DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-25-30

УДК 622.275

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОГО (КОМБИНИРОВАННОГО) СПОСОБА РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

DEFINITION AND CLASSIFICATION OF OPEN-UNDERGROUND (COMBINED) METHOD OF DEVELOPING COAL DEPOSITS OF KUZBAS

Татаринова Оксана Андреевна,
младший научный сотрудник, e-mail: TatarinovaOA@yandex.ru
Tatarinova O. A., Junior Researcher
Варфоломеев Евгений Леонидович,
научный сотрудник, , e-mail: kku@icc.kemsc.ru
Varfolomeev E.L., – scientific researcher

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, 650065, г. Кемерово, Ленинградский пр., 10.
The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 10 Prospect Leningradsky, Kemerovo, 650065, Russian Federation

Аннотация. *Рост добычи угля открытым способом ведет к увеличению негативного воздействия на окружающую среду и социальную ситуацию в области, поэтому актуальной задачей является применение подземного способа добычи на действующих разрезах. Переход с открытого на подземный способ, в условиях одного месторождения, принято называть комбинированным способом разработки. Определения открыто-подземного (комбинированного) способа разработки и его классификации для угольных месторождений, пока нет. Проведен анализ открыто-подземного (комбинированного) способа разработки рудных месторождений, исследований открыто-подземного способа для угольных месторождений с примерами на действующих предприятиях. В результате изучения вопроса сформулированы понятие и вариант классификации с особенностями условий применения открыто-подземной (комбинированной) разработки для угольных месторождений. Применение открыто-подземного способа разработки угольных месторождений позволит увеличить срок эксплуатации месторождения за счет полноты извлечения запасов, использовать единую инфраструктуру предприятия, снизить затраты на строительство шахт, сократить количества разрезов, в пользу подземного способа, так как их большинство расположено вблизи населенных пунктов. Экологическая обстановка в области требует дальнейшего изучения открыто-подземного способа разработки угольных месторождений.*

Annotation: *The increase in the extraction of coal by the open method leads to an increase in the negative impact on the environment and the social situation in the region, so an urgent task is to use the underground mining method in the operating sections. The transition from open to underground, in the conditions of a single deposit, is usually called a combined development method. Definitions of the open-underground (combined) method of development and its classification for coal deposits, yet. The analysis of the open-underground (combined) method for the development of ore deposits, open-underground coal deposit research with examples at operating enterprises was carried out. As a result of the study of the issue, the notion and variant of classification with the features of the conditions of application of open-underground (combined) development for coal deposits are formulated. The use of an open-underground method for the development of coal deposits will increase the life of the field by completing the extraction of reserves, use a single infrastructure of the enterprise, reduce the cost of building mines, reduce the number of sections, in favor of the underground method, since most of them are located near settlements. The ecological situation in the region requires further study of the open-underground (combined) method of development of coal deposits.*

Ключевые слова: *Открыто-подземный (комбинированный) способ, угольное месторождение, рудное месторождение, инфраструктура, классификация, полезные ископаемые.*

Key words: *Open-underground (combined) method, coal deposit, ore deposit, infrastructure, classification, minerals.*

Добыча угля в Кемеровской области за 2016 год составила 227 млн. т. Подземным способом добыто 82 млн.т угля, открытым 145 млн.т. [1]. На долю прогрессивного открытого способа прихо-

дится 64% общего объема добычи угля в Кемеровской области.

Более продуктивный и безопасный открытый способ наносит весьма заметный ущерб экологии, выражающийся в нарушении поверхности земли, выбросе в больших объемах вредных веществ в атмосферу вследствие взрывных работ, использование автосамосвалов, бульдозеров и д.р [2].

Удельное отношение количества вмещающих пород к количеству добытого угля при открытых горных работах составляет 1 к 10 или 10 т на тонну угля. Практика показывает, что при подземной добыче угля объём перемещенной породы в тысячу раз меньше, чем при открытых горных работах, в среднем за год, перемещается 1400 млн. т вмещающих пород. Они представляют собой, как правило, осадочные породы, которые десятками миллионов лет накапливали в себе различные химические элементы и превращались в уголь. Поэтому вмещающие породы содержат в разы больше радиоактивных элементов, токсичных металлов, тяжелых металлов и других элементов, а также их соединения, соли, окислы и т.п., чем угольное вещество.

Исследования показали, что с тысячи тонн горной массы, размещенной на поверхности, сдувается оценочно 0,32 тонны пыли, содержащей почти полную таблицу Менделеева. Это значит, что на территорию Кемеровской области ежегодно попадает не менее 64 тысяч тонн пыли, содержащей около 245 тонн вредных веществ, в том числе радиоактивных. Пыль распространяется по всей территории региона и за его пределы, биологическим заповедникам, лесным и сельскохозяйственным землям. А её мелкодисперсные частицы разносятся в верхних слоях атмосферы по всему миру.

Согласно данным мониторинга состояния природной среды угледобывающих районов Кузбасса общая площадь нарушенных земель в области составляет 425,9 кв. км. При этом на миллион тонн добываемого угля приходится в среднем 7,28 кв. км нарушенных земель.

Современные темпы роста добычи угля в Кузбассе с преобладанием открытой угледобычи ведут к интенсивному развитию экологической и социальной катастрофы в области. Поэтому необходимо снизить долю открытой добычи угля в пользу подземной, для чего интенсифицировать строительство шахт с доработкой запасов существующих разрезов [3].

Добычу угля подземным способом с доработкой запасов существующих или не действующих разрезов и открытым способом с доработкой запасов действующих или ликвидированных шахт ученые и производственники «называют» открыто-подземным (комбинированным) способом разработки угольных месторождений.

Однако насколько можно судить по литературным источникам, точного определения (термина) открыто-подземного (комбинированного) способа разработки и его классификации для угольных месторождений, пока нет.

В нашей стране и за рубежом накоплен большой опыт комбинирования разработок рудных месторождений полезных ископаемых. По материалам обобщения и анализа этих разработок опубликовано значительное число монографий и научных статей. Прежде всего, называют такие имена ученых как Б.П. Боголюбов, Б.В. Юматов, В.В. Куликов, П.Э. Зурков, В.А. Щелканов, Ю.В. Демидов, Д.М. Казикаев и др. [4].

В монографии Щелканова В.А. [5] под комбинированной разработкой рудных месторождений понимают отработку запасов одного месторождения открытым и подземным способами по взаимосвязанным технологическим схемам, Мухтарова Т.М. [6] комбинированным способом называют совокупность двух способов (открытого и подземного) или отдельных элементов, применяемых одновременно или последовательно при отработке одного месторождения, Казикаева Д.М комбинированным называется способ разработки месторождения несколькими принципиально различными технологиями, осуществляемыми в зонах взаимного геомеханического влияния при единой схеме вскрытия месторождения.

В «Горной энциклопедии» [7] комбинированной разработкой полезных ископаемых называется разработка, которая осуществляется последовательно или одновременно открытым и подземным способами, предназначенная для получения наибольшего экономического эффекта разработки месторождения в целом, в т.ч. обеспечения наиболее полного извлечения полезных ископаемых.

Границы перехода с открытых на подземные работы определяются: по критерию равенства текущего коэффициента вскрыши — граничному; по критерию получения максимальной прибыли при отработке всего месторождения тем или другим способом; по критерию равенства суммы первоначального и усреднённого эксплуатационных коэффициентов вскрыши — граничному. При высоких темпах углубления открытых горных работ, когда прогресс техники и технологии не успевает обеспечить увеличение эффективности открытой разработки, переходят на подземную разработку месторождения.

Подземная, а затем открытая разработка — широко используется (под названием повторная разработка месторождения), когда шахтная добыча велась системами с оставлением целиков, на участках с бедными рудами, в зонах с сильными геологическими нарушениями. В некоторых случаях переход с подземных работ на открытые обусловливается повышенной пожароопасностью полезных ископаемых, в возрастании опасности

обрушений в подземных выработках, увеличенной трещиноватости массива в зонах сдвижения горной породы, вызванной подземными горными работами, в разрушении целостности массива горной породы в зонах обрушения и др.

Одновременная разработка открытым и подземным способами применяется в случаях, когда имеется возможность добавления к преобладающим объёмам бедных руд, добываемых в процессе открытых горных работ, руд с большим содержанием полезного компонента, получаемых из той же залежи при шахтной добыче.

«Угольные» месторождения в энциклопедии встречаются только в формулировке «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых», где речь идет о применении открыто-подземной разработки при достижении предельной глубины карьера.

На сегодняшний день изучением вопроса открыто-подземного способа для угольных месторождений занимается Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН (ФИЦ УУХ СО РАН), Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН, Сибирский институт геотехнических исследований (СИГИ).

На основе исследований специалистов ИПКОН РАН и НТЦ-НИИОГР, применительно к комбинированной (открыто-подземной) геотехнологии комплексного освоения угольных месторождений, в Институте угля структурном подразделении ФИЦ УУХ СО РАН разработана классификация комбинированной технологии и научная концепция объединения открытых и подземных горных работ по глубине тремя ярусами, с использованием общей производственной инфраструктуры на строящихся и действующих угольных разрезах.

Первый осваивается открытыми работами до проектной глубины по экономическому критерию с использованием на заключительном этапе подземной транспортной инфраструктуры (патент РФ №2387836).

Второй (открыто-подземный ярус) – одним высоким уступом (Highwall) без разноса бортов угольного разреза с использованием безвзрывной технологии Комплекса глубокой разработки пластов (КГРП) и выдачей угля по существующим коммуникациям разреза (патент РФ №2285121).

Третий – подземными работами по модульной геотехнологической структуре шахтоучастков с использованием производственной инфраструктуры угольного разреза (патент РФ №2284414) [8].

Вопросам размещения основных технологических объектов инфраструктуры уделяется большое значение при освоении угольных месторождений [9,10]. При этом могут быть исследованы не только объекты, связанные с подземным способом разработки угольных месторождений, но и объекты, связанные с открытыми горными работами.

В Институте горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН разработана технология открыто-подземной отработки осадочных месторождений (уголь, соль, гипсы и т.п.).

Технология осуществляется путем установления границы между открытыми и подземными горными работами, при отработке последней заходки вскрышного уступа оставляют выше пласта полезного ископаемого слой пустых пород. В пласте добыча ведется очистным комплексом. По мере работы комплекса происходит первичное обрушение пород кровли. При этом обрушается часть пород слоя, которые затем вынимаются, после чего извлекается охранный целик, исключая потери полезного ископаемого [11].

Комбинированной разработкой СИГИ называют отработку одного угольного месторождения открытым и подземным способами, когда независимо от пространственно-временного фактора требуется обязательный учет их взаимного влияния. Если разрез и шахта отрабатывают одно угольное месторождение, но не имеют между собой никаких геомеханических взаимовлияний и технологических связей (транспортных, вентиляционных, водоотливных и тому подобных), то такую разработку справедливо считать раздельной, и выбор вариантов схем отработки для каждого из предприятий должен производиться по общепринятым классификациям открытых и подземных горных работ. Институтом, на основе классификаций комбинированной разработки рудных месторождений, предложена классификация вариантов комбинированного способа разработки угольных месторождений, по последовательности отработки месторождения, по совмещению горных работ в пространстве, по технологии доработки запасов [12].

В результате проведенных исследований, ***открыто-подземной (комбинированной) разработкой угольных месторождений предлагается называть отработку месторождения в пределах одного месторождения (горного отвода предприятия) одновременно или последовательно открытым и подземным способами, с использованием общей производственной инфраструктуры.***

Анализ опыта разработки рудных месторождений комбинированным способом, совокупность знаний научных исследований открыто-подземного способа добычи угля, позволило определиться с вариантом классификации (открыто-подземного) комбинированного способа разработки для угольных месторождений по последовательности отработки (таблица).

Примером последовательной открыто-подземной разработки угольных месторождений в Кузбассе служит разрез Моховский УК «Кузбассразрезуголь». В 2003 году на разрезе введен в эксплуатацию подземный шахтоучасток (шахта Байкаимская) на пласте Полысаевский-2, вскры-

Таблица. Классификация (открыто-подземного) комбинированного способа разработки угольных месторождений
Table. Classification (open-underground) of the combined method of development of coal deposits

Наименование	Основная характеристика способа	Особенности применения способа
Последовательная открыто-подземная разработка	Разработка месторождения ведется открытым способом, с увеличения глубины возрастает коэффициент вскрыши, при котором дальнейшая эксплуатация месторождения экономически нецелесообразна, переходят на добычу угля нижележащих горизонтов подземным способом путем проходки вскрывающих выработок с борта разреза.	Ускоренное строительство и ввод подземного участка в эксплуатацию. Снижение негативной нагрузки на окружающую среду (снижение площадей нарушенных земель, сокращение объемов выброса вредных веществ в атмосферу), за счет перехода на подземные горные работы. Использование имеющейся инфраструктуры разреза во время строительства и эксплуатации подземного участка.
Последовательная подземно-открытая разработка	Разработка месторождения ведется подземным способом, в случае возникновения опасности (сложные горно-геологические условия, пожароопасность) для дальнейшего ведения подземных горных работ, а так же при увеличение спроса на уголь определенного качества в верхних горизонтах или возврат к неотработанным запасам (в зависимости от конкретных условиях) с учетом обязательного технико-экономического обоснования, переходят на открытый способ.	В населенных пунктах с ликвидированными шахтами возобновление добычи угля открытым способом позволяет создавать новые рабочие места Увеличение негативного воздействия на окружающую среду, за счет перехода на открытые горные работы. Использование имеющейся инфраструктуры шахты во время ведения открытых горных работ
Одновременная (совместная) разработка открытым и подземным способом	Разработка месторождения ведется одновременно открытыми и подземными горными работами, при которой верхние горизонты в пределах горного отвода предприятия до определенной глубины (технико-экономических обоснованной) отрабатывают открытым способом, нижележащие горизонты — подземным.	Увеличивается интенсивность отработки месторождения и производственная мощность предприятия по сравнению с последовательными способами. Интенсивность нагрузки на окружающую среду увеличивается, но время её воздействия сокращается по сравнению с последовательными способами. Одновременная разработка является более сложной технологически, что отражается на безопасности ведения горных работ и требует дальнейшего изучения.

вающие выработки которого пройдены с борта разреза. В 2011 году годовая добыча подземным способом составила 2,4 млн.т. Так же подземные участки добычи угля были организованы на территории разреза «Ольжерасский», на горном отводе разреза «Сибиргинский» [13].

Примером последовательной подземно-открытой разработки может служить «Разрез Октябринский» созданный в 1998 году на базе участка открытых работ шахты «Красный Кузбасс» [14].

При проектировании, строительстве и эксплуатации угледобывающих предприятий комбинированным способом разработки угольных пластов должны учитываться следующие основные факторы, определяющие специфические условия и представляющие опасность при ведении горных работ: склонность угольных пластов к горным ударам и внезапным выбросам угля и газа; нарушенность массива горных пород подземными выработками, наличие отработанных пластов в контуре угольного разреза; неблагоприятное воздействие массовых взрывов в угольном разрезе; наличие аэродинамических связей между открытыми и подземными горными работами; возникновение пожаров при совмещенной разработке угольных пластов; внезапные прорывы воды в горные выработки угольных разрезов и шахт и т.д. [15,16].

Открыто-подземный способ обладает рядом особенностей и возможностями: достигается полнота извлечения запасов на месторождении [17],

увеличивается срок эксплуатации предприятия, обеспечивается возможность использования единой инфраструктуры, минимизация затрат на строительство шахт или разрезов при последовательном способе, создаются условия разработки новых технологических схем и техники.

Для Кузбасса, региона достаточно отягощенного добычей угля, применение открыто-подземного способа позволит значительно сократить количество разрезов в пользу подземного способа, так как их большинство расположено вблизи населенных пунктов. Тем самым значительно улучшится экологическая и социальная обстановка в области, ведь в приоритете жизнь и здоровье населения.

.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные показатели работы угольной промышленности Кузбасса». Сборник. Информационно-вычислительный центр // Кемерово – 2016. – №12. – С. 4 -5.

2. Федорин, В.А. Условия регламентирующие безлюдную технологию разработки угольных пластов с использованием комплекса глубокой разработки пластов / Шахматов В.Я., Михайлов А.Ю., Варфоломеев Е.Л. // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово. – 2016. – №4. – С. 83 – 88.

3. Дурнин М.К. Экологические и социально-экономические проблемы угледобычи в Кузбассе. Российский уголь – отраслевой портал / Дурнин М.К. – Режим доступа: www.rosugol.ru/news/discussion/index.php?ELEMENT_ID=18894. [15.09.2017]

4. Казикаев, Д.М. Комбинированная разработка рудных месторождений: Учебник для вузов. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, Издательство «Горная книга», 2008. – 360с.

5. Щелканов, В.А. Комбинированная разработка рудных месторождений / Щелканов В.А. М. – М.: Недра, 1974. – 232с.

6. Мухтаров, Т.М. Комбинированный способ разработки месторождений полезных ископаемых / Мухтаров Т.М. – М.: Наука, 1988. – 231 с.

7. Горная энциклопедия – Режим доступа: http://www.mining-enc.ru. [15.09.2017]

8. Михайлов А.Ю. Развитие открыто-подземного способа добычи угля в Терсинском геолого-экономическом районе / Михайлов А.Ю., Варфоломеев Е.Л. // Горный информационно-аналитический бюллетень.- М.: МГГУ.- 2015. -№10. –С. 51-58.

9. Татаринова О.А., Транспортно-технологическая характеристика доступа к угольным месторождениям Терсинского геолого-экономического района Кузбасса // Ежегодная конференция молодых ученых ФИЦ УУХ СО РАН "Развитие - 2016" – Кемерово – 11-13 мая 2016 г. – С. 73 – 82.

10. Montiel L., Dimitrakopoulos R., Kawahata K. Globally optimising open-pit and underground mining operations under geological uncertainty //Mining Technology. – 2016. – Т. 125. – №. 1. – С. 2-14.

11. Технология открыто-подземной разработки месторождений. Институт горного дела Севера им. Н.В.Черского СО РАН – Режим доступа: http://www.igds.ysn.ru/page.php?76. [15.09.2017]

12. Быкадоров А.И. Геомеханические аспекты при проектировании комбинированного способа разработки угольных месторождений Кузбасса. Журнал Уголь / Быкадоров А.И. – Режим доступа: http://www.uk42.ru/index.php?id=1468. [15.09.2017]

13. Угольные предприятия ПАО «Мечел». Торговая интернет-площадка Miner.ru. – Режим доступа: http://www.miner.ru/info/224/. [15.09.2017]

14. Официальный сайт АО «Разрез Октябринский» – Режим доступа: http://rokt.su/. [15.09.2017]

15. Федорин В. А., Шахматов В. Я., Михайлов А. Ю. Регламентирующие условия комбинированного способа разработки угольных месторождений Кузбасса //Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2015. – №. 2. – С. 49–53.

16. LU Z., MENG F., CAI M. Properties of Safety Risk in Mines in Transition from Open-Pit to Underground Mining and Its Prevention //Mining Engineering. – 2013. – Т. 2. – С. 005.

17. Bowen L. et al. Influence of Underground Mining Direction under Plane Condition over Slope Under Open-underground Combined Mining //Physical and Numerical Simulation of Geotechnical Engineering. – 2015. – №. 21. – С. 51.

REFERENCE

1. Osnovnye pokazateli raboty ugol'noj promyshlennosti Kuzbassa». Sbornik. Informacionno-vychislitel'nyj centr // Kemerovo – 2016. – №12. – S. 4 -5.

2. Fedorin, V.A. Uslovija reglamentirujushhie bezljudnuju tehnologiju razrabotki ugol'nyh plastov s ispol'zovaniem kompleksa glubokoj razrabotki plastov / Shahmatov V.Ja., Mihajlov A.Ju., Varfolomeev E.L. //

Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. – Kemerovo. – 2016. – №4. – S. 83 – 88.

3. Durnin M.K. Jekologicheskie i social'no-jekonomicheskie problemy ugledobychi v Kuzbasse. Rossijskij ugol' – otraslevoj portal / Durnin M.K. – Rezhim dostupa: www.rosugol.ru/news/discussion/index.php?ELEMENT_ID=18894. [15.09.2017]

4. Kazikaev, D.M. Kombinirovannaja razrabotka rudnyh mestorozhdenij: Uchebnik dlja vuzov. – M.: Iz-datel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, Iz-datel'stvo «Gornaja kniga», 2008. – 360s.

5. Shhelkanov, V.A. Kombinirovannaja razrabotka rudnyh mestorozhdenij / Shhelkanov V.A. M. – M.: Nedra, 1974. – 232s.

6. Muhtarov, T.M. Kombinirovannyj sposob razrabotki mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh / Muhtarov T.M. – M.: Nauka, 1988. – 231 s.

7. Gornaja jenciklopedija – Rezhim dostupa: http://www.mining-enc.ru. [15.09.2017]

8. Mihajlov A.Ju. Razvitie otkryto-podzemnogo sposoba dobychi uglja v Tersinskom geologo-jekonomicheskom rajone / Mihajlov A.Ju., Varfolomeev E.L. // Gornyj in-formacionno-analiticheskij bjulleten'.- M.: MGGU.- 2015. -№10. –S. 51-58.

9. Tatarinova O.A., Transportno-tehnologicheskaja harakteristika dostupa k ugol'nym mes-torozhdenijam Tersinskogo geologo-jekonomicheskogo rajona Kuzbassa // Ezhegodnaja kon-ferencija molodyh uchenyh FIC UUH SO RAN "Razvitie - 2016" – Kemerovo – 11-13 maja 2016 g. – S. 73 – 82.

10. Montiel L., Dimitrakopoulos R., Kawahata K. Globally optimising open-pit and un-derground mining operations under geological uncertainty //Mining Technology. – 2016. – T. 125. – №. 1. – C. 2-14.

11. Tehnologija otkryto-podzemnoj razrabotki mestorozhdenij. Institut gornogo dela Severa im. N.V.Cherskogo SO RAN – Rezhim dostupa: http://www.igds.ysn.ru/page.php?76. [15.09.2017]

12. Bykadorov A.I. Geomehanicheskie aspekty pri proektirovanii kombinirovannogo sposoba razrabotki ugol'nyh mestorozhdenij Kuzbassa. Zhurnal Ugol' / Bykadorov A.I. – Rezhim dostupa: http://www.uk42.ru/index.php?id=1468. [15.09.2017]

13. Ugol'nye predprijatija PAO «Mechel». Torgovaja internet-ploshhadka Miner.ru. – Rezhim dostupa: http://www.miner.ru/info/224/. [15.09.2017]

14. Oficial'nyj sajt AO «Razrez Oktjabrinskij» – Rezhim dostupa: http://rokt.su/. [15.09.2017]

15. Fedorin V. A., Shahmatov V. Ja., Mihajlov A. Ju. Reglamentirujushhie uslovija kombinirovannogo sposoba razrabotki ugol'nyh mestorozhdenij Kuzbassa //Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. – 2015. – №. 2. – S. 49–53.

16. LU Z., MENG F., CAI M. Properties of Safety Risk in Mines in Transition from Open-Pit to Under-ground Mining and Its Prevention //Mining Engineering. – 2013. – T. 2. – C. 005.

17. Bowen L. et al. Influence of Underground Mining Direction under Plane Condition over Slope Under Open-underground Combined Mining //Physical and Numerical Simu-lation of Geotechnical Engineering. – 2015. – №. 21. – C. 51.

Поступило в редакцию 13.10.2017
Received 13.10.2017