

УДК 338: 622.33 (571.56)

В.Л. Гаврилов

**АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВА УГЛЯ
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕПОЧКЕ
«ЗАБОЙ - ПОТРЕБИТЕЛЬ»**

Проанализировано изменение качества угля при прохождении им по технологической цепи «забой — потребитель» на примере ряда предприятий Южной Якутии. Показаны закономерности такой трансформации и возможности управления отдельными качественными характеристиками угля по цепи.

Ключевые слова: уголь, управление качеством, технологическая цепочка, Южная Якутия.

Одной из важных задач, стоящих перед российской экономикой является обеспечение выпуска продукции с качеством, удовлетворяющим постоянно возрастающие требования покупателей. В полной мере это относится и к предприятиям угольного комплекса, функционирующих в условиях достаточно высокой конкуренции на рынке топливно-энергетических ресурсов.

До использования по назначению твердое топливо проходит большое число технологических звеньев (разведка добыча, обогащение, перевозка, хранение, потребление) и везде подвергается качественно-количественным изменениям. При этом существующие системы управления работают или должны работать в режиме, позволяющем улучшить отдельные потребительские свойства угля и обеспечивающем преодоление природной пространственной изменчивости его качества в недрах при формировании и движении угольных потоков. Для простых по строению залежей решение этой задачи не представляет больших трудностей. А для сложных по структуре и неоднородных по качеству месторождений проблема переходит в разряд труднореализуемых

и требует применения специально разработанных систем управления качеством угля, учитывающих его природную специфику и жесткие требования внутреннего и/или мирового рынка.

Одним из перспективных и инвестиционно привлекательных мест по значительному расширению объемов добычи и первичной переработки угля является Южно-Якутский бассейн. Изучение геологической информации по ряду перспективных месторождений региона, выполненное как по источникам первичной информации — геологическим отчетам, так и по обобщенным, например, в [1], сведениям, показывает. Зольность углей, предназначенных для коксования, находится на уровне, значительно превышающем допустимые для производства высококачественного прочного кокса диапазоны, колеблется в широких пределах, имеет устойчивые межпластовые различия и требует селекции при добыче, усреднения на открытых и/или закрытых складах и обогащения. Обогащаемость основной части углей из-за повышенной материнской зольности самого угольного вещества трудная или очень трудная. Пространственные закономерности

Показатели качества угля	Технологические процессы						
	Георесурс	Добыча	Склады	Обогащение	Транспорт	Склады портов	Склады потребителей
Толщина пластического слоя, Y_{mm}	■	■	■	■	□	■	■
Индекс свободного вспучивания, SJ ед.	■	■	■	■	□	■	■
Выход летучих веществ, V^{lat}	■	■	■	■	□	□	□
Содержание серы, S_t^d	■	■	□	■	□	□	□
Содержание фосфора, P^d	■	■	□	□	□	□	□
Содержание окисленных разностей, %	■	■	■	□	□	□	□
Зольность, $A^d\%$	■	■	□	■	■	■	■
Влажность, $W_t\%$	■	□	□	■	■	■	■
Гранулометрический состав	□	■	■	■	■	■	■
Засорение	□	■	■	□	■	■	□

— влияет в значительной степени
 — влияет
 — практически не влияет

Рис. 1. Схема формирования качества коксующегося угля

изменения зольности и обогатимости угля до настоящего времени не определены с точностью, достаточной для нормального управления качеством угля, что хорошо показывает опыт эксплуатации Нерюнгринского месторождения. Неокисленные угли имеют высокие технологические свойства и способны давать прочный металлургический кокс как в моношихте, так и в бинарных и многокомпонентных шихтах, в т.ч. с частично окисленными и менее ценными углями. Для основных рабочих пластов характерны колебания основных показателей коксующести и спекаемости в разрезе, по площади, между пластами и месторождениями. Ширина зоны окисления не превышает 150–200 м

по падению пласта, с преобладанием величин до 100 м. Границы окисления как по разрезу, так и по площади пластов, как правило, имеют нестабильный, часто не прогнозируемый характер. Пласты в пространстве по мощности часто не выдержаны, имеется достаточно большое число расщепленных участков и разно амплитудных тектонических нарушений.

В настоящее время в Южной Якутии работает ряд предприятий, осуществляющих добычу и обогащение угля: Нерюнгринские разрез и обогатительная фабрика (проектная мощность 13 млн т/год по рядовому углю), разрезы ООО «Эрэл» (0,5–0,7 млн т/г), ООО «Долгучан» (2,2–0,3 млн т/г), ЗАО «Малые разрезы

Нерюнгри» (0,4 – 0,5 млн т/г), разрез и шахта ООО «ЭрчимТхан (0,2 млн т/г), шахта «Денисовская» (0,5–0,7 млн т/г). Строятся или планируются к вводу еще несколько объектов: Эльгинский угольный комплекс (до 30 млн т/г по рядовому углю), шахты «Инаглинская», «Холодниканская», «Локучакильская», вторая очередь шахты «Денисовская» и др.

Все эти предприятия работают или будут работать на месторождениях, которые можно отнести к категории сложных по структуре и неоднородных по качеству. Это неизбежно приводит к необходимости повышенного внимания к решению проблемы управления основными потребительскими свойствами угля в целом по технологической цепи «забой — потребитель» и по ее отдельным звеньям для повышения эффективности их функционирования и роста конкурентоспособности твердого топлива на рынках сбыта.

Характер изменения качества угля вытекает из оценки влияния технологических звеньев цепочки на его отдельные показатели (рис. 1) [2].

Учитывая то, что в настоящее время в регионе работает только один полноценный технологический комплекс — Нерюнгринский — рассмотрим его подробнее в контексте анализа действующей системы управления качеством. Наряду с неблагоприятным для поставщика действием внешних факторов, связанных с высокой конкуренцией на основных рынках сбыта, имеются три основных внутренних, в значительной степени определяющие специфику решения проблемы управления качеством угля.

- 1) Сложная структура пласта «Мошный» (несколько угольных пачек, широкая зона окисления, неравномерная переходная зона и др.), высокая изменчивость мощности и основных

показателей качества угля, недостаточная технологическая изученность. Отдельные пачки и условно выделенные по простиранию пласта блоки в неокисленной зоне имеют значимые отличия по показателям назначения (средние) и однородности. В пределах отдельных экскаваторных блоков наблюдаются резкие колебания зольности, обогатимости и показателей спекаемости.

- 2) Большие объемы перерабатываемой ежегодно горной массы на ограниченном фронте, высокая концентрация мощной горнотранспортной техники, достаточно жесткая связь между разрезом и обогатительной фабрикой и необходимость реализации повышенных требований к планированию, ведению и организации горных работ.
- 3) Наличие нетрадиционного для "угольных" цепей нашей страны звена — морского порта с крупным складом открытого хранения, где осуществляется окончательная оценка качества угля, происходит укрупнение партий отправляемого потребителям угля (в среднем с 3–6 тыс. т до 35–50 тыс. т).

Специально разработанная «Сибгипрошахтом» при участии «Якутугля» и ряда научно-исследовательских институтов система управления качеством угля при его добыче, переработке и поставке концентрата потребителям, в первую очередь на внешний рынок включала следующие элементы:

- 1) эксплуатационная доразведка пласта "Мошный" в нескрытой части с целью перспективного планирования развития горных работ;
- 2) оперативное опережающее опробование для текущего планирования;
- 3) картографические работы по выделению на опробованной части пласта добычных блоков с условно-постоянным качеством угля;
- 4) организация добычных работ и грузовых потоков (число забоев, использование времен-

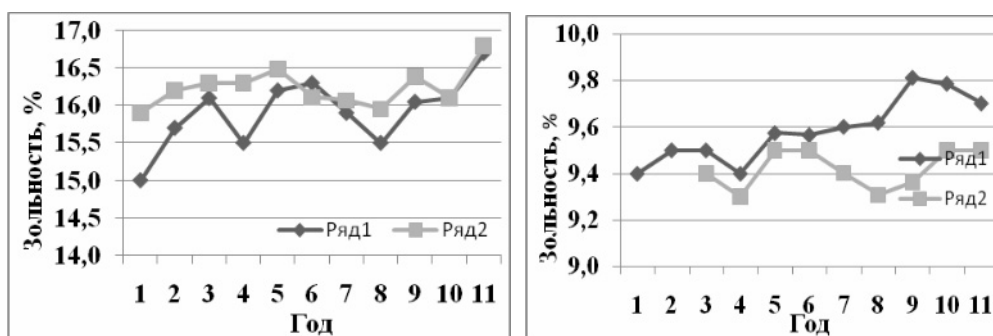
ных складов и т.д.); 5) прием, подготовка и складирование рядового угля в бункерах ОФ, дозировка перед обогащением; 6) обогащение коксующихся углей, их сушка, складирование на складе готовой продукции; 7) дозировка в процессе отгрузки потребителям с обогатительной фабрики, загрузка маршрутов; 8) прием к осмотру составов с углем в Восточном порту, организация складирования, хранения и погрузки готовой продукции в морские суда; 9) прием маршрутов и судов с концентратом у потребителей, организация выгрузки, складирования, хранения и использования в виде составного компонента для производства кокса; 10) технический контроль рядовых углей и концентрата, технологических процессов, отбор и испытание товарных проб при отгрузке твердого топлива потребителям и его приемка у них; 11) организация совместной работы геологоразведочной партии, "Якутугля", железной дороги и Восточного порта в едином технологическом режиме. Длительный опыт эксплуатации показал ее достаточно высокую эффективность и работоспособность практически всех элементов.

Анализ изменения качества угля по мере прохождения им по всей технологической цепи, действующей на территории страны (Нерюнгринское месторождение — Восточный порт) выполнялся в два этапа: 1) период выхода технологической цепочки на проектную мощность — 1986—1988 гг.; 2) текущее состояние. Основой в обоих случаях служил обширный статистический материал по оценке качества твердого топлива в различных точках и интервалах опробования (скважина, забой, склад, фабрика, порт; час, смена, сутки, месяц), полученный в геологоразведоч-

ной экспедиции «Южякутгеология», Нерюнгринской геологоразведочной партии и подразделениях управления технического контроля «Якутугля». Рассматривались зольность A^d , массовая доля рабочей влаги W_t^d , выход летучих веществ V^{daf} , показатели спекаемости — толщина пластического слоя Y , индекс свободного вспучивания SI . В необходимых случаях использовались и другие параметры — выход концентрата γ , прочность кокса, содержание серы S_t^d . Обработка осуществлялась с использованием обще применяемых методов математической статистики. Интерпретация всех полученных результатов производилась исходя из специфики функционирования отдельных звеньев цепи забой-потребитель и возможного взаимовлияния элементов.

Все нормируемые техническими условиями показатели качества угля пласта "Мошный" Нерюнгринского месторождения по характеру их формирования можно условно разделить на две группы: 1) $Y, SI, V^{daf}, S_t^d, P^d, Q^{daf}, A^d$ (рядовой энергетический уголь); 2) A^d, W_t^d , гранулометрический состав, содержание минеральных примесей и посторонних предметов.

Числовые значения потребительских свойств первой группы изменяются в недрах в широких пределах и их уровень предопределен природным качеством угля. При добыче - обогащении - поставках практически можно влиять только на показатели однородности. Это достигается выравниванием частотных колебаний качественных характеристик твердого топлива во времени путем усреднения в забоях, на складах, на "колесах" или за счет раздельной выемки по сортам. За счет перераспределения соотношения органическое вещество — минеральные примеси при прохождении



а) ряд 1 – рядовой уголь, данные разреза
ряд 2 – рядовой уголь, данные фабрики

б) ряд 1 – концентрат, общая отгрузка
ряд 2 – концентрат на экспорт

Рис. 2. Зольность рядового угля (а) и концентрата (б) по данным разреза и обогатительной фабрики

угля через обогатительную фабрику в результате уменьшения зольности происходит лишь их незначительное улучшение.

При формировании потребительских свойств второй группы появляется возможность за счет соответствующих организационно-технических мероприятий, в первую очередь на обогатительной фабрике, влиять как на показатели однородности, так и

назначения. Особое положение занимает влажность, изменение которой происходит вплоть до сдачи угля потребителю. На протяжении всей цепи, особенно при перевозке твердого топлива по железной дороге, имеет место засорение угля посторонними предметами: металлом, деревом и другими. Это приводит к рекламациям со стороны покупателя и штрафам.

Средние значения и коэффициенты вариации по разным точкам контроля

Точка контроля	Среднее, Коэф. вариации	A ^d , %	W _t ^r , %	V ^{daf} , %	Y, мм	SI, ед.
Эксплуатационная доразведка	x	16,0		20,4	12,1	7,6
	V	26,7		5,4	25,8	22,2
Опережающее опробование	x	15,8		20,8	10,6	7,3
	V	22,3		5,2	20,7	23,5
Рядовой уголь, разрез	x	16,1	2,4	-	11,1	7,3
	V	14,2	57,1	3,7	17,2	19,1
Концентрат, получаемый на фабрике	x	9,5	6,2		12,1	7,5
	V	6,3	21,3	3,5	15,3	16,3
Концентрат, отгружаемый с фабрики	x	9,5	5,5	19,8	11,7	-
	V	4,9	26,5	3,0	12,3	12,9
Концентрат, порт отгрузки	x	9,5	7,3	20,3	13,1	-
	V	4,3	21,3	2,3	10,5	10,7
Концентрат, порт потребителя	x	9,6	7,3	20,3	-	8,5
	V	3,9	13,4	2,1	-	7,0

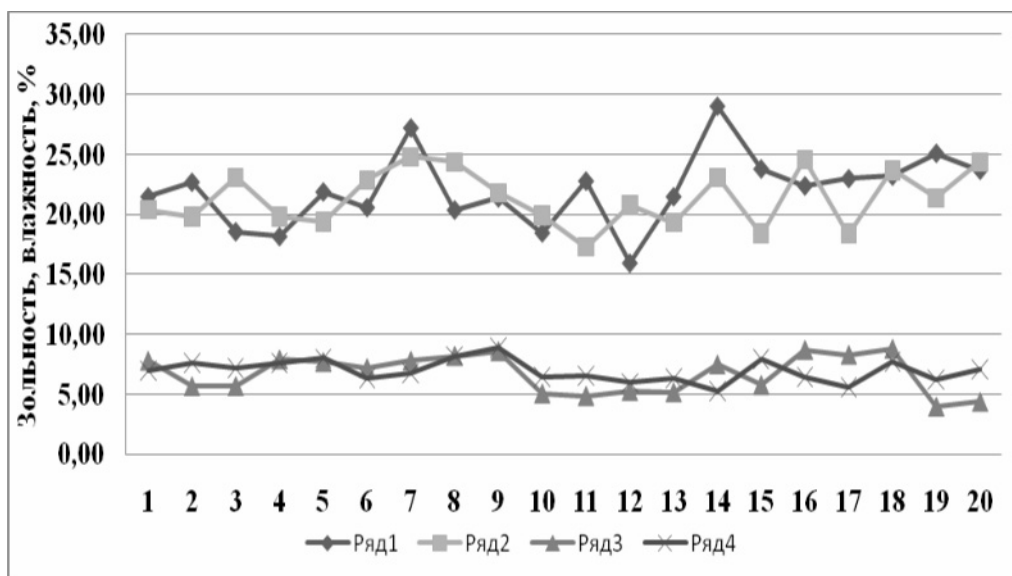


Рис. 3. Изменение зольности (ряды 1, 2) и рабочей влажности (ряды 3,4) отгруженного угля с двух разрезов Южной Якутии (март 2010 г.)

По мере продвижения от разреза до потребителя в целом имеет место закономерное уменьшение диапазонов колебаний практически всех рассмотренных показателей (таблица, данные за 1986—1986 г.). Общие коэффициенты усреднения цепи забой — порт по рассматриваемым потребительским свойствам коксующегося угля составляют 2,0—6,2. Чтобы обеспечить на выходе из технологической цепочки (порты отгрузки) пределы варьирования относительно среднего уровня в j -х судах на уровне $\pm 0,3\%$ по зольности, ± 1 мм по толщине пластического слоя и $\pm 0,5$ ед. по индексу свободного вспучивания, суммарные коэффициенты усреднения по цепи должны находиться на уровне: по зольности — 7,0—8,3, по показателям спекаемости 2,3—3,4.

В последние годы (1999—2009) наблюдается тенденция роста и общей зольности рядового угля, посту-

пающего на обогатительную фабрику и зольности концентрата, отгружаемого потребителям (рис. 2). Это привело к повышению требований к ведению добычных работ в режиме управления качеством угля и необходимости деления на сорта как рядового угля (относительно легко обогатимый и трудно обогатимый), так и концентрата (внутренний рынок, экспорт). Как следствие, появление дополнительных складов открытого хранения перед обогатительной фабрикой, чего не было в первоначальном проекте. Одна из причин, приведшая к такой ситуации — снижение внимания к роли геологического обеспечения и сопровождения горных работ.

Была ликвидирована Нерюнгринская геологоразведочная партия, выполнявшая эксплуатационную до-разведку. Еще одним элементом системы управления качеством угля, которого коснулись изменения, бы-

ло опережающее опробование. Смена собственника, предпринятые им меры по оптимизации расходов, привели к исключению данного элемента из системы управления качеством угля. Но ряд трудностей, возникших в результате такого шага (снижение эффективности работы обогатительной фабрики, повышение диапазона колебаний зольности концентрата, невозможность адекватного кратко- и среднесрочного прогноза и др.), привели к тому, что процедура опережающего опробования была реанимирована в дополнение к ежесменному забойному опробованию.

Изучение опыта управления качеством угля на других угледобывающих предприятиях Южной Якутии показывает, что практически все они вопросам повышения качества твердого топлива уделяют недостаточно внимания. Как следствие, высокий

общий уровень зольности в отгружаемой продукции, засорение породными фракциями, отсутствие технического контроля по другим, продажа коксующегося угля по цене энергетического, валовая отработка окисленных и не окисленных зон, широкий диапазон колебаний по основным потребительским свойствам угля (рис. 3).

Результаты, полученные на основе выполненного анализа, часть из которых представлена здесь, являются одной из составляющих информационной основы для разработки технологических и организационных мероприятий, направленных на повышение эффективности и совершенствование работы действующих и создаваемых систем управления качеством угля в технологических цепочках забой — потребитель, ориентированных на освоение угольных месторождений Южной Якутии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Угольная база России. Том V. Кн. 2: Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока России (Республика Саха, Северо-Восток, о. Сахалин, п-ов Камчатка). М.: ЗАО «Геоинформмарк». — М., 1999. — 638 с.

2. Гаврилов В.Л. Изменение качества угля в технологической цепи «забой — потребитель» // «Современные технологии освоения минеральных ресурсов»: сб. материалов 8 Международной научно-технической конференции. — Красноярск, 2010. — С. 127—136. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Гаврилов Владимир Леонидович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН, gvlugorsk@mail.ru

