его срок и уменьшается опасность самовозгорания;

- уменьшается масса влаги, уменьшаются транспортные расходы, что позволяет осуществлять перевозку на дальние расстояния;

- в сравнении с тепловой искусственной сушкой сокращаются материальные затраты, экономится 18-21% добытого угля и 13-15 кВт/час электрической энергии на 1 т сухого угля.

Грохочение буроугольной сушонки полевой сушки позволяет получить сортовое топливо. Отсев диаметром 12 мм можно брикетировать с помощью разработанного нами роторного пресса [4] с кратностью уплотнения 2,5-3,5. Свежедобытый уголь легко формуется в шнековом формователе. При сушке сформованные куски растрескиваются из-за неравномерной объемной усадки, которая достигает 42%. Для придания прочности этим брикетам в формуемую массу следует добавлять связующее из буроугольных гуматов в виде 20-25% раствора в количестве 3-5% на влажную шихту, с влагосодержанием 0,95-1,35 кг/кг. Полученные таким способом [1, 5, 6] брикеты получаются достаточно прочными, плотными и водостойкими, о чем можно судить по табл. 3. Средняя прочность брикета составила 74,6 кг/см<sup>2</sup>, среднее водопоглощение – 10,7%. Анализы выполнены Центральной строительной лабораторией ОАО «Амурагропромстрой».

**Таблица 3 . Показатели прочности, объемного веса и влагопоглощения брикетов сырого формования**

№ образцов	Вес, г	Объем, см <sup>3</sup>	Объемный вес, г/см <sup>3</sup>	Площадь, см <sup>2</sup>	Нагрузка, кгс	Прочность, кгс/см <sup>2</sup>
1.	103,1	100,675	1,024	26,59	2200	82,7
2.	90,2	89,6	1,0	26,4	1920	72,7
3.	93,8	94,15	0,996	28,25	1940	68,6

К характеристике брикетов следует добавить, что полевую сушку их проводят в расстилах, товарную прочность они приобретают на 3-ий день сушки, после чего из брикетов можно формировать валки, освобождая территорию для следующей партии. Иной технологический регламент при сушке в штабеле. Получаемую рядовую бурогольную сушонку сортируют на грохотах по фракциям: БК – бурый крупный 51-100 мм, БО – бурый орех 26-50 мм, БМ – бурый мелкий 13-25 мм, БСШ – бурый семечко со штыбом 0-12 мм. Выход фракций у Сергеевского угля после сушки партии 180 тонн составил БК – 7,2%; БО – 12%; БМ – 21%; БСШ – 60%. Фракцию БСШ исследовали на возможность брикетирования. Наиболее прочные брикеты этой фракции получены при влажности 15-21%, Степень уплотнения в разработанном роторном прессе 2,2 – 2,4 раза. Общий вид их показан на рис. 1. Классы БК, БО и БМ имеют спрос на котельных ЖКХ, а брикеты у населения.



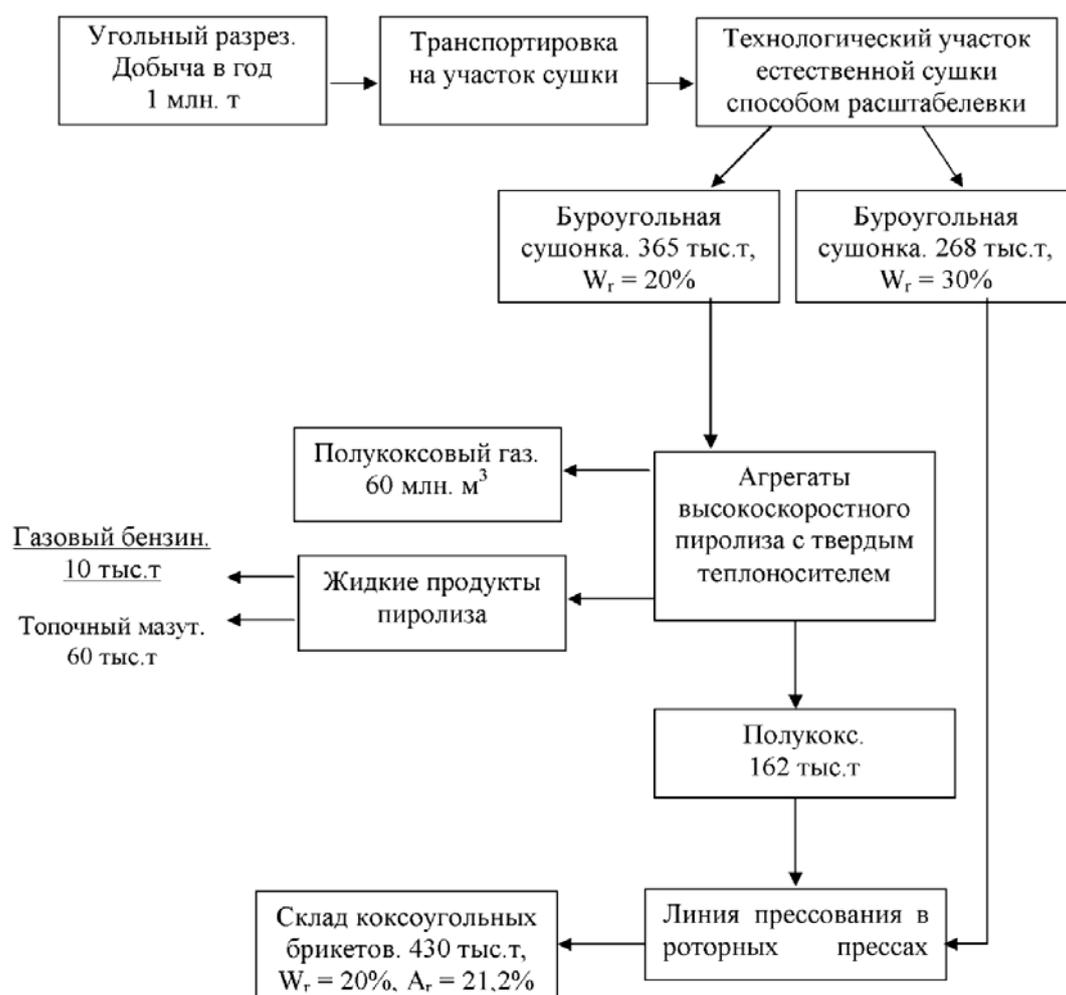
**Рис. 1.** Бурогольные брикеты роторного пресса

Разработанная полевая естественная сушка и брикетный пресс относятся к энергосберегающим новшествам. С учетом этих

качеств Амурским НИЦ ДВО РАН разработан инновационный проект по освоению месторождения «Сианчик», который предусматривает выпуск 160 тыс. т рядовой сушонки влажностью 30% и 25 тыс. т бурогольных брикетов. Срок окупаемости проекта 3,5 года.

**Термическая переработка углей технологической группы 1Б.** Элементный состав и теплотехнические характеристики натуральных углей 1Б и бурогольной сушонки (табл. 1 и 2) свидетельствует о возможности термической конверсии этих углей, потребительская и коммерческая ценность которых значительно выше сырого угля. Выход продуктов полукоксования сухого угля Свободного, Сергеевского и Тыгдинского месторождений составляют: полукокса – 55,5%, смолы 18-22%, газа 16,0-19,5%. Перспективным направлением в термохимической переработке углей следует считать использования способа высокоскоростного пиролиза (ВСП), отработанного на переработке горючих сланцев и применения для этих целей установок с твердым теплоносителем (УТТ).

На научно-производственном полигоне АмурНИЦ ДВО РАН в 2005 г. разработана схема комплексного освоения Сергеевского месторождения углей 1Б. Месторождение находится в 65 км северо-западнее г. Благовещенска и в 7 км к северу от р. Амур. Горно-геологические условия благоприятны для отработки месторождения открытым способом. Запасы угля оцениваются в 291 млн. т., имеются способы углеподготовки и сушки угля в естественных условиях. Комплексное освоение Сергеевского месторождения предусматривает ежегодную добычу и переработку 1 млн. т углей. Схема переработки изображена на рис. 2.



**Рис. 2.** Схема термической переработки бурых углей технологической группы 1Б месторождений Приамурья

Уголь добывают открытым способом, сушат в штабелях, затем 365 тыс. т сушонки с  $W^p=20\%$  термически перерабатывают методом ВСП на двух установках УТТ-500. 162 тыс. т полученного полукоккса смешивают с 268 тыс. т сушонки влажностью 30%, термостатируют и затем брикетируют в роторных прессах, причем все процессы автоматизированы. В результате переработки добытого 1 млн. т угля, энергосберегающей сушки, а затем пиролиза в УТТ-500, шихтования полукоккса и сушонки можно получить 430 тыс. т брикетов с низшей теплотой сгорания 20 МДж/кг, влажностью 19% и рабочей зольностью 21%, 60 тыс. т топочного мазута, 10 тыс. т газового бензина и 60 млн. м<sup>3</sup> полукоксового газа с теплотой сгорания 15 МДж/м<sup>3</sup>. Все производимые товарные продукты будут пользоваться большим спросом в Дальневосточном Федеральном

округе и странах ближнего дальневосточного зарубежья.

Инновационный проект освоения Сергеевского месторождения углей 1Б стоимостью 19 млн. USD включает разработанные в Амурском научном центре и Институте геологии и природопользования новшества, состоящие из энергосберегающей сушки, термической переработки сушонки, шихтования сушонки с полукоксом и брикетирования смеси. Этот прием исключает необходимость создания золошлакоотвала. Проект неоднократно демонстрировали на международных выставках-ярмарках. В настоящее время ЗАО «Дальневосточная компания горного дела» предпринимает организационные действия на получение права разработки Сергеевского месторождения углей с последующей переработкой по предложенной нами схеме (Федеральная лицензия на освоение угольного месторождения).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Патент РФ № 2252948. / Способ производства кускового топлива из высоковлажных углей / *И.Ф. Савченко, А.П. Сорокин*; Благовещенск. ИГиП ДВО РАН; заявл. 29.04.2004 г.; зарегистр. 27.05.2005.
2. Патент РФ 2273811. Способ сушки высоковлажного угля / *И.Ф. Савченко, А.П. Сорокин*; Благовещенск. ИГиП ДВО РАН; опубл. 10.04.06. Бюл. № 10.
3. *Чуянов, Г.Г.* Обезвоживание, пылеулавливание и охрана окружающей среды. – М.: Недра, 1987. С. 111-142.
4. Патент РФ № 2273563 Пресс для брикетирования. / *И.Ф. Савченко, А.И. Савченко*; опубл. 10.04.06. Бюл. № 10.
5. *Гумаров, Р.Х.* Использование щелочных растворов гуминовых кислот в качестве связующего для получения каменных углей // *Химия твердого топлива*. – 1971. – С. 120-121.
6. *Равич, М.Б.* Топливо и эффективность его использования. М.: Наука, 1971, С. 183-188.

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF PROCESSING THE  
TECHNOLOGICAL GROUP 1B BROWN COALS FROM UPPER  
AND MIDDLE PRYAMURYE**

© 2009 A.P. Sorokin<sup>1</sup>, I.F. Savchenko<sup>2</sup>, L.P. Noskova<sup>2</sup>, T.V. Artemenko<sup>2</sup>,  
I.V. Girenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Amur Science Centre of FEB RAS

<sup>2</sup> Institute of Geology and Nature Management of FEB RAS

Article is received 2009/11/02

Energy-saving technology of natural drying, separation into size grades by grating, elimination briquetting in rotary presses is offered by the results of research of low-calorific brown coals of technological group 1B. Natural drying saves to 250kg of coal on each ton of dried lignite, calorie content raises on 4-5 MJoule/kg. It is offered to process the dried lignite by HSP method on plants with the firm heat-carrier with reception of coal char, liquid products and commodity gas. One mixes the coal char with dried lignite, thermostates and then briquettes that excludes necessity of recycling of ash-and-slud dumps near FHCP.

Key words: *technologies of processing, brown coals, ash dumps*

---

*Anatoliy Sorokin, Corresponding Member of RAS, Chairman.*

*E-mail: amurnc@ascnet.ru*

*Iliya Savchenko, Candidate of Biology, Leading Research*

*Fellow. E-mail: sav@ascnet.ru*

*Lidiya Noskova, Candidate of Chemistry, Research Fellow.*

*E-mail: noskova@ascnet.ru*

*Tatiana Artemenko, Senior Research Fellow. E-mail:*

*orgig@ascnet.ru*

*Irina Girenko, Leading Technologist. E-mail: sav@ascnet.ru*