

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.21.22.003

УДК 622.27

© В.А. Федорин, В.Я. Шахматов, Р.И. Шишков, 2020

**В.А. ФЕДОРИН**

д-р техн. наук,  
заведующий лабораторией  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово  
e-mail: fva@icc.kemsc.ru



**В.Я. ШАХМАТОВ**

канд. техн. наук,  
ведущий научный сотрудник  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово



**Р.И. ШИШКОВ**

аспирант  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово



## АНАЛИЗ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

*Рассмотрена технология отработки пологих пластов угольных месторождений открыто-подземным способом с продольно-поперечной системой вскрытия разреза в совокупности с применением шахтных участков. Приведено описание и ключевые характеристики технологических решений освоения угольных месторождений открытым и комбинированным способами.*

**Ключевые слова:** СПОСОБ РАЗРАБОТКИ, ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА, КОМБИНИРОВАННАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ, СТРУКТУРА УГЛЕДОБЫЧИ.

Освоение угольных месторождений Кузбасса базируется на новых научных концепциях и принципах строительства объектов структурно-сетевой теории вскрытия пологих угольных пластов, использующих модульную геотехнологическую структуру [1]. Это позволяет находить технологические решения по автономным шахтоучасткам модульной структуры (в проектах «шахта-лава») для действующих разрезов с комбинированной (открыто-подземной) разработкой пологих пластов по концепции «Шахта угольного разреза» [2]. Выделяется необходимая и достаточная структура вскрытия и подготовки шахтоучастка, адаптированная к технологической схеме отработки угольного разреза, для одного высокопроизводительного очистного забоя и простого воспроизводства гор-

для действующих разрезов с комбинированной (открыто-подземной) разработкой пологих пластов по концепции «Шахта угольного разреза» [2]. Выделяется необходимая и достаточная структура вскрытия и подготовки шахтоучастка, адаптированная к технологической схеме отработки угольного разреза, для одного высокопроизводительного очистного забоя и простого воспроизводства гор-

ных работ по комбинированной геотехнологии на угольных пластах, мощностью 3–5 и более метров [3].

Структура комбинированной разработки угольных месторождений рассматривается как совокупность функционально взаимосвязанных средств оснащения открытых и подземных работ для выполнения в регламентированных горно-геологических условиях добычи заданных технологических процессов или операций в расширенном воспроизводстве геотехнологического потенциала угольной промышленности России.

В развитие работ по совершенствованию технологий открытой разработки на пологопадающих и наклонных пластовых месторождениях с максимальным использованием техногенного ресурса выработанных пространств угольного разреза создан метод выбора рационального порядка разработки пологопадающих и наклонных пластовых месторождений двумя очередями с внутренним отвалообразованием для циклично-поточного комплекса [4]. В основу метода положены новые принципы формирования и развития технологического пространства, обеспечивающие наиболее выгодные условия экс-

плуатации месторождений по сравнению с известными принципами технологий с традиционным продольно-поперечным порядком развития рабочей зоны угольного разреза.

В результате анализа установлено, что лучшие технико-экономические и экологические показатели в сравнении с продольной системой разработки (принятой за базовую) обеспечивают поперечные и комбинированные системы, позволяющие за счет более эффективного использования выработанного пространства оптимизировать режим ведения горных работ. Для систематизации приведены предлагаемые технологии открытой угледобычи с внутренним отвалообразованием по относительному коэффициенту экологической чистоты, учитывающему степень воздействия горного производства на все виды природных ресурсов [4].

В результате исследования возможных решений по наиболее эффективной открыто-подземной технологии установлено, что им является продольно-поперечная отработка открытым способом в совокупности с длинно-столбовой отработкой подземным способом в восходящем или нисходящем порядке выемочных столбов (рис. 1).

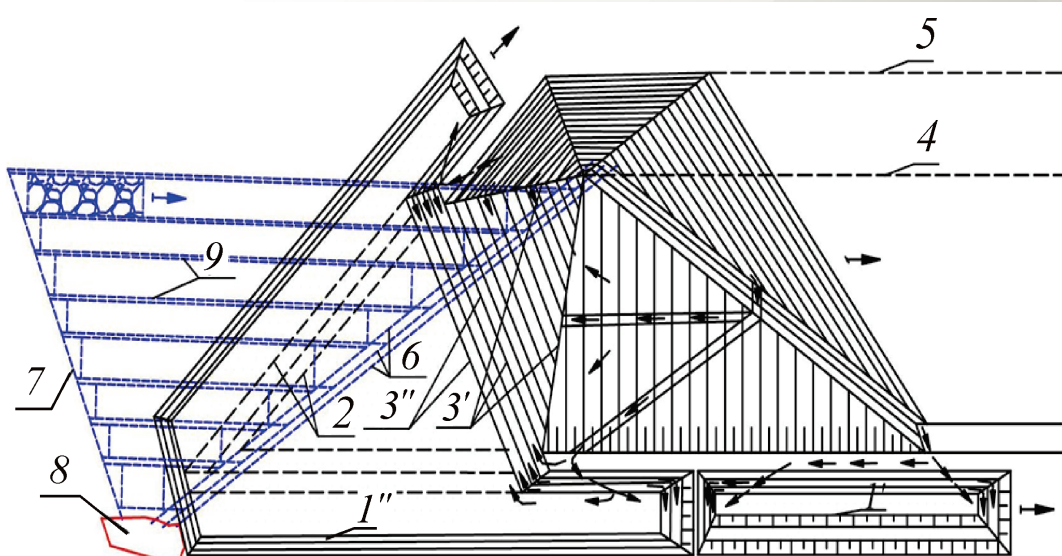


Рис. 1. Положение открытых горных работ и отвала на конец отработки карьера первой очереди при отработке слабонаклонных пластовых месторождений совмещенное с модульным шахтоучастком → — направление вскрышных грузопотоков; ↘ — направление подвигания фронта горных работ; 1', 1'' и 2 — отвалы; 3', 3'' — внутренние отвалы; 4, 5 — длина фронта открытых горных работ; 6 — наклонный ствол; 7 — монтажная камера; 8 — промплощадка; 9 — конвейерный и вентиляционный штрек

Порядок отработки запасов открыто-подземным способом применительно к положению горных работ и отвала на конец отработки карьера первой очереди слабонаклонных пластовых месторождений представляется следующим: два внешних отвала формируются в непосредственной близости от карьера. Отвал располагается вдоль выходов пластов в приконтурной зоне карьера. Он состоит из двух частей — отвалов 1' и 1''. Транспортируемые по скользящему прямому съезду вскрышные породы складировать в отвал 1'. Подвигание отвального фронта в этом случае осуществляется вслед за перемещением скользящего съезда, что позволяет сохранять приблизительно на одном уровне расстояние от карьера до отвала 1'. Транспортируемые по прямому съезду вскрышные породы с рабочего борта складировать в отвал 1'', причем отсыпка его происходит в том же направлении, что и подвигание рабочего борта. В конце отработки первоочередного карьера внешние отвалы 1', 1'' и 2 объединяются в один отвал V-образной формы.

Внутренний отвал, состоящий из двух отвалов, расположенных выше поверхности, создается уже на стадии отработки первоочередного карьера. Диагонально расположенный нерабочий борт служит для внутреннего отвала подпорной стенкой. Возможна частичная или полная его подсыпка. В последнем случае временно законсервированные запасы предусматривается обрабатывать подземным способом с возведением наклонного ствола (галереи) 6, который засыпается отвальными породами по мере понижения горных работ (рис. 1).

В проектной организации «Гипрошахт» была использована подземная структура вскрытия угольного пласта шахты «Сибиргинская» в нисходящем порядке отработки выемочных столбов на разрезе «Сибиргинский» [5]. Добыча угля шахты соизмерима с добычей угольного разреза «Сибиргинский» (рис. 2). В 2019 г. она увеличилась за счет использования новой техники.



Рис. 2. Добыча угля открыто-подземным способом на разрезе «Сибиргинский» ПАО «Южный Кузбасс»

Схема нисходящего порядка выемочных столбов была рекомендована для шахты «Байкаимская» на угольном разрезе «Моховский» в Кузбассе (рис. 3) В настоящее время эта система дает следующие результаты по

добыче угля (рис. 4). Добыча угля подземным способом на шахте «Байкаимская» увеличена в 5 раз (с 485,8 до 2641,1 тыс. т (с 2016 по 2018 гг.), что составило более 50 % открытой добыче на разрезе «Моховский» в 2018 г.

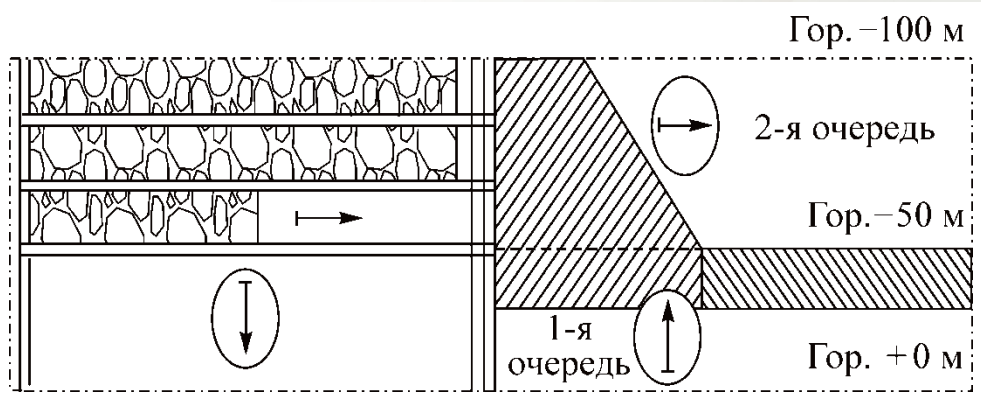


Рис. 3. Порядок отработки запасов открыто-подземным способом

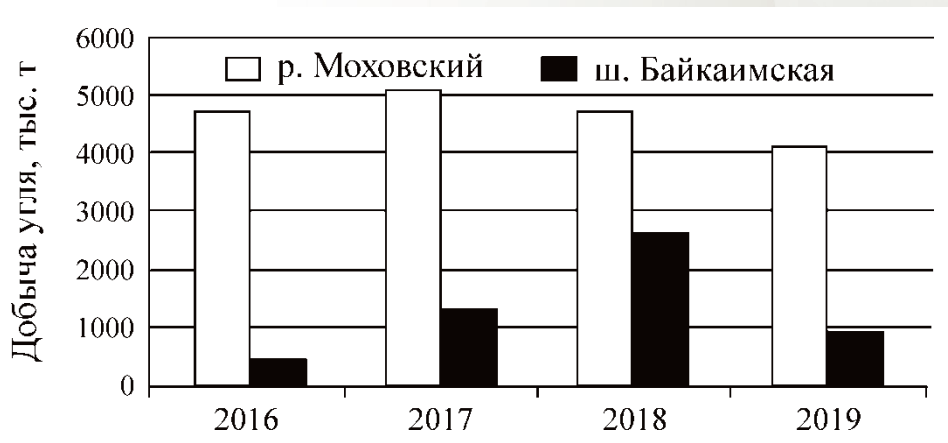


Рис. 4. Добыча угля открыто-подземным способом на разрезе «Моховский» (ПАО «Кузбассразрезуголь»)

В Институте угля ФИЦ УУХ СО РАН обоснованы и использованы в проекте и строительстве шахты «Байкаимская» на разрезе «Моховский» технико-технологические решения открытого и комбинированного способов освоения угольных месторождений. Развиваемый методический подход заключается в последовательном формировании моделей объектов горной технологии и их оптимизации на основе технико-экономического анализа связанных с ними процессов циклично-поточного комплекса. Проведена классификация способов комбинированной разработки [6], на основе которой разработан проект технологического регламента добычи угля. В процессе проектирования и планирования горных работ использована программная платформа системы MineFrame 6.0 российского производства для визуализации пара-

метров открытой и комбинированной геотехнологий и их интерпретации. Она позволяет разрабатывать приоритетные направления объединения открытых и подземных геотехнологий в единую систему ведения горных работ при единой производственной инфраструктуре комплексного освоения недр [7].

В настоящее время в Кузбассе работают 11 угледобывающих предприятий с добычей угля открыто-подземным способом [8]. В 2019 г. она составила 66,5 млн т или более 26 % от общей добычи 250,07 млн т, увеличившись с 2009 г. по 2019 г. в 2,44 раза (с 27,2 до 66,5 млн т в год).

Проведен анализ добычи угля комбинированным способом разработки с выделением как открытого способа добычи, так и подземного по модульной геотехнологической структуре шахтоучастков на угольных разре-

зах с использованием единой производственной инфраструктуры угледобывающего комплекса (рис. 5). Установлено, что добыча угля на модульных шахтоучастках угольных раз-

резов за 10 лет увеличена в два с лишним раза (с 12,4 до 26,8 млн т), открытым способом при комбинированной технологии — в 2,5 раза (с 15,8 до 39,6 млн т).

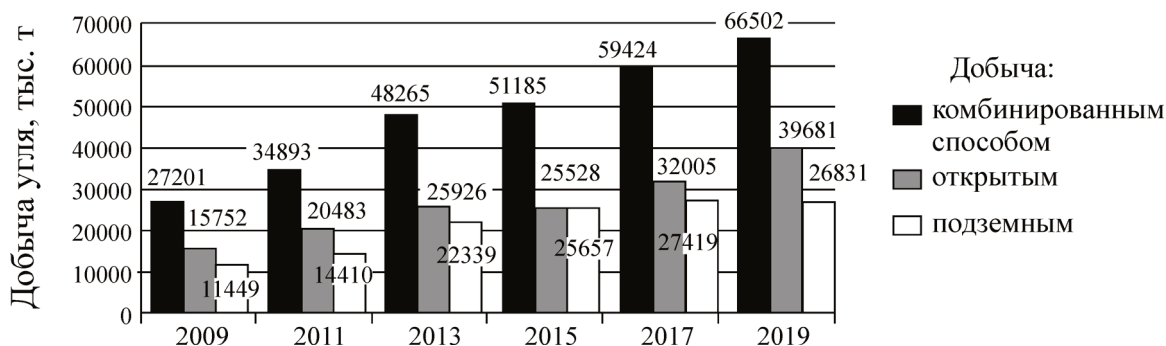


Рис. 5. Структура добычи угля в Кузбассе комбинированным способом, тыс. т/год

Отмечена высокая эффективность комбинированного способа разработки угольных пластов с прибылью выше среднего по Кузбассу в 1,5 раза, уточнены существующие и определены новые закономерности открыто-подземного способа в горнотехнологической структуре «угольный разрез — шахтные участки» [9, 10].

## ВЫВОДЫ

Современное развитие угольной промышленности Кузбасса осуществляется на основе перспективных способов разработки. Стратегия управления инновациями и программа их реализации является необходимыми условиями воспроизводства потенциала угольной

отрасли [11]. Анализ ее геотехнологического состояния осуществляется в контексте развития высоких технологий в смежных способах добычи угля с формированием комбинированных (открыто-подземных) геотехнологий комплексного освоения недр. Геотехнологический кластер комбинированной технологии — это совокупность знаний о совмещении в пространстве и во времени открытого и подземного способов разработки угольных месторождений, закономерностях поведения системы «угольный разрез — подземные выработки» в массиве горных пород, технических, экономических, экологических и организационных взаимосвязях технологических процессов, что повышает безопасность труда при добыче угля.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ялевский В.Д., Федорин В.А. Модульные горнотехнологические структуры вскрытия и подготовки шахтных полей Кузбасса. (Теория, Опыт, Проекты). Кемерово, 2000. 224 с.
2. Федорин В.А., Шахматов В.Я., Михайлов А.Ю. Инновационная шахта угольного разреза // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов. Новокузнецк, 2018. С. 306–313.
3. Михайлов А.Ю., Варфоломеев Е.Л. Развитие открыто-подземного способа добычи угля в Терсинском геолого-экономическом районе // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 10. С. 51–58.
4. Пути повышения эффективности и экологической безопасности открытой добычи твердых полезных ископаемых. Новосибирск: изд-во СО РАН, 2010. 254 с.
5. Ордин А.А., Клишин В.И. Оптимизация технологических параметров горнодобывающих предприятий на основе лаговых моделей. Новосибирск: Наука, 2009. 166 с.

6. Татаринова О.А., Варфоломеев Е.Л. Определение и классификация открыто-подземного (комбинированного) способа разработки угольных месторождений Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 6. С. 25–30.

7. Анферов Б.А. Состояние и перспективы развития проектов государственно-частного партнерства в контексте комплексного освоения недр. Кемерово, 2015. 331 с.

8. Угольная промышленность Кузбасса: основные показатели работы // Ежемесячный сборник. Кемерово: АО ИВЦ. 2019. № 12. 80 с.

9. Черных Н.Г. Способ комплексной открыто-подземной разработки угольных пластов // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: научный журнал. Новокузнецк, 2017. № 3. С. 157–161.

10. Шишков Р.И. Обоснование вскрытия и подготовки модульного шахтоучастка при комбинированном способе добычи угля в Кузбассе на примере ШУ «Байкаимская» // Записки Горного института. 2020. Т. 243. С. 293–298.

11. Прогноз научно-технологического развития отраслей ТЭК России на период до 2035 года (утв. Минэнерго РФ 14.10.2016 г.). 106 с. URL: ТЭК document-66647.pdf.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.21.22.003

UDC 622.27

© V.A. Fedorin, V.Ya. Shakhmatov, R.I. Shishkov, 2020

#### V.A. FEDORIN

Doctor of Engineering Sciences, Laboratory Head

The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS, Kemerovo

e-mail: fva@icc.kemsc.ru

#### V.Ya. SHAKHMATOV

Candidate of Engineering Sciences, Researcher

Federal Research Center For Coal And Coal Chemistry, Kemerovo

#### R.I. SHISHKOV

Graduate Student

Federal Research Center For Coal And Coal Chemistry, Kemerovo

### ANALYSIS OF GEOTECHNOLOGICAL STRUCTURES OPEN-UNDERGROUND DEVELOPMENT COAL DEPOSITS OF KUZBASS

*The technology of shallow seams mining of coal deposits by the open-underground method with a longitudinal-transverse system of opening the section in combination with the use of mine sites is considered. The paper provides a description and key characteristics technological solutions for the development of coal deposits by open and combined methods.*

Keywords: DEVELOPMENT METHOD, GEOTECHNOLOGICAL STRUCTURE, COMBINED GEOTECHNOLOGY, COAL MINING STRUCTURE

#### REFERENCES

1. Yalvskiy V.D., Fedorin V.A. Modular mining and technological structures of opening and preparation of Kuzbass mining fields. (Theory. Experiect. Projects). Kemerovo, 2000. 224 p. [In Russ.].

2. Fedorin V.A., Shakhmatov V.Ya., Mikhailov A. Yu. Innovative mine of the coal mine // Science-intensive technologies for the development and use of mineral resources [Naukoyemkiye tekhnologii

razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov]. Novokuznetsk, 2018. P. 306–313. [In Russ.].

3. Mikhailov A.Yu., Varfolomeyev E.L. Development of an open-underground coal mining method in the Terskiy geological and economic region // Mining Information Analytical Bulletin [Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten]. 2015. No. 10. P. 51–58. [In Russ.].

4. Ways to improve the efficiency and environmental safety of open-pit mining of solid minerals. Novosibirsk: publishing house SB RAS, 2010. 254 p. [In Russ.].

5. Ordin A.A., Klishin V.I. Optimization of technological parameters of mining enterprises based on lagged models. Novosibirsk: Science, 2009. 166 p. [In Russ.].

6. Tatarinova O.A., Varfolomeev E.L. Definition and classification of open-underground (combined) method of development of coal deposits of Kuzbass // Bulletin of Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2017. No. 6. P. 25–30. [In Russ.].

7. Anferov B.A. State and prospects of development of public-private partnership projects in the context of integrated development of subsurface resources. Kemerovo, 2015. 331 p. [In Russ.].

8. Coal industry of Kuzbass: main indicators of work // Monthly collection. Kemerovo: JSC IVC. 2019. No. 12. 80 p. [In Russ.].

9. Chernih N.G. Method of complex open-underground mining of coal seams // High technology of development and use of mineral resources: scientific journal [Naukoyemkiye tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov]. Sib. state industr. un-t, Novokuznetsk, 2017. No. 3. P. 157–161. [In Russ.].

10. Shishkov R.I. Justification of the opening and preparation of a modular mine site for a combined method of coal mining in Kuzbass on the example of the Baikimskaya mine // Notes of the Mining Institute [Zapiski Gornogo instituta]. 2020. T. 243. P. 293–298. [In Russ.].

11. Forecast of scientific and technological development of the fuel and energy sector of Russia for the period up to 2035. (Approved by the Ministry of Energy of the Russian Federation on 14.10.2016) 106 p. URL: TEK document-66647.pdf. [In Russ.].