УДК 662.642

М.М.ЯКУБОВСКИЙ, *канд. техн. наук, ассистент, matvey.yakubovskiy@gmail.com*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург
К.ДРЕБЕНШТЕДТ, *д-р техн. наук, профессор, drebenst@mabb.tu-freiberg.de*
Фрайбергская горная академия, Германия

M.M.YAKUBOVSKIY, *PhD in eng. sc., assistant lecturer, matvey.yakubovskiy@gmail.com*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg
C.DREBENSTEDT, *Dr. in eng. sc., professor, drebenst@mabb.tu-freiberg.de*
Technical University Bergakademie Freiberg, Germany

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ БУРОГО УГЛЯ НА КАРЬЕРЕ ПРИ НАЛИЧИИ НЕСКОЛЬКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ К СЫРЬЮ

Рассмотрены основные этапы планирования горных работ и современные методы управления качеством продукции на карьерах по добыче бурого угля в Германии. В качестве объекта исследования выбрано предприятие «MIBRAG GmbH», которое осуществляет добычу и поставки угля широкому кругу потребителей, предъявляющих различные требования к качеству сырья.

***Ключевые слова*:** бурый уголь, планирование горных работ, усреднительно-перегрузочный пункт, система управления качеством, опробование.

QUALITY MANAGEMENT OF BROWN COAL AT OPEN-PIT MINE IN THE PRESENCE OF SEVERAL CONSUMERS WITH VARIOS REQUIREMENTS TO IT

The article considers main stages of mine planning and modern methods of quality management at open-pit coal mines in Germany. The object of research is the company «MIBRAG GmbH» producing brown coal and providing them a wide range of consumers which have different demands to the coal's quality.

***Key words*:** brown coal, mine planning, reloading stockyard, quality management system, sampling.

Введение. Все минеральные ресурсы на территории Германии по степени важности и уровню подчинения органам Горного надзора подразделяются на три типа:

– полезные ископаемые, находящиеся в свободном доступе, лицензия на разработку которых выдается на основании открытого конкурса;

– полезные ископаемые в пользовании собственников земли, контроль разработки которых регулируется Горным надзором;

– полезные ископаемые в пользовании собственников, контроль разработки которых входит в функции органов местного управления.

Уголь, наряду с другими горючими ископаемыми, относится к наиболее важным ресурсам, обеспечивающим энергетическую безопасность и независимость страны, и находится в свободном пользовании. Это значит, что лицензию на разработку месторождения может получить любая организация, в том числе и с иностранным капиталом, которая предоставила соответствующий пакет документов и обосновала свои технические и материальные возможности разработки месторождения.

В производстве электроэнергии в Германии задействовано множество источников [3]. Как видно из диаграммы (рис.1), доля

бурого угля в производстве электроэнергии на территории Германии достаточно высока и составляет порядка 23,7 %. При общем объеме производства электроэнергии в 2010 г. 621 ТВт вклад бурого угля составил 147 ТВт, показав положительную динамику по отношению к 2009 г.

Ведущими угледобывающими предприятиями на территории Германии являются «RWE Power» (западная часть Германия), «MIBRAG GmbH», «ROMONTA», «Vattenfall Europe Mining» (Восточный и Центральный регионы), «E.ON Kraftwerke GmbH» (север Германии). В целом ежегодные объемы добычи бурого угля этими компаниями составляют порядка 170 млн т. Учитывая, что экономически целесообразные для извлечения запасы бурого угля составляют порядка 40,5 млрд т, можно с достаточной степенью достоверности утверждать, что обеспеченность Германии данным видом полезного ископаемого составляет не менее 200 лет.

Объект исследования. Горно-добывающее предприятие «MIBRAG GmbH» владеет двумя крупными карьерами по добыче бурого угля, расположенными в землях Саксония и Саксония-Анхальт [2]. Помимо карьеров в состав компании входят три электростанции, а также завод по производству угольной пыли.

На обоих карьерах применяется поточная технология добычи и транспортировки минерального сырья с внутренним отвалообразованием вскрышных пород. В качестве вскрышного и основного добычного оборудования применяются цепные и роторные экскаваторы.

Карьер «Шлинхайн» был введен в эксплуатацию в 1949 г., остаточные запасы угля составляют около 308 млн т. При поддержании среднегодовой производительности карьера на уровне 9-11 млн т добычные работы планируется завершить к 2040 г. Среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши на месторождении составляет 2,8 м^3/т.

Из карьера уголь в полном объеме отправляется на электростанцию «Липпендорф», имеющую два блока производственной мощностью 920 МВт каждый и способ-

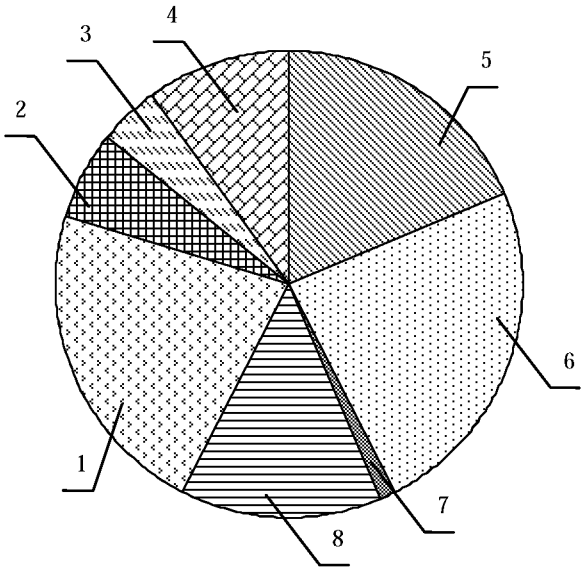


Рис.1. Доля угля и других энергетических источников в производстве электроэнергии в Германии в 2010 г.

1 – ядерная энергия (22,4 %); 2 – ветряная энергия (6,0 %); 3 – гидроэлектростанции (4,2 %); 4 – остальные источники энергии (10,0 %); 5 – каменный уголь (18,7 %); 6 – бурый уголь (23,7 %); 7 – нефтепродукты (1,2 %); 8 – природный газ (13,8 %)

ную обеспечить электроэнергией до 5 млн домовладений.

Карьер «Прюфен» начал разрабатываться в 1941 г., планируемый срок окончания эксплуатации – 2035 г. Запасы угля на месторождении составляют 178 млн т, среднегодовая производительность 7-9 млн т, коэффициент вскрыши, по сравнению с карьером «Шлинхайн», несколько выше и составляет 3,4 м^3/т. Параллельно с производством горно-подготовительных и добычных работ на карьере ведется рекультивация внутренних отвалов.

Карьер «Прюфен» обеспечивает бурым углем крупные электростанции в городах Цейц, Шкопау, Дессау. Наиболее мощной из них является электростанция города Шкопау, способная обеспечить электроэнергией до 1,8 млн домовладений, химический завод и железную дорогу. Кроме того, уголь из карьера отправляется на электростанции, принадлежащие непосредственно предприятию: «Вохлитц», «Дюбен», «Мамсдорф», а также на завод по производству угольной пыли, применяемой в качестве горючего при обжиге цемента. Очевидно, что все эти



Рис.2. Структура технического отдела «MIBRAG GmbH»

потребители предъявляют различные требования к качеству минерального сырья, что осложняет технологию добычи и предъявляет повышенные требования к организации системы управления качеством сырья на предприятии.

Система планирования горных работ на предприятии «MIBRAG GmbH». Планирование горных работ и управление качеством угля на предприятии осуществляется технической службой, структура которой представлена на рис.2.

Система планирования качества продукции на предприятии базируется на следующих принципах:

– эксплуатационная разведка;

– геологическое моделирование месторождения;

– долгосрочное планирование качества угля;

– оперативное планирование качества угля.

Горные работы на предприятии сопровождаются тщательной эксплуатационной разведкой, заключающейся в бурении скважин с сеткой 200 × 200 м с поверхности и с рабочих горизонтов.

Анализ материала скважин проводится по двум программам лабораторных испытаний: анализ К1 для сетки скважин 200 × 200 м, анализ К2 для сетки скважин 400 × 400 м. Программа анализа К1 планирует определение следующих качественных показателей угля: влажность, зольность, теплотворная способность, содержание серы, элементный анализ (C, H, N, O), выход летучих компонентов (13 оксидов), температура плавления, содержание хлора, фтора. Помимо мероприятий, предусмотренных анализом К1, анализ К2 включает также установление типов соединений серы, содержания рассеянных элементов (17 элементов).

На основе анализа образцов породы строится разрез по месторождению с выделением покрывающих пород, пластов угля и прослоек пустых пород. На рис.3 приведена последовательность построения геологической модели залежи.

Долгосрочное планирование добычи угля производится на основе блочной модели месторождения, создаваемой на базе программного обеспечения «MINCOM». Для этого производится разбивка залежи на блоки длиной 70 м, шириной, равной ширине заходки экскаватора, – 30 м и высотой, равной высоте уступа, – до 25 м. Каждый блок, отрабатываемый экскаватором (роторным либо цепным), характеризуется собственным набором показателей качества (рис.4).

В задачи оперативного контроля качества входят расстановка оборудования, распределение нагрузки на добычные забои, а также установление причин резких колебаний качества угля, приводящих, например, к повышенному шлакообразованию при сжигании последнего в печах электростанций. Причиной колебаний качества является резкое увеличение содержания оксида железа в угле, что объясняется наличием в пласте локальных включений железосодержащих конкреций.

Кроме того, ведение добычных работ на карьере «Прюфен» средствами высокопроизводительного оборудования цикличного действия осложняется геологией месторождения. Здесь часто встречаются котлы – локальные участки с резко увеличивающейся мощностью угольного пласта, которые не всегда можно подсечь разведочными скважинами. Оставление их крайне нежелательно из-за потери значительных запасов угля.

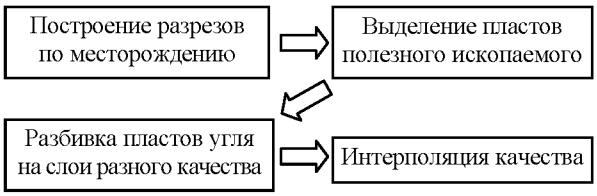
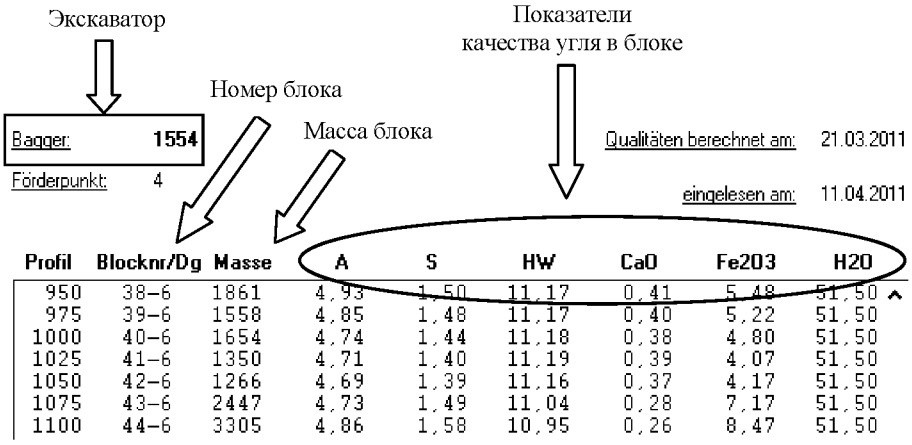


Рис.3. Этапы геологического моделирования



Profil	Blocknr/Dg	Masse	A	S	HW	CaO	Fe2O3	H2O
950	38-6	1861	4,93	1,50	11,17	0,41	5,48	51,50
975	39-6	1558	4,85	1,48	11,17	0,40	5,22	51,50
1000	40-6	1654	4,74	1,44	11,18	0,38	4,80	51,50
1025	41-6	1350	4,71	1,40	11,19	0,39	4,07	51,50
1050	42-6	1266	4,69	1,39	11,16	0,37	4,17	51,50
1075	43-6	2447	4,73	1,49	11,04	0,28	7,17	51,50
1100	44-6	3305	4,86	1,58	10,95	0,26	8,47	51,50

Рис.4. Отображение качества угля по компонентам в блочной модели

Описанные геологические сложности невозможно предусмотреть в ходе долгосрочного планирования, поскольку они выявляются непосредственно в ходе горных работ. Поэтому реагирование на них входит в сферу задач системы оперативного планирования, в частности диспетчерской службы, при тесном контакте последней с отделом управления качеством.

Автоматизированная система управления качеством угля. В целях удовлетворения запросов всех потребителей относительно качества добываемого на карьере «Прюфен» бурого угля на предприятии разработана система управления качеством. Ее центральным звеном является усреднительно-перегрузочный пункт, включающий здание диспетчерской службы, склад угля полузаглубленного траншейного типа, цех измельчения, участок погрузки железнодорожного транспорта, пункт погрузки автотранспорта, а также систему подающих конвейеров.

Склад представляет собой траншею, разделенную на три сектора по сортам угля: сорт «КК» – уголь высшего качества, направляемый на крупные электростанции сторонних организаций, сорт «КК2» – уголь второго сорта для внутренних потребителей, сорт «Staub» – сырье для производства угольной пыли. Уголь подается на склад из карьера по конвейеру и складируется в штабель одностреловым поворотным укладчиком. Работы на складе полностью автоматизированы, местоположение ковшей роторного заборщика и угол поворота конвейера укладчика определяется с помощью системы GPS-навигации.

Управление складированием и отгрузкой угля со склада происходит с диспетчерского пункта. Здесь же осуществляются оперативное планирование и корректировка загрузки добычных и вскрышных экскаваторов в карьере. Зная производительность экскаватора на конкретном блоке, длину и скорость конвейерной ленты, можно определить качество угля в потоке от каждого экскаватора и среднее качество угля после прохождения распределительного пункта. Исходя из этого рассчитывается среднее качество угля по заданным показателям. Система расчета полностью автоматизирована, применяется компьютерное обеспечение «Mine Scape».

Контроль качества угля проводится непосредственно перед погрузкой сырья в средства его доставки потребителям и заключается в механизированном отборе проб из потока, идущего по конвейерной ленте. Данные лабораторных исследований в течение 2-3 дней вносятся в базу данных. Недостаток такого метода очевиден: пробы берутся непосредственно перед погрузкой сырья, а результаты исследований будут доступны только через несколько дней после сжигания угля. Поэтому для проведения параллельного анализа качества сырья непосредственно на месте его потребления на элек-

тростанции «Липпендорф» был установлен онлайн-анализатор «Solas» фирмы «APC GmbH» [1], позволяющий проводить поэлементный анализ материалов [4]. Сравнение результатов показало высокую степень сходимости данных онлайн-анализа и результатов лабораторных испытаний.

Выводы. Системы планирования горных работ и управления качеством продукции, реализованные на предприятии «MIBRAG GmbH», позволяют обеспечить запросы широкого круга потребителей угля. Значительная часть технических решений и разработок, в том числе программное обеспечение, – продукт работы технического отдела компании. Отличительной чертой деятельности предприятия является постоянное совершенствование системы контроля качества продукции на основе обратной связи. После тщательного анализа результатов усреднения угля на складе вносятся соответствующие корректировки в процесс планирования дальнейшей добычи минерального сырья, что позволяет осуществлять рациональное комплексное освоение недр.

Результаты онлайн-анализа комплекса «Solas» носят констатирующий характер, поскольку отсутствует возможность влиять на качество угля до момента его поступления на электростанцию. Следующим этапом развития и совершенствования системы управления качеством угля на предприятии станет внедрение онлайн-системы радиометрического определения качественного состава угля на участке «карьер – склад».

Авторы статьи выражают искреннюю благодарность за возможность пройти стажировку, помощь в сборе информации и консультации по техническим вопросам руководителю отдела управления качеством продукции предприятия «MIBRAG GmbH» Детлефу Трюммеру, выпускнику Московского горного института.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт компании APC GmbH: URL: http://www.apc-online.de

2. Официальный сайт компании MIBRAG GmbH: URL: http://www.mibrag.de

3. Официальный сайт Министерства экономики и технологии Федеративной Республики Германия: URL: http://www.bmwi.de

4. *Якубовский М.М.* Контроль качества продукции на карьерах по добыче бурого угля в Восточной Германии // Вестник ЗабГК им. М.И.Агошкова, 2012. № 5. С.32-35.

REFERENCES

1. Website of the company APC GmbH: URL: http://www.apc-online.de

2. Website of the company MIBRAG GmbH: URL: http://www.mibrag.de

3. Website of the Ministry of Economics and Technology of the Federal Republic Germany: URL: http://www.bmwi.de

4. *Yakubovskiy M.M.* Quality management at open-casts in Eastern Germany // Vestnik ZabGK named after M.I.Agoshkova. 2012. N 5. P.32-35.