

УДК 622.014:553.04

Ткач Сергей Михайлович

доктор технических наук, директор,
Институт горного дела Севера
им. Н.В. Черского СО РАН –
обособленное подразделение
Федерального исследовательского центра
«Якутский научный центр СО РАН»,
677980, г. Якутск, пр. Ленина, 43
e-mail: tkach@igds.ysn.ru

Гаврилов Владимир Леонидович

кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,
Институт горного дела им. Н.А. Чинакала
СО РАН,
630091, г. Новосибирск,
Красный проспект, 54;
e-mail: gvlugorsk@mail.ru

**О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ РАЗВИТИЯ
УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ***Аннотация:*

На примере угольной отрасли показана устойчивость действия основных закономерностей развития горнодобывающей промышленности, сформулированных С.А. Батугиным и В.Л. Яковлевым. Рассмотрены связи между закономерностями, их влияние друг на друга. Показано, что рост объемов добычи угля и экспортно-импортных операций с ним в мире сохранится, но темпы в разных регионах будут различаться. Закономерности роста глубины разработки, опережающего роста извлекаемых из недр объемов горной массы по сравнению с ростом объемов добычи угля, расширения направлений его использования останутся. Период относительно простого развития угольной промышленности, когда можно было прогнозировать на длительные сроки с высокой вероятностью совпадения планов и факта, практически закончился. Отмечено, что перечень закономерностей требует дополнения. Это связано с ростом неопределенности и непредсказуемости технологического, экономического и информационного развития в мире, усложнением условий освоения неоднородных по строению и потребительским свойствам угольных месторождений, объективной потребностью повышения эффективности работы цепочек разведки, добычи, обогащения и поставок качественной угольной продукции на конкурентные рынки. Обоснована необходимость учета высокой изменчивости рыночной конъюнктуры и цен на уголь в условиях сложности их прогнозирования при работе горных предприятий. Отмечена объективная необходимость дополнения перечня закономерностей улучшением эффективности работы горно-обогатительного комплекса на основе использования информационных и компьютерных технологий.

Ключевые слова: угольная промышленность, развитие, закономерности, сложное месторождение, добыча, качество, цена

DOI: 10.25635/2313-1586.2019.03.049

Tkach Sergey M.

Doctor of Engineering, Director
Chersky Mining Institute of the North,
Siberian Branch of RAS,
separate division of Federal Research Center
“Yakut Scientific Center of the SB of RAS”,
677980, Yakutsk, 43 Lenin Av.
e-mail: tkach@igds.ysn.ru

Gavrilov Vladimir L.

Candidate of Technical Sciences,
Leading Researcher,
Chinakal Mining Institute
of the Siberian Branch of RAS,
630091, Novosibirsk, 54 Krasny Av.
e-mail: gvlugorsk@mail.ru

**ABOUT REGULARITIES OF DEVELOPMENT
OF THE COAL INDUSTRY***Abstract:*

On the example of the coal industry the paper shows the stability of the basic regularities of development of the mining industry, as S.A. Batugin and V.L. Yakovlev have formulated them. Relations between the regularities, their influence on each other are considered. It shows that the growth of coal production and export-import operations in the world will continue, but the pace in different regions will vary. The regularities of the growth of the depth of development, the outpacing growth of the extracted from the subsoil volumes of rock mass in comparison with the growth of coal production, the expansion of its use will remain. The period of relatively simple development of the coal industry, when it was possible to predict for a long time with a high probability on matching of plans and fact, is almost over. We can note that the list of regularities requires additions. This is due to the growing uncertainty and unpredictability of technological, economic and information development in the world, the complexity of the conditions for the development of heterogeneous in structure and properties of coal deposits, the objective need to improve the efficiency of the chains of exploration, production, enrichment and supply of quality coal products to competitive markets. The paper substantiate the necessity of taking into account the high variability of market conditions and coal prices in the conditions of complexity of their forecasting in the functioning of mining enterprises. It notes the objective necessity of supplementing the list with the regularity of improving the efficiency of the mining and processing complex based on the use of information and computer technologies.

Keywords: coal industry, development, regularities, complex deposit, production, quality, price

В начале 90-х годов прошлого века С.А. Батугин и В.Л. Яковлев одними из первых в современной России проанализировали и аргументировали закономерности, особенности и тенденции развития горнодобывающей промышленности [1]. Было отмечено отставание научно-технического прогресса в освоении месторождений от темпов добычи и переработки минерального сырья, ведущее к его удорожанию, нерациональному недропользованию, отрицательному влиянию на экономику и окружающую среду. Исчерпание «хороших» месторождений способствовало тому, что более значимое влияние на показатели работы предприятий стали оказывать физико-географические и горно-геологические условия.

Обозначенные в работе закономерности развития сведем в две условные взаимно дополняющие группы (табл. 1) и рассмотрим происходящие в течение 30-ти последних лет изменения в угольной промышленности как одной из значимых для экономики России. Учитывая ограниченные размеры статьи, оценим сжато, какие из отмеченных авторами закономерностей имели и имеют право на жизнь, что из предполагаемого стало явным, что было ими развито, например, в [2 – 5], а что не изучалось и требует дополнения и уточнения. Под закономерностями будем понимать «относительно устойчивые и регулярные взаимосвязи между явлениями и объектами реальности, обнаруживающиеся в процессах изменения и развития» [6].

Таблица 1

Закономерности развития горнодобывающей промышленности

Природные и геологические	Горнотехнические и экономические
<ul style="list-style-type: none">ухудшение естественных условий добычи и переработки минерального сырья;неравномерное распределение размеров месторождений, когда в меньших по количеству крупных залежах сосредоточена более значимая часть запасов полезных ископаемых;уменьшение среднего содержания главных полезных компонентов в добываемом сырье;запасы являются функцией содержания и времени;повышение доли попутных компонентов в общей ценности минерального сырья и рост доли комплексных месторождений.	<ul style="list-style-type: none">рост объемов добычи полезных ископаемых и глубины разработки месторождений;расширение и смена номенклатуры источников минерального сырья и направлений его использования;опережающий рост извлекаемых из недр объемов горной массы по сравнению с ростом объемов основного конечного продукта;решающая зависимость технико-экономических показателей работы горных предприятий от природных условий;изменение характера взаимодействия горного дела и естествознания.

Основными методами исследования послужили анализ и обобщение сведений о динамике развития угольной отрасли как составного элемента горнопромышленного комплекса и синтез в общий комплекс закономерностей ее развития на основе изучения отдельных составляющих.

Рост объемов добычи угля

Помимо общих показателей состояния и перспектив мировой и российской угольной отрасли для более точной оценки рассмотрим отдельные сегменты: внутренний и внешний рынки; Европа и Северная Америка, Восточная и Южная Азия, Россия; уголь коксующийся, энергетический и для глубокой переработки.

Для мира в целом характерно устойчивое увеличение объемов потребления угля, одного из самых распространенных и доступных источников энергетических ресурсов. По сравнению с 1990 г., когда было добыто 4771 млн т угля, к 2019 г. объем увеличился почти в 1,7 раза до 8013 млн т. При этом доля десяти крупнейших стран-производителей возросла с 80,0 % (3814,8 млн т) до 90,7 % (7270,8 млн т) [7] (рис. 1).

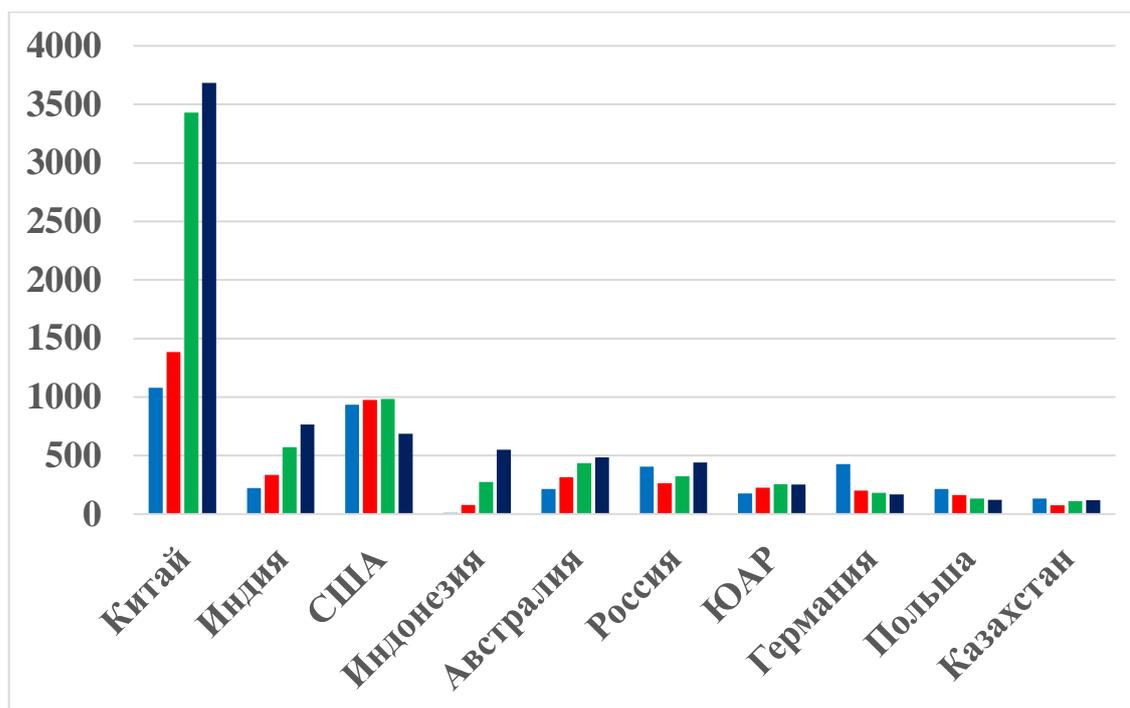


Рис. 1 – Добыча угля в крупнейших странах-производителях (1990, 2000, 2010 и 2018 гг., млн т)

Макрорегионы развивались по разным векторам. Европа снизила объемы добычи и потребления за анализируемый период с 1367 до 664 млн т в год. Азиатско-тихоокеанский регион (без Китая) увеличил с 551 до 1973 млн т, Китай с 1080 до 3683 млн т. В России, несмотря на увеличение объемов добычи с 405 до 441 млн т, был длительный спад в 1990-х и в начале 2000-х гг. Лишь в 2018 г. страна превзошла объемы, добываемые еще в составе СССР.

Перспективы дальнейшего развития отрасли также будут иметь серьезные различия. Существует объективная реальность, связанная с дальнейшим, хотя фактически и менее интенсивным, но устойчивым ростом объемов потребления угля в мире в целом, макрорегионах и странах [7 – 11]. В последние годы по ряду причин, в том числе субъективного, не всегда научно аргументированного характера, за углем пытаются настойчиво закрепить положение самого вредного для окружающей среды топливно-энергетического ресурса. Европа в погоне за декарбонизацией значительно дотирует расширение использования возобновляемых источников энергии. Китай принял и успешно реализует программы по снижению вредных выбросов, включая сжигание угля. Другие страны реализуют различные мероприятия по повышению эффективности утилизации угля.

В странах с высокой фактической или планируемой долей угля в топливно-энергетическом балансе активно реализуются меры по освоению экологически более чистых технологий генерации электроэнергии. На принципах высокой эффективности и низкой эмиссии углерода в Китае работают около 600 угольных электростанций, планируется их удвоение. В Индии действуют 49 подобных предприятий и намечено строительство еще почти 400 [11]. Закладываются современные угольные электростанции в Турции, Иране, Египте, Нигерии, Вьетнаме, Филиппинах, Иордании и других странах.

В России успехи последних лет связаны со значительным ростом поставок твердого топлива различных марок в Европу и восточную Азию. Доля экспорта в общем объеме отгрузки угля потребителям устойчиво растет. В 2016 г. она превысила 50,0 %, составив в 2018 г. 53,7 % [8]. Высокий уровень конкуренции на рынках энергоресурсов, составным, но не главным элементом которых является уголь, способствует периодическим, часто трудно прогнозируемым колебаниям спроса и предложения. Это негативно сказывается на работе угольных предприятий. Например, по данным РБК из-за падения

цен в Европе Кузбасс в 1-м полугодии 2019 г. снизил добычу энергетического угля на 7 %.

Анализ тенденций потребления угля в России свидетельствует о негативном положении дел по отношению к данному виду сырья, несмотря на некоторое увеличение объемов в 2017 – 2018 гг. Анализ рынка черных металлов говорит, что какого-либо значительного роста потребления коксующегося угля не ожидается. Масштабная глубокая переработка в условиях нефтегазового диктата нереальна. Страна продолжает активный переход на газовую электрическую генерацию. Дисбаланс цен между газом и углем и устаревшая угольная электро- и теплоэнергетика, ориентированная на использование высокозольного топлива, способствуют низкой эффективности его утилизации и формированию высоких цен потребления угля. В топливно-энергетическом балансе страны на его долю приходится менее 13 %. Для сравнения: страны ЕС, активно борющиеся с угольной генерацией, имеют 24 %, а нетто-импортеры угля – Япония и Южная Корея – 27 – 28 % [11].

Данные прошлого, настоящего и прогнозы на будущее в мире в целом свидетельствуют о наличии рассматриваемой закономерности. Объективной причиной увеличения объемов добычи угля является рост населения и научно-технический прогресс, давший возможность удовлетворения потребностей людей во всех регионах в тепле и электроэнергии, формирующий предпосылки и условия развития имеющихся и новых потребностей. Разрыв в уровнях потребления энергии на душу населения между индустриально развитыми и развивающимися странами в решающей степени обуславливает опережающий рост объемов добычи и потребления угля в последних. Роль угля внутри России в ближайшие годы не изменится в лучшую сторону.

Рост глубины разработки и опережающий рост извлекаемых из недр объемов горной массы по сравнению с ростом объемов добычи угля

Данные закономерности продолжают оставаться характерными как для открытых, так и для подземных горных работ. Они являются следствием перехода на более глубокие горизонты при освоении месторождений с крутопадающими и наклонными пластами, а также представленных свитами пологопадающих пластов; повышения природной и привнесенной при добыче угля зольности и необходимости переработки все больших объемов труднообогатимых углей, в первую очередь коксующихся; включением при разведке в запасы при их подсчете углей с высокой зольностью или сравнительно худшим качеством.

Рост глубины разработки, одним из проявлений которого является рост коэффициента вскрыши при открытой разработке месторождений (табл. 2), ведет к гамме отрицательных последствий. Доля высокоэффективных по производительности труда угольных предприятий уменьшается. Усложняются процессы управления устойчивостью горных массивов, транспортом, водоотливом, проветриванием. Растет трудоемкость, фондоемкость и себестоимость добычи угля. Снижается безопасность.

Таблица 2

Объемы добычи угля открытым способом (млн т) и вскрышных работ (млн м³)¹

Показатели	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018
Добыча	183	200	223	221	244	254	283	331
Вскрыша	665	770	1077	1135	1561	1480	1663	2261
Коэффициент вскрыши	3,64	3,85	4,83	5,14	6,39	5,83	5,88	6,83

¹ Составлена с использованием [12]

Расширение и смена номенклатуры источников твердого топлива и направлений его использования

Уголь как источник получения тепла используется много веков. Рост знаний о природе и технологических свойствах углей способствовал и способствует совершенствованию существующих и появлению новых технологий его утилизации. Они включают коксование, пиролиз, изготовление термококса, пылевидное сжигание, подземную газификацию и газификацию в различных наземных установках, дегазацию пластов с последующим сбором газов и пр. В свете этой закономерности происходит переоценка относительной и абсолютной ценности различных марок или сортов угля, что необходимо учитывать в стратегии и тактике освоения георесурсов. Возникает объективная необходимость создания новых методов и технических средств изучения угля.

Расширение объемов поставок угля на внешний рынок ведет к тому, что российские угольные предприятия вынуждены использовать в практике торговли те показатели качества угля, с помощью которых покупатель привык оценивать пригодность сырья для использования по назначению. Чтобы избежать экономических потерь, поставщик должен постоянно пополнять перечень контролируемых и/или управляемых показателей. Так, при добыче и поставках южно-якутских коксующихся углей введены и используются редко применяемые во внутренней практике индекс свободного вспучивания SI, показатель окисленности угля по американскому стандарту, реакционная способность кокса CRI, его прочность после взаимодействия с CO² CSR. Из-за нехватки информации, недостаточного уровня и объемов исследований, включая разведку месторождений, усложняется оценка поставляемых на экспорт углей и их объективное сравнение с углями других стран.

Ухудшение естественных условий добычи и переработки угля и неравномерное распределение месторождений по размерам и территориям

Проявление данных закономерностей связано с истощением запасов на месторождениях, обрабатываемых в наилучших условиях. Количество не изученных в геологическом отношении регионов постоянно уменьшается, возможности выявления новых залежей, особенно крупных, с конкурентным уровнем качества угля постоянно уменьшаются.

В Австралии центры добычи экспортного угля смещаются внутрь материка, удлиняя и усложняя маршруты доставки сырья до морских портов. В Монголии осваиваются месторождения, расположенные в полупустынной и пустынной зоне. В Донбассе шахты вынуждены закрываться или добывать высокосольный и сернистый уголь на больших глубинах из тонких пластов.

Для российской угольной отрасли в целом характерно нарастание темпов перемещения центра тяжести в Сибирь и на Дальний Восток, включая труднодоступные районы с неразвитой или отсутствующей инфраструктурой. В числе регионов, где уже действуют, расширяются, строятся или планируются к созданию крупные угольные комплексы – Южная Якутия (Эльгинское, Чульмаканское, Денисовское, Кабактинское месторождения), Чукотка (Амаамское), Хабаровский край (Ургальское), Амурская область (Сугодинско-Огоджинское), юг Кузбасса (Сибиргинское, Алардинское, Урегольское, Верхнетешское месторождения), Новосибирская область (Колыванское, Горловское), Тыва (Элегестское, Каа-Хемское), Хакасия (Бейское, Черногорское), Красноярский край (Саяно-Партизанское, Лимберовское), Бурятия (Никольское), Забайкалье (Апсатское) и другие.

Сдвиги в удаленные и неосвоенные территории с более сложными природно-климатическими и горно-геологическими условиями ведения горных работ приводят к удорожанию большинства технологических и бизнес-процессов, снижению эффективности извлечения угля из недр. В то же время наличие такого тренда имеет и положительную

сторону: происходит уменьшение расстояний транспортирования угля до основного и наиболее перспективного Азиатско-Тихоокеанского рынка.

Ухудшение качества добываемого рядового угля

Актуальность данной закономерности связана, как правило, с ухудшением среднего уровня потребительских свойств добываемого угля, естественной ограниченностью первосортного сырья, устойчивым ростом спроса на него и научно-техническим прогрессом, дающим возможность добывать и перерабатывать уголь с более низким уровнем качества. Зольность углей растет из-за высокой пластовой зольности в отрабатываемых запасах, разубоживания вмещающими породами при валовой выемке. Может увеличиваться и зольность выпускаемых концентратов из-за необходимости переработки углей трудной и очень трудной обогатимости. Спекаемость и коксуемость угля из-за отработки запасов с наиболее ценными марками угля также имеет тенденцию к снижению. Из-за значительного уменьшения потребностей в сортовом угле практически перестала нормироваться его кусковатость при поставках для коммунально-бытовых нужд, что привело к значительному понижению эффективности использования природного потенциала твердого топлива при слоевых технологиях сжигания.

В импортирующих уголь странах растет потребление низкосернистых и высококалорийных марок. Их зольность обычно не превышает 16 %. Средняя калорийность сжигаемого угля в мире выросла с 1990 г. на 7 % и находится на уровне 5000 ккал/кг, в Японии и Южной Корее она составляет более 6000 ккал/кг. Китай и Индия ограничивают ввоз низкокачественных углей. Из России энергетический уголь поставляется на экспорт с конкурентоспособной калорийностью. С учетом завоза более 20 млн т высокозольных экибастузских углей на внутреннем рынке средняя калорийность потребляемого угольного топлива на 12 % ниже мирового уровня. В 2015 – 2017 гг. этот показатель для углей, сжигаемых российскими теплоэлектростанциями, составлял 4263 ккал/кг [11].

Ухудшение среднего уровня качества сырья и нестабильность его во времени отрицательно сказываются на обогащении, энергетическом и металлургическом переделах. Из-за этого ряд вопросов приобретает новую значимость. В их числе – изучение точности и достоверности оценки запасов при разведке и эксплуатации месторождений; рассмотрение возможностей вовлечения в отработку наилучших из них по природным свойствам; исследование целесообразности улучшения сырья посредством планирования и ведения горных работ в режиме управления качеством, включающем селективную выемку; использование предварительной (в разрезах) и основной (на обогатительных фабриках) подготовки угля к обогащению и последующим поставкам потребителям.

Влияние качества угля в запасах и фактора времени на эффективность освоения месторождений

Оконтуривание запасов месторождений должно выполняться с таким расчетом, чтобы их разработка в выбранных границах при оптимальном режиме работ давала максимальный эффект. Техническим средством проведения границ месторождения, пластов в них служат кондиции. Перечень используемых показателей в конкретном случае зависит от геологических условий и состава минерального сырья. Для угольных месторождений нормируются, как правило, минимальная мощность разрабатываемого пласта (пачки), максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных углей, включаемых в отработку; предельная зольность (реже калорийность) по пласто-пересечению и зольность чистых угольных пачек; содержание вредных примесей (сера, фосфор, мышьяк и др.); технологические свойства (спекаемость, коксуемость, окисленность).

Из-за множества используемых показателей, их взаимовлияния и связей кондиционных и горно-эксплуатационных параметров друг с другом задача оптимального окон-

туривания запасов месторождений решается путем вариантных расчетов. Изменение любого из названных показателей кондиций оказывает или может оказывать влияние на запасы месторождения и их марочную структуру. Длительные сроки работы угольных предприятий, изменения в перечне показателей кондиций, колебания конъюнктуры рынка требуют периодической геолого-экономической переоценки месторождений. Однако значительная часть запасов угля поставлена на учет в государственный баланс по материалам разведок 40 – 50-летней давности и не соответствует современным требованиям к уровню геологической изученности и подготовленности месторождений к промышленному освоению [13].

Текущая геолого-экономическая оценка месторождений предполагает максимально полный учет свойств угля. Цель – более точная дифференциация запасов по пластам, зонам и участкам, маркам, сортам и группам и последующее многовариантное моделирование порядка ведения добычных работ с принятием рациональных геотехнологических и организационных решений. Рассмотрим часть работ в данном направлении, выполненных на примере и для условий Эльгинского месторождения в Южной Якутии. На основе разложения зольности угля на ряд составляющих разработана методика оценки его общего (технологического и природного) разубоживания [14], и с учетом полученных результатов обоснованы подходы к совершенствованию управления качеством добываемого угля [15]. Заявленный на стадии геолоразведки перечень из трех технологических групп дополнен новыми группами и подгруппами [16]. В основных рабочих пластах выделены зоны коксующихся углей с различной обогатимостью, разработана модель оптимизации для управления формируемыми из разных зон потоками углей и процессом обогащения [17]. Ее использование создает дополнительные возможности для максимизации выхода концентрата заданного качества.

Повышение доли попутных компонентов в общей ценности геопотенциала месторождений и рост количества комплексных

Угольные месторождения можно потенциально рассматривать как комплексные и многокомпонентные. В пластах и вмещающих породах в дополнение к самому углю могут и содержатся в концентрациях, представляющих промышленный интерес, различные химические элементы, включая редкие металлы. Некоторые из них, содержащиеся в малых количествах в исходном сырье, накапливаются в продуктах обогащения, переработки и сжигания угля.

Достаточно большой интерес к геохимии угля в нашей стране был в прошлом веке [18]. Это было связано с потребностями отечественной промышленности в разнообразном минеральном сырье, выявление которого осуществлялось в процессе масштабной геологической разведки. Но даже проведение в то время государственной политики, ориентированной на комплексное освоение недр, не привело к масштабным положительным результатам. Так, на стадии предварительной разведки в Нерюнгринском месторождении в Якутии были оконтурены участки с промышленным содержанием германия. При проведении детальной разведки эти запасы были сняты с учета. И это при наличии большого количества проб с высоким содержанием металла по отдельным пластопересечениям.

В последние годы научный интерес к попутным компонентам в общей ценности минерального сырья угольных месторождений возобновился [19 – 21]. Но имеющиеся и вновь полученные сведения о высокоценных компонентах в угле для организации промышленного производства по их получению используются крайне редко. Исключения, как правило, составляют вскрышные породы и отходы обогащения, незначительную часть которых применяют при сооружении карьерных дорог и отсыпке промплощадок. Можно также отметить оценку запасов месторождений как углегазовых [22] и использования газа, получаемого при дегазации угольных пластов [23 – 24].

В числе главных причин такого неблагоприятного положения то, что до сих пор не создан механизм, использование которого смогло бы заинтересовать реальный бизнес в комплексном использовании геологического потенциала месторождений. Крайне низкий уровень извлечения попутных и рассеянных элементов на угольных месторождениях связан также и с традиционным валовым подходом при опробовании углевмещающих толщ при геологическом изучении, использование которого не позволяет достоверно оценить запасы. Выявление зон повышенных концентраций (кластеров) благородных, редких и рассеянных металлов целесообразно выполнять с использованием разработанных методических и практических подходов [25, 26].

Суммируя, отметим, что данная закономерность, несмотря на ее научно-практическую привлекательность, в той мере, на которую можно было бы ориентироваться, к сожалению, не проявилась.

Решающая зависимость технико-экономических показателей (ТЭП) работы горных предприятий от природных условий

Географические и горно-геологические факторы имеют важнейшее значение при определении начальных условий освоения месторождения: годовая мощность предприятия, системы вскрытия и разработки месторождения, показатели качества добываемого сырья и другие. Перечень факторов меняется в зависимости от района расположения месторождения, вида и марки угля. Зависимость показателей эффективности освоения одноименного сырья от естественной дифференциации природных условий весьма значительна. Она методологически и теоретически объяснена в геолого-экономической оценке месторождений и в механизме рентных платежей. Именно этой закономерностью объясняется деление месторождений и их участков на балансовые и забалансовые.

Неблагоприятное значение всего одного из основных природных факторов (запасы, глубина залегания, тектоническая нарушенность, обводненность, коксующийся или энергетический уголь, мощность угольных пластов, значения основных показателей качества и их разброс) часто приводит к отнесению месторождений или их отдельных участков как к нерентабельным для отработки. Различие месторождений по природным условиям проявляется в том, что технико-экономические показатели организуемых на их базе «лучших» и «худших» предприятий различаются в разы. При неблагоприятной конъюнктуре лишь первые из них имеют право на жизнь.

В то же время в условиях резких колебаний спроса и цен на уголь говорить о решающей зависимости ТЭП инвестиционных проектов только от природных условий становится все сложнее. Так используемые при оценке чувствительности диапазоны в 5 – 15 %, например, по цене практически сразу приводят показатели большинства проектов в отрицательные зоны.

Изменчивость спроса и волатильность цен на минеральное сырье при очень трудной их предсказуемости

В числе особенностей развития горнопромышленного комплекса в [1] отмечалась относительная стабильность плановых цен на продукцию горной промышленности и изменчивость затрат на ее производство. Анализ показывает, что эта особенность, которую, видимо, следует перевести в разряд закономерностей, остается справедливой лишь по отношению к изменчивости затрат. Реально вся экономика мира в целом, ее горнодобывающая промышленность в частности, работает в условиях нестабильного спроса и слабо предсказуемых цен [27, 28]. Цена является фактором, оказывающим существенное влияние на эффективность функционирования большинства горнодобывающих предприятий, а ее изменение всегда сильно ощутимо [29].

Периодические и хаотические колебания цен (рис. 2, 3) бывают весьма значительными и являются неуправляемыми (для предприятия) факторами внешней среды. Базовый уровень цен на многие сырьевые товары, включая экспортируемый уголь, активно

продаваемые на организованных или биржевых и фьючерсных площадках, нередко формируется на финансовом спекулятивном рынке, часто не имеющем отношения к реальному сектору экономики.



Рис. 2 – Динамика цен на уголь за 1990 – 2018 гг., дол/т (построено по данным [7])

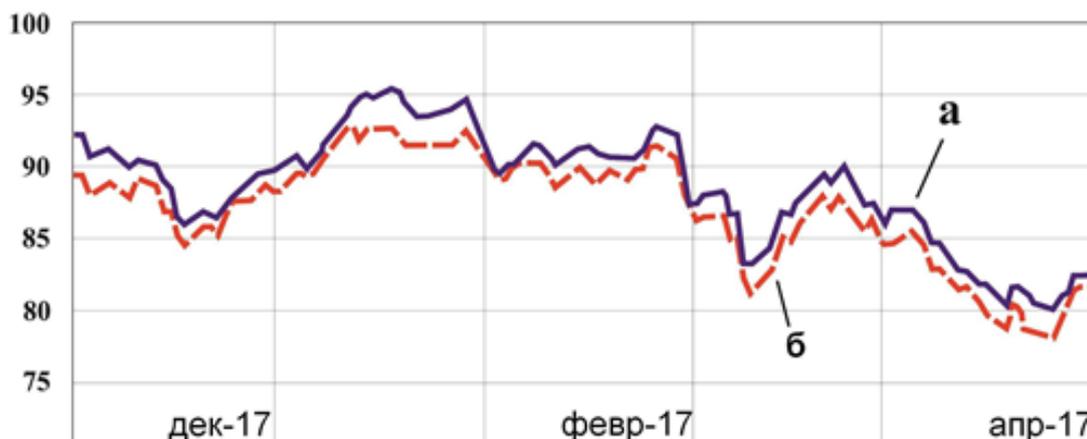


Рис. 3 – Внутригодовые изменения цен (FOB) на энергетический уголь:
а – Ньюкасл (Австралия); б - Ричард Бей (ЮАР) [globalcoal.com]

*Улучшение эффективности горно-обогатительного комплекса
на основе использования информационных и компьютерных технологий*

Действие рассмотренных выше закономерностей проявляется разнонаправленно в сложном комплексе противоречивости, взаимовлияния и дополнения. Могут происходить быстрые, трудно предсказуемые изменения как во внешней по отношению к горным предприятиям среде, так и во внутренней. В такой ситуации важным резервом повышения эффективности работы становится улучшение принимаемых геотехнологических, инвестиционных, организационных, экологических и экономических решений при бизнес-оценке, проектировании и различных этапах функционирования разрезов, шахт, фабрик. Их улучшение может быть достигнуто путем более полного и тонкого понимания особенностей рынков сбыта, особенностей районов ведения горных работ, генерации новых компетенций и знаний, максимально полно учитывающих накопленный за длительное время мировым, российским и региональным отраслевым сообществом опыт.

Быстрые темпы развития информационных и компьютерных технологий, непрерывное расширение их возможностей при решении сложных задач, возможности опера-

тивной оценки и переоценки запасов неоднородных по свойствам месторождений являются объективными предпосылками дополнения перечня закономерностей еще одной.

Современные геоинформационные системы; базы данных и знаний; трехмерные цифровые модели месторождений как носители информации о геологических особенностях, геометрических размерах, пространственном положении, физико-механических, технологических и технико-экономических свойствах объектов; алгоритмы и методы инженерного обеспечения горно-обогатительного комплекса позволяют использовать модели различных типов для получения более точных и обоснованных решений задач горного производства [31 – 32]. Компьютерное моделирование с объемной визуализацией и быстрыми темпами обработки информации способствует более достоверным прогнозам параметров залегания и распределения качественных характеристик угля в недрах, повышению эффективности использования природного потенциала недр за счет снижения количественных и качественных потерь в цепочках добычи, обогащения и потребления минерального сырья.

Выводы

Период относительно простого развития угольной промышленности, когда можно было прогнозировать показатели работы на длительные сроки с высокой вероятностью совпадения планов и факта, практически закончился.

Предприятия стали функционировать в условиях повышенного влияния разнообразных факторов нестабильности, неопределенности, сложности и неоднозначности. Как следствие происходит определенная трансформация части закономерностей развития угольной промышленности. Рост объемов добычи угля и экспортно-импортных операций с ним в мире сохранится, но их темпы в разных регионах будут различными. Закономерности роста глубины разработки, опережающего роста извлекаемых из недр объемов горной массы по сравнению с ростом объемов добычи угля, расширения направлений его использования останутся. Продолжающееся ухудшение условий добычи и переработки сырья, качества добываемого рядового угля в условиях неравномерного распределения месторождений по размерам и территориям будет продолжать определять закономерность высокой зависимости ТЭП угольных предприятий от этих условий.

При рассмотрении угольных месторождений страны как комплексных образований проявление закономерности повышения доли используемых попутных компонентов возможно лишь при создании такого экономического механизма, использование которого привело бы к реальному интересу со стороны бизнеса. Низкий уровень извлечения ценных элементов на угольных месторождениях связан и с традиционным валовым подходом к опробованию угля и вмещающих пород при геологическом изучении, что не позволяет выявлять и достоверно оценивать запасы.

Возникла объективная необходимость дополнения и рассмотрения в перечне закономерностей изменчивости спроса и волатильности цен на минеральное сырье при очень трудной их предсказуемости, улучшения эффективности работы горно-обогатительного комплекса за счет расширения использования информационных и компьютерных технологий.

Литература

1. Батугин С.А. Закономерности развития горного дела / С.А. Батугин, В.Л. Яковлев. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1992. – 116 с.
2. Батугин С.А. Геотехнологии открытой добычи на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями / С.А. Батугин, В.С. Литвинцев, В.И. Ческидов. - Новосибирск: Академическое Изд-во «Гео», 2013. - 308 с.
3. Яковлев В.Л. Методологические аспекты стратегии освоения минеральных ресурсов / В.Л. Яковлев, А.В. Гальянов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 152 с.

4. Яковлев В.Л. Особенности методологического подхода к обоснованию стратегии освоения сложноструктурных месторождений на основе исследования переходных процессов / В.Л. Яковлев // Проблемы недропользования. – 2015. – № 3. – С. 5 – 11. DOI:10.18454/2313-1586.2015.03.005
5. Яковлев В.Л. Исследование переходных процессов – новый методологический подход к разработке и развитию инновационных технологий добычи и рудоподготовки минерального сырья при освоении глубокозалегающих сложноструктурных месторождений / В.Л. Яковлев // Проблемы недропользования. – 2017. – № 2. – С. 5 – 14. DOI:10.18454/2313-1586.2017.02.005
6. Новая философская энциклопедия. - 2-е изд., испр. и допол. — М.: Мысль, 2010. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://iphlib.ru/library/collection/newphilenc/page/about> (дата обращения 17.07.2019 г.)
7. BP. Statistical Review of World Energy [Электронный ресурс] – Режим доступа: // <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
8. Яновский А.Б. Перспективы развития угольной отрасли Российской Федерации [Электронный ресурс] – Режим доступа: // http://coal.sbras.ru/wp-content/uploads/2019/02/12/1_Яновский.pdf (дата обращения 24.07.2019 г.)
9. Исмагилов С.Р. Будущее угля: в поисках новой парадигмы / С.Р. Исмагилов // Уголь. – 2018. - № 9. - С. 26 - 32.
10. Плакиткина Л.С. Новые сценарии развития экономики России: актуализированные прогнозы развития добычи угля в период до 2025 года / Л.С. Плакиткина, Ю.А. Плакиткин // Уголь. - 2018. - № 5. - С. 66 - 71.
11. Скрыль А.И. Резервы повышения потребительских свойств угольной продукции и роста эффективности ее использования // Уголь. - 2018. - № 9. - С. 12 - 17.
12. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России в 2000 ... 2018 гг. / И.Г. Таразанов // Уголь. – 2019. - № 3.
13. Писаренко М.В. Разработка горно-геометрического обеспечения оценки подготовленности угольных месторождений к рациональному промышленному освоению / М.В. Писаренко // Проблемы недропользования. 2016. - № 2. - С. 46 - 51. DOI: 10.18454/2313-1586.2016.02.046.
14. Khoiutanov E.A. Procedure for Estimating Natural and Technological Components in Ash Content of Produced Coal / E.A. Khoiutanov, V.L. GavriloV // Journal of Mining Science. — 2018. — № 5. —P. 782 – 792. DOI 10.1134/S1062739118054891.
15. Хоютанов Е.А. Управление качеством добываемого угля с учетом составляющих зольности при разработке сложноструктурных месторождений / Е.А. Хоютанов, В.Л. Гаврилов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2019. - № 3. - С. 62 - 71.
16. Гончарова Н.В. Структурирование запасов угольных месторождений сложного строения по уровням качества / Н.В. Гончарова // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 2015. — № 6. — С. 165 - 172.
17. Freidina E.V. Botvinnik A.A., Dvornikova A.N. Method and Estimation of Efficient Differentiation of Coal Reserves Based on Washability // Journal of Mining Science. — 2016. — № 4. —P. 712 – 724.
18. Юдович Э.Я. Геохимия ископаемых углей / Э.Я. Юдович. – Л.: Наука, 1978. – 262 с.
19. Юдович Э.Я. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях / Э.Я. Юдович, М.П. Кетрис. – Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 650 с.
20. Угольные месторождения Дальнего Востока России и ресурсный потенциал содержащихся в них ценных металлов / В.И. Вялов, А.Х. Богомолв, Е.П. Шишов и др. // Георесурсы. – 2017. - №5. – С. 256 - 262.

21. Ческидов В.И. Проблемы переработки и комплексного использования углей месторождений Сибири / В.И. Ческидов, Г.Д. Зайцев // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 2013. — № 6. — С. 142 - 150.
22. Гресов А.И. Метаноресурсная база угольных бассейнов Дальнего Востока России и перспективы ее промышленного освоения. Том. II. Углеметановые бассейны Республики Саха (Якутия) и Северо-Востока / А.И. Гресов. – Владивосток: Дальнаука, 2012. – 468 с.
23. Карасевич А.М. Кузнецкий бассейн - крупнейшая сырьевая база промысловой добычи метана из угольных пластов / А.М. Карасевич, В.Т. Хрюкин, Б.М. Зимаков. – М.: Академия горных наук, 2001. – 63 с.
24. Юрова М.П. Перспективы и возможности использования угольного метана как нетрадиционного источника энергии / М.П. Юрова // Георесурсы. – 2016. - № 4 - 2. – С. 319 - 324.
25. Батугин С.А. Теоретические основы опробования и оценки запасов месторождений / С.А. Батугин, Е.Д. Черный. – Новосибирск: Сиб. предприятие РАН, 1998. – 344 с.
26. Батугин С.А. Избранные геотехнологические проблемы комплексного освоения недр на современном этапе / С.А. Батугин, С.М. Ткач // Проблемы недропользования. – 2014. – № 3. – С. 55 – 59.
27. Металлы и горнодобывающая промышленность России и СНГ 2018 // Уголь. - 2018. - № 9. - С.18 - 25.
28. Amosha O. Regimeology of Coal Markets / O. Amosha, Yu. Zaloznova, D. Cherevatskyi // Naukovyi Visnyk NHU, 2018, № 2. - P. 149 - 154. DOI: 10.29202/nvngu/2018-2/2.
29. Batugina N.S. A proposed approach in estimating the profit of coal mines under fluctuating prices / N.S. Batugina, V.L. Gavrilov, E.A. Khoiutanov // Smart Technologies and Innovations in Design for Control of Technological Processes and Objects: Economy and Production Proceeding of the International Science and Technology Conference "FarEastCon-2018" Vol. 1.: FarEastConf 2018, SIST 138,P. 357 - 366, 2020. DOI:10.1007/978-3-030-15577-3.
30. Кантемиров В.Д. Возможности компьютерного моделирования для решения вопросов управления качеством минерального сырья / В.Д. Кантемиров, А.М. Яковлев, Р.С. Титов // Проблемы недропользования. - 2016. – № 4. – С. 170 – 176. DOI: 10.18454/2313-1586.2016.04.170.
31. Лукичев С.В. Системный подход к решению задач горной технологии на основе моделирования её объектов и процессов / С.В. Лукичев, О.В. Ноговицын // Проблемы недропользования. - 2016. - № 4. - С. 141-151. DOI: 10.18454/2313-1586.2016.04.170.
32. Гаврилов В.Л. Информационно-аналитическое обеспечение при освоении минеральных ресурсов севера и востока России / В.Л. Гаврилов, Е.А. Хоютанов, А.Н. Петров // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2018. - № 10. - С. 12-20. DOI: 10/21209/2227-9245-2018-24-10-12-20.