УДК 622.2

Обоснование вскрытия и подготовки модульного шахтоучастка при комбинированном способе добычи угля в Кузбассе на примере ШУ «Байкаимская»

Р.И.ШИШКОВ[✉], В.А.ФЕДОРИН

Институт угля СО РАН, Кемерово, Россия

В статье рассмотрен один из актуальных методов разработки угольных месторождений в Кузбассе открыто-подземным способом. Представлены научные и практические достоинства предлагаемого способа за счет применения общей инфраструктуры угольного разреза и модульного шахтоучастка (в дальнейшем преобразующегося в горнотехнологическую структуру, работающую по схеме шахта – лава). В настоящее время разработана стратегия развития Кузбасса до 2035 г. В рамках стратегии в департаменте угольной промышленности формируется проект программы по недропользованию. Программа должна учесть все положительные и отрицательные аспекты, связанные с ведением угледобычи на территории городов и муниципальных районов, а также их перспективу. В Кузнецком угольном бассейне ведут добычу 42 шахты и 52 разреза, из которых 12 предприятий используют частично единую инфраструктуру. По результатам оценки работы открыто-подземным способом, проведенной сотрудниками лаборатории Института угля СО РАН, в список рассматриваемых вошли участки с благоприятными горно-геологическими условиями залегания с углами падения до 18 град. По мере увеличения добычи угля открытым способом многие участки сталкиваются с таким параметром, как максимально допустимый (граничный) коэффициент вскрыши. На стадии подготовки технико-экономического обоснования разработки угольного месторождения просчитывается в первую очередь этот коэффициент, так как от него зависит продолжительность работы предприятия и его экономическая составляющая. Для того, чтобы повысить параметры, необходимо выполнить переход с открытых работ на подземные. В результате угольный разрез не будет работать в убыток, обеспечивая добычу экономически невыгодным коэффициентом вскрыши.

Ключевые слова: открыто-подземная разработка; угольные месторождения; коэффициент вскрыши; модульный шахтоучасток; смежная инфраструктура

Как цитировать эту статью: Шишков Р.И. Обоснование вскрытия и подготовки модульного шахтоучастка при комбинированном способе добычи угля в Кузбассе на примере ШУ «Байкаимская» / Р.И.Шишков, В.А.Федорин // Записки Горного института. 2020. Т. 243. С. 293-298. DOI: 10.31897/PMI.2020.3.293

Введение. Для того, чтобы повысить объемы добычи и перейти на новую ступень развития угольной промышленности, нужны новые технологии, при которых увеличатся технико-экономические и экологические показатели, что возможно при более полномерной разработке полезного ископаемого подземным способом. В статье рассматривается одно из направлений проведения горных работ открыто-подземным способом, с помощью которого возможно уменьшить землеемкость горнотехнологической структуры в целом, при этом увеличить производительность предприятия за счет ряда параметров вскрытия и подготовки на угольных пластах с использованием модульных шахтоучастков, которые в дальнейшем при необходимости преобразуются в шахту – лаву.

Постановка проблемы. Целью данной работы является обобщение метода вскрытия и подготовки модульных шахтоучастков при комбинированной (открыто-подземной) отработке угольных месторождений. Задача исследования – анализ фактического развития фронта горных работ технологической структуры «разрез – модульный шахтоучасток» при последовательном вскрытии.

Обсуждение. Модульный шахтоучасток разработан на Моховском угольном разрезе, который был образован в 2009 г. путем слияния трех разрезов – Моховского, Сартакинского и Караканского. Филиал Моховского разреза основан в 1966 г., спустя 11 лет разрезы объединились в одно предприятие, расположенное в юго-западной части Ленинск-Кузнецкого района в Ленинском и Салтымаковском геолого-промышленных районах Кузнецкого угольного бассейна. Глубина работ и коэффициент вскрытия доходят до предельных технических значений для имеющейся экскаваторной и другой горной техники, экономические показатели разреза снижаются. При достижении граничного коэффициента оставшийся угольный пласт в границе лицензии от-

носится к эксплуатационным потерям. Для решения этой задачи с борта разреза производят вскрытие и непосредственно отработку запасов экономически выгодным подземным способом, что значительно улучшает положение разреза, исходя из оценки параметров открыто-подземного способа разработки угольных месторождений для различных групп горно-геологических условий (по мощности и углу падения пласта). Условия выполняются при достижении равной себестоимости открытых работ и подземных [17].

Пласт имеет синклинальное строение, простирающееся с северо-запада на юго-восток, асимметричное строение представляет собой пологое юго-западное крыло и крутое северо-восточное. Складка имеет широкое, до 7 км, дно. К северо-западу складка постепенно сужается и имеет только одно крыло, так как ее юго-западное крыло имеет нарушение. Ось складки полого погружается в юго-восточном направлении. Дизъюнктивная тектоника участка представлена сравнительно малым количеством нарушений:

- нарушение I-I – продольный несогласный взброс с падением сместителя на юго-запад под углом 20-40° и амплитудой смещения 130-140 м; сопровождается зоной сплошного дробления пород мощностью 10-30 м;

- нарушение II-II – продольный согласный взброс с падением сместителя на юго-запад под углом 20-40°; амплитуда смещения, измеряющаяся по простираанию, составляет 40-100 м; нарушение сопровождается зоной интенсивного дробления пород мощностью 10-40 м;

- иганинский взброс – согласный взброс с падением сместителя на юго-запад, под углом 35-40°, со стратиграфической амплитудой от 220 до 560 м; имеет зону мятых пород мощностью по нормали 40-60 м.

Поле разреза «Моховский», на котором расположен шахтоучасток «Байкаимский», характеризуется простым геологическим строением и по классификации относится к 1-й группе месторождений.

Тектоника участка подземной добычи выдержанная, пласт имеет спокойное залегание, углы падения изменяются в пределах 14-20°, Кузнецкий угольный бассейн богат месторождениями с пологим залеганием пластов, вследствие чего обширно используется переход открытых работ на подземные с использованием инфраструктуры смежной шахты [16].

На шахтоучастке «Байкаимский» для сооружения устьев вскрывающих выработок использовали траншеи от открытых горных работ. Это обусловлено тем, что на начальном этапе проектирования не предусматривалось развитие подземным способом, и необходимость внутреннего отвалообразования была вынужденной. Тем не менее, данный метод перехода на подземные горные работы при комбинированном способе – один из самых благоприятных, так как выработки вскрывают сразу пласт, не проходя пустые породы, что также повышает экономические показатели предприятия.

Следует отметить, что проектом вскрытия и подготовки предусматривается проведение выработок, проходящих по границам шахтного поля. Охрана горных выработок, оконтуривающих шахтное поле, производится целиками угля, при этом на сопредельной территории возможны следующие варианты:

- 1) горные работы не велись и не предполагается ведение горных работ в будущем;
- 2) горные работы не велись, но в будущем ведение горных работ не исключается;
- 3) имеются подготовительные горные выработки, находящиеся в эксплуатации;
- 4) имеются погашенные подготовительные горные выработки;
- 5) вблизи границы шахтного поля велись очистные работы и имеется выработанное пространство.

В нашем случае это первый вариант, когда подготовительные и вскрывающие горные выработки можно проводить непосредственно по границе горного отвода, не оставляя целиков, при этом обеспечивается наиболее полное извлечение из недр запасов полезного ископаемого, находящегося на территории горного отвода, так как полнота извлечения запасов является одним из основных требований правил охраны недр.

Однако, если на соседнем участке имеются подготовительные или очистные горные выработки, то размеры барьерных целиков должны обеспечивать надежную аэро-, и гидроизоляцию действующих выработок шахты от горных работ сопредельного предприятия.

На границах с горными работами сопредельного предприятия и оконтуривающими подземными горными выработками должен оставаться барьерный целик угля. Ширина целика определяется согласно инструкции по безопасному ведению горных работ у затопленных выработок:

$$B_{ц} = 0,05H + 5m + \Delta l \geq 20,0 \text{ м}, \quad (1)$$

где H – глубина расположения целика от земной поверхности, м; m – мощность пласта (высота охраняемой выработки), м; Δl – погрешность положения выработки, м.

Затем (рис.1) определяется расположение оконтуривающей выработки на границе с разрезом. Замером находится расстояние между границей горного отвода и сопредельной оконтуривающей выработкой $B_{ц}(l)$. Если ниже нижней границы шахтного поля горные работы не велись, то возможность их ведения исключать не следует, поэтому нижние параллельные штреки должны проводиться на расстоянии от границы, равном половине расчетной ширины барьерного целика.

Определяется место проведения оконтуривающих выработок по пласту методом построения по углам сдвижения (рис.1, б)

$$B_{цл} = B_{ц} + M/\text{tg}(\Delta), \quad (2)$$

где Δ – угол полных сдвижений по простиранию пласта, град.

Подобное ведение горных работ динамично прогрессирует за рубежом, в таких развитых странах, как Австралия, США и Канада, где ученые уделяют большое внимание эффективности комбинированного способа и безопасности [18-21]. В отечественной практике, на угольном разрезе «Сибиргинский», проведен один из первых аналогичных процессов еще в 1999 г. [14].

В Институте угля СО РАН разработана зависимость (рис.2), исходя из которой [15], видно, что чем меньше поддерживаемых выработок в шахте, тем меньше ее энтропия. Таким образом, зависимость показывает высокие производственные показатели для таких угледобывающих комплексов как модульные шахтоучастки. Данная зависимость становится актуальной, когда происходит рациональное использование существующей инфраструктуры горного предприятия.

Снижение протяженности поддерживаемых выработок, как известно, улучшает работу всех производственных систем шахты, что создает условия для достижения высокой нагрузки на очистные и подготовительные забои. Вместе с этим, минимизируется количество рабочих мест, растет производительность труда, заработная плата, снижается себестоимость. Технико-экономические показатели шахтоучастка «Байкаимский» разреза «Моховский»

Рис.1. Схема к определению ширины барьерного целика по падению (а), по простиранию пласта (б)
 Δ, γ – углы полных сдвижений

Рис.2. Сводная количественная оценка энтропии H_0 в зависимости от числа элементов горнотехнологической структуры угольных шахт [13]

значительно превосходят аналогичные показатели представительной группы шахт Кузбасса на этапе строительства.

Используя опыт, накопленный в Институте угля, и общемировой опыт аналогичных решений [3-12], предоставлен широкий спектр технологий вскрытия и подготовки модульного шахтоучастка. В примере с точки зрения экономической эффективности и экологической безопасности произведена закладка центральных и фланговых наклонных стволов шахты с участков открытых работ.

Границы шахтного поля по простиранию соответствуют лицензионным материалам и проходят вблизи фланговой и центральной части шахтного поля, по падению границей шахтного поля является пройденный конвейерный штрек выемочного столба. Данное решение раскройки пласта позволяет обеспечивать постоянный отток имеющихся подземных вод, попадающих в выработки, и оттеснять их в выработанное пространство, что благоприятно влияет на технологию отработки пласта и не нарушает ее. До начала работ на основном шахтном поле (основной этап), строительство и добыча угля модульного шахтоучастка на пласте «Полысаевский II» начинаются с фланговой промышленной площадки (начальный этап). Предусматривалось прекращение открытых горных работ в районе строительства фланговой промплощадки, оставление целика между бортом разреза и фланговыми уклонами, а также проведение с фланговой и главной промышленными площадками шахтоучастка двух уклонов по углю (вентиляционного и конвейерного) с целиком между ними.

По проекту для вскрытия пласта и проведения наиболее трудоемкой части главных и фланговых уклонов по наносам используется землеройная техника, имеющаяся на разрезе, что позволит ускорить вскрытие до устойчивых пород, начать проходку уклонов проходческими комбайнами.

Главный конвейерный уклон имеет углы наклона от 19 до 23°. На этом участке роликовые опоры ленточного конвейера устанавливаются с меньшим интервалом между ними, боковые ролики устанавливаются более круто, чем обычно.

Подготовка первого очистного забоя предусматривается проведением вентиляционного, конвейерного штреков и монтажной камеры. Вместе с этим проходятся магистральные конвейерный и путевой штреки (сохраняются на весь срок службы шахты)

Исходя из горно-геологических условий залегания пласта Полысаевского II, принимается система разработки длинными столбами по простиранию с очистным механизированным комплексом. Оработка выемочных столбов шахтного поля производится в направлении от фланговых уклонов к главным. Порядок отработки столбов принят нисходящий.

С учетом изложенного компанией «Кузбассразрезуголь» и Моховским угольным разрезом в 2003 г. начато строительство модульного шахтоучастка. На данный момент участок преобразован в ООО «Шахта Байкаимская», которая отрабатывает лаву по пласту Полысаевский-2 марки Д. Балансовые запасы шахты оцениваются в 68 млн 699 тыс.т. Средняя годовая добыча составляет 2,5 млн т.

Технико-экономические показатели объема проведения поддерживаемых подготовительных выработок на 1000 т добычи угля из нескольких проектов на момент строительства шахт относительно модульного шахтоучастка в Кузбассе [2]:

Наименование шахт	Протяженность поддерживаемых выработок	
	Всего, тыс. м	На 1000 т добычи угля, м
Физкультурник	40,8	39,1
Сибирское ш/у	31,8	56,4
Первомайская	92,7	76,0
Березовская	98,8	91,4
Им. Кирова	98	30,8
Егозовская	27,5	32,3
Комсомолец	81,5	75,2
Южная	78	29,7
Полысаевская	69,5	43,5
Октябрьская	68,7	30,5
Красноярская	24,7	25,4
Новая	19	105,5
Колмогоровская	22	52,1
В среднем по шахтам	57,9	52,9
МШУ «Байкаимская»	17,7	8,9
ШУ в среднем по шахтам, %	31	17

Таким образом, протяженность поддерживаемых выработок меньше в сравнении с другими шахтами в 3,3 раза (31%), на 1000 т добытого угля – в 5,9 раз (17 %).

Выводы

Использование инновационных научных положений [15], а также мирового опыта комбинированной системы отработки позволит достигнуть целой цепочки положительных результатов в технологическом плане[1]:

- синтезировать подземные и открытые горные работы как модульную горнотехнологическую структуру «разрез – модульный шахтоучасток» для взаимной увязки во времени и структурных элементов;
- установить баланс технологических звеньев открытых и подземных горных работ для более целесообразной себестоимости и, как следствие, большего коэффициента экологической чистоты;
- создать условия последовательных производственных процессов добычи угля модульными шахтоучастками для максимальной производительности ведения горных работ на разрезе;
- объединить большую часть производственной инфраструктуры – ЛЭП, подстанций, автомобильных дорог, транспорта и т.п.;
- продлить срок службы действующих горнодобывающих предприятий;
- снизить площади нарушенных земель и ускорить их восстановление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ереметов П.В. Обоснование схемы вскрытия и подготовки участка «Шурапский» при комбинированном (подземно-открытом) способе добычи угля // ГИАБ. 2009. S7. С. 85-92.
2. Михайлов А.Ю. Технологические аспекты перехода с открытого на подземный способ добычи угля в Кузбассе / А.Ю.Михайлов, Е.Л.Варфоломеев, О.В.Кассина // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2005. № 4.1. С. 41-44.
3. Патент № 2285121 РФ. Способ открыто-подземной разработки свиты пологих угольных пластов / В.Д.Ялевский, В.А.Федорин, Б.А.Анферов, Е.Л.Варфоломеев, О.В.Кассина. Оpubл. 10.10.2006. Бюл. № 28.
4. Патент № 2387836 РФ. Способ открытой добычи угля с использованием инфраструктуры смежной шахты / В.Я.Шахматов, В.А.Федорин, Б.А.Анферов, Л.В.Кузнецова, А.Ю.Михайлов. Оpubл. 27.04.2010. Бюл. № 12.
5. Патент № 2430236 РФ. Способ комбинированной разработки угольного месторождения / В.А.Федорин, В.Я.Шахматов, Б.А.Анферов, Л.В.Кузнецова. Оpubл. 27.09.2011. Бюл. № 27.
6. Патент № 2490454 РФ. Способ открыто-подземной разработки мощного крутонаклонного угольного пласта / Б.А.Анферов, Л.В.Кузнецова. Оpubл. 20.08.2013. Бюл. № 23.
7. Патент № 2490455 РФ. Способ открыто-подземной разработки пологого угольного пласта средней мощности / Б.А.Анферов, Л.В.Кузнецова, В.А.Федорин, В.Я.Шахматов. Оpubл. 20.08.2013. Бюл. № 23.
8. Патент № 2490456 РФ. Способ открыто-подземной разработки мощного пологого угольного пласта / Б.А.Анферов, Л.В.Кузнецова, В.А.Федорин, В.Я.Шахматов. Оpubл. 20.08.2013. Бюл. № 23.
9. Патент № 2499129 РФ. Способ открыто-подземной разработки крутых угольных пластов / Б.А.Анферов, Л.В.Кузнецова. Оpubл. 20.11.2013. Бюл. № 32.
10. Патент № 2513785 РФ. Способ комплексного освоения угольного месторождения / Б.А.Анферов, Л.В.Кузнецова. Оpubл. 20.04.2014. Бюл. № 11.
11. Патент № 2651833 РФ. Способ открыто-подземной разработки угольного пласта, залегающего в виде брахи-синклинали / Б.А.Анферов, Л.В.Кузнецова. Оpubл. 24.04.2018. Бюл. № 12.
12. Патент № 2563895 РФ. Способ открыто-подземной разработки свиты крутонаклонных угольных пластов / Б.А.Анферов, Л.В.Кузнецова. Оpubл. 27.09.2015. Бюл. № 27.
13. Потапов В.П. Современные геотехнологические структуры угольных шахт Кузбасса / В.П.Потапов, В.А.Федорин, О.В.Кассина // ГИАБ. 2006. Семинар № 15. С. 252-255.
14. Федорин В.А. Геотехнологические аспекты открыто-подземного (совмещенного) способа освоения угольных месторождений Кузбасса / В.А.Федорин, А.Ю.Михайлов, Г.Е.Ивершина // ГИАБ. 2008. Семинар № 15. С. 261-269.
15. Федорин В.А. Комбинированная геотехнология освоения недр Кузбасса / В.А.Федорин, А.Ю.Михайлов, П.В.Ереметов // Уголь Кузбасса. 2008. № 1. С. 70-73.
16. Шишков Р.И. Концепция освоения угольных месторождений комбинированным способом / Р.И.Шишков, В.А.Федорин // Сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Россия Молодая-2019». Кемерово: КузГТУ, 2019. С. 1-3.
17. Шпанский О.В. Проектирование границ открытых горных работ / О.В.Шпанский, Д.Н.Лигоцкий, Д.В.Борисов // Санкт-Петербургский государственный горный институт. СПб, 2003. 90 с.

18. A new open-pit mine slope instability index defined using the improved rock engineering systems approach / M.Naghadehi, R.Jimenez, R.KhaloKakaie, S.Jalali // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2013. Vol. 61. P. 1-14.
19. Islam M.R. Numerical modeling of slope stability consideration of an open-pit coalmine in the Phulbari coal basin / M.R.Islam, M.O.Faruque // Electronic Journal of Geotechnical Engineering. 2012. Vol. 17. P. 3717-3729.
20. Little M.J. Slope Monitoring Strategy at PPRust Open Pit Operations // International Symposium on Stability of Rock Slopes in Open Pit Mining and Civil Engineering. The South African Institute of Mining and Metallurgy. 2006. P. 211-230.
21. Sainsbury D.P. Two- and three-dimensional numerical analysis of the interaction between open pit slope stability and remnant underground voids / D.P.Sainsbury, M.E.Pierce, L.J.Lorig // 5th Large Open Pit Conference, Kalgoorlie, Western Australia. 2018. P. 251-257.

Авторы: Р.И.Шишков, аспирант, *rshis@yandex.ru* (Институт угля СО РАН, Кемерово, Россия), В.А.Федорин, д-р техн. наук, научный сотрудник, *fva@kemspr.ru* (Институт угля СО РАН, Кемерово, Россия).

Статья поступила в редакцию 14.10.2019.

Статья принята к публикации 26.11.2019.