



## Горное дело

УДК 622.33

# СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ПЕРСПЕКТИВНЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ КУЗБАССА

В.П.ЗУБОВ

Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

В статье приведены результаты анализа опыта использования на российских угольных шахтах варианта системы разработки пластов длинными столбами с оставлением целиков угля в выработанном пространстве лав. На шахтах Кузбасса на долю этого варианта приходится 90-95 % общего объема угля, добываемого подземным способом. Указано на необходимость учета при выемке сближенных пластов отрицательного влияния целиков, оставленных в выработанном пространстве, на геомеханические условия ведения горных работ в надработанных (подработанных) пластах.

Показано существенное отрицательное влияние целиков в сочетании с выборочной выемкой сближенных пластов на сокращение балансовых запасов. Рассмотрены мероприятия, позволяющие повысить эффективность использования систем разработки длинными столбами при отработке свит сближенных пластов.

**Ключевые слова:** система разработки, длинные столбы, целики угля, сближенные пласти, отрицательное влияние целиков, бесцеликовая система разработки

**Как цитировать эту статью:** Зубов В.П. Состояние и направления совершенствования систем разработки угольных пластов на перспективных угольных шахтах Кузбасса // Записки Горного института. 2017. Т. 225. С. 292-297. DOI: 10.18454/PMI.2017.3.292

**Введение.** В течение последних 15-20 лет на российских угольных шахтах при отработке пологих угольных пластов мощностью 1,4-6,0 м наибольшее распространение получила система разработки длинными столбами с подготовкой выемочных столбов сдвоенными выработками, одна из которых погашается за лавой, а вторая повторно используется при отработке смежного столба [6, 10]. При ее реализации в выработанном пространстве лав между смежными участками оставляют не разрушаемые горным давлением целики угля (рис.1).

*В настоящее время на перспективных российских шахтах с использованием данной системы разработки отрабатывают практически все выемочные участки с наиболее качественными запасами. На шахтах Кузнецкого бассейна на долю этой системы разработки приходится более 93 % общего объема угля, добываемого подземным способом [8, 9].*

Резкое, с 30 до 93 %, увеличение объемов добычи на российских угольных шахтах с применением рассматриваемой системы разработки после перехода угольной отрасли к рыночным

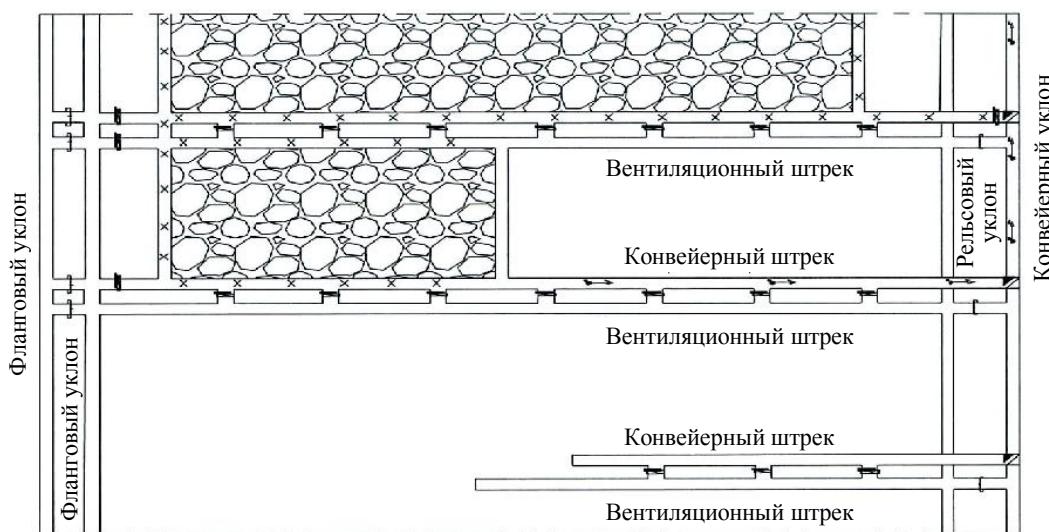


Рис.1. Принципиальная схема системы разработки длинными столбами с оставлением целиков в выработанном пространстве, применяемой на перспективных шахтах Кузбасса



отношениям объясняется тем, что, несмотря на имеющиеся недостатки (рис.2), эта система в наибольшей степени отвечает корпоративным интересам недропользователей при выемке пластов в благоприятных горно-геологических и горно-технических условиях с использованием высокопроизводительных очистных механизированных комплексов.

**Результаты исследований.** Экономическая привлекательность данной системы разработки обусловлена, в основном, возможностью применения анкерной крепи в качестве основной крепи участковых подготовительных выработок, а также созданием условий для наиболее полного использования потенциала современного высокопроизводительного очистного оборудования и достижения высоких среднесуточных нагрузок на лаву.

Совокупность указанных факторов позволяет в благоприятных горно-геологических и горно-технических условиях реализовать в качестве основы формирования топологии шахт такой прогрессивный принцип как «шахта – лава» («шахта – пласт»). Шахты, технологические схемы которых разработаны в соответствии с этим принципом, характеризуются высоким уровнем пространственной концентрации горных работ и минимальными издержками производства. Примерами таких шахт в Кузнецком бассейне являются «Талдинская – Западная 1», «Талдинская – Западная 2», «Котинская», «Имени В.Д.Ялевского», «Имени А.Д.Рубана», «Комсомолец», «Имени 7 Ноября», «Полысаевская».

При оценке перспектив использования и направлений совершенствования в условиях шахт Кузбасса системы разработки длинными столбами с оставлением в выработанном пространстве лав целиков угля (см. рис.1) необходимо учитывать следующие тенденции изменения горно-

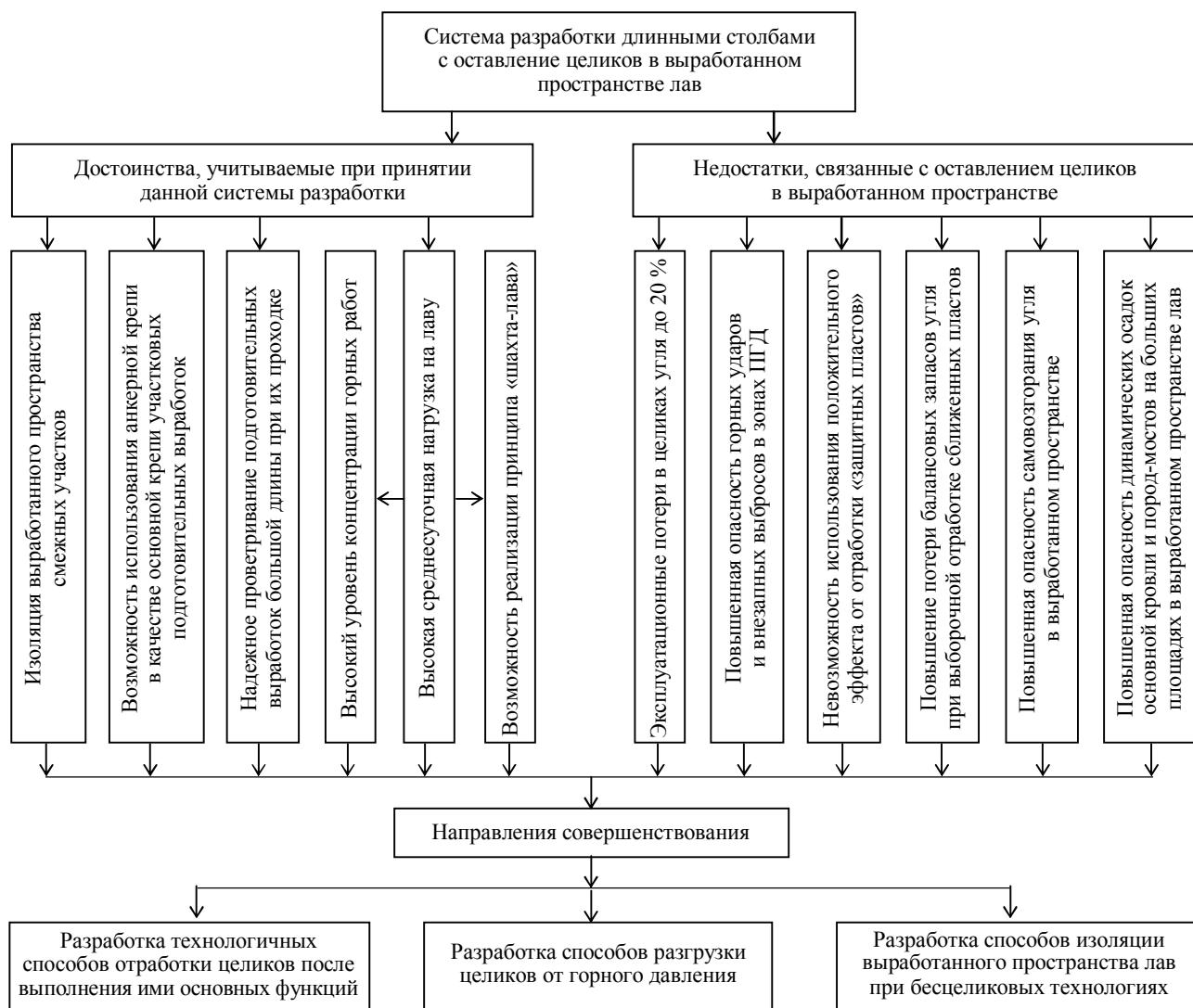


Рис.2. Оценка системы разработки длинными столбами с подготовкой столбов сдвоенными выработками и оставлением целиков в выработанном пространстве

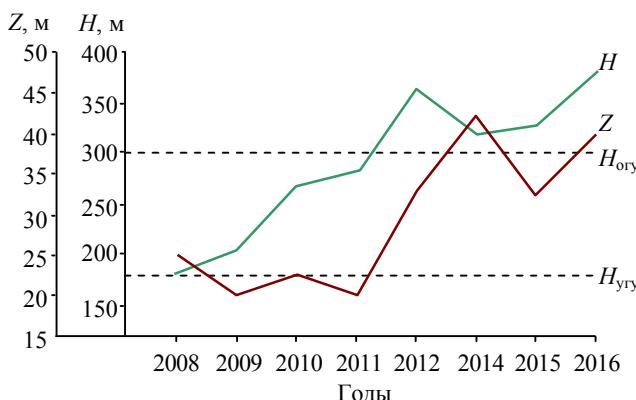


Рис.3. Изменение глубины горных работ  $H$  и ширины целиков  $Z$ , оставляемых в выработанном пространстве, на шахте «Котинская»

$H_{yug}$  и  $H_{ory}$  – предельные глубины разработки, при превышении которых пласти относят соответственно к угрожаемым и опасным по горным ударам

*При оценке направлений совершенствования широко применяемой в настоящее время системы разработки (см. рис.1) принципиально важно учитывать, что перспективы угольных компаний зависят от эффективности выемки ранее надработанных или подработанных сближенных пластов.*

Так, в ближайшие 5-10 лет экономические показатели подземной угледобычи на 10 из 12 шахт компании ОАО «СУЭК», отрабатывающих свиты пластов по схеме «шахта – лава», будут зависеть от своевременности и эффективности решения вопросов, связанных с безопасной выемкой ранее надработанных и подработанных пластов в зонах влияния целиков, оставленных в выработанном пространстве смежных сближенных пластов. Следует отметить, что вклад шахт угольной компании ОАО «СУЭК» в общий объем добычи угля в РФ подземным способом составляет около 30 %.

Специфика планирования и ведения горных работ по сближенным пластам связана с необходимостью учета зон ПГД, формирующихся под (над) целиками, оставляемыми в выработанном пространстве ранее отработанного пласта. Расстояние между целиками, равное длине лавы, составляет 150-350 м. Длина целиков равна длине выемочных столбов (до 4000 м и более). Ширина целиков (см. рис.1), определяемая из условия обеспечения технологически удовлетворительного состояния участковых подготовительных выработок, закрепленных анкерной крепью, достигает 35-40 м (рис.3). При такой сети целиков, оставленных в выработанном пространстве выше расположенного пласта, общая площадь зон ПГД в надработанном пласте может достигать 25-30 % и более площади шахтного поля. При оставлении целиков в выработанном пространстве практически невозможно использовать опережающую отработку «защитных» пластов в качестве регионального профилактического способа предотвращения горных ударов и внезапных выбросов. Более того, вероятность этих опасных событий при отработке надработанных (подработанных) пластов в зонах ПГД значительно возрастает.

Следует отметить, что на большинстве шахт Кузбасса глубина ведения горных работ достигла глубин 150-180 м, при превышении которых пласти относят к угрожаемым по горным ударам. В условиях, опасных по горным ударам, в настоящее время работают более 80 % очистных забоев [9].

Отрицательное влияние целиков угля, оставленных в выработанном пространстве, проявляется не только в повышении выбросо- и удароопасности надработанных (подработанных) пластов в зонах ПГД, но и в снижении надежности функционирования очистных и подготовительных выработок этих пластов [2, 7]. При достижении некоторой предельной глубины горных работ, величина которой зависит от конкретного сочетания геологических и горно-технических факторов, в зонах ПГД наблюдается изменение роли факторов, определяющих состояние подготовительных выработок и эффективность управления горным давлением в лавах [2].

геологических и горно-технических факторов: быстрое увеличение глубины ведения горных работ, ежегодные приrostы которой достигают 25-30 м (рис.3); увеличение по мере перехода горных работ на более глубокие горизонты выбросо- и удароопасности угольных пластов; возрастание степени отрицательного влияния целиков, оставленных в выработанном пространстве, на надежность функционирования очистных и подготовительных выработок сближенных пластов в зонах повышенного горного давления (ПГД); увеличение эксплуатационных потерь угля в целиках, оставляемых в выработанном пространстве; увеличение долевого участия надработанных (подработанных) угольных пластов в выполнении производственных заданий угольных компаний по объемам добычи.



Технологически удовлетворительное состояние подготовительных выработок определяется, главным образом, величинами опусканий пород кровли и пучения пород почвы. С увеличением напряженного состояния горного массива в окрестности подготовительной выработки изменяется роль этих факторов с точки зрения их влияния на устойчивость выработок.

В условиях, характеризующихся значениями коэффициента  $\eta_p < 0,4$  ( $\eta_p = \sigma_{\text{ГМ}} / \sigma_{\text{сж}}^{\text{п}}$ ;  $\sigma_{\text{ГМ}}$  – напряжение в горном массиве;  $\sigma_{\text{сж}}^{\text{п}}$  – предел прочности пород непосредственной почвы при одностороннем сжатии), основным видом деформаций, определяющих устойчивость выработок, является опускание пород кровли. При этом доля величины опускания пород кровли превышает 85 % величины сближения пород кровли и почвы выработки. В этих условиях нарушение нормального режима эксплуатации подготовительных выработок происходит, в основном, в результате разломов и обрушений пород кровли.

В условиях, характеризующихся значениями коэффициента  $\eta_p > 0,6$ , основным видом деформаций, определяющих устойчивость выработок, является пучение пород почвы, доля которого в конвергенции пород кровли и почвы может достигать 70 % и более.

При нисходящем порядке отработки сближенных пластов отрицательное влияние целиков на технико-экономические показатели работы шахт начинает резко возрастать при достижении глубин, характеризующихся значениями коэффициентов  $\eta_p$  и  $\eta_k$ , равными 0,25-0,35.

Различный характер проявлений горного давления на разных участках по длине подготовительных выработок и очистного забоя предполагает и различные требования к способам управления кровлей в лавах и способам охраны выработок, что существенно усложняет выполнение требований по обеспечению надежности их функционирования.

Адаптация производства к новым условиям ведения горных работ при переходе к выемке надработанных (подработанных) сближенных пластов, как правило, происходит со значительными экономическими потерями, повышением рисков невыполнения производственных заданий, снижением безопасности горных работ, повышением эксплуатационных потерь угля. Об этом убедительно свидетельствует опыт отработки в 1972-1994 гг. сближенных угольных пластов  $K_5^{1B}$  и  $K_6$  на шахтах «Гуковская» и «Красный партизан» (Восточный Донбасс) [2].

Не менее актуальными рассматриваемые вопросы являются для угольных отраслей Австралии, США, Китая, Украины и других зарубежных стран, развитых в области горного дела [11, 12].

Наличие целиков угля в выработанном пространстве при больших скоростях подвигания лав повышает вероятность зависаний на значительных площадях и динамических осадок пород основной кровли (пород-мостов) с выдавливанием больших масс метана из выработанного пространства в лаву и участковые выработки, а, следовательно, и вероятность крупных аварий с взрывами метана и пыли. Трагические последствия крупнейших аварий в последние 10-15 лет на самых перспективных шахтах Кузбасса показывают, что данный фактор, влияющий на уровень промышленной безопасности в угольной отрасли, должен явиться предметом детального изучения. По мнению автора данной статьи, существенное усложнение условий ведения горных работ в надработанных (подработанных) пластах при использовании технологий с оставлением целиков в выработанном пространстве в сочетании с выборочной выемкой пластов является одной из главных причин, по которым на действующих шахтах Кузбасса до 64 % [1, 5] запасов угля, ранее отнесенных к балансовым запасам, признаются в настоящее время не перспективными для освоения.

*Несмотря на существенные недостатки (см. рис.2), систему разработки длинными столбами с оставлением целиков в выработанном пространстве планируют к применению практически на всех шахтах Кузбасса при отработке пологих пластов одним слоем на полную мощность. На шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» при отработке пластов мощностью от 1,4 до 6,0 м предусматривается применение только этого варианта системы разработки [6].*

**Направления совершенствования технологий.** В зависимости от конкретного сочетания геологических и горно-технических факторов, определяющих условия ведения горных работ, а также стадию отработки сближенных пластов, снижение отрицательного влияния целиков может быть достигнуто:

- при отработке 1-го пласта свиты – полной отработкой целика на одной линии с лавой; частичной отработкой целика с уменьшением его ширины до предельных значений, при которых исключается влияние целика на отработку сближенных пластов; созданием между выемочными

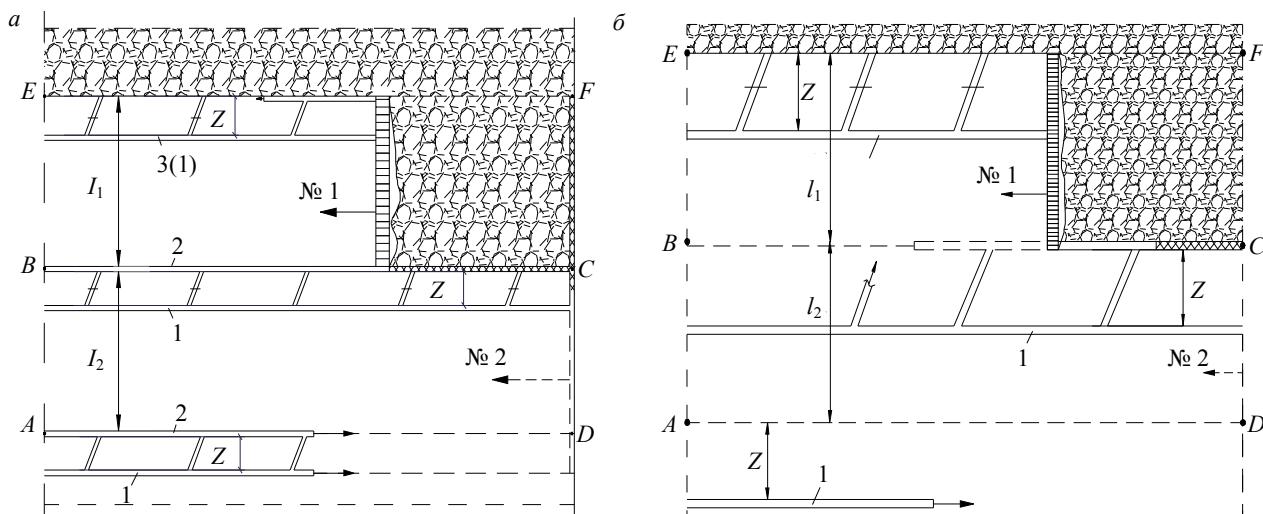


Рис.4. Варианты системы разработки длинными столбами без оставления целиков угля в выработанном пространстве  
ABCD – подготавливаемые столбы; BEFC – отрабатываемые столбы; 1, 2 и 3 – участковые подготовительные выработки

участками полос из пород и других негорючих материалов; разгрузкой целика от повышенного горного давления после выполнения целиком его основных функций; увеличением длины лавы;

- при отработке 2-го и последующих сближенных пластов свиты – путем отработки целиков, оставленных в выработанном пространстве; применением комбинированных схем, предусматривающих рациональное сочетание нисходящего и восходящего порядков отработки сближенных пластов и мест взаимного расположения целиков; разгрузкой целиков, оставленных ранее в выработанном пространстве, от повышенного горного давления; рациональным планированием горных работ в пластах с учетом степени отрицательного влияния целиков на состояние подготовительных выработок и управление кровлей в лавах.

При проектировании технологических схем отработки свит сближенных пластов в качестве альтернативы системе разработки, представленной на рис.1, целесообразно рассматривать бесцеликовые технологии, при реализации которых исключаются практически все недостатки (см. рис.2), связанные с оставлением целиков угля в выработанном пространстве [3, 4]. Создание таких ресурсосберегающих технологий относится к числу приоритетных направлений исследований научной школы «Разработка месторождений твердых полезных ископаемых» Санкт-Петербургского горного университета. В качестве примера на рис.4 приведены принципиальные схемы вариантов системы разработки длинными столбами с выемкой целиков на одной линии с очистным забоем.

Областью применения варианта на рис.4, а являются газовые шахты при большой длине выемочных столбов и оборудовании лав высокопроизводительными механизированными комплексами. Вариант на рис.4, б целесообразно рассматривать для участков шахтных полей с ограниченными размерами и малыми скоростями подвигания очистного забоя.

Для обеспечения возможности использования бесцеликовых технологий при отработке пластов угля, склонного к самовозгоранию, в рамках научной школы «Разработка месторождений твердых полезных ископаемых» разрабатываются варианты создания между смежными выемочными участками воздухонепроницаемых податливых полос из породы и других негорючих материалов с характеристиками, исключающими формирование зон ПГД в подрабатываемых (надрабатываемых) угольных пластах.

## Основные выводы

1. При определении направлений совершенствования технологий разработки пологих угольных пластов мощностью 1,5-6,0 м принципиальное значение имеет то, что в ближайшей перспективе технико-экономические показатели подземной угледобычи на шахтах Кузнецкого бассейна будут существенно зависеть от эффективности решения вопросов, связанных с выемкой сближенных пластов, ранее надработанных или подработанных с использованием системы разработки длинными столбами с оставлением целиков угля в выработанном пространстве.



2. При оценке экономической целесообразности и допустимости использования системы разработки длинными столбами с оставлением целиков угля в выработанном пространстве для отработки свит сближенных пластов необходимо учитывать дополнительные эксплуатационные потери угля в целиках (до 20 %); затраты, связанные с обеспечением безопасности горных работ и надежности функционирования очистных забоев и подготовительных выработок в зонах ПГД, общая площадь которых составляет до 25-30 % площади шахтного поля; сокращение балансовых запасов угля, связанное с ухудшением горно-геологических и горно-технических условий выемки надработанных (подработанных) сближенных пластов; повышенную вероятность зависаний на значительных площадях и динамический осадок пород основной кровли (пород-мостов) с выдавливанием больших масс метана из выработанного пространства в лаву и участковые выработки.

3. К числу приоритетных направлений научных исследований при совершенствовании системы разработки длинными столбами относится создание технологий возведения между смежными выемочными участками воздухоизоляционных полос из негорючих материалов с параметрами, обеспечивающими технологически удовлетворительное состояние участковых подготовительных выработок, закрепленных анкерной крепью, изоляцию выработанных пространств смежных выемочных участков и исключающими формирование в надработанных (подработанных) пластах опасных зон ПГД.

4. В современных социально-экономических условиях функционирования угольной отрасли проблема выбора технологий разработки угольных пластов на перспективных российских шахтах выходит за рамки решения только технических вопросов. Существующий в настоящее время «конфликт интересов» государства и недропользователей свидетельствует об актуальности вопросов, связанных с поиском компромиссных решений, основанных на законодательных актах и обеспечивающих рациональное (с позиций государства) освоение невосполнимых природных ресурсов и финансовую заинтересованность компаний в использовании ресурсосберегающих технологий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анферов Б.А. Проблемы и перспективы комплексного освоения угольных месторождений Кузбасса / Б.А.Анферов, Л.В.Кузнецова // Институт угля и углехимии СО РАН, Кемерово, 2009. 242 с.
2. Зубов В.П. Особенности управления горным давлением в лавах на больших глубинах разработки. Л.: Изд-во Ленинградского государственного университета, 1990. 198 с.
3. Зубов В.П. Оценка максимально допустимых нагрузок на лаву при бесцеликовых технологиях отработки пластов на шахтах с повышенным выделением метана / В.П.Зубов, В.С.Елькин // Газовая промышленность. Метан угольных шахт. 2012. № 6. С. 37-39.
4. Методические рекомендации по предотвращению вывалов пород из кровли в лавах, отрабатываемых на больших глубинах в условиях шахт Восточного района Донбасса. Шахты, 1986. 80 с.
5. Опарин В.Н. О негативных последствиях выборочной отработки угольных пластов в Кузбассе / В.Н.Опарин, А.А.Ордин, А.М.Никольский // Материалы Всероссийского форума с международным участием. Томск: Томский политехнический ун-т, 2013. С. 622-626.
6. Технологические схемы подготовки и отработки выемочных участков на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» / В.Н.Демура, В.Б.Артемьев, С.В.Ясючена и др. // Библиотека горного инженера. Т. 3. Кн. 12. М.: Горное дело, 2014. 255 с.
7. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов мощностью до 3,5 м с углом падения до 350 / ВНИМИ. Л., 1984. 62 с.
8. Храмцов В.И. Особенности подземной добычи угля шахтами Кузбасса в 2008 году // ТЭК и ресурсы Кузбасса. 2009. № 2. С. 40-43.
9. Шакlein C.B. Нетрадиционные технологии добычи угля – основа интенсивного освоения минерально-сырьевой базы Кузбасса / С.В.Шакlein, М.В.Писаренко // Горная промышленность. 2010. № 4 (92). С. 22-25.
10. Ютиев Е.П. Влияние геомеханических процессов в массиве на выбор параметров технологических схем отработки пологих пластов Ленинск-Кузнецкого месторождения // Записки Горного института. 2010. Т. 185. С. 50-55.
11. Mark C. Multipleseam mining in the united states: design based on case histories / C.Mark, F.E.Chase, D.Pappas M. // Proceedings: New Technology for Ground Control in Multiple-seam Mining. Pittsburgh, 2007. P. 15-27.
12. Case Study on Mine Subsidence Due to Multi-Seam Longwall Extractio / G.Li, P.Steuart, R.Pâquet, R.Ramage // 2nd Australasian Ground Control in Mining Conference. Sydney. 23-24 November. 2010.

Автор В.П.Зубов, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой, spggi\_zubov@mail.ru (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия).

Статья принята к публикации 29.12.2016.