

DOI: 10.26730/1999-4125-2021-4-96-110

УДК 622.333:622.275

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВСКРЫТИЯ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОГО СПОСОБА

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF OPENING SHALLOW COAL SEAMS USING THE OPEN-UNDERGROUND METHOD

Тюленева Татьяна Александровна^{1,2,3},
доцент, e-mail: krukta@mail.ru
Tatyana A. Tyuleneva^{1,2,3}, assistant professor
Шишков Роман Игоревич⁴
Аспирант, e-mail: rshis@yandex.ru
Roman I. Shishkov⁴, graduate student

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева
Российская Федерация, г. Кемерово, 650000, ул. Весенняя, 28

¹T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University Kemerovo, 28 Vesennyaya str., 650000,
Russian Federation

²Филиал Кузбасского государственного технического университета в г. Прокопьевске
Российская Федерация, Кемеровская область – Кузбасс, г.Прокопьевск, 653049, ул.Ноградская,
19а

²Branch of T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University in Prokopyevsk
Prokopyevsk, 19a Nogradskaya str., 653049, Kemerovo region – Kuzbass, Russian Federation

³Филиал Кузбасского государственного технического университета в г. Междуреченске
Российская Федерация, Кемеровская область – Кузбасс, г.Междуреченск, 652881,
пр.Строителей, 36

³Branch of T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University in Mezhdurechensk
Mezhdurechensk, 36 Stroitelei av., 652881, Kemerovo region – Kuzbass, Russian Federation

⁴Институт угля Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского
отделения Российской академии наук

Российская Федерация, Кемеровская область, г. Кемерово, 650000, пр-т Советский, 18

⁴Mining Institute of The Federal Research Center of Coal and Coal-Chemistry of Siberian Branch of
the Russian Academy of Sciences

Kemerovo, 18 Sovyetsky av., 650000, Kemerovo region – Kuzbass, Russian Federation

Аннотация:

В последние годы наблюдается снижение эффективности добычи угля традиционными способами. С одной стороны, возрастают объемы угля, остающегося за пределами контура разреза и экономически нецелесообразного для добычи открытыми способами. С другой стороны, при использовании подземной геотехнологии добычи затраты на добычу превосходят затраты на выполнение горных работ с применением открытой геотехнологии, это объясняется различиями в факторах эксплуатации разреза и шахты. Данное обстоятельство обуславливает применение открыто-подземной технологии отработки запасов угля за пределами контура разреза как актуальное и перспективное направление.

Для решения проблемы оптимизации развития добычи угля целесообразным представляется переход к сбалансированному применению комбинированных технологий разработки месторождений, предполагающих использование выработанного пространства разреза как основную вскрывающую выработку.

В данной статье описана методика, базирующаяся на использовании рациональных технологических схем подготовки и очистной выемки запасов мощных пологих угольных пластов, обосновании

параметров комбинированной геотехнологии с согласованным и сбалансированным развитием открытых и открыто-подземных горных работ, отличающаяся рациональным распределением запасов под открытую и открыто-подземную отработку запасов угля за предельным контуром разреза с подготовкой выемочных участков непосредственно из его выработок при согласовании производственной мощности и скоростей развития открытых и открыто-подземных работ, обеспечении заданных сроков своевременного погашения подземных выработок для безопасного внутреннего отвалобразования вскрышных пород в выработанном пространстве разреза. Расширяются возможности для открытой добычи в комбинированной системе разработки за счет исключения необходимости проведения одной траншеи, в результате баланса производственных мощностей открытой и подземной добычи с проведением расчета разделения общих запасов в границе горного отвода для открыто-подземных горных работ. Ее применение увеличит производственную мощность угледобывающего комплекса без дополнительной экологической нагрузки и обеспечит повышенный возврат инвестиций

Ключевые слова: открыто-подземный способ, пологие пласты, комбинированная геотехнология, геомеханические параметры

Информация о статье: поступило в редакцию 22.06.2021

Abstract:

In recent years, there has been a decline in the efficiency of coal mining by traditional methods. On the one hand, the volume of coal remaining outside the cut contour and economically impractical for open-pit mining is increasing. On the other hand, when using underground mining geotechnology, the cost of mining exceeds the cost of performing mining operations using open-pit geotechnology, this is due to differences in the operating factors of the section and the mine. This circumstance determines the use of open-underground technology for mining coal reserves outside the contour of the section as an actual and promising direction.

To solve the problem of optimizing the development of coal mining, it is advisable to switch to a balanced application of combined field development technologies, which involve the use of the developed section space as the main opening development.

This article describes a methodology based on the use of rational technological schemes for the preparation and treatment of reserves of powerful shallow coal seams, substantiating the parameters of combined geotechnology with a coordinated and balanced development of open and open-underground mining operations, characterized by a rational distribution of reserves for open and open-underground mining of coal reserves beyond the limit contour of the section with the preparation of excavation sites directly from its workings, while coordinating the production capacity and development rates of open and open-underground work, ensuring the specified deadlines for timely repayment of underground workings for safe internal dumping of overburden in the developed space of the section. The opportunities for open-pit mining in the combined development system are expanded by eliminating the need for a single trench, as a result of the balance of production capacities of open-pit and underground mining with the calculation of the division of total reserves in the boundary of the mining allotment for open-pit mining. Its application will increase the production capacity of the coal mining complex without additional environmental burden and will provide an increased return on investment

Keywords: open-underground method, shallow layers, combined geotechnology, geomechanical parameters

Article info: received June 22, 2021

Введение

На сегодняшний день на угледобывающих предприятиях с открытым способом добычи происходит снижение объемов полезного ископаемого, пригодного к выемке традиционными способами. Как показывают результаты исследований, объемы угля, остающегося за пределами контура разреза и экономически нецелесообразного для добычи открытыми способами, возрастают. При использовании же подземной геотехнологии добычи угля затраты на выполнение данных работ превосходят затраты на добычу с применением открытой геотехнологии, это объясняется различиями в факторах эксплуатации разреза и шахты, к основным из которых можно отнести высокую себестоимость вскрытия и подготовки шахтных полей, транспортировки, вентиляции и водоотлива. В связи с вышеизложенным, применение открыто-подземной технологии отработки запасов угля за пределами контура разреза является актуальным и перспективным направлением.

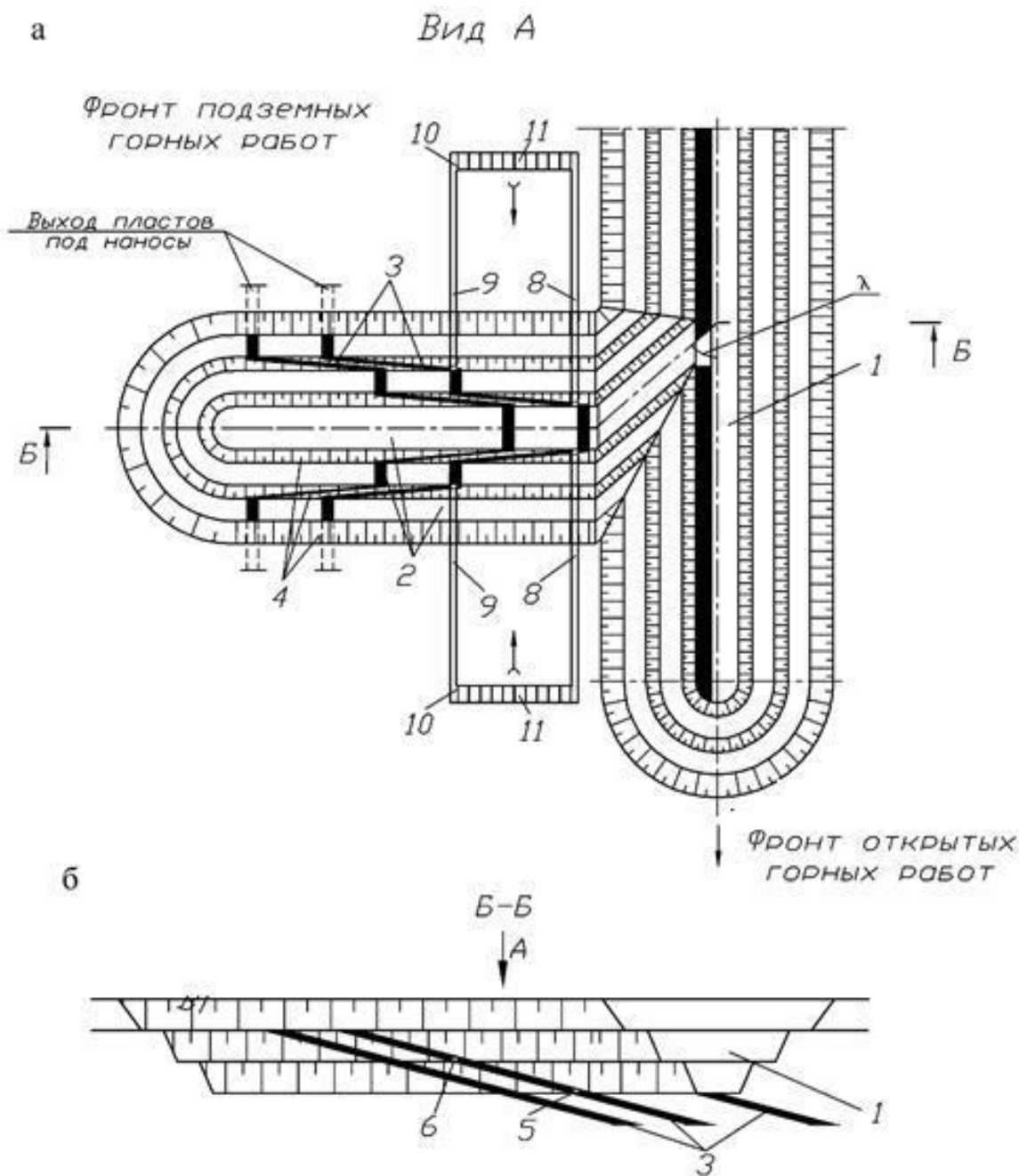
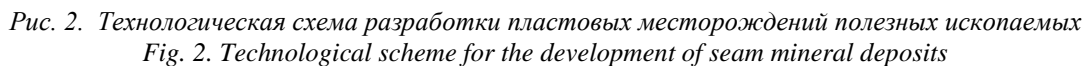


Рис. 1. Технологическая схема открыто-подземной разработки свиты пологих угольных пластов, где а – горизонтальный вид горных работ по вскрытию участков полей шахты и разреза; б – вертикальный вид горных работ по вскрытию участков полей шахты и разреза; 1 – горизонтальная траншея, проложенная по простиранию пласта; 2 – блоковая траншея, проложенная вкрест простиранию пласта; 3 – вскрывающий пласты 4 – борт траншеи; 5, 6 – наклонные конвейерный и вентиляционный стволы; 8, 9 – конвейерный и вентиляционный штреки; 10 – механизированный комплекс; 11 – монтажная камера [15]

Fig. 1. Technological scheme of open-pit mining of a suite of shallow coal seams, where a is a horizontal view of mining operations to open sections of the fields of the mine and open-pit mine; b - vertical view of mining operations to open sections of the mine and open pit fields; 1 - horizontal trench laid along the strike of the formation; 2 - block trench, laid across the strike of the formation; 3 - revealing seams; 4 - side of the trench; 5, 6 - inclined conveyor and ventilation shafts; 8, 9 - conveyor and ventilation drifts; 10 - mechanized complex; 11 - mounting chamber [15]



Постановка проблемы

В условиях выбывающих мощностей действующих угольных разрезов, перехода на глубокие горизонты ведения работ представляется перспективной задача отработки запасов угля за контуром разреза с использованием подземной геотехнологии. Научные исследования [3-5] описывают методики обоснования технологических решений и параметров подземной и комбинированной разработки месторождений угля и руд, повышения производственной мощности предприятий добывающей промышленности, их технического перевооружения и добычи с полным технологическим циклом комплексного освоения и сохранности недр. В данных работах горнотехническая система трактуется как комплекс технологических систем добычи полезных ископаемых и обусловленных ими производственных сооружений во взаимосвязи с разрабатываемыми участками недр; их классификация, используемая при проектировании горных работ, дает возможность выбора рационального способа освоения месторождения с учетом горно-геологических условий. В работах [6-7] исследуются и совершенствуются методы анализа геотехнологических структур с позиций применения

технологий вскрытия и подготовки шахтных полей комбинированным способом [8], получены новые технологические разработки по объединению обособленных модульных участков в комплекс действующих шахт для разработки планов освоения перспективных угольных месторождений Кузнецкого бассейна для роста эффективности подземной добычи и приближения угледобывающих предприятий региона к мировым технико-экономическим стандартам. Результаты исследований [9-10] подтвердили, что комбинирование открытой и подземной технологий угледобычи в рамках общей инфраструктуры обеспечит более длительный срок эксплуатации угледобывающего предприятия и увеличит степень полноты освоения месторождения. Ряд работ [11-12] посвящен вопросам совершенствования подземных технологии на угольных месторождениях под воздействием осуществляемых открытых работ и обоснованию вариантов планирования, строительства и эксплуатации шахт с разработкой угольных пластов механизированными комплексами.

В работах [13-14] предложены технологии по отработке свиты угольных пластов сочетанием открытого и подземного способов с расположением промышленных площадок, отвалов и других технологических сооружений в глубине разрезных траншей, а также применяемые способы открытой разработки угольного месторождения по пласту с максимальной мощностью из горизонтальной траншеи, которая прокладывается по простиранию: в данном случае производится вскрытие пласта блоком к горизонтальной траншее, проложенной под углом λ вкрест ее простиранию (рис.1) [15].

На рис. 2 представлен вариант горнотехнической системы открыто-подземной разработки месторождения [15], при реализации которого выемочное поле разреза разделяют на панели по простиранию с поочередным ведением вскрышных работ в границах каждой из них.

На уступе рабочего борта верхнего пласта оборудуются панельные промышленные площадки, от которых по пласту приконтурных зон под углом β к выемочным штрекам проводятся наклонные горные выработки, а также уклоны для вспомогательного транспорта и конвейеров. Начинают выемку пласта по нижней границе поля в приконтурной зоне разреза длинными столбами по простиранию, затем приступают к разработке нижележащих пластов.

Применяемые технические решения позволяют повысить коэффициент извлечения за счет того, что подземная добыча позволяет осуществлять добычу за предельным контуром рабочего борта разреза открыто-подземным способом, что повышает рентабельность вскрытия, подготовки и разработки в отличие от автономного открытого и подземного способа. За счет расположения подземной инфраструктуры внутри угольного разреза создается сокращение земельных участков под промышленные площадки, единую дорогу для перевозки угля, а также возможность вовлечения подземной добычи на ранней стадии работы разреза, что существенно сокращает глубину разработки открытым способом и как следствие площадь под внешний отвал, в результате снижая экологический ущерб окружающей среде.

Недостатками основных приведенных открыто-подземных способов являются:

- недостаточная интенсивность освоения месторождения угля, обусловленная постепенным переходом от открытой к открыто-подземной и подземной разработке;
- сложная структура системы «шахта-блок», применяемая в подземной добыче, которую необходимо переориентировать на открыто-подземную технологию;
- длительный период рекультивации земель;
- необходимость последовательной закладки траншей, которая увеличивает период отработки месторождения;
- большое количество проводимых капитальных горных выработок.

Данные недостатки снижают эффективность освоения угольного месторождения.

Применение комбинированных способов разработки месторождения традиционно сопровождается дополнительными сложностями осуществления очистных работ на шахте, а также работ по экскавации угля на разрезе. К ним относятся снижение прочности и устойчивости бортов разреза вследствие наличия подземных горных выработок, рост потерь угля из-за большого числа выработок, одновременно проводимых в прикарьерном массиве, особые, повышенные, требования промышленной безопасности и охраны труда, обусловленные использованием тяжеловесного оборудования разрезом над опустошаемыми подземными горными выработками.

Таблица 1. Параметры систем разработки и технологических схем подготовки выемочных участков шахт
Table 1. Parameters of development systems and technological schemes for the preparation of mining areas of mines

Показатели	Достигнутые показатели	Перспектива	Наилучшие достижения
1. Длина лавы	180-400 м	250-400 м	300-480 (до 540) м
2. Длина столба	1000-3720 м	2500-7000 м	2500-6900 м
3. Подготовка выемочных участков	Спаренные выработки	Спаренные выработки и по 3 выработки	Спаренные выработки, по 3 и по 4 выработки
4. Длина оставленных целиков	9-35 м	10-40 м	7-9 м для податливых и 30-40 м для жестких
5. Длина целиков – монтажные и демонтажные камеры	15-80 м	15-80 м	60-150 м
6. Длина целиков – основные выработки	15-30 м	15-30 м	12-25 м
7. Дистанция в сбойках	60-200 м	50-200 м	30-35 м
8. Механизация очистных работ – марки комбайнов	Joy 7LS (6, 20), Joy 4LS-20, Electra-3000, EickhoffSL (500, 900)	Joy 7LS (6, 20), Joy 4LS-20, Electra-3000, Eickhoff SL (900, 1000)	Joy 7LS (1-6), Caterpillar EL (600-3000)
9. Механизация очистных работ – марки конвейеров	Joy A30(34), Joy AFC, Caterpillar PF, DBT SH PF 6/1142	Joy A30(34), Joy AFC, Caterpillar PF, DBT SH PF 6/1142	Joy, JWR, Caterpillar
10. Механизация очистных работ – марки крепей	Joy, Caterpillar (DBT), Tagor 24/50, Глиник 15/32	Joy, Caterpillar (DBT)	Joy, Caterpillar (DBT)
11. Суточная нагрузка на очистной забой	8000-55000 т	До 65000 т	57000 т
12. Месячная нагрузка на очистной забой	100-1560 тыс т	до 2000 тыс т	1500 тыс т
13. Годовая нагрузка на очистной забой	2000-5000 тыс т	до 8000 тыс т	7000-12000 тыс т
14. Площадь выемочной выработки	8,6-20 м ²	9-20 м ²	14-18 м ²
15. Тип используемой крепи	Сталеполимерная анкерная АСП, канатные анкера	Сталеполимерная анкерная АСП, канатные анкера	Сталеполимерная анкерная АСП, канатные анкера
16. Средства механизации проходки – марки комбайнов	ГПКСС, КП21, Joy, Dosco, Busyrus	КП-21, Joy, Dosco, Busyrus	Joy (12 CM, 14 CM), ABM14 (20, 25)
17. Средства механизации проходки – марки конвейеров	CP-70, BC-15, Joy SC	CP-70, BC-15, Joy SC	Joy SC
18. Средства механизации проходки – вспомогательный транспорт	Машины погрузочно-доставочные, напочвенные дороги	Машины погрузочно-доставочные	Машины погрузочно-доставочные
19. Суточная скорость проходки	4-25 м	20-40 м	45-76 м
20. Месячная скорость проходки	120-650 м	500-1000 м	1000 м и выше

Безусловно, комбинированная разработка обладает рядом преимуществ: это и снижение продолжительности строительства сооружений для реализации подземных или открытых технологий, и повышение интенсивности отработки участков месторождения, и снижение расходов на транспортировку, кроме того отработка запасов, остающихся в увеличивающихся по объему целиках угольных разрезов, дает возможность увеличить полноту извлечения

запасов из участков недр и вместе с тем увеличить срок эксплуатации угледобывающего предприятия [16, 17].

Современный уровень развития техники и технологии выводит подземную технологию добычи угля в качестве альтернативе открытой технологии по большинству критериев. Значимость открытого способа добычи возрастает при применении комбинированной технологии, и диктует качественно иной подход к формированию технико-экономических параметров угледобывающего предприятия. Для повышения эффективности реализуемых открыто-подземных способов разработки необходимо обеспечить сбалансированность и максимизацию производственных мощностей шахты и разреза, а также равномерность развития горных работ при реализации каждого из них. Только при таких условиях одни работы не будут становиться препятствием для осуществления последующих, а последующие, в свою очередь, не снизят нагрузку из-за необходимости ожидания сторонних работ для выполнения собственных.

Для решения проблемы оптимизации развития добычи угля целесообразным представляется переход к сбалансированному применению комбинированных технологий разработки месторождений, предполагающих использование выработанного пространства разреза как основную вскрывающую выработку.

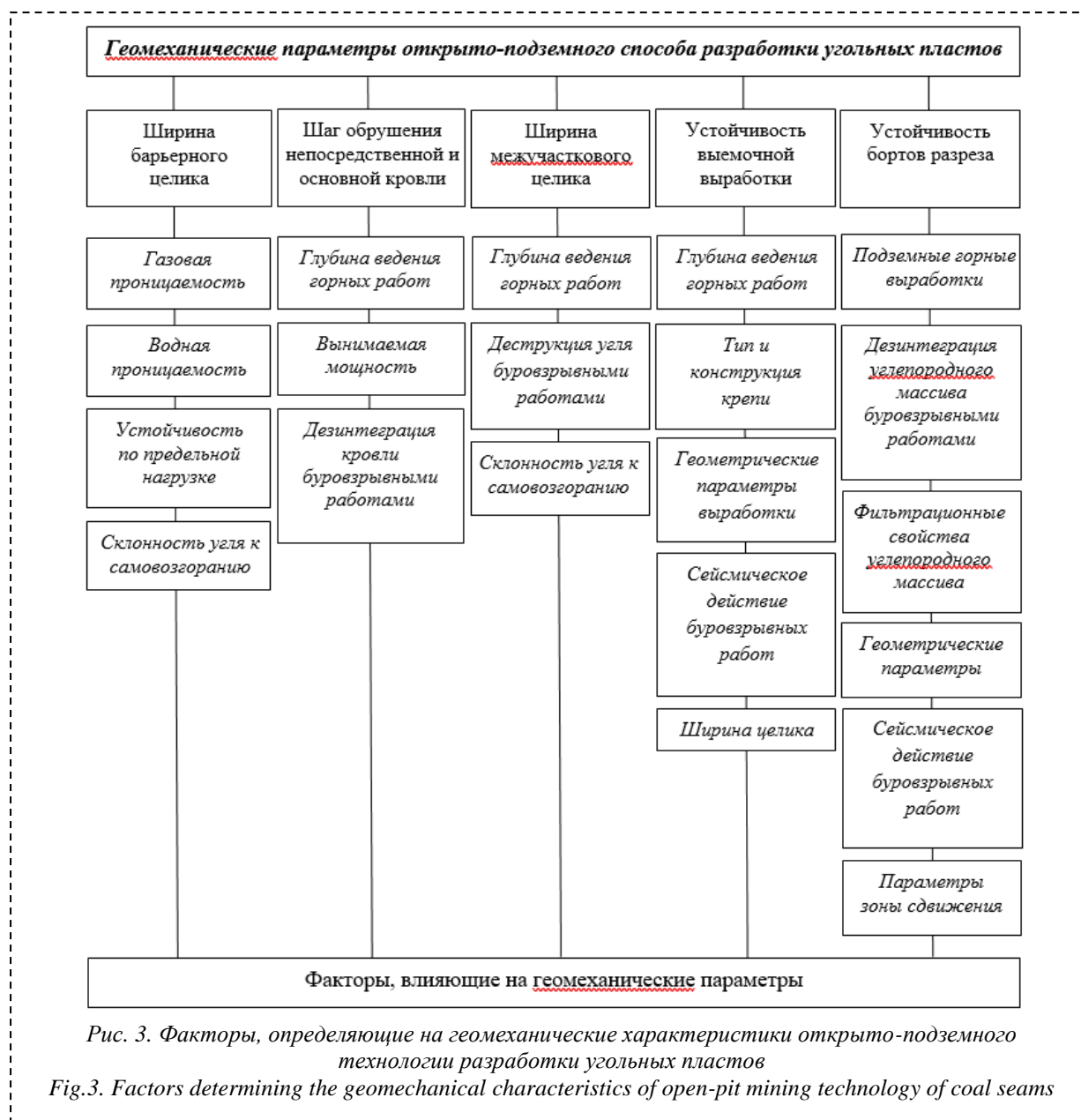
Материалы и методы исследования

Изучение преимуществ и недостатков использования подземной и открытой технологии угледобычи дало возможность заключить, что их комплексное применение с учетом отмеченных достоинств может послужить базой для разработки комбинированного способа разработки месторождений. При открыто-подземной геотехнологии разработка выемочного столба а также вскрытие и подготовка модульного участка шахты предпочтительнее в сравнении с угольным разрезом [18]. Учет накопленного отечественного и зарубежного опыта открыто-подземной системы разработки угольных месторождений позволяет получить следующие эффекты [19-21]:

- объединить подземные и открытые горные работы в рамках горнотехнической системы «разрез – шахтный участок»;
- сбалансировать продолжительность отработки и скорости осуществления горных работ при открытой и подземной добыче;
- обеспечить эффективность угледобычи на модульных шахтоучастках;
- объединить значительную часть составляющих производственной инфраструктуры: линии электропередач, подстанции, транспортные пути и т.д.;
- увеличить срок эксплуатации горнодобывающего предприятия.

Мировая практика показывает, что наилучшие результаты применения системы разработки месторождения длинными столбами обеспечиваются благодаря использованию многоштрековой разработки выемочных участков. В США наиболее высокие показатели производительности очистных забоев получены именно в условиях многоштрековой разработки, предусматривающей оставление целиков, а в Российской Федерации – с использованием технологии спаренных выработок при оставлении целиков между ними и применением очистной техники ведущих мировых производителей (табл.1) [22].

Горнотехническая система создается с учетом следующих факторов, обуславливающих особенности открыто-подземной разработки месторождения – взаимозависимость и технологическая согласованность открытой и подземной технологии горных работ, трансформация физико-механических характеристик горного массива в процессе разработки месторождения, интенсивность сдвигов и деформаций пород в зоне ведения подземных горных работ с формированием участков нарушения поверхности земли, трещин и куполов провалов; вероятность возникновения горных ударов на участке месторождения или в породном массиве, степень нарушения массива подземными горными работами, присутствие пустот, камер и блоков в пределах угольного разреза.



Кроме того, к существенным факторам формирования горнотехнической системы относятся также негативное влияние взрывных работ угольного разреза, выраженное в сейсмическом нарушении равномерности давления в горном массив, вероятности газонаполнения горных выработок ядовитыми продуктами их осуществления, выбросе горных пород в разрез в результате проведения комплекса подземных буровзрывных работ. В число факторов также можно отнести аэродинамические связи между открытыми и подземными горными работами при комбинированной технологии разработки месторождения, пожароопасность участков шахт и разрезов, опасных по самовозгоранию, внезапность затопления горные выработки разреза и шахты подземными грунтовыми водами, климатические условия района, в котором производятся открытые горные работы. Наряду с этим обнаруживается воздействие открытой геотехнологии на стабильность подземных горных выработок, и обратно, влияние подземных горных работ на стабильность бортов разрезов, влияние комбинированных способов разработки на стабильность оставленных барьерных и охранных целиков и условия обрушения кровли при подземных горных работах в условиях присутствия выработанного пространства разреза.

Комбинированная геотехнология предполагает более детальное исследование геомеханических процессов по причине взаимозависимости открытых и подземных горных

работ. Факторы, обуславливающие количественные значения геомеханических параметров открыто-подземной геотехнологии, применяемой к свите угольных пластов, показаны на схеме (рис.3). К основным геомеханическим параметрам комбинированной угледобычи относятся размеры барьерных целиков, размеры шага обрушения пород непосредственных и основных кровлей, отжим горной массы с боков выработок и собственно очистного забоя. К параметрам барьерного целика относят интенсивность газо- и водопроницаемости, нагрузки от внутренних отвалов и степень опасности угля к самовозгоранию.

При этом эффективность перехода на комбинированную открыто-подземную геотехнологию обеспечивается имеющейся производственной инфраструктуры, возможностью транспортирования угля, использованием техники угольного разреза, возможностью внутреннего отвалообразования при граничном коэффициенте вскрыши.

В число основных факторов, определяющих характеристики геомеханических процессов открыто-подземной геотехнологии, входят свойства горного массива в естественном и трансформированном состоянии, показатели напряженностей в естественной среде массива и среде, измененной горными работами, структурная неоднородность и трещиноватость массива, гидрогеологические условия выполнения работ, технические характеристики участка открытых работ или шахтоучастка, расположение и размер выработок, характер разрушения пород и выемки угля, последовательность и скорость разработки свиты угольных пластов в пространстве и времени.

Особенностью геомеханических процессов комбинированного способа разработки угольного месторождения является необходимость учета совместного влияния открытых и подземных работ на напряженно-деформированное состояние массива горных пород. В работах многих авторов отмечалось, что наличие подземного выработанного пространства в массиве горных пород изменяет напряженное состояние породного массива, вызывая деформацию с перемещением в сторону свободного пространства.

Итоги натурных исследований интенсивности сдвигов горной массы в условиях открыто-подземной геотехнологии показали присутствие определенных форм деформаций разрабатываемого массива, в связи с этим анализ напряженно-деформированного состояния последнего при комплексном воздействии различных способов ведения горных работ должен выполняться с учетом специфики деформаций пород, вызванных активизацией процессов их сдвижения в разрезах, вызванного подземными разработками, а также иных технологических воздействий.

Вместе с тем стабильность горных выработок, а также оставляемых при разработке месторождения целиков, во многом определяется параметрами сейсмического воздействия в результате взрывных работ на разрезах. Комбинированная геотехнология ведения работ должна исключать воздействие очистной выемки разреза на подземные горные работы, а оставляемый между результатами выполняемых открытым и подземным способами горных работ целик не должен оказаться в зоне влияния открытой разработки на подземную выемку шахтостолбами. Основные геомеханические параметрами открыто-подземной геотехнологии – углы наклона откосов, размеры оставляемых устойчивых целиков, а также протяженность, размеры и пространственное расположение горных выработок.

Результаты исследования и их обсуждение

Нагрузки, действующие на целики различного назначения, зависят от таких геологических и горнотехнических факторов, как размеры выемочного участка разреза, глубина его разработки, физико-механические характеристики вмещающих горных пород и др. В шахтных участках целики имеют ряд дополнительных значений, а именно более эффективное проветривание выемочных столбов, водо- и газоотведение при отработке лав по восстанию. Ширина оставляемых охранных целиков, располагаемых между двумя параллельно проведенными подготовительными выработками со стороны планируемого выработанного пространств не должна быть меньше ширины зоны опорного горного напряжения. В результате данных сведений предлагается три варианта вскрытия, подготовки и открыто-подземной отработки пологих угольных пластов шахтными участками (рис.4-6).

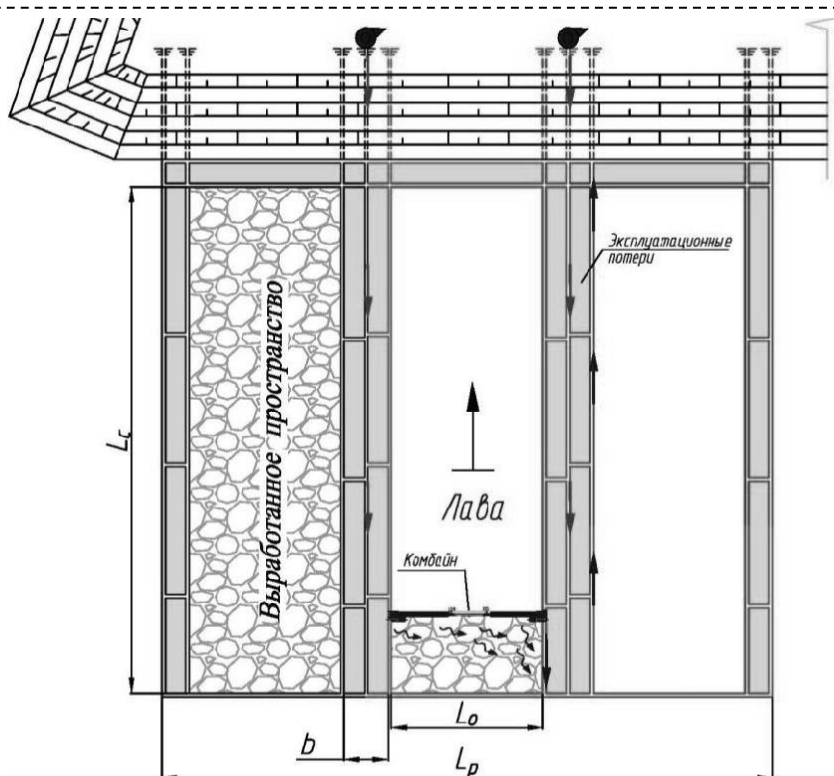


Рис.4. Схема трехштрековой подготовки выемочных столбов [23]
Fig.4. Scheme of three-track preparation of excavation pillars [23]

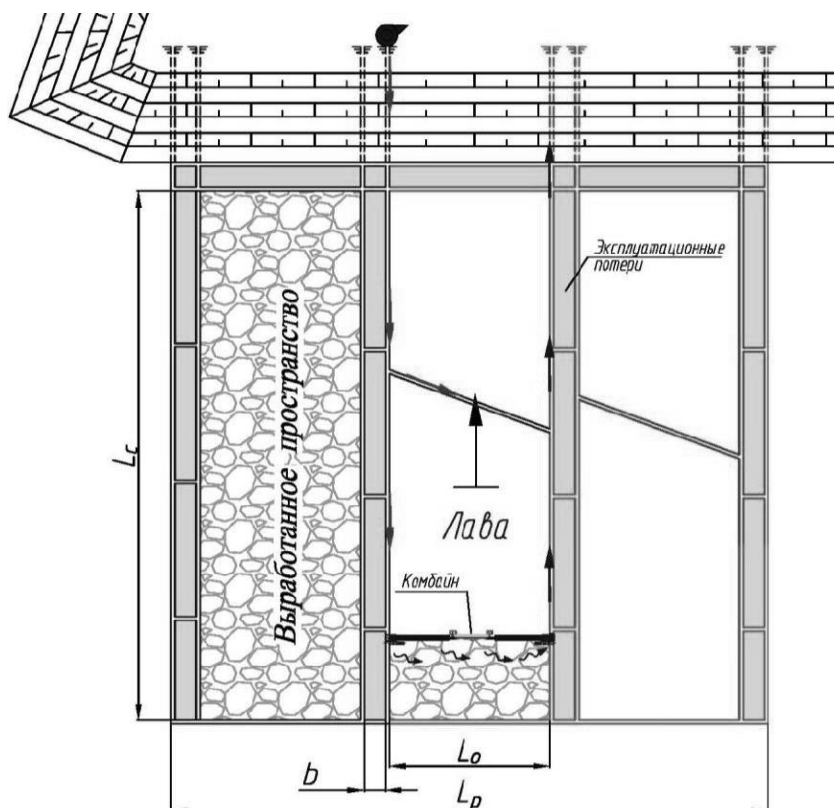


Рис.5. Схема подготовки выемочных столбов парными штреками [23]
Fig. 5 - Scheme of preparation of excavation pillars with paired drifts [23]

На рисунке 4 представлена схема с трехштрековой подготовкой выемочных столбов (вариант 1). Для сравнения на рисунке 5 показана схема шахтоучастка с парными штреками (вариант 2), а также схема подготовки выемочных столбов с проведением третьего штрека в центре выемочного столба (вариант 3) – на рисунке 6. В данных схемах использованы следующие условные обозначения: L_o – протяженность очистного забоя, оснащенного средствами комплексной механизации; L_p – протяженность панели по простиранию; L_c – протяженность панели по падению; b – ширина охрannого околоштрекового целика; стрелками показаны потоки подаваемого воздуха в очистной забой и исходящие потоки воздуха. Комбинированный способ разработки пологих пластов угольных месторождений предполагает использование единой горнотехнической системы, в которой отработку запасов производят обособленными модульными шахтоучастками, независимыми друг от друга. Подготовку участков пластов проводят выработками с

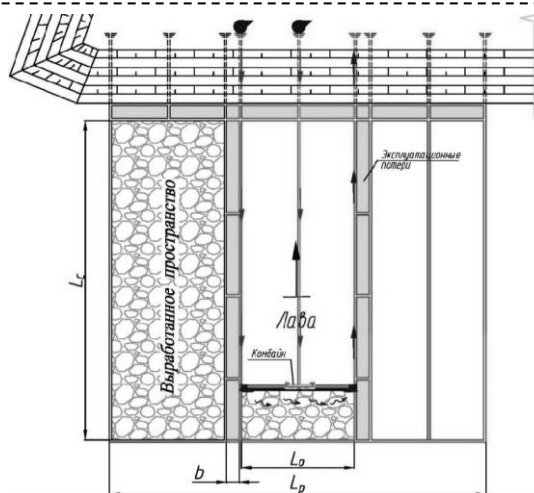


Рис.6. Схема подготовки выемочных столбов с проведением третьего штрека в центре выемочного столба [23]
 Fig.6. Scheme of preparation of excavation pillars with a third drift in the center of the excavation pillar [23]

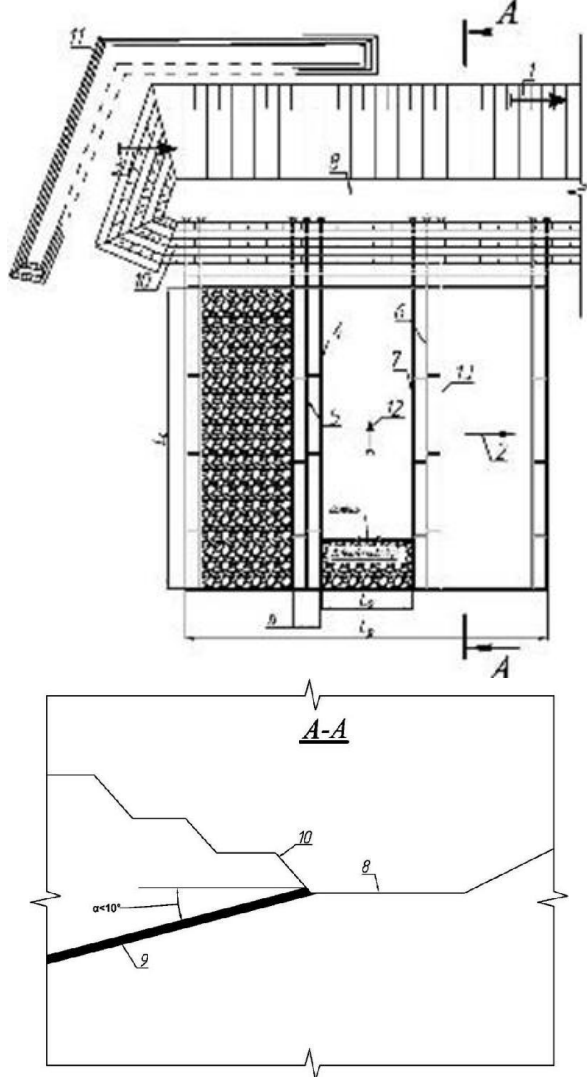


Рис.7. Схема вскрытия и отработки пологого угольного пласта для открыто-подземной добычи угля [23]
 Fig.7. Scheme of opening and development of a flat coal seam for open-pit coal mining [23]

борта разреза по падению пласта, выемку запасов производят очистным забоем по восстанию выемочного столба. Последующие открыто-подземные шахтные участки отрабатывают запасы в одном направлении с открытыми горными работами. Формирование внутреннего отвалообразования выполняют при сбалансированном развитии открыто-подземных горных работ.

Технология развития открыто-подземных работ за предельным контуром разреза далее поясняется чертежами.

На рис. 7 представлена схема вскрытия и подготовки пологих угольных пластов для открыто-подземной добычи угля, в которой приняты следующие условные обозначения: 1 – направление выполняемых открытых горных работ; 2 – направление выполняемых подземных горных работ; 3 – отвалообразование в подземной выработке; 4 – транспортная выработка; 5 – промежуточная выработка; 6 – противоположная промежуточная выработка; 7 – путевая выработка; 8 – дно разреза; 9 – пласт; 10 – уступ; 11 – внешний отвал горной породы; 12 – направление выполняемой отработки выемочного столба; 13 – гдренажная выработка; L_o – протяженность очистного забоя, оснащенного средствами комплексной механизации; L_p – протяженность панели по простиранию; L_c – протяженность панели по падению; b – ширина охранного окоштрекового целика.

Таблица 2 – Сопоставление основных показателей до и после внедрения проектных решений [24]

Мероприятие	После внедрения проектных решений	До внедрения проектных решений	Отклонение	
			В сумме	В процентах
Вскрышные и подготовительные работы, млн руб.	356,6	1517,4	-1160,8	-76,5
Поддержание горных выработок, млн руб.	17,8	75,9	-58,1	-76,55
Затраты на электроэнергию, млн руб.	77,7	194,5	-116,8	-60,05
Производственная мощность, тыс т	8000	5000	+3000	+60
Горизонт расчета, лет	5,6	11	-5,4	-49,09

Вскрывающие горно-капитальные выработки в модульных шахтных участках не использовались, что обеспечило четырехкратную экономию затрат на вскрытие и подготовку по сравнению с классическим способом. Положительный экономический эффект от использования предложенного способа выражается в снижении затрат на производство (вариант после внедрения проектных решений по сравнению с базовым вариантом, табл. 2).

Кроме того, при использовании данного способа в связи с уменьшением затрат времени на строительство, увеличением длины выемочных столбов и проведением сконцентрированных подготовительных работ на участковых выработках, подземную добычу открыто-подземных шахтных участков сократили на 5 лет при выходе на производственную мощность, почти в 2 раза большую.

Выводы

Методика, базирующаяся на использовании рациональных технологических схем подготовки и очистной выемки запасов мощных пологих угольных пластов, обосновании параметров комбинированной геотехнологии с согласованным и сбалансированным развитием открытых и открыто-подземных горных работ, отличающаяся рациональным распределением запасов под открытую и открыто-подземную отработку запасов угля за предельным контуром разреза с подготовкой выемочных участков непосредственно из его выработок при согласовании производственной мощности и скоростей развития открытых и открыто-подземных работ, обеспечении заданных сроков своевременного погашения подземных выработок для безопасного внутреннего отвалообразования вскрышных пород в выработанном пространстве разреза.

Способ позволяет использовать запасы с повышенной экологической безопасностью за счет использования меньшей землеемкости, так как сбалансированное развитие позволит одновременно отрабатывать запасы, не оставляя угольный пласт за контуром рабочего борта разреза. Вследствие чего, очевидно, что условия сбалансированного развития горнотехнической системы «угольный разрез – шахтоучастки» приводят к целесообразному использованию внутреннего отвалообразования, в результате чего своевременно консервируются подземные горные выработки, производится дренаж через выработанное пространство отработанных выемочных столбов. Расширяются возможности для открытой добычи в комбинированной системе разработки за счет исключения необходимости проведения одной траншеи, в результате баланса производственных мощностей открытой и подземной добычи с проведением расчета разделения общих запасов в границе горного отвода для открыто-подземных горных работ. Как следствие, угольный разрез сможет более эффективно использовать свои ресурсы, совместно с рациональной подземной добычей. При использовании описанного способа увеличивается производственная мощность угледобывающего комплекса без преувеличения нагрузки на экологическую среду. Используя смежную инфраструктуру разреза с точки зрения подземной добычи, прогнозируется повышенный возврат инвестиций, за счет исключения капитальных горных выработок, которые занимают значительную долю в сумме по составляющей себестоимости подземной добычи (воздухообеспечение, водоотведение, поддержание, капиталовложение на проведение).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Problems and prospects of regional mining industry digitalization / Tyuleneva T.// E3S WEB OF CONFERENCES. Vth International Innovative Mining Symposium. T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. 2020. С. 04019.
2. Вопросы совершенствования производственного контроля угледобывающих предприятий с подземным способом добычи / Гвоздкова Т.Н., Гвоздкова И.Д., Тюленева Т.А., Усова Е.О. // Уголь. 2020. № 9 (1134). С. 4-9.
3. Разновидности упрочнения неустойчивого массива / Ремезов А.В., Шишков Р.И. // Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты. сборник материалов Международной научно-практической конференции. Западно-Сибирский научный центр. 2016. С. 33-40..
4. Сенкус Вал. В. Комбинированная разработка угольных месторождений с рекультивацией нарушенных земель: монография / Сенкус Вал. В., Ермаков А.Ю., Качурин Н.М., Сенкус В.В. // Кемерово: АИ «Кузбассвуиздат», 2017. 267 с.74.
5. Федорин В.А. Комбинированный способ разработки угольных пластов Кузбасса на основе синтеза процессов ведения открытых и подземных горных / Федорин В.А., Шахматов В.Я., Михайлов А.Ю.// Науч.-техн. журн. "Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности". 2018. № 1. С. 32-40.78.
6. Study of rock pressure and its forms in the conduct cleaning works (Part I) / Shishkov R.I., Tagiev S.M., Remezov A.V. // сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. 2016. С. 269-270.
7. Анализ геотехнологического потенциала комбинированной разработки угольных месторождений Кузбасса / Федорин В.А., Шахматов В.Я., Шишков Р.И. // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2019. № 5. С. 47-51.
8. Ереметов П.В. Обоснование схемы вскрытия и подготовки участка «Шурапский» при комбинированном (подземно-открытом) способе добычи угля / Ереметов П.В. // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2009. С. 91.24.
9. Обоснование вскрытия и подготовки модульного шахтоучастка при комбинированном способе добычи угля в Кузбассе на примере ШУ "Байкаимская" / Шишков Р.И., Федорин В.А. // Записки Горного института. 2020. Т. 243. С. 293-298.
10. Оценка эффективности открыто-подземного способа разработки угольных месторождений Кузбасса / Федорин В.А., Шахматов В.Я., Михайлов А.Ю., Варфоломеев Е.Л. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № S38. С. 244-252.
11. Обоснование параметров горно-технологической структуры "Угольный разрез - шахтные участки" в части подвигания фронта открыто-подземных горных работ / Шишков Р.И., Федорин В.А. // Рациональное освоение недр. 2020. № 3. С. 74-79.
12. Обоснование оптимальной глубины перехода от открытых горных работ к подземным при комбинированном способе отработки угольных месторождений с совместной рекультивацией нарушенных земель / Сенкус В.В., Ермаков Е.А., Сенкус В.В. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № 5. С. 328-336.
13. Перспектива комплексного освоения недр - комбинированные геотехнологии / Каплунов Д.Р. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. № S1. С. 345-354.
14. Открыто-подземная технология освоения угольных месторождений Кузбасса / Федорин В.А. // В сборнике: Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды. 2012. С. 33-39.
15. Каплунов Д.Р. Комбинированная технология системной разработки угольных месторождений: монография / Каплунов Д.Р., Качурин Н.М., Сенкус В.В. и др. // Кемерово: АИ «Кузбассвуиздат», 2017. 452 с.29
16. Вопросы совершенствования производственного контроля угледобывающих предприятий с подземным способом добычи / Гвоздкова Т.Н., Гвоздкова И.Д., Тюленева Т.А., Усова Е.О. // Уголь. 2020. № 9 (1134). С. 4-9
17. Комбинированный способ разработки угольных пластов кузбасса на основе синтеза процессов ведения открытых и подземных горных работ / Федорин В.А., Шахматов В.Я., Михайлов А.Ю. // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2018. № 1. С. 32-40.
18. Аспекты геотехнологической структуры открыто-подземного способа добычи угля / Федорин В.А., Шахматов В.Я., Варфоломеев Е.Л., Михайлов А.Ю. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № 2. С. 50-56.

19. Hamanaka A. Application of Punch Mining System to Indonesian Coal Mining Industry / Hamanaka A., Sasaoka T., Shimada H., Matsui K., and Takamoto H. // 2011 - In Proceedings of the 20th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, 187-97.5
20. Shibata S. Preliminary Study on Design of Longwall Mining from Final Highwall at Mae Moh Lignite Mine in Thailand / Shibata S., Lin N. Z., Shimada H., Hamanaka A., Sasaoka T., Matsui K., and Lawowattanabandit P. // 2013 In Proceedings of the 22nd Mine Planning and Equipment Selection, 227-34.15.
21. Анализ геотехнологических структур открыто-подземной разработки угольных месторождений Кузбасса / Федорин В.А., Шахматов В.Я., Шишков Р.И. // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2020. № 4. С. 80-86.
22. Открыто-подземный способ вскрытия и подготовки пологих угольных месторождений / Шишков Р.И., Федорин В.А., Шахматов В.Я. // Уголь. 2020. № 10 (1135). С. 13-16.
23. Направление развития открыто-подземного способа разработки угольных месторождений Кузбасса / Шишков Р.И. // Развитие – 2019. Научное электронное издание. 2019. С. 70-80.
24. Комбинированное развитие горных работ на пологих угольных месторождениях для достижения пиковой экономики предприятия / Шишков Р.И., Федорин В.А. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 3. С. 49-57.

REFERENCES

1. Problems and prospects of regional mining industry digitalization / Tyuleneva T. // E3S WEB OF CONFERENCES. Vth International Innovative Mining Symposium. T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. 2020. S. 04019.
2. Voprosy sovershenstvovaniya proizvodstvennogo kontrolya ugledobyvayushchikh predpriyatii s podzemnym sposobom dobychi / Gvozdkova T.N., Gvozdkova I.D., Tyuleneva T.A., Usova E.O. // Ugol'. 2020. № 9 (1134). S. 4-9.
3. Raznovidnosti uprochneniya neustoichivogo massiva / Remezov A.V., Shishkov R.I. // Fundamental'nye nauchnye issledovaniya: teoreticheskie i prakticheskie aspekty. sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Zapadno-Sibirskii nauchnyi tsentr. 2016. S. 33-40..
4. Senkus Val. V. Kombinirovannaya razrabotka ugol'nykh mestorozhdenii s rekul'tivatsiei narushennykh zemel': monografiya / Senkus Val. V., Ermakov A.YU., Kachurin N.M., Senkus V.V. // Kemerovo: AI «KuzbassvuzizdaT», 2017. 267 s.74.
5. Fedorin V.A. Kombinirovannyi sposob razrabotki ugol'nykh plastov Kuzbassa na osnove sinteza protsessov vedeniya otkrytykh i podzemnykh gornykh / Fedorin V.A., Shakhmatov V.YA., Mikhailov A.YU. // Nauch.-tekhn. zhurn. "Vestnik Nauchnogo tsentra VosTNII po promyshlennoi i ehkologicheskoi bezopasnosti". 2018. № 1. S. 32-40.78.
6. Study of rock pressure and its forms in the conduct cleaning works (Part I) / Shishkov R.I., Tagiev S.M., Remezov A.V. // sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: v 2-kh chastyakh. 2016. S. 269-270.
7. Analiz geotekhnologicheskogo potentsiala kombinirovannoi razrabotki ugol'nykh mestorozhdenii Kuzbassa / Fedorin V.A., Shakhmatov V.YA., Shishkov R.I. // Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov. 2019. № 5. S. 47-51.
8. Eremetov P.V. Obosnovanie skhemy vskrytiya i podgotovki uchastka «Shurapskiĭ» pri kombinirovannom (podzemno-otkrytom) sposobe dobychi uglya / Eremetov P.V. // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten', 2009. S. 91.24.
9. Obosnovanie vskrytiya i podgotovki modul'nogo shakhtouchastka pri kombinirovannom sposobe dobychi uglya v Kuzbasse na primere SHU "Baikainskaya" / Shishkov R.I., Fedorin V.A. // Zapiski Gornogo instituta. 2020. T. 243. S. 293-298.
10. Otsenka ehffektivnosti otkryto-podzemnogo sposoba razrabotki ugol'nykh mestorozhdenii Kuzbassa / Fedorin V.A., Shakhmatov V.YA., Mikhailov A.YU., Varfolomeev E.L. Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). 2017. № S38. S. 244-252.
11. Obosnovanie parametrov gorno-tekhnologicheskoi struktury "Ugol'nyi razrez - shakhtnye uchastki" v chasti podviganiya fronta otkryto-podzemnykh gornykh rabot / Shishkov R.I., Fedorin V.A. // Ratsional'noe osvoenie neдр. 2020. № 3. S. 74-79.
12. Obosnovanie optimal'noi glubiny perekhoda ot otkrytykh gornykh rabot k podzemnym pri kombinirovannom sposobe otrabotki ugol'nykh mestorozhdenii s sovmestnoi rekul'tivatsiei narushennykh zemel' / Senkus V.V., Ermakov E.A., Senkus V.V. // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). 2016. № 5. S. 328-336.
13. Perspektiva kompleksnogo osvoeniya neдр - kombinirovannye geotekhnologii / Kaplunov D.R. // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). 2010. № S1. S. 345-354.
14. Otkryto-podzemnaya tekhnologiya osvoeniya ugol'nykh mestorozhdenii Kuzbassa / Fedorin V.A. // V sbornike: Fundamental'nye problemy formirovaniya tekhnogennoi geosredy. 2012. S. 33-39.
15. Kaplunov D.R. Kombinirovannaya tekhnologiya sistemnoi razrabotki ugol'nykh mestorozhdenii: monografiya / Kaplunov D.R., Kachurin N.M., Senkus V.V. i dr. // Kemerovo: AI «KuzbassvuzizdaT», 2017. 452 s.29

16.Voprosy sovershenstvovaniya proizvodstvennogo kontrolya ugledobyvayushchikh predpriyatii s podzemnym sposobom dobychi / Gvozdkova T.N., Gvozdkova I.D., Tyuleneva T.A., Usova E.O. // Ugol'. 2020. № 9 (1134). S. 4-9

17.Kombinirovannyi sposob razrabotki ugol'nykh plastov kuzbassa na osnove sinteza protsessov vedeniya otkrytykh i podzemnykh gornykh rabot / Fedorin V.A., Shakhmatov V.YA., Mikhailov A.YU. // Vestnik Nauchnogo tsentra VosTNII po promyshlennoi i ehkologicheskoi bezopasnosti. 2018. № 1. S. 32-40.

18.Aspekty geotekhnologicheskoi struktury otkryto-podzemnogo sposoba dobychi uglya / Fedorin V.A., Shakhmatov V.YA., Varfolomeev E.L., Mikhailov A.YU. // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). 2018. № 2. S. 50-56.

19.Hamanaka A. Application of Punch Mining System to Indonesian Coal Mining Industry / Hamanaka A., Sasaoka T., Shimada H., Matsui K., and Takamoto H.// 2011 - In Proceedings of the 20th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, 187-97.5

20.Shibata S. Preliminary Study on Design of Longwall Mining from Final Highwall at Mae Moh Lignite Mine in Thailand / Shibata S., Lin N. Z., Shimada H., Hamanaka A., Sasaoka T., Matsui K., and Lawowattanabandit P.// 2013 In Proceedings of the 22nd Mine Planning and Equipment Selection, 227-34.15.

21.Analiz geotekhnologicheskikh struktur otkryto-podzemnoi razrabotki ugol'nykh mestorozhdenii Kuzbassa / Fedorin V.A., Shakhmatov V.YA., Shishkov R.I.// Vestnik Nauchnogo tsentra VosTNII po promyshlennoi i ehkologicheskoi bezopasnosti. 2020. № 4. S. 80-86.

22.Otkryto-podzemnyi sposob vskrytiya i podgotovki pologikh ugol'nykh mestorozhdenii / Shishkov R.I., Fedorin V.A., Shakhmatov V.YA. // Ugol'. 2020. № 10 (1135). S. 13-16.

23.Napravlenie razvitiya otkryto-podzemnogo sposoba razrabotki ugol'nykh mestorozhdenii Kuzbassa / Shishkov R.I. // Razvitie – 2019. Nauchnoe ehlektronnoe izdanie. 2019. S. 70-80.

24.Kombinirovannoe razvitie gornykh rabot na pologikh ugol'nykh mestorozhdeniyakh dlya dostizheniya pikovoi ehkonomiki predpriyatiya / Shishkov R.I., Fedorin V.A. // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). 2021. № 3. S. 49-57.

Библиографическое описание статьи

Лобанов Е.А., Еременко А.А. Разработка подкарьерных рудных запасов месторождения Олений ручей // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2021. – № 4 (146). – С. 96-110.

Reference to article

Lobanov E.A., Eremenko A.A. Development of podcarrier ore resources of Oleniy ruchey deposit. Bulletin of the Kuzbass State Technical University, 2021, no.4 (146), pp. 96-110.