

4. В зависимости от тягового класса трактора навесное рабочее оборудование может включать один или три рабочих органа (модуля), расположенных в шахматном порядке (два спереди, один сзади).

Заключение

Разработана оригинальная конструкция и обоснованы основные параметры рабочего органа двухступенчатого двухрядного глубокорыхлителя, использование которого позволит повысить качество рыхления, разрушить подпахотный уплотненный слой и снизить энергоемкость процесса обработки почвы.

Литература

1. Кушнарев, А.С. Механико-технологические основы обработки почвы / А.С. Кушнарев, В.И. Кочев. – Киев : Урожай, 1989. – 144 с.
2. Романюк, Н.Н. Снижение уплотняющего воздействия на почву вертикальными вибродинамическими нагрузками пневмоколесных движителей : дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03, 05.20.01 / Н.Н. Романюк. – Минск: 2008. – 206л.
3. Орда, А.Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов : дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.03 / А.Н. Орда. – Минск, 1997. – 269 л.
4. Авторское свидетельство SU 376040, А 01 В 39/16, 05.04.73.
5. Авторское свидетельство SU 704488, А 01 В 13/16, 25.12.79.
6. Авторское свидетельство SU 810102, А 01 В 13/16, 07.03.81.
7. Глубокорыхлитель: патент № 2150183 РФ, МКИ А01В13/08, А01В13/16/ Н.К. Теловов, Ю.Г. Ревин, В.С. Казаков /; заяв. 30.04.1999; опубл. 10.06.2000.
8. Баловнев, В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин / В.И. Баловнев. – М. : Машиностроение, 1994. – 432 с.
9. Практикум по мелиоративным машинам / Ю.Г. Ревин [и др.]. – М.: Колос, 1995. – 204с.
10. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учеб. пособие для с.-х. вузов / А.П. Ляхов [и др.]; под ред. Ю.В. Будько. Минск: Ураджай, 1991. – 336с.

УДК 631.15:33

И.А. Оганезов, А.В. Лукашевич

УО Белорусский государственный аграрный технический университет

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУРОГО УГЛЯ НА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Бурые угли являются одним из основных энергоносителей, используемых в мире для производства тепловой и электрической энергии. С помощью этого вида топлива вырабатывается примерно 40 % всей электроэнергии. В Беларуси бурый уголь в энергетике не используется, хотя к настоящему времени на ее территории с различной степенью детальности разведано четыре месторождения. Наиболее ценным из них и по качеству угля и по запасам является Лельчицкое месторождение.

В последние десятилетия в мировой экономике наблюдается устойчивая тенденция роста цен на энергоносители. В Беларуси, по данным [1], за последние семь лет стоимость 1 т у.т. увеличилась с \$ 75 до \$ 210, то есть практически в три раза.

Учитывая тот факт, что большую часть энергоносителей Беларусь закупает за рубежом, развитие своей ресурсной базы является насущной задачей народного хозяйства

республики. В русле решения этой задачи находятся, в частности, исследования Лельчицкого бурогоугольного месторождения, которые выполняются с 2009 года. В настоящее время закончен очередной этап исследований на этом объекте, который позволяет сделать некоторые конкретные выводы о перспективах и возможных проблемах освоения этого месторождения.

Лельчицкое бурогоугольное месторождение располагается в Лельчицком районе Гомельской области, игольные залежи здесь прослеживаются в виде изометрической полосы шириной от 1600 до 4000 м, простирающейся к югу от районного центра г.п. Лельчицы [2]. Протяженность этой полосы составляет примерно 8 км, общая площадь месторождения - около 17,5 км². Суммарная мощность рабочих угольных пластов изменяется от 1 до 18 м.

Глубина залегания угольных пластов увеличивается с запада на восток от 80 до 500 м и более. Углы наклона угольных пластов на большей части месторождения составляют 3-9 и лишь на ограниченных по площади участках достигают 10-12 °С.

Уголь Лельчицкого месторождения относится к классу бурых углей гумусового типа. Он характеризуется следующими основными свойствами: естественная влажность (Wt) - 25,1 %, зольность (Ad) - 29 %, выход летучих веществ (Vd) - 43 %, среднее содержание серы (Sc) - 2,3 %. Зола угля имеет алюмосиликатный состав. Основные ее компоненты представлены SiO₂ (47 %), Al₂O₃ (30 %), Fe₂O₃ (8 %) и CaO (8 %). Полезная теплотворная способность (низшая рабочая теплота сгорания) угля составляет в среднем 4000 ккал/кг, или 16,7 мДж/кг. По теплотворной способности 1 т угля Лельчицкого месторождения соответствует 0,6 т у.т. Товарная цена 1 т этого ископаемого для Беларуси с учетом доставки составляет порядка \$ 143 [2]. Запасы угля по промышленным категориям по состоянию на 1 января 2013 года предварительно оценены в 195,8 млн. т, что соответствует примерно 117,5 млн. т у.т. Общая стоимость разведанных запасов составляет порядка \$ 16,8 млрд.

Лельчицкий уголь является типичным представителем энергетических углей, используемых в мире в качестве топлива для получения электроэнергии на тепловых электростанциях. Низкая механическая прочность угля и хорошая размолоспособность определяют целесообразность его факельного сжигания. Кроме прямого сжигания в топках котлов возможна предварительная переработка угля в процессе низкоскоростного пиролиза (или полукоксования), то есть при нагревании угля в специальных коксохимических печах до температуры 550 °С (табл. 1).

Полукокс представляет собой твердый углеродный горючий остаток, характеризующийся высокой реакционной способностью. Это легкозагорающееся бездымное топливо с высокой теплотой сгорания (не менее 30 мДж/кг).

Таблица 1. Состав и объем выхода продуктов пиролиза из углей Лельчицкого месторождения

Средний выход продуктов пиролиза, %			
жидкие продукты		полукокс	горючий газ
смола	пирогенетическая вода		
7,06	3,86	73,38	15,8

Смола полукоксования по химическому составу близка к нефти. Из нее можно вырабатывать жидкое топливо, а также фенолы, горный воск и другие органические вещества, которые являются ценным химическим сырьем.

Пирогенетическая вода содержит ряд растворенных веществ, часть из которых также представляет ценное в технологическом отношении сырье.

Горючий газ, получаемый при пиролизе лельчицкого угля в лабораторных условиях, имеет теплоту сгорания 2766 ккал/м³. Основными его компонентами являются СО₂ (51 %) и Н₂ (17 %). Газ обычно используют на собственные нужды установки полукоксования.

В угле присутствуют редкие и рассеянные элементы (РРЭ). Среднее содержание некоторых из них превышает минимальные промышленные концентрации (табл. 2).

Таблица 2. Среднее содержание РРЭ в углях Лельчицкого месторождения

Значения	Элементы, г/т											Сумма РРЭ
	Li	Sc	Y	Zr	Hf	Nb	Ta	Mo	Th	U	Сумма лантаноидов	
Уголь глинистый, Ad = 40-60 %												
Среднее	48	6	50	406	8	100	49	156	19	71	439	1353
В золе	97	12	100	811	17	201	99	312	39	142	877	2707
Уголь, Ad до 40 %												
Среднее	24	4	39	193	5	31	7	17	12	26	372	730
В золе	80	12	129	643	17	103	23	58	40	88	1241	2432

В 2012 году Институтом природопользования НАН Беларуси выполнены исследования по оценке возможности извлечения РРЭ из зольных остатков бурых углей Лельчицкого месторождения, которые показывают перспективность получения этих ценных компонентов на стадии утилизации золы.

При оценке возможности освоения месторождения рассмотрено два варианта добычи: подземный (шахтный) и открытый (карьерный).

Горнотехнические условия отработки угольных пластов *шахтным способом* относятся к особо сложным. Угольные пласты располагаются в толщах рыхлых и мягких пород. В подстилающих и перекрывающих угольные пласты отложениях присутствуют напорные водообильные водоносные горизонты. На большей части месторождения рабочие угольные пласты непосредственно перекрываются и подстилаются тонкозернистыми песками, которые в насыщенном водой состоянии обладают плавунными свойствами. Для защиты подземных горных выработок от прорывов плавуннов необходимо в их почве и кровле оставлять массив угля мощностью 2-3 м, а отработку угольного пласта производить без обрушения кровли лав или камерным способом, что предопределяет большой процент безвозвратных потерь угля в недрах. Кроме того, постоянно будет присутствовать большой риск затопления шахты за счет прорыва в нее подземных вод. По этим причинам разработка угольных залежей на Лельчицком месторождении шахтным способом признается малоперспективной.

Разработка карьером по сравнению с подземным способом в техническом отношении имеет значительные преимущества. Соотношение технико-экономических показателей разработки угольных залежей обоими способами, например, для Приморского края России.

При карьерной добыче резко сокращаются потери угля в недрах. И, пожалуй, самое главное преимущество этого способа добычи - более безопасные условия труда. К его специфическим недостаткам можно отнести необходимость использования больших площадей под отвалы вскрышных горных пород.

Общим недостатком обоих способов добычи является нарушение естественного режима подземных и поверхностных вод в районе разработки угольных залежей.

Под проектное местоположение карьера в пределах месторождения выбирался участок с минимально возможным коэффициентом вскрыши (объем пустых пород, перемещаемых для добычи 1 т угля), наличием запасов угля, обеспечивающих работу угольного разреза мощностью 1,8 млн т в год на срок не менее 30 лет. Указанная мощность горно-добычного предприятия рекомендована Министерством энергетики Республики Беларусь из расчета обеспечения работы тепловой электростанции мощностью 350-400

мВт. Этим условиям отвечает участок, расположенный в крайней западной части месторождения.

Размеры карьера по поверхности земли при угле откосов 25° составляют примерно 2×5 км.

В его пределах присутствуют от одного до четырех рабочих пластов с мощностью от 1,0 до 14,3 м. Запасы угля в указанных границах составляют порядка 60 млн. т.

Отработку Лельчицкого карьера целесообразно проводить по технологии, используемой для разработки карьеров на Нижнерейнском угольном месторождении в Германии, где она осуществляется длинными панелями с помощью комплексов непрерывного действия (роторные экскаваторы, ленточные конвейеры, отвалообразователи). На Лельчицком карьере рекомендуется отрабатывать панели субмеридионального простирания, начиная от западной границы участка, как это показано на рис. 1. Запасы угля каждой панели должны быть достаточными для пятилетней добычи. Пока производится отработка запасов первой панели, подготавливается следующая панель и т.д. Длина каждой панели по угольному пласту составляет примерно 4000 м, ширина - 140-270 м. Начальная глубина карьера составит порядка 100 м. По мере продвижения фронта работ на восток она будет увеличиваться и через 30 лет эксплуатации достигнет 200 м.

В то же время по мере увеличения глубины карьера линейный коэффициент вскрыши угля будет уменьшаться от $15 \text{ м}^3/\text{т}$ в первую пятилетку до 9,3 и даже $7,5 \text{ м}^3/\text{т}$ в последующем за счет увеличения мощности угольного пласта по его падению в восточном направлении. Средний коэффициент вскрыши по карьере в целом составит $10 \text{ м}^3/\text{т}$.

По предварительной оценке ОАО «Белгорхимпром», себестоимость добычи угля в первую пятилетку разработки месторождения составит порядка \$ 30 [2]. Эти данные требуют уточнения, поскольку ранее (2010 год) для аналогичных условий ОАО «Белгорхимпром» оценивал этот показатель в \$ 12 [1]. Исходя из приведенных выше данных, начальная себестоимость добычи угля по мере продвижения на восток будет заметно снижаться.

Вскрышные породы карьера представлены рыхлыми и мягкими грунтами: песками, алевроитами, глиной и мелом. Бурый уголь также относится к породам низкой крепости. Это обстоятельство позволяет использовать для разработки вскрышных пород и угольных пластов высокопроизводительную землеройную технику - роторные экскаваторы. Использование буровзрывных работ не требуется.

В современном исполнении роторные экскаваторы имеют производительность от 0,5 до 5 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$. Использование этой техники позволяет выполнять селективную выборку угольных пластов и отрабатывать в том числе и пласты малой мощности - до 0,5 м включительно. Для вскрышных работ на Лельчицком карьере будет достаточно двух роторных экскаваторов с производительностью по $2500 \text{ м}^3/\text{ч}$ каждый и одного - с производительностью порядка $500 \text{ м}^3/\text{ч}$. Транспортировку вскрышных пород от экскаваторов на отвалы и угля к тепловой электростанции предполагается осуществлять конвейерным транспортом, функционирующем на электричестве. Во вскрыше Лельчицкого месторождения присутствует толща мела, который является ценным строительным сырьем. Средняя мощность меловой толщи - 22 м. Содержание карбонатной части меловой породы (CaCO_3) составляет 91 %. Некарбонатная часть представлена глинистым материалом. Естественная влажность мела достигает 35 %. Такой мел пригоден для производства цемента, а также строительной извести, необходимой для приготовления строительных растворов и бетонов и при выпуске силикатного кирпича и блоков. Запасы мела во вскрышной толще пород составляют порядка 200 млн. т. Это обстоятельство предопределяет возможность создания в комплексе с угледобывающим предприятием и крупного цементного производства.

Угольные пласты Лельчицкого месторождения залегают в сложных гидрогеологических условиях, связанных с наличием в подстилающих и перекрывающих отложениях безнапорных и напорных водоносных горизонтов. Всего в геологическом

разрезах выделяется восемь водоносных горизонтов, из которых два имеют повсеместное распространение, а остальные представлены с различной степени изолированными водоносными линзами. Подземные воды до глубины примерно 800 м, пресные с минерализацией от 0,1-0,7 г/л. По предварительным расчетам, для осушения карьера требуется организовать дренажный водоотлив в объеме порядка 80-200 тыс. м³/сут.

Для корректного сопоставления выполнено приведение теплотворной способности угля к условному топливу

Из таблицы видно, что условия разработки угля Лельчицкого месторождения карьером (в пересчете на т у.т.) по коэффициенту вскрыши практически аналогичны существующим в карьерах Германии и более благоприятны, чем на крупном Ерковецком карьере, действующем в России в настоящее время. По коэффициенту водообильности Лельчицкий карьер (учитывая ориентировочность оценки этого параметра для Лельчиц), по крайней мере, будет не хуже названных выше объектов. Условия разработки остальных бурогольных месторождений Беларуси значительно хуже, чем Лельчицкого, из-за большой вскрыши на 1 т у.т., а использование их углей сопряжено с большими объемами золы.

Для обеспечения возможности добычи угля на Лельчицком месторождении карьерным способом необходимо в первую очередь принять решение об отводе русла р. Уборть и осуществить осушение карьера.

Река Уборть пересекает участок, рекомендуемый под карьер, в центральной его части. В период весеннего паводка поверхность месторождения практически полностью заливается водой. Отвод реки с территории месторождения можно выполнить перепуском ее через невысокий и непротяженный водораздел между реками Уборть и Свидовец за северной окраиной д. Картыничи. Далее р. Уборть по своей же древней долине будет направлена в обход месторождения и вернется в современное русло у г.п. Лельчицы. Длина нового русла составит примерно 13 км. С левой стороны по течению реки необходимо будет отсыпать дамбу, защищающую месторождение от паводкового разлива, на отсыпку которой потребуется около 600 тыс. м³ грунта. При использовании одного земснаряда типа НСС с производительностью 4000 м³/сут эта работа займет 8-9 месяцев.

Надо иметь в виду, что за счет осушения карьера прогнозируется понижение уровней подземных вод в округе Лельчицкого месторождения. В г.п. Лельчицы могут высохнуть колодцы и резко снизятся запасы подземных вод на скважинном водозаборе, эксплуатируемом для централизованного водоснабжения этого населенного пункта. Поэтому при принятии решения о строительстве карьера необходимо предусмотреть переключение централизованного водоснабжения г.п. Лельчицы на использование дренажных вод. При этом жители данного населенного пункта только выиграют, поскольку в настоящее время они пользуются водой с заметно повышенным содержанием железа, а дренажные воды, например, из надугольного горизонта, которые можно будет использовать для водоснабжения, соответствуют требованиям СанПиН 10-124 РБ 99 по всем параметрам. Дренажные воды могут быть также использованы для внутренних нужд горнодобывающего предприятия (примерно 3 тыс. м³/сут), тепловой электростанции на базе добываемых бурых углей (примерно 12 тыс. м³/сут) и цементного производства на базе попутно добываемого мела (примерно 3 тыс. м³/сут). Какая-то часть дренажных вод может быть утилизирована для реализации через торговую сеть. Остальной ее объем предполагается сбрасывать в р. Уборть или возвращать в водоносные горизонты за пределами горного отвода карьера для восполнения их запасов.

Снижение уровней подземных вод за счет осушения карьера, как правило, мало влияет на растительный покров земли в его районе. Растительность, включая и сельскохозяйственные культуры, хорошо себя чувствует даже в непосредственной близости от бортов глубоких угольных карьеров, так как благополучие растительного мира на поверхности земли в основном зависит от обилия атмосферных осадков. Кстати, в пределах участка под карьер в районе Лельчицкого месторождения практически отсутствуют

пахотные земли. Эта территория в основном покрыта болотистой почвой с малоценным лесом и кустарником.

Обсуждая вопрос о переносе русла р. Уборть, следует иметь в виду, что для обеспечения возможности угледобычи в мировой практике аналогичные мероприятия не являются редким явлением. Например, в Германии при расширении границ угольного карьера «Инден» был осуществлен перенос одноименной реки в новое русло шириной 300 м и протяженностью 12 км. Другим примером является перенос русла р. Кыргай, которое в настоящее время осуществляет Новокузнецкое ООО «Ресурс» (Россия) при строительстве нового угольного разреза с годовой производительностью 2,5 млн т. Эта река, как и в случае с Лельчицким месторождением, протекает прямо через угольный участок. Работы по переносу р. Кыргай включают в себя перемещение 6 млн. м³ грунта и оцениваются в размере = \$ 17 млн.

Таким образом, Лельчицкое месторождение бурого угля может рассматриваться в качестве весьма перспективного объекта, разработка которого позволит создать в этом малоосвоенном регионе Беларуси мощный промышленный комплекс в составе горнодобывающего предприятия, тепловой электростанции, цементного завода, комбината строительных изделий, а в последующем - химического производства по выработке редких и рассеянных элементов в промышленном масштабе. Однако степень разведанности этого месторождения для принятия окончательного решения о начале его освоения в настоящее время остается недостаточной. Требуется продолжить исследования для перевода примерно 25 млн. т предварительно оцененных запасов угля в детально разведанные, более подробно изучить технологические свойства мела, а также уточнить некоторые вопросы гидрогеологии месторождения.

Литература

1. Степанов, В.А. Отчет о результатах предварительной разведки Северного участка Лельчицкого месторождения бурого угля и детальной разведки его северо-западной части, выполненных в 2011-2012 гг., Минск, фонды ГП «БелНИГРИ», 2013 г.
2. Костылев, Ю.В. Совершенствование технологии разработки обводненных буроугольных месторождений Дальнего Востока: дисс... на соискание ученой степени к.т.н./Ю.В. Костылев. -Владивосток, 2010- 145 с.

И.А. Оганезов, А.В. Лукашевич

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУРОГО УГЛЯ НА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Рассматриваются основные пути повышения эффективности использования бурого угля в сельских населенных пунктах Республики Беларусь с учетом передового отечественного опыта. Указываются наиболее важные мероприятия, которые целесообразно осуществлять на сельских территориях для повышения эффективности освоения основных месторождений бурого угля.

I.A. Oganezov, A.V. Lukashevich

PROSPECTS OF USING BROWN COAL IN RURAL AREAS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

The basic ways of improving the use of brown coal in rural settlements of the Republic of Belarus subject to advanced domestic experience. The most important event that should be on rural areas to improve the mastery of basic deposits of brown coal.