

УДК: 622.33 / DOI 10.31343/1029-7812-17-3-24-33

В. И. Клишин

д.т.н., проф., чл.-корр. РАН

E-mail: klishinvi@ic.sbras.ru

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАУЧНО- ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

АННОТАЦИЯ

Огромный вклад Ю.Н. Малышева в развитие угольной промышленности в Кузбассе создал условия для технологического развития отрасли. Современная реальность требует дальнейшего развития новых технологий, в том числе, – технологической подземной добычи угля.

Ключевые слова: Кузбасс, Ю.Н. Малышев, угледобывающая промышленность.

ABSTRACT

An outstanding input of Yury Malyshev in the reformation of coal mining has conditioned a technological development of the industry. Our reality dictates a further development of the new technologies, including the ones for underground coal extraction.

Keywords: Kuzbass, Yury Malyshev, coal industry.

ВВЕДЕНИЕ

Уголь был и остается одним из ключевых мировых источников получения первичной энергии. Ни один из базовых сценариев глобальных прогнозов развития мировой энергетики до 2040 года (WEO-2017 – Международного энергетического агентства, IEO-2017 – Агентства энергетических исследований США, WOO-2017 – ОПЕК, Прогноз-2017 – Института энергетических исследований РАН и Аналитического центра при Правительстве РФ) не предполагает снижения физических объемов потребления угля. Ожидается лишь снижение его доли в мировом энергетическом балансе с 28% в 2015 году до 20–23% в 2040. Мировое потребление угля в 2022 году установило

новый рекорд и превысило 8 миллиардов тонн, превзойдя предыдущий рекорд 2013 года.

Таким образом, реальные темпы формирования углеродной нейтральности энергопотребления и реализация программ глобального энергоперехода к возобновляемым источникам энергии предопределяют длительное сохранение энергетической значимости угля в обозримой перспективе. Отсюда следует вывод о том, что развитие технологий добычи угля остается актуальной научно-технологической задачей горной науки.

Важнейшей причиной сохранения значимости угля является его ресурсная база, объекты которой размещены на территории 50 государств мира. Россия по масштабам учтенной сырьевой базы угля занимает второе место в мире.

По состоянию на 1 января 2021 года на государственном балансе России числится 196,6 миллиарда тонн запасов промышленных категорий А+В+С1 и 78,5 миллиарда тонн – категории С2. Общее количество апробированных прогнозных ресурсов угля страны категорий P1+P2+P3 составляет 1 529,3 миллиарда тонн. При этом существует огромный потенциал их увеличения, прежде всего за счет Западно-Сибирского угольного бассейна, простирающегося от побережья Карского моря примерно до Барнаула и от Екатеринбурга до Красноярска и Норильска. **Предварительно оцененные прогноз-ные ресурсы этого бассейна с учетом понижающих коэффициентов составляют 26 триллионов тонн, что почти в два раза превышает современную оценку ресурсов угля остального мира** (Клишин и др., 2023).

В ближайшем будущем большая часть ресурсов этого бассейна для промышленного освоения малоперспективна из-за сложных горно-геологических условий их залегания, но они могут стать востребованными при условии нарастания кардинальных изменений на рынке энергетического сырья либо при появлении новых, более эффективных технологий добычи и переработки угля, в том числе таких, как скважинная гидродобыча, подземная газификация, биооживление, и биогазификация и т. п.

Основным угольным регионом России ныне является Кемеровская область – Кузбасс. Состояние минерально–сырьевой базы Кузбасса отражает и общероссийское ее состояние, оцениваемое с точки зрения добывающей отрасли по количеству запасов. Обеспеченность угольной промышленности Кузбасса запасами угля промышленных категорий формально выглядит вполне удовлетворительной (таблица 1).

ТАБЛИЦА 1. БАЛАНСОВЫЕ ЗАПАСЫ КАМЕННОГО УГЛЯ И АНТРАЦИТОВ КУЗБАССА (КЛИШИН И ДР., 2023)

Год	Балансовые запасы категорий А+В+С ₁ по состоянию на 1 января, млрд т					
	Каменный уголь и антрацит		Коксующийся уголь		Особо ценные марки коксующегося угля*	
	всего	из них для подземной добычи	всего	из них для подземной добычи	всего	из них для подземной добычи
2004	52,419	42,031 (80 %)	28,548	26,059 (91 %)	12,271	12,096 (99 %)
2020	55,471	42,900 (77 %)	28,572	25,620 (90 %)	13,749	13,337 (94 %)
2021	54,696	42,008 (77 %)	28,515	25,491 (89 %)	13,773	13,313 (97 %)
2022	54,387	41,465 (76 %)	27,972	25,201 (90 %)	13,606	13,144 (97 %)

*нормативно к ним относятся коксующиеся угли марок КЖ, К, Ж, ГЖ, ОС

Следует обратить внимание на огромный дисбаланс между объемами добычи и ресурсной базой двух основных способов добычи – подземного и открытого. Если в добыче угля доля открытого способа ныне составляет 70%, то в его запасах – 23%. Для особо ценных марок коксующегося угля дисбаланс существенно выше – соответственно, 24% и 3% (Клишин и др., 2023; Шаклеин, Писаренко, 2020).

Отсюда вытекает вывод о том, что дальнейшее поддержание и развитие существующего потенциала угольной отрасли, прежде всего по направлению сырьевого обеспечения коксохимической промышленности, может быть достигнуто только за счет использования подземной добычи угля. Это утверждение справедливо и в отношении остальных коксодобывающих бассейнов страны.

Кузбасс уже прошел стадию возможности экстенсивного развития своей минерально–сырьевой базы, в основе которой лежал поиск участков недр, пригодных к эффективному освоению существующими горными технологиями. **Наступает новый этап развития Кузбасса – этап интенсивного развития, в основе которого лежит не поиск запасов под уже существующие технологии, а поиск (разработка) горных технологий под**

существующие запасы (Клишин и др., 2023, Шаклеин, Писаренко, 2020).

Современные технологии извлечения угля исключают возможность эффективного осуществления очистных работ в условиях высокой дизъюнктивной нарушенности пластов и на пластах круто–наклонного и крутого залегания, а также большой мощности угольного пласта.

В целом, можно утверждать, что дальнейшее развитие, а в перспективе и даже само существование угольной отрасли, предполагает необходимость разработки новых технологий подземной добычи, обеспечивающих отработку ныне не востребуемых запасов, объем которых сопоставим с запасами действующего фонда горнодобывающих предприятий. Такие запасы можно классифицировать как трудноизвлекаемые. Особо трудно решаются вопросы снижения потерь при сохранении экономической эффективности отработки для мощных пологих пластов, выемка которых механизированными комплексами в один слой невозможна. При этом часть запасов таких пластов безвозвратно утрачивает промышленное значение в ходе извлечения первого слоя, в силу чего они также являются трудноизвлекаемыми по мощности запасами для условий подземной добычи.

Научные исследования и технические обоснования технологии отработки мощных угольных пластов с выпуском разрыхленного угля подработанной подкровельной толщи интенсивно проводятся в различных странах. Наряду с очевидными преимуществами технологии с выпуском угля, известны и трудности ее реализации. В первую очередь это относится к требованиям полноты выпуска и механизации работ по его осуществлению, а также обеспечению безопасности и эффективности работы очистного забоя. Потери угля в обрушенном пространстве лавы приводят к его самовозгоранию. Кроме того, при выпуске происходит перемешивание угля с обрушенными породами кровли и таким образом повышается зольность угольной массы.

Известны два варианта технологии отработки пластов с использованием средств механизации с выпуском подкровельной (межслоевой) толщи угля: на забойный скребковый конвейер отработываемого слоя (Шундулиди и др., 1999; Гапанович и др., 1986; Сагинов, Жетесов, 1981), применённый в комплексах КТУ, КНКМ (Россия), VHP-731 (Венгрия) и др. и на дополнительный завальный скребковый конвейер, расположенный в завальной части лавы, например, в комплексах ОКПВ-70, КМ 81В (Россия), ZFS (Китай) (Yang et al., 2016; Wang, 2009, 2014) и др. (рис. 1). Особенности первой технологии заключаются в расположении выпускного отверстия вблизи от забоя, что позволяет иметь небольшой размер секции крепи по длине, но не обеспечивает необходимой подготовки угля выпускаемой толщи к самообрушению из-за

малого расстояния от верхняка до люка (рис. 1А). Поэтому даже при слабом угле возникает необходимость в его дополнительном разрыхлении. При этом выпуск угля сопровождается значительным пылеобразованием, что повышает опасность работ. Во второй технологии (при выпуске угля на завальный конвейер) создаются благоприятные условия деформирования и разрушения подкровельной толщи. Однако здесь требуется значительное увеличение размеров секции крепи, а также введение дополнительного завального конвейера. Таким образом происходит усложнение конструкции крепи и возникает необходимость наличия перегрузочного устройства на сопряжении лавы с конвейерным штреком, что создает дополнительные трудности при его обслуживании (рис. 1Б). На сегодняшний день технология с выпуском является основным способом разработки мощных угольных пластов в Китае.

Очевидно, что новые технологии, в которых основным элементом является особая крепь, должны в недалёком будущем заменить традиционные трудоёмкие слоевые системы разработки. Их преимущества заключаются в значительном сокращении объёмов подготовительных работ, капитальных и эксплуатационных затрат, энергоёмкости системы, снижении опасности самовозгорания угля, а также возможности разработки пластов в сложных условиях и извлечение запасов из оставленных ранее охранных целиков. Это позволяет повысить эффективность и безопасность отработки пластов, повысить как нагрузку на пласт, так и концентрацию горных работ.

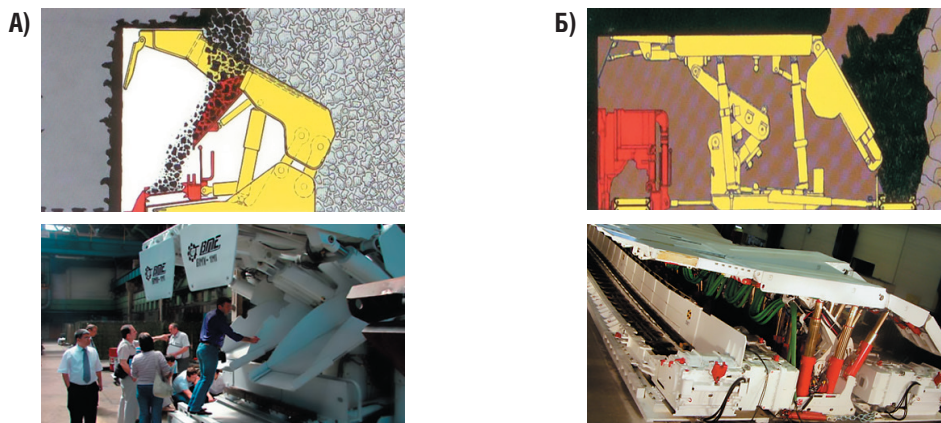


Рис. 1. Существующие средства механизации с выпуском подкровельной толщи: с выпуском угля в верхней части ограждения на забойный конвейер (А); с выпуском угля у почвы пласта на забойный конвейер (Б)

В настоящее время Институтом угля Федерального исследовательского центра угля и углехимии (ФИЦ УУХ) СО РАН разработаны и предлагаются технологии и конструкции механизированных крепей для подземной отработки мощных пологих и крутых угольных пластов с управляемым выпуском подкровельной толщи, объединенные общей идеей управления процессом перемещения предварительно разрушенной горной породы за счет принудительно-управляемого выпуска на забойный конвейер, что открывает новое направление конструирования крепей (Клишин и др., 2007; Клишин, 2013). Предложенная новая конструкция механизированной крепи с устройством регулируе-

мого выпуска угля на забойный конвейер содержит достоинства известных вариантов и исключает их недостатки (рис. 2).

Проведен комплекс теоретических и стендовых исследований, численных экспериментов по моделированию процесса выпуска угля в различных режимах, определены рациональные параметры комплекса, разработана система управления выпуском (рис 3, 4). Выполнен цикл математического и имитационного моделирования работы нового типа крепи (рис 5, 6) (Starodubov et al., 2019; Исследование..., 2013).

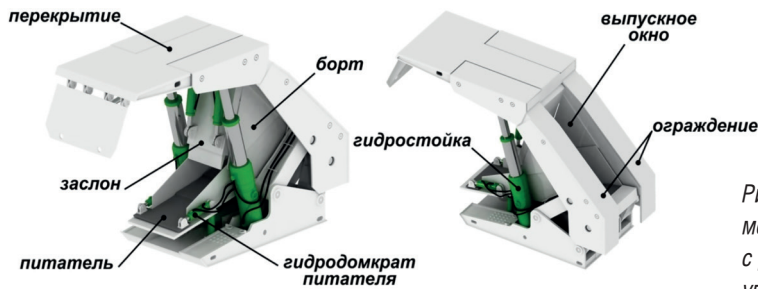


Рис. 2. Общий вид механизированной крепи с регулируемым выпуском угля на забойный скребковый конвейер

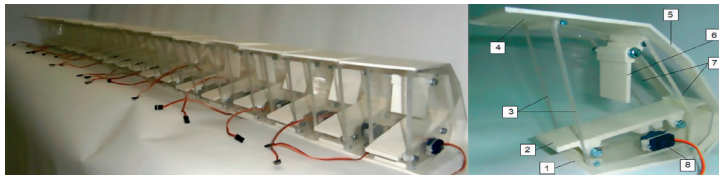


Рис. 3. Модели крепи для проведения лабораторных исследований



Рис. 4. Лабораторные исследования режимов выпуска

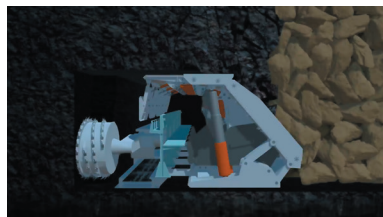


Рис. 5. Имитационная модель работы крепи с управляемым выпуском угольной толщи

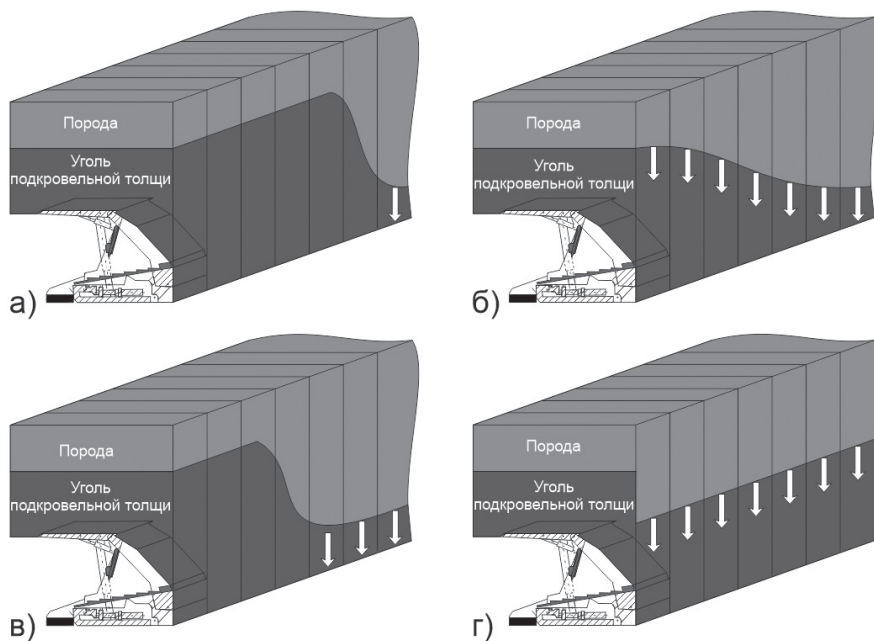


Рис. 6. Имитационное исследование режимов выпуска

Применение питателей при выпуске подкровельной (межслоевой) толщи в механизированных крепях с выпуском самообрушающегося угля является новым направлением в создании высокопроизводительных технологий в угольной отрасли. Питатель должен равномерно выпускать уголь по всей площади проема перекрытия, выполненного в секции механизированной крепи. Кроме того, производительность питателя должна регулироваться в широком диапазоне. Техническим решением предусматривается одновременная работа группы питателей на один забойный конвейер. Количество питателей, работающих в группе, определяется технической возможностью забойного скребкового конвейера. В этом случае контактная граница «уголь-порода» опускается одновременно и достигается площадно-управляемый выпуск. Конструкция питателя рассчитана для работы в тяжелых условиях под завалом угля.

Предлагаемая технология отработки мощных угольных пластов требует изучения процесса выпуска угля в подсеичной слой, обоснования параметров технических решений и разработку принципиально новой конструкции всего добычно-го комплекса.

Таким образом, состояние минерально-сырьевой базы угольной отрасли России предполагает необходимость разработки новых технологий подземной добычи как главной стратегической задачи технологического развития. Решение этой задачи возможно только при наличии кадров, способных обеспечить ее решение, надлежащего финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и обеспечения возможности проведения натурных шахтных экспериментов, опытно-промышленных работ и испытаний.

Современное кадровое обеспечение в области угольной геотехнологии нельзя считать благополучным. Тем не менее, страна сохранила ядро научных и конструкторских кадров, имеющих практический опыт работы в самых сложных геологических условиях, и которые в состоянии организовать новые научно-технические коллективы. Формирование таких коллективов будет способствовать и решению социально значимой задачи по предотвращению миграции наиболее интеллектуальной части нашей молодежи из страны и, особенно, из сырьевых регионов Сибири и Дальнего Востока. Важно также и то, что эта работа позволит превра-

тить эти регионы, и прежде всего Кузбасс, в мировой центр разработки, изготовления и поставки «под ключ» новых технологий угледобычи. Именно технологий, а не отдельных технических решений, машин и механизмов. Каждая технология должна быть обеспечена комплексом технических решений, специальной горной техникой, техническими регламентами и т.п.

Вопрос обеспечения финансирования таких работ более сложен. Угольная промышленность России представлена частными компаниями, наиболее крупные из которых в последние годы создали для себя мощную сырьевую базу приемлемого качества. Истощение этой базы, безусловно, наступит. Но, исходя из неверного восприятия угольным бизнесом реального ее состояния и перспектив дальнейшего развития, сроки ее реального истощения воспринимаются как чрезмерно отдаленные и пока не требующие принятия необходимых превентивных решений. Привлечение финансовых ресурсов компаний к решению стратегических задач технологического развития в целях расширения минерально–сырьевой базы страны представляется возможным только при условии получения ими определенных преференций уже в настоящее время. Пожалуй, единственным исключением из этого могут стать лишь государственные угольные компании, возникновение которых, судя по всему, возможно на территориях Донецкой и Луганской народных республик РФ, ресурсная база которых весьма специфична и во многом представлена именно трудноизвлекаемыми запасами. Несомненно, что на первом этапе работы, состоящем в поиске новых принципиальных технологических подходов и создании «черновых» прототипов, основную роль может взять на себя государство путем включения таких работ в программы работ институтов, а также их поддержки грантами. Результаты работ по этому этапу позволят перейти к этапу практической реализации.

Организация проведения натурных экспериментов, опытно–промышленных работ и испытаний в шахтных условиях представляет собой еще более сложную задачу, возможность решения которой на действующих предприятиях ограничено нормативными требованиями к проектированию и эксплуа-

тации угольных шахт, многие из которых ныне просто непреодолимы.

В мае 2020 г. вступили в силу принятые в ноябре 2019 г. поправки к Закону РФ «О недрах», устанавливающие новый вид пользования недрами: «для разработки технологий геологического изучения, разведки и добычи трудноизвлекаемых полезных ископаемых». Он может использоваться как для вновь предоставляемых участков недр, так и для ранее уже переданных в освоение (в том числе, и по фрагментам участков недр). Законом определено, что виды трудноизвлекаемых полезных ископаемых, в отношении которых данный вид пользования может использоваться, устанавливается Правительством РФ. В настоящее время постановлениями Правительства РФ от 19.09.2020 № 1499 и от 12.02.2022 № 153 к трудноизвлекаемым полезным ископаемым отнесены сверхвязкая нефть и нефть из ряда конкретных залежей углеводородного сырья. Однако, в пояснительной записке Минприроды РФ, официально сопровождавшей текст проекта первого указанного Постановления, содержалось указание: «В дальнейшем, по мере анализа предложений заинтересованных компаний–недропользователей, этот перечень может быть расширен». Действующий «Порядок выделения участка недр, содержащего трудноизвлекаемые полезные ископаемые, для разработки технологий геологического изучения, разведки и добычи...», утвержденный приказом от 06.11.2020 № 894, прямо учитывает возможность его применения к твердым полезным ископаемым.

Из этого следует, что действующие законодательные подходы не препятствуют признанию угля в качестве трудноизвлекаемого полезного ископаемого для условий подземной добычи при определенных условиях залегания его пластов.

Несомненно, что такое признание будет стимулировать недропользователей к участию в финансировании и в разработке новых технологий добычи. Однако, самое главное – наличие статуса трудноизвлекаемого позволит «легализовать» возможность проведения опытно–промышленных испытаний новых технологий в шахтных условиях.

Следует отметить, что вовлечение в освоение трудноизвлекаемых запасов действующих

предприятий позволит продлить срок их службы и, тем самым, снизить остроту проблем, которые неизбежно возникнут при ликвидации градообразующих горных предприятий.

новых технологий подземной добычи трудноизвлекаемых запасов угля, решение которой предполагает необходимость придания ему соответствующего статуса Правительством РФ.

В целом стратегической задачей технологического развития угольной отрасли является разработка

ЛИТЕРАТУРА

Гапанович Л.Н., Савченко П.Ф., Бернацкий В.А. Развитие механизированных крепей и технологии с выпуском угля // Уголь. 1986. № 11. С. 33–37.

Исследование параметров выпуска угля из подкровельной толщи средствами имитационного моделирования / В.И. Клишин, А.Н. Стародубов, В.А. Крамаренко [и др.] // Физико–технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2023. № 4. С. 44–51. DOI 10.15372/FTPRPI20230405.

Клишин В.И., Рогова Т.Б., Шаклеин С.В., Писаренко М.В. Стратегические задачи технологического развития угольной отрасли // Уголь. 2023. № 3. С. 52–59.

Клишин В.И., Фокин Ю.С., Кокоулин Д.И., Кубанычбек Б. Разработка мощных пластов механизированными крепями с регулируемым выпуском угля. Новосибирск: Наука, 2007. 135 с.

Клишин В.И. Обоснование технологий разработки мощных пологих и крутых угольных пластов с выпуском / В.И. Клишин // Ин–т угля Сибирского отделения РАН: отдельный вып. ГИАБ. М.: Изд–во «Горная книга», 2013. № 0В 6. С. 36–48.

Сагинов А.С., Жетесов С.С. Совершенствование технологии выемки мощных пологих угольных пластов. Алма–Ата: Казахстан, 1981.

Шаклеин С.В., Писаренко М.В. Состояние сырьевой базы угольной промышленности // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2020. Вып. 2. С. 191–201.

Шундулиди И.А., А.С. Марков, С.И. Калинин, П.В. Егоров. Выбор параметров технологии отработки мощных пологих пластов с выпуском межслоевых и подкровельных пачек угля. Кемерово: Кемер. отд–ние Акад. Горн. наук, 1999. 257 с.

Starodubov, A.N. Research of draw mining method modes using simulation model / A.N. Starodubov, V.V. Sinoviev, V.I. Klishin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 377.

Wang J.C. The theory and technique on the thick coal seam mining // China Metallurgical Industry Press, Beijing. 2009.

Wang J. Development and prospect on fully mechanized mining in Chinese coal mines // International Journal of Coal Science & Technology. 2014. Т. 1. № 3. С. 253–260.

Yang S. et al. Effect of upward angle on the drawing mechanism in longwall top–coal caving mining // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2016. Т. 85. С. 92–101. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrmms.2016.03.004>