

УГЛЕДОБЫВАЮЩИЙ КОМПЛЕКС В ЗОНЕ БАМ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Владимир Леонидович Гаврилов

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

Выполнен анализ состояния, перспектив и проблем развития угледобывающего комплекса в зоне Байкало-Амурской железнодорожной магистрали. Представлены сведения о разрабатываемых и планируемых к освоению месторождениях угля в регионе. Рассмотрены требования рынка к качеству твёрдого топлива. Показано, что действующие документы федерального и регионального уровня, определяющие стратегию работы предприятий, которые осуществляют или планируют свою работу в области добычи, обогащения и поставок угля потребителям, требует дополнительного согласования и уточнения. Использованный системный подход позволяет выявить такие несоответствия и рассмотреть возможности корректировки. Предложены меры, направленные на повышение эффективности работы предприятий угольного комплекса. Рассмотрена проблема повышения эффективности и конкурентоспособности цепочек поставок угля. Обозначены роль и место управления качеством угольной продукции для достижения плановых целей.

Ключевые слова: уголь, добыча, Байкало-Амурская магистраль, качество, управление, цепочки поставок

COAL MINING COMPLEX IN THE BAIKAL-AMUR RAILWAY AREA: STATE AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT

Vladimir L. Gavrilo

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Ph. D., Leading Researcher, Open-Pit Mining Laboratory, e-mail: gvlugorsk@mail.ru

The analysis of the state, prospects and problems for the development of the coal mining complex in the area of the Baikal-Amur railway is carried out. The information on the developed and planned for the development of coal deposits in the region is presented. The market requirements for the quality of solid fuel are considered. It is shown that the current documents of the federal and regional levels, which determine the strategy of the enterprises that carry out or plan their work in the field of mining, enrichment and supply of coal to consumers, require additional approval and clarification. The systematic approach used allows us to identify such inconsistencies and consider the possibilities of correction. Measures are proposed to improve the efficiency of the coal complex enterprises. The problem of improving the efficiency and competitiveness of coal supply chains is considered. The role and place of quality management of coal products in order to achieve planned goals are indicated.

Key words: coal, mining, Baikal-Amur railway, quality, management, supply chains

Введение

Изучение различных Стратегий и Программ [1-3 и др.], прямо или косвенно связанных с развитием российского угольного комплекса, а также основных публикаций [4-9 и др.], предшествующих их рассмотрению, утверждению и

реализации, показывает, что темпы перемещения центра тяжести отрасли на Дальний Восток и в Восточную Сибирь нарастают. При увеличении общих объёмов добычи по стране с 439,3 млн. т. в 2018 г. до 485 млн. т (по консервативному прогнозу) и 668 млн. т (по оптимистическому) к 2035 г. их доля, составляющая в 2018 г., соответственно, 17% и 18% может увеличиться до 25,9–23,7% и 18,8–25,6% [1].

Регионы, где интенсивно ведётся геологоразведка, действуют, расширяются, строятся и планируются к созданию крупные угольные предприятия: Амурская область – Сугодинско-Огоджинское месторождение; Республики Тыва – Элегестское. Каа-Хемское; Хакасия – Бейское, Черногорское; Саха (Якутия) – Эльгинское, Чульмаканское, Денисовское, Кабактинское; Красноярский край – Саяно-Партизанское, Лимберовское; Забайкальский – Апсатское; Хабаровский – Ургальское и другие. Большинство из обозначенных залежей находится на неосвоенных территориях со сложными природно-климатическими и горно-геологическими условиями ведения горных работ, что предопределяет риски их освоения и удорожание большинства технологических и бизнес процессов.

Однако такой тренд имеет и положительную сторону: значительно уменьшается расстояние транспортирования угля от мест добычи до основного для Дальнего Востока и наиболее перспективного Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) [5,7, 9]. Средняя дальность перевозки угля в России по данным Института экономики и развития транспорта составляет 2528 км (на экспорт 4538 км), в США – 1233 км, Китае – 619 км, Индии – 591 км. Несмотря на относительно низкие ставки железнодорожных тарифов в РФ, экспортные перевозки российского угля имеют самую большую долю транспортной составляющей в мире: 39% от средней стоимости тонны на международных рынках [10].

Фактическое и планируемое на среднесрочную перспективу увеличение объёмов перевозки угля, основного по количеству груза для РЖД, предопределило необходимость максимально быстрой модернизации Транссибирской и Байкало-Амурской железнодорожных магистралей (Транссиб и БАМ). Цель – значительное увеличение их пропускной способности от мест добычи угля до действующих и строящихся морских терминалов по перегрузке угля в Приморском и Хабаровском краях и пограничных переходов [1, 8, 11]. В случае ликвидации транспортных ограничений доля экспортных потоков угля на рынки АТР должна увеличиться с текущих 50% до 75% при росте экспортного потока в данном направлении со 100 млн. т в 2018 г. до 237–252 млн. т в 2035 г. [4].

Проведенный анализ показал, что при всей масштабности решаемых задач, часть актуальных вопросов, связанных с согласованным и эффективным взаимодействием всех участников существующих или создаваемых цепочек поставок угля в зоне БАМ, рассматривается не в полной мере. На некоторых по разным причинам внимание не акцентируется или они не изучаются. В такой ситуации целесообразно акцентировать внимание на явных и скрытых «узких» местах и предложить подходы к их решению, о чём и пойдёт речь ниже. Теоретическая и практическая значимость такого исследования связана с обоснованием путей снижения различных рисков на основе принятия рациональных решений при

существующем уровне информационно-аналитического обеспечения и точности различных прогнозов развития угольного комплекса БАМа, как подсистемы угольного комплекса страны и основного внешнего рынка сбыта угля.

Методы и материалы

Анализ сведений о роли и месте расположенных в зоне БАМ действующих и новых предприятий по добыче, обогащению и поставкам угля потребителям на внутренний и внешний рынок. Синтез подходов к оценке эффективности работы цепочек поставок и рациональному системному управлению ими. Сравнение и обобщение особенностей месторождений региона и их запасов. Оценка текущей и перспективной конъюнктуры рынка энергоресурсов, учитывающей особенности его энергетического и технологического сегментов.

Информационной основой исследования послужили материалы периодической печати, геологические и производственные отчеты ряда предприятий, сформированные и пополняемые авторские базы данных по месторождениям региона, работе на их запасах предприятий, входящих в цепочки разведки, добычи, обогащения и логистики угля, другие источники.

Результаты

Происходящие на рынке энергоносителей мира и динамично развивающихся стран АТР процессы оказывают сильное влияние на состояние рынка угля в России и в её регионах. К глобальным вызовам последнего времени следует отнести усиление конкуренции, активность «зелёного» лобби, рост доли возобновляемых источников энергии, газа, водородной энергетики в энергобалансах стран, в первую очередь развитых. Для всех субъектов Дальнего Востока, которые по уровню и качеству своего развития отстают не только от других частей России, но еще более от сопредельных зарубежных стран, это актуально вдвойне. Потеряв значительную часть экономических связей с центром РФ, они ориентируются на внешние рынки, специализируясь на сырьевом экспорте.

В границах зоны БАМ Дальневосточного федерального округа сосредоточены значительные запасы коксующегося и энергетического угля различного марочного состава в крупных, средних и мелких месторождениях (таблица). Их полноценное освоение и использование может и должно перейти в разряд устойчивых конкурентных преимуществ территорий, на которых они расположены, а также работающих здесь предприятий угольного комплекса.

Ранее [14-16] на основе ретроспективного анализа действовавших в разное время программ и концепций развития региона, отрасли и её смежников был сделан вывод о том, что при условной чёткости поставленных целей и приоритетов развития недостаточно корректно увязаны по времени и источникам обеспечения мероприятия и механизмы их реализации. Применённые при подготовке подходы были основаны на завышенных прогнозах цен, объёмов потребления сырья и его качества в недрах; традиционном отраслевом или региональном лоббизме; неполном учете тенденций развития техники и технологий, организации

и управления. Декларировавшееся интенсивное развитие важного для региона сектора экономики осталось в значительной степени бумажным. Примерами служат нереализованные в конце прошлого века проекты разработки месторождений Алдано-Чульманского района, за исключением Нерюнгринского. Развитие Апсатского проекта в конце 2020 г. временно законсервировано СУЭКом. Освоение Элегестского месторождения заморожено, как минимум, на срок до пяти лет, в том числе из-за приостановления действия концессионного соглашения на строительство железной дороги Элегест—Курагино.

Основные месторождения каменного угля в зоне БАМ*

Месторождение	Регион	Ранг	Освоенность
Апсатское	Забайкальский край	Среднее	Подготовка к освоению
Читкандинское	Забайкальский край	Мелкое	Нераспределенный фонд
Сыллахское	Республика Саха (Якутия)	Среднее	Нераспределенный фонд
Муастахское	Республика Саха (Якутия)	Среднее	Нераспределенный фонд
Верхне-Талуминское	Республика Саха (Якутия)	Среднее	Нераспределенный фонд
Нижне-Талуминское	Республика Саха (Якутия)	Крупное	Нераспределенный фонд
Алдакайское	Республика Саха (Якутия)	Крупное	Нераспределенный фонд
Синсирикское	Республика Саха (Якутия)	Среднее	Нераспределенный фонд
Налдинское	Республика Саха (Якутия)	Среднее	Нераспределенный фонд
Якокитское	Республика Саха (Якутия)	Крупное	Разрабатываемое
Нерюнгринское	Республика Саха (Якутия)	Среднее	Разрабатываемое
Кабактинское	Республика Саха (Якутия)	Среднее	Разведываемое
Денисовское	Республика Саха (Якутия)	Среднее	Разрабатываемое
Чульмаканское	Республика Саха (Якутия)	Крупное	Разрабатываемое
Эльгинское	Республика Саха (Якутия)	Крупное	Разрабатываемое
Алгоминская площадь	Республика Саха (Якутия)	–	Запасы не подсчитаны
Таикская площадь	Республика Саха (Якутия)	–	Запасы не подсчитаны
Эльгаканское	Амурская область	Среднее	Не осваиваемое
Огоджинское	Амурская область	Крупное	Разрабатываемое
Гербиканское	Амурская область	Крупное	Не осваиваемое
Сугодинское	Амурская область	Крупное	Не осваиваемое
Дигатканское	Амурская область	Среднее	Не осваиваемое
Синниканское	Амурская область	Мелкое	Не осваиваемое
Смолиха	Амурская область	Мелкое	Не осваиваемое
Ургальское	Хабаровский край	Крупное	Разрабатываемое
Ургал-Солони	Хабаровский край	Мелкое	Не распределенный фонд
Иорекское	Хабаровский край	Мелкое	Не осваиваемое

* Составлено с использованием [12-14]

На одном из крупнейших в России Эльгинском месторождении объём добычи рядового угля в 2019 г. составил 4,3 млн. т, после смены собственника в 2020 г. – 7,0 млн. т. И это вместо первоначальных планов в 27–30 млн. т в год. В настоящее время здесь действует только одна обогатительная фабрика без обогащения мелких классов угля, переоборудованная путём реконструкции с сезонной работы на круглогодичную. В комплексе из четырёх объектов она должна была быть пионерной для отработки технологических режимов обогащения углей трудной и очень трудной обогатимости.

На функционирование угольного комплекса Дальнего Востока в целом и его части в зоне БАМ оказывает влияние достаточно высокий уровень конкуренции с другими видами топливно-энергетических ресурсов. В регионе появились относительно новые их виды: нефть и газ Сахалина, Якутии и Восточной Сибири, интенсификация освоения которых осуществляется параллельно созданию транспортной инфраструктуры (нефтепровод Восточная Сибирь – Тихий океан, газопроводы Сахалин – Хабаровск – Владивосток, «Сила Сибири»), морские терминалы в Приморье, Хабаровском крае и на Сахалине). Введены в действие или планируются к строительству и реконструкции мощности на Бурейской и Богучанской ГЭС, в Южной Якутии и Забайкалье.

Изучение имеющегося опыта экспортных поставок (уголь Южной Якутии, нефть ВСТО, газ «Силы Сибири», электроэнергия Бурейской ГЭС) показывает, что компромисс с азиатскими торговыми партнерами достигать сложно. Альтернативные каналы импорта сырья, дополняемые в случае Китая и Индии собственными значительными производственными мощностями по добыче и переработке, позволяют потребителям в странах Северо-Восточной и Южной Азии закрывать свои основные потребности с относительно невысокими рисками.

При необходимости страны данного региона могут решать проблемы не только экономического, но и политического характера. Наглядным примером служит масштабный конфликт интересов между Австралией и Китаем конца 2020 г.- начала 2021 г., приведший к блокированию поставок австралийского угля в регион и замещению его альтернативным топливом из третьих стран, включая Монголию, Россию и США. Или сбои, связанные с различными природными форс-мажорными обстоятельствами (наводнения, тайфуны). В основе периодически возникающих проблем в работе пограничных переходов между Россией и Китаем также нередко лежат вопросы, связанные с объемами поставок и различными аспектами несоответствия качества поставляемого из нашей страны угля требованиям конкурентного рынка.

Обсуждение

Масштабные планы развития угольного комплекса в районе БАМа имеют ряд «узких» мест, требующих устранения или смягчения влияния. Без этого трудно говорить об устойчивости и стабильности работы предприятий. Выделим и рассмотрим часть факторов, усложняющих освоение сырьевого потенциала угольных месторождений БАМа.

Инфраструктурные ограничения и противоречия при освоении в пионерных районах новых месторождений. Транспортные и энергетические ограничения связаны как с широко обсуждаемыми аспектами, так и с теми, на которых внимание не акцентируется, несмотря на их значимость. К первым можно отнести низкую пропускную способность ряда действующих участков магистрали и тех, которые даже в случае успешной реконструкции БАМа останутся таковыми. Ограниченные возможности быстрого строительства и устойчивой эксплуатации новых тоннелей на севере от Байкала и подъездных путей к ним. Анонсированное «Сибантрацитом» строительство второго Северо-Муйского тоннеля из-за перемен, происходящих вокруг этой компании, в последнее время не актуализируется. Ненадежность существующих линий электропередач и большие потери в них из-за значительной протяжённости.

Вторые, исходя из выполненного анализа, связаны с рисками ограниченной пропускной способности плотины Братской ГЭС и отсутствием реальных планов строительства моста, который бы снял сверхнормативную нагрузку на гидросооружения данной станции и обеспечил перевозку угля из Сибири на Восток в ожидаемых объемах. Можно говорить и о недостаточном внимании к строительству новых крупных мощностей по выработке электроэнергии с использованием угля, который планируется к добыче в регионе, и получаемого в результате его обогащения промпродукта.

Имеется опыт государственной поддержки корпораций, реализующих угольные проекты. Например, «Колмар» через ТОР «Южная Якутия» получил ряд налоговых льгот и софинансирование для сооружения подъездных путей и линий электропередач к объектам недропользования. ООО «Эльгауголь», сменившее собственника с «Мечела» на «А-Проперти» и реструктуризовавшее свои долги перед банками с государственным участием, начало наращивать объемы добычи рядового угля. Следует отметить и определенное давление субъектов Федерации на бизнес в виде дополнительных затрат в рамках их «социальной ответственности», включая строительство и содержание не профильной инфраструктуры в местах дислокации предприятий.

Недостаточность и неполнота имеющейся информации о качестве и марочном составе угля в запасах месторождений. Анализ рынка угля в России и странах АТР, показывает, что в целом к качеству поставляемого топлива предъявляются высокие требования [7, 9, 15, 17]. Контроль качества выполняется по широко применяемым в нашей стране и мире параметрам и относительно новым, часть из которых в российской практике используется редко. Это относится и к углям, утилизируемым в металлургии и химическом производстве, и идущим на сжигание для выработки электрической и тепловой энергии. Данное обстоятельство и низкий относительно сложности изучаемых и разрабатываемых объектов уровень знаний о недрах приводит или может привести к принятию не оптимальных проектных и эксплуатационных решений.

Изучение первичных данных, синтезированных материалов геологических, проектных и научных организаций показывает, что уголь региональных месторождений по ряду показателей является достаточно привлекательным для

потребителей на рынке. В первую очередь это касается низких содержаний серы и фосфора, относительно высоких средних значений показателей спекаемости для коксующихся углей. Из неокисленных углей ряда месторождений [15, 18-20] при условии их низкой зольности ($A^d \leq 10\%$) возможно получение прочного кокса, включая его шихтование с менее ценными марками. В тоже время сложная структура большинства пластов, высокая природная зольность угля, трудная или очень трудная обогатимость его части, наличие зон окисления, широкий диапазон низко-, средне- и высокочастотных колебаний ряда важных показателей между пластами, по площади их распространения и в разрезе ставят решение задач управления качеством в число наиболее важных. Для нейтрализации негативного влияния этих факторов требуются разработка, внедрение и постоянное совершенствование специальных систем менеджмента качества.

Противоречия между планируемыми объёмами добычи угля в зоне БАМ и спросом на него со стороны внутренних и внешних потребителей. Успех развития отрасли в районе БАМа может быть снижен из-за отставания ввода в строй мощностей при первичной переработке угля всех классов крупности. Выход концентрата при обогащении обычно находится на уровне 55-70%, промпродукта – 25-40%. Поставки рядового угля на экспорт, где востребован концентрат с зольностью до 10 % и рядовой уголь с зольностью до 16%, могут быть эффективными только в благоприятные по конъюнктуре и крайне ограниченные по времени периоды. В настоящее время в Южно-Якутском бассейне в эксплуатации находятся «Нерюнгринская», «Денисовская», «Инаглинская-1», «Эльгинская» фабрики, которые обеспечивают переработку основного объема добываемого коксующегося угля, а также строящаяся «Инаглинская-2». ОФ «Чегдомын» в Хабаровском крае имеет проектную мощность по рядовому углю до 6 млн. т/год. Анонсированные «А-Проперти» масштабные планы увеличения объемов добычи на Эльге и в Амурской области в настоящее время не подкреплены мощностями по обогащению угля.

В условиях дефицита на внутреннем рынке отдельных марок коксующегося угля, которые имеются в зоне БАМ, возможны относительно небольшие по объёмам встречные поставки на запад России для удовлетворения потребностей металлургов. Остальной концентрат и наиболее качественный рядовой коксующийся и энергетический уголь может быть востребован внешним рынком.

Угли с высокой зольностью или низкими теплотехническими характеристиками на приемлемых экономических условиях имеют небольшой потенциал для реализации только на крайне ограниченном внутреннем рынке при условии наличия крупных потребителей. Ответ на вопрос, что делать с таким энергетическим сырьем и в таких больших объемах найти сложно. Варианты: строительство новых ТЭС, в которых должны быть реализованы самые передовые экологически безопасные технологии сжигания угля с высоким КПД; поставка получаемой электроэнергии на экспорт; её использование для производства, например, водорода посредством электролиза. Крупными потребителями водорода могут стать страны восточной Азии (Япония, Южная Корея, КНР). Техничко-экономические оценки возможности крупномасштабного производства электролизного

водорода за счет «избыточной» электроэнергии, приведенные в [21], показывают, что производство и реализация водорода может оказаться полезной для повышения экономической эффективности ряда проектов. В их число могут войти и угольные. По оценкам коммерчески доступная новая водородная энергетика будет востребована уже в ближайшие годы.

Заключение

Анализ состояния минерально-сырьевой базы, перспектив и проблем развития угледобывающего комплекса в зоне БАМ показал его возрастающую значимость для экономики не только Дальнего Востока, но и в целом России. В действующих программных документах федерального, регионального и отраслевого уровня, определяющих стратегию работы предприятий в области добычи, обогащения и поставок угля потребителям требуются дополнительные уточнения и согласования между заинтересованными сторонами-участниками.

Использованный системный подход позволил выявить и рассмотреть явные и неявные несоответствия в развитии угледобычи в регионе, требующие решения. К ним относятся: несогласованное развитие транспортной и энергетической инфраструктуры на протяжении всего БАМа; несоответствие заявляемых производителями угля объемов перевозки угля в восточном направлении пропускной способности железной дороги; недостаток мощностей по обогащению угля и сжиганию его низкокачественной части на локальных ТЭС.

Запросы рынка к потребительским свойствам поставляемого твердого топлива возрастают, что, наряду с усложнением вовлекаемых в оборот месторождений способствует росту противоречий между недостаточно изученным и объективно оцененным потенциалом самого георесурса и организационно-технологическими возможностями обеспечения требуемого уровня качества угля для повышения эффективности и конкурентоспособности его поставок.

Сказанное определяет целесообразность и направления проведения дальнейших исследований, целями которых должны быть повышение эффективности использования заинтересованными сторонами природного потенциала угольных месторождений в районе БАМ, снижение экологической нагрузки на окружающую среду и реальное социально-экономическое развитие региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ от 13.06.2020 г. № 1582-р). – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/> (дата обращения: 17.04.2021).
2. Национальная программа социально-экономического развития Дальнего Востока на период до 2024 года и на перспективу до 2035 года [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ от 24.09.2020 г. № 2464-р). – Режим доступа: <https://minvr.gov.ru/upload/iblock/fdc/nats-programma.pdf> (дата обращения: 17.04.2021).
3. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2017 г. № 1209-р). – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/8504> (дата обращения: 14.04.2021).

4. Новак А. Угольная промышленность России: история на века // Энергетическая политика – 2020. – № 8. – С. 6–13.
5. BP. Statistical Review of World Energy // <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
6. Яновский А.Б. Перспективы развития угольной отрасли Российской Федерации // http://coal.sbras.ru/wp-content/uploads/2019/02/12/1_Яновский.pdf (дата обращения 24.07.2019).
7. Исмагилов С.Р. Будущее угля: в поисках новой парадигмы // Уголь. – 2018. – №9. – С. 26-32.
8. Малышев Ю., Ковальчук А., Рожков А. Новак А. Угольная отрасль: поиск ориентиров в эпоху перемен // Энергетическая политика – 2021. – № 2. – С. 18–29.
9. Ткач С.М., Гаврилов В.Л. О закономерностях развития угольной промышленности // Проблемы недропользования. – 2019. – № 3. – С. 49-61.
10. Лебедев А. ИЭРТ: транспортные издержки при экспорте российского угля – самые высокие в мире [Электронный ресурс]: 12.11.2020. – Режим доступа: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/comments/iert-transportnye-izderzhki-pri-eksporte-rossiyskogo-uglya-samy-e-vysokie-v-mire> (дата обращения: 13.04.2021).
11. Головщиков В., Огнев Д., Петрякова Е. Перспективы БАМа и Транссиба с учетом состояния регионов и развития угольной отрасли // Энергетическая политика. – 2021. – № 2. – С. 30–43.
12. Актуализированные ГИС-пакеты оперативной геологической информации (ГИС-Атлас "Недра России") по состоянию на 01.09.2020 [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://atlaspacket.vsegei.ru/#75e47dcbcf3515f2> (дата обращения: 07.04.2021).
13. Угольная база России. Т. V. Кн. 2: Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока России (Республика Саха, Северо-Восток, Сахалин, Камчатка). – М.: ЗАО "Геоинформмарк". – 1999. – 639 с.
14. Гаврилов В.Л. Развитие угольного комплекса Дальнего Востока и Забайкалья в условиях меняющейся конкурентной среды // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – отд. выпуск № 4. Дальний Восток - 1 – С. 453-463.
15. Геотехнологии открытой добычи на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями / Батугин С.А. и др. – Новосибирск: Гео. – 2013. – 307 с.
16. Барашкова А.С., Батугина Н.С., Васильева Ф.Д. и др., Южная Якутия: ресурсный потенциал социально-экономических комплексов: коллективная монография, СВФУ им. М.К.Аммосова, Якутск. – Уфа, Аэтерна. – 2019. – 243 с.
17. Скрыль А.И. Резервы повышения потребительских свойств угольной продукции и роста эффективности ее использования. // Уголь. – № 9. – 2018. – С. 12–17. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-9-12-17>.
18. Цинюшкин Г.М., Дулин Д.В. Особенности степени метаморфизма и распределения марочного состава углей Апсатского месторождения // Уголь.. – 2018. – № 9. – С. 61–65.
19. 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.
20. 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.
21. Соловьев Д.А. Направления развития водородных энергетических технологий // Энергетическая политика – 2020. – № 3. – С. 64–71.

© В. Л. Гаврилов, 2021