

DOI: 10.26730/1999-4125-2019-1-86-94

УДК 622.275

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КУЗБАССА

ENVIRONMENTAL-SAVING TECHNOLOGIES' IMPLEMENTATION ON COAL ENTERPRIZES OF KUZBASS

Колесников Валерий Федорович,

доктор техн. наук, профессор, e-mail: kvf.rmpio@kuzstu.ru

Valery F. Kolesnikov, Dr. Sc. in Engineering, Professor

Литвин Олег Иванович,

канд. техн. наук, старший научный сотрудник, e-mail: litvinoi@kuzstu.ru

Oleg I. Litvin, C. Sc. in Engineering, Senior Researcher

Лесин Юрий Васильевич,

доктор техн. наук, профессор, e-mail: lyuv.geo@kuzstu.ru

Yuriy V. Lesin, Dr. Sc. in Engineering, Professor

Мартянов Виктор Леонидович,

канд. техн. наук, доцент, e-mail: martvic2005@yandex.ru

Viktor L. Martyanov, C. Sc. in Engineering, Associate Professor

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

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

Аннотация:

Основные вопросы рационального использования земель при добыче полезных ископаемых открытым способом решаются сначала в период проектирования карьеров. Они либо входят в виде раздела в основной технической проект разработки месторождения, либо излагаются в виде отдельного тома технического проекта разработки, либо разрабатываются в виде специального проекта рекультивации карьера. Это связано с тем, что решения таких важных задач отработки карьера, как режим горных работ, схема вскрытия и система разработки карьера определяюще влияют на форму и интенсивность нарушения земель. Природоохранные мероприятия, планируемые карьером или горной компанией, призваны осуществлять компенсацию негативного воздействия производства открытых горных работ на окружающую среду и тем самым в процессе эксплуатации карьера регулярно намечать и проводить мероприятия по снижению ущерба, наносимого производством природе. С этой целью на основе проектных решений при долгосрочном планировании горных работ на срок в 15-20 лет разрабатываются комплексные планы охраны природы с выделением пятилетних периодов, а в ближайшем к реализации таком периоде – с разбивкой по годам для конкретизации поставленных задач и путей их решения. Данные задачи постоянно актуальны и требуют скорейшего их решения.

Ключевые слова: природоохранные технологии, открытые горные работы, Кузбасс, разрез, уголь, планирование горных работ.

Abstract:

The main issues of rational use of land in the mining of minerals by the open method are solved first during the design of quarries. They are either included in the form of a section in the main technical project of the field development, or set out in a separate volume of the technical project of development, or are developed in the form of a special open-pit mine reclamation project. This is due to the fact that the solution of such important tasks of quarrying as the mining regime, the opening scheme and the career development system determine the shape and intensity of land disturbance. Environmental measures planned by a quarry or a mining company are designed to compensate for the negative impact of open-pit mining on the environment and thus, in the operation of a quarry, regularly plan and carry out measures to reduce the damage caused by production to nature. To this end, based

on design decisions for long-term mining planning for a period of 15-20 years, comprehensive conservation plans are developed with five-year periods, and in the closest to this period, with a breakdown by year to specify the tasks and ways to solve them. These tasks are constantly relevant and require their early resolution.

Key words: environmental technologies, open-pit mining, Kuzbass, open-pit mine, coal, mining planning.

Как при выборе оптимальных технологических вариантов разработки месторождения в процессе проектирования карьеров, так и на различных прогнозных уровнях планирования горных работ должен учитываться ущерб от изъятия и нарушения земель в процессе строительства и эксплуатации карьера. Рациональным будет вариант разработки, при котором капитальные затраты на строительство карьера, годовые эксплуатационные расходы и годовой ущерб на отчуждение земель, снижение их продуктивности от производства открытых горных работ будут минимальными [1, 2]:

$$E_n K + \mathcal{E} + V \rightarrow \min,$$

где K – капитальные затраты в период строительства карьера, руб; \mathcal{E} – годовые эксплуатационные расходы, руб; V – годовой ущерб от производства открытых горных работ; E_n – коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_n = 0,12$).

Экономический ущерб от негативного влияния открытых горных работ на природные ресурсы и окружающую среду можно определить по формуле [2]

$$V = V_m + V_z + V_v + V_{ob},$$

где V_m , V_z , V_v , V_{ob} – соответственно ущербы, нанесенные минеральным, земельным, водным ресурсам и воздушному бассейну.

Ущерб минеральным ресурсам при проектировании карьеров складывается из проектных потерь полезного ископаемого и обоснования такого варианта развития горных работ, схемы вскрытия, системы разработки и структуры комплексной механизации карьера, при котором количественные и качественные эксплуатационные потери полезного ископаемого будут наименьшими в процессе производства горных работ.

Проектные или общекарьерные потери балансовых запасов не предусматриваются к отработке. Это потери в целиках под различными сооружениями и коммуникациями (электро-, водо- и тепло-снабжения, транспортными и пр.), в охранных целиках вскрывающих выработок, внутрикарьерного транспорта и т. д.

Эксплуатационные потери происходят в процессе разработки месторождения и различаются на количественные потери полезного ископаемого в массиве и на потери отделенного из массива полезного ископаемого. К количественным потерям полезного ископаемого в массиве относятся потери в целиках, оставляемых в соответствии с системой

разработки и технологией ведения горных работ, в кровле и почве пластов при их зачистке в процессе селективной разработки, в зонах оползней и геологических нарушений. К количественным потерям полезного ископаемого, отделенного от массива, относятся потери при буровзрывных работах, просыпи при погрузке, транспортировании, в местах разгрузки полезного ископаемого. Качество товарного полезного ископаемого на складе оценивается коэффициентом изменения зольности добытого угля к его зольности в погашенных запасах полезного ископаемого или коэффициентом разубоживания. Как проектные, так и эксплуатационные потери закладываются в решениях технического проекта разработки карьера, и выбранные обоснованные его решения определяют ущерб минеральным ресурсам на современном развитии техники, технологии и организации производства открытых горных работ.

Ущерб земельным ресурсам (V_z) складывается из ущербов от изъятия земель из пользования ($V_{из}$) и нарушения земельных ресурсов ($V_{нз}$)

$$\begin{aligned} V_z &= V_{из} + V_{нз}, \\ V_{из} &= O_{из} S_{из}; \\ V_{нз} &= O_{нз} S_{нз}, \end{aligned}$$

где $O_{из}$, $O_{нз}$ – кадастровая оценка изымаемых и нарушенных угодий, руб/га; $S_{из}$ и $S_{нз}$ – площади изымаемых и нарушенных земель, га.

Ущерб водным ресурсам (V_v) складывается из ущербов от загрязнения ($V_{вз}$) и уменьшения запасов водных ресурсов ($V_{зв}$)

$$\begin{aligned} V_v &= V_{вз} + V_{зв}; \\ V_{вз} &= I_{не} Q_v; \\ V_{зв} &= I_v V_v, \end{aligned}$$

где $I_{не}$ и I_v – ценность единицы продукции, полученной из водоемов, и ценность 1 м³ воды соответственно (определяются по установленным региональным тарифам); Q_v – количество продукции, получаемой из водоемов, руб; V_v – объем запасов воды в контурах воронки дренажа карьера, м³.

Ущерб от загрязнения воздушного бассейна включает ущербы от снижения урожайности сельскохозяйственных угодий ($V_{сх.у}$), ухудшения состояния биоресурсов, т. е. животного и растительного мира ($V_{б}$), роста заболеваемости населения ($V_{зн}$) и ускорения износа основных фондов в загрязненной воздушной среде ($V_{иф}$)

$$V_{об} = V_{сх.у} + V_{б} + V_{зн} + V_{иф}.$$

Ущерб от снижения урожайности сельхозугодий рассчитывается по формуле

$$V_{cx,y} = \sum_{i=1}^n (Q_i Z_i) S_i,$$

где Q_i – урожайность с 1 га сельхозугодий i -й культуры, ц; Z_i – ценность единицы i -й сельхозкультуры, руб; S_i – площадь снижения урожайности сельхозугодий, га; n – количество сельхозкультур, выращиваемых на площади S_i .

Ущерб от ухудшения состояния биоресурсов определится

$$V_{\phi} = \sum_{j=1}^m V_j Z_j S_j,$$

где V_j – объем различных видов продукции, полученной за год от использования леса (сбора грибов, ягод, отстрела птиц и животных); Z_j – ценность единицы перечисленных видов продукции, руб; S_j – площадь ухудшения состояния биоресурсов, га; m – количество видов продукции на площади S_j .

Ущерб от увеличения заболеваемости населения составит

$$V_{zn} = V_{nn} + V_{ep} + V_{ln},$$

Где V_{nn} – ущерб от недополучения продукции карьера в результате заболевания работников, полученных в зоне загрязнения воздушного бассейна, руб; V_{ep} и V_{ln} – соответственно ущерб от выплат работникам из фонда социального страхования за период нетрудоспособности, наступившей в результате загрязнения атмосферы, и ущерб от затрат на лечение населения, руб.

Ущерб от недополучения продукции карьера в результате заболевания работников рассчитывается по формуле

$$V_{nn} = Q_n P_{pv},$$

Q_n – среднее количество добычи полезного ископаемого, приходящийся на один отработанный человеко-день, т; P_{pv} – потери рабочего времени от заболевания работников вследствие загрязнения воздушного бассейна, сутки.

Ущерб от выплат работникам из фонда социального страхования за период нетрудоспособности, наступившей в результате загрязнения атмосферы, определяется следующим образом:

$$V_{ep} = P_n P_{pv}, \text{ руб.}$$

где P_n – средний размер пособия по временной нетрудоспособности в день, руб.

Ущерб от затрат на лечение населения,

наступившей в результате загрязнения атмосферы, рассчитывается

$$V_{ln} = 3_a n_{ao} + 3_{cm} n_{cmo},$$

Где 3_a и 3_{cm} – средние затраты на лечение одного человека в день амбулаторно и в стационаре соответственно, руб; n_{ao} и n_{cmo} – количество человеко-дней лечения амбулаторно и в стационаре, сут.

Ущерб от преждевременного износа основных фондов, находящихся в загрязненной воздушной среде, составит

$$V_{uf} = Q_n I_n + V_p,$$

где Q_n – количество недополученной продукции карьера в связи с дополнительными простоями горнотранспортного оборудования в ремонте и сокращения сроков его службы, т; I_n – цена продукции карьера, руб.; V_p – ущерб от дополнительных затрат на ремонты горнотранспортного оборудования, руб.

Ущерб от дополнительных затрат на ремонты горнотранспортного оборудования составит

$$V_p = \sum_{j=1}^m C_j P_{dj},$$

где C_j – средние затраты на один ремонт j -го горнотранспортного оборудования, руб; P_{dj} – периодичность дополнительных ремонтов j -го вида горнотранспортного оборудования.

Как сказано выше, экономический ущерб от негативного влияния открытых горных работ на природные ресурсы и окружающую среду складывается из ущербов, которые наносятся минеральным, земельным, водным ресурсам и воздушному бассейну.

При проектировании горных работ на карьерах ущерб минеральным ресурсам складывается из проектных общекарьерных потерь балансовых запасов полезного ископаемого и решений технического проекта, основанных на последних достижениях науки и техники, при которых количественные и качественные эксплуатационные потери полезного ископаемого будут наименьшими в процессе производства горных работ.

В текущих и долгосрочных планах разрабатываются комплексные мероприятия охраны природы, которые могут быть реализованы в течение различных по длительности периодов времени. В них регулярно включаются положительные решения, внедряемые и проводимые на других карьерах. Например, в последние годы в угленасыщенных зонах разрезов Кузбасса широко применяются гидравлические (прямые и обратные) лопаты, комплексы гидравлических и механических лопат с рабочими параметрами, соответствующими горно-геологическим условиям конкретных

месторождений (разрезы «Черниговский», «Краснобродский», «Шестаки», «Талдинский» и др.). Прошли промышленное испытание комплексы навесных рыхлителей на базе мощных бульдозеров с колесными погрузчиками (Основное и Вахрушевское поле разреза «Краснобродский»), фрeзeрных комбайнов при подготовке к выемке и выемке маломощных и тонких угольных пластов (разрезы «Талдинский», «Степановский»).

Ущерб, который наносится земельным, водным ресурсам и воздушному бассейну, компенсируется решениями в текущих и долгосрочных комплексных планах охраны природы.

Ущерб земельным ресурсам от изъятия земель из пользования ($V_{из}$) и нарушения земельных ресурсов ($V_{из}$) могут быть компенсированы, например, освоением новых земель для сельского хозяйства взамен изымаемых и изысканием технических возможностей для увеличения объемов внутренних отвалов (разрезы «Прокопьевский», «Краснобродский» и др.). Известны и примеры компенсации ущерба водным ресурсам (например, дренаж и барраж карьерных вод, рыборазведение в водохранилищах гидроотвалов и т.д.) и воздушному бассейну (правильное размещение промышленных объектов карьера, порядок и схемы формирования отвалов пород, орошение взрывных блоков и рабочих мест горнотранспортного оборудования, применение эффективных схем и устройств пылеулавливания, пылеподавления и нейтрализации вредных газов и др.).

Выполнение природоохранных мероприятий ведет к определенному (неполному, частичному, а в ряде случаев и практически полному) предотвращению ущерба природной среде. В этом случае экономический эффект от природоохранных мероприятий следует определять величиной предотвращенного ущерба по формуле

$$\Delta V = V - V_{ам},$$

где $V_{ам}$ – величина ущерба после внедрения природоохранных мероприятий.

Прирост ценности природных ресурсов в результате проведения природоохранных мероприятий определяется

$$\Delta C = (C - C_{ам})V_{пр},$$

где C и $C_{ам}$ – соответственно ценность единицы природных ресурсов до и после реализации природоохранных мероприятий (принимается по кадастровой оценке земли, тарифов на воду и т. д.); $V_{пр}$ – объем улучшенных природных ресурсов за счет проведенных мероприятий.

Прибыль карьера от внедрения мероприятий по снижению потерь и разубоживания угля составит

$$\Delta \Pi = Q_{ам}C_{ам} - Q_{о}C_{о},$$

где $Q_{ам}$ и $Q_{о}$ – годовое количество добытого угля от и до внедрения мероприятий по снижению потерь и его разубоживанию, тыс. или млн т; $C_{ам}$ и $C_{о}$ – себестоимость 1 т угля после и до внедрения указанных мероприятий.

В целом же можно заключить, что мероприятия по снижению ущерба природе и земельным ресурсам проводятся разрезами активно в процессе их эксплуатации в том случае, если они одновременно и более эффективны непосредственно для достижения основной цели производства горных работ, т. е. добычи угля. Это же можно сказать, если такие решения закладываются и в техническом проекте разработки разреза.

В результате оптимизации порядка разработки горных участков по добыче при известной производительности отдельного карьера или группы карьеров горнодобывающей компании, производящей определенный объем одного вида сырья, ущерб земельным ресурсам, наносимый при производстве открытых горных работ, может быть значительно сокращен, в частности, от сокращения площадей изымаемых под внешние отвалы земель и объемов рекультивации отвалов. При этом затраты на добычу карьера или компании могут быть также значительно снижены за счет уменьшения расстояния транспортирования вскрышных пород во внутренние отвалы и переноса максимальных или пиковых объемов вскрышных работ с начальных на конечные годы отработки по сравнению с индивидуальной минимизацией затрат каждого горного участка карьера или отдельных карьеров компании [3, 4].

Рациональный порядок развития горных работ на сложноструктурных угольных месторождениях и существенная экономия затрат на рекультивацию и добычу в долгосрочной перспективе могут быть получены в результате оптимизации производительности горных участков карьера по добыче или группы карьеров горнодобывающей компании на основе минимизации приведенных затрат на разработку карьера или компании в целом.

Месторождения Кузбасса, отрабатываемые открытым способом, представлены свитами разно-мощных пликтивно и дизъюнктивно нарушенных пластов угля и относятся к сложноструктурным [5]. Геологическая сложность этих месторождений зависит от количества и частоты чередования пластов, количества и мощности междупластий породы и ее пропластков в массе угля, условий залегания пластов и интенсивности их нарушения тектоническими процессами. Такая специфика угольных месторождений Кузбасса, пригодных для разработки открытым способом, не позволяет с достаточной точностью традиционными методами [6, 7] обосновать предпочтительный вариант порядка разработки или режима горных работ для всего поля разреза на значительный период прогноза или весь период его эксплуатации. А это необходимо,

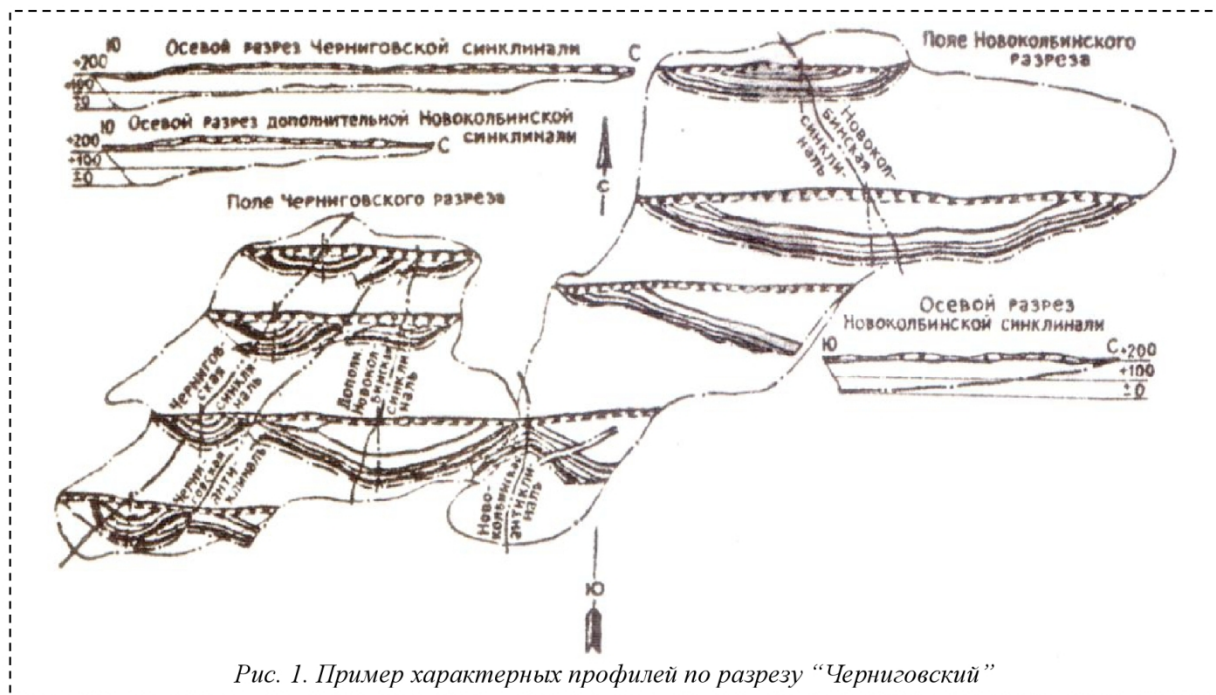


Рис. 1. Пример характерных профилей по разрезу «Черниговский»

поскольку режим горных работ определяет, в частности, динамику заполнения отвалов, интенсивность грузопотоков, грузотранспортные связи рабочих горизонтов с пунктами приема горной массы, т. е. долгосрочные прогнозные решения, необходимые для своевременного формирования дорогостоящей системы вскрытия в процессе эксплуатации производственной единицы и т. п.

Для этих месторождений при проектировании или перспективном планировании горных работ необходимо обосновывать порядок их разработки на перспективу, что достигается в первую очередь с помощью горно-геометрического анализа [6, 7].

На основании выполненных исследований на кафедре открытых горных работ КузГТУ предложен метод горно-геометрического анализа, разработанный для горно-геологических условий сложноструктурных угольных месторождений Кузбасса. Этот анализ с достаточно высокой степенью достоверности проводится на основе средневзвешенных профилей для характерных по горно-геологическим и технологическим условиям участков месторождений с последующим обоснованием режима горных работ по экономическим критериям.

Предложенный метод анализа и формирования режима горных работ учитывает возможность различной их интенсификации в пространстве месторождений и во времени их развития в зависимости от изменчивой по простиранию и глубине карьерных полей угленасыщенности, применяемой технологии отработки, вида транспорта, местоположения отвалов.

Характерные профили рассчитываются с помощью средневзвешенных координат точек, описывающих особенности залегания и мощность пластов на отдельных геологически однообразных участках месторождений. Для этого все карьерное

поле по простиранию угольных пластов или по местоположению в плане отдельных полей карьера разбивается на ряд участков с близкими в профиле особенностями залегания. Например, синклиналь, антиклиналь, участки свиты одноименных пластов с одинаковыми пликативными и (или) дизъюнктивными нарушениями и т. д.

Для разреза «Черниговский», например, геологическая особенность месторождения состоит в том, что свита пластов здесь собрана в три крупные синклинальные складки с разнообразными геометрическими параметрами и значительной нарушенностью угольных пластов. На поле разреза выделено семь характерных участков (рис. 1).

Для анализа были выделены участки месторождения с учетом угленасыщенности горизонтов, тектонической нарушенности, возможности применения различных вариантов технологии отработки и транспорта, возможности использования выработанного пространства под внутренние отвалы и др. и пронумерованы с севера на юг на Новоколинском поле 1, 2, 3, а на Черниговском поле – 4, 5, 6 и 7.

Для каждого выделенного участка, который в зависимости от сложности геологического строения месторождения и необходимой точности расчетов может включать группу от нескольких до нескольких десятков разведочных геологических и маркшейдерских профилей, строится один характерный профиль.

Каждая выделенная группа профилей включает одинаковое количество характерных точек на участке, которые его описывают. Количество точек для каждой группы профилей различно и выбирается так, чтобы с их помощью можно было достоверно описать все особенности залегания свиты пластов участка: выхода под наносы кровли и

почвы пластов; ундуляцию пластов, крыльев и замков складок; амплитуды разрывов сплошности; колебания мощности пластов по простиранию и глубине и др. При этом оси координат привязываются не к линейным размерам участка (глубине, горизонтам, ширине). Они определяются особенностями геологии, например: выход почвы пласта под наносы (ось Y); глубина падения оси синклинальной складки (ось X); лицензионная граница по глубине и др. Пересечение этих осей по горизонтали и вертикали в пространстве определяет свою нулевую точку декартовых координат на каждом реальном профиле карьерного поля. Следовательно, координатные оси различны как для каждого профиля, так и для каждого выделенного характерного участка месторождения и являются плавающими внутри пространства каждого такого участка. Это делается с целью представления на характерном профиле реальной геометрии залегания свиты пластов с помощью средневзвешенных координат точек. Координаты точек взвешиваются по длине характерного участка с помощью зон влияния каждого реального геологического или маркшейдерского профиля. Эти зоны определяются расстоянием до соседнего профиля или по сумме половины расстояний близлежащих профилей:

$$X_i = (X_{i1}L_1 + X_{i2}L_2 + \dots + X_{in}L_n) / L;$$

$$Y_i = (Y_{i1}L_1 + Y_{i2}L_2 + \dots + Y_{in}L_n) / L;$$

$$m_i = (m_{i1}L_1 + m_{i2}L_2 + \dots + m_{in}L_n) / L,$$

где X_i , Y_i – координаты i -й средневзвешенной точки по осям абсцисс и ординат; m_i – нормальная мощность угольного пласта, наносов и т. д. в i -й средневзвешенной точке; X_{i1} , X_{i2} , X_{in} ; Y_{i1} , Y_{i2} , Y_{in} – координаты i -й точки на первом, втором, ..., n -м характерном профиле; L_1 , L_2 , L_n – зоны влияния отдельных профилей; L – общая длина отдельного характерного участка.

С помощью такого подхода на средневзвешенном профиле достоверно передаются не только геологические особенности, но и, что важно, предстоящие объемы горных работ на каждом характерном участке месторождения. Погрешность в объемах полезного ископаемого и вскрышных пород не превышает допустимую в 6% [7]. Это позволяет также значительно уменьшить количество профилей при горно-геометрическом анализе месторождений, а следовательно, и трудоемкость расчетов.

Основное направление развития добычных работ в глубину принимается по направлению падения самого мощного пласта свиты для каждого характерного участка разреза. Расчет порядка развития горных работ ведется по горизонтам с помощью текущего коэффициента вскрыши под углом рабочего борта в 20-25° для автотранспортной технологии в угленасыщенной зоне отработки карьера и в 10-15° – для вскрышной зоны верхних горизонтов с железнодорожным транспортом [5, 6, 7]. Предусматривается также и переменная интенсификация горных работ в характерных

геологических блоках в пределах допустимой величины годового темпа углубки горных работ, который для автотранспортной технологии редко может превышать более 20–25 м/год, а для железнодорожной технологии находится в пределах 5-15 м/год [5, 6, 7].

Критерием обоснования порядка разработки в установленных конечных или этапных контурах карьера является минимум текущего коэффициента вскрыши, который определяюще влияет на себестоимость добываемого угля (C_d):

$$C_d = C_{cd} + K_m \cdot C_e, \text{ руб.}$$

где C_{cd} – себестоимость собственно добычи 1 тонны угля, руб/т; K_m – текущий коэффициент вскрыши, м³/т; C_e – себестоимость 1 м³ вскрышных пород, руб/м³.

Ограничениями при этом обосновании являются:

- заданный объем добычи угля на определенный период времени (например, на год при планировании горных работ) или установленная годовая производственная мощность карьера (при проектировании);
- нормативы переходящих вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов угля;
- порядок перемещения экскаваторов в карьере, обеспечивающий минимальное средневзвешенное расстояние транспортирования вскрышных пород в течение расчетного периода времени;
- возможный темп углубки горных работ по условию заезда транспорта на ограниченном участке карьерного поля в угленасыщенной зоне разреза.

Изменяя динамику развития пространства карьера в зависимости от различной интенсивности отработки угленасыщенной зоны характерных участков, можно добиться не только рационального режима горных работ для карьерного поля в целом (наиболее рационального календарного распределения вскрышных объемов), но и определить те из них, которые будут отрабатываться до конечной глубины со значительным опережением во времени остальных характерных участков. Различная интенсивность ведения горных работ на характерных участках обуславливает перемещения экскаваторов и связанного с ними горнотранспортного оборудования с участка на участок. С целью трансформации установленных режимов горных работ участков в сводное календарное распределение их объемов по карьере в целом вводятся еще одно важное ограничение о необходимости равенства извлекаемых календарных объемов горной массы из карьера и суммарной производительности парка экскаваторов и транспорта в те же периоды времени.

Построенные таким образом характерные профили или участки месторождения (см. рис. 1) являются основой для последующего анализа режима

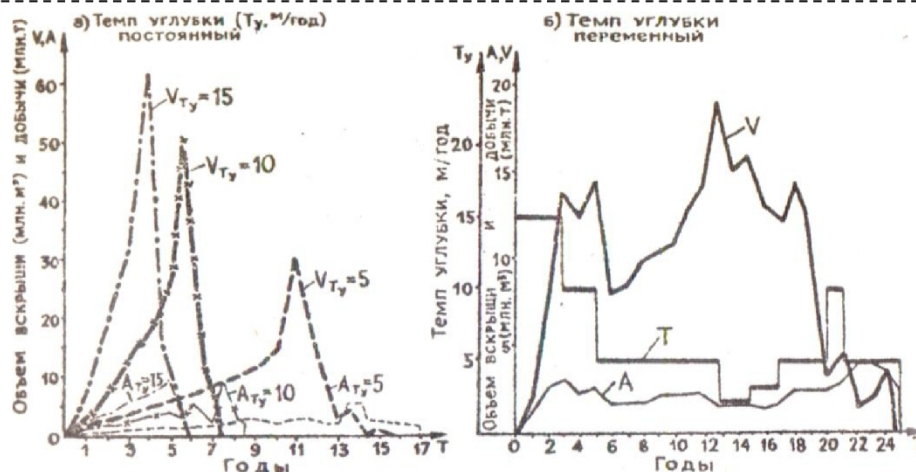


Рис. 2. Распределение объемов вскрыши (V) и добычи (A) по одному из характерных участков

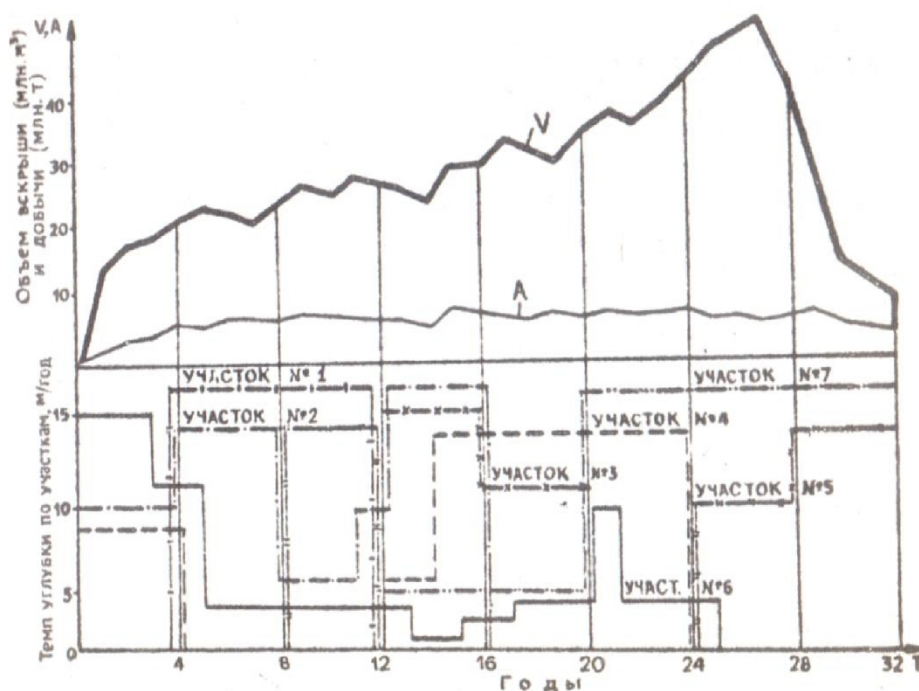


Рис. 3. Сводный график режима горных работ карьера при различной интенсивности их ведения в пространстве карьерного поля и во времени

горных работ с учетом принятой технологии и вариантов темпа углубки горных работ. Для каждого участка намечается ряд вариантов развития с различной интенсивностью горных работ, технологией и размещением отвалов с различным расстоянием откатки и определяются основные технико-экономические показатели: объемы добычи (A_{ij}) и вскрыши (V_{ij}), себестоимости 1 м³ вскрыши и (C_{bij}) собственно выемки 1 т угля (C_{aij}), полная себестоимость 1 т угля, стоимость основных фондов участка ($C_{фij}$). Приведенные затраты (C_{np}) минимизируются по этим расчетным показателям по формуле [9]:

$$C_{np} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k [(A_{ij} C_{aij} + V_{ij} C_{bij}) + E C_{фij}] X_{ij} \rightarrow \min,$$

где E – коэффициент, учитывающий снижение стоимости основных фондов с учетом фактора

времени, $E = 1/(1 + 0,1P_3 T)$; P_3 – усредненный за ряд лет процент снижения затрат (4-5% в год); T – период оценки, лет; A_n – требуемая годовая добыча разреза или горнодобывающей компании, тыс. (млн) т/год; i – число участков; j – число вариантов по участку.

Порядок выемки объемов угля и вскрыши в зависимости от различной интенсивности отработки характерных участков (темпа их углубки) формирует динамику развития пространства карьера (рис. 2).

Так, например, распределение объемов вскрыши (V_{Ty}) и добычи (A_{Ty}) по одному из характерных участков с постоянным (рис. 2, а) и переменным (рис. 2, б) темпами углубки горных работ. Переменный темп углубки (T , на рис. 2, б) зависит

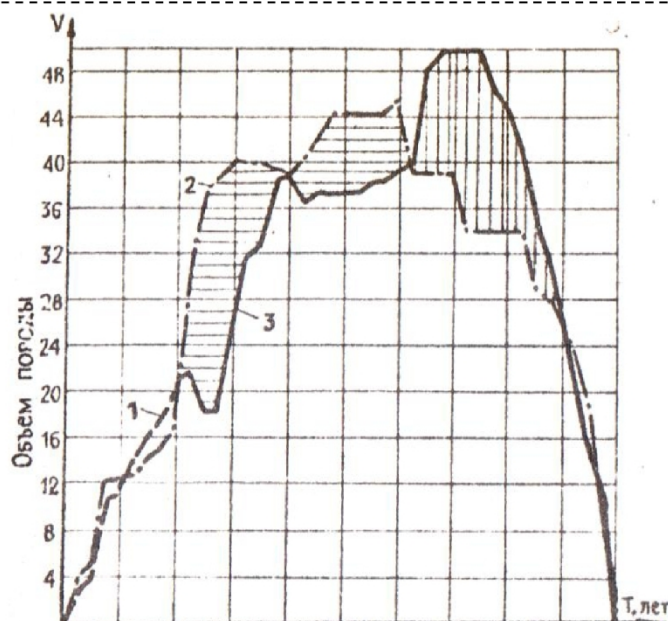


Рис. 4. Графики режима горных работ:

1 – фактический этап развития; 2 – вариант первоначального проекта института Кузбассгипрошахт; 3 – предложенный вариант

от темпов углубки на других характерных участках карьерного поля. Практика горно-геометрического анализа карьерных полей большинства сложно-структурных угольных месторождений Кузбасса показывает, что порядок выемки объемов угля и вскрыши не меняется с изменением угла откоса рабочего борта, различны лишь объемы вскрыши по периодам отработки. Изменяя угол наклона борта карьера в пределах от рабочего до временно погашенного на части вскрышных уступов и на отдельных участках карьерного поля, можно производить дополнительное перераспределение объемов только вскрыши в пространстве карьера и тем самым установить на основе результатов горно-геометрического анализа наиболее рациональное календарное распределение вскрышных объемов [5, 6, 10]. Следует подчеркнуть, что этот способ регулирования режима горных работ возможно применять как в простых горно-геологических условиях с постоянным темпом углубки горных работ по простиранию карьерного поля, так и в сложных с различной интенсивностью отработки его отдельных участков.

Сказанное, в частности для условий разреза «Черниговский», позволило использовать выработанное пространство для складирования вскрышных пород при транспортной системе разработки и частично применить бестранспортную систему на характерных участках 1 и 2 (рис. 3).

Первоначальным проектом разработки предлагалось размещение всего объема вскрышных пород с помощью железнодорожного транспорта во внешних отвалах. Переменная интенсификация горных работ в соответствии с рациональным сводным графиком режима горных работ, приведенным на рис. 3, в пространстве карьера в относительно

короткие (до 1-2 лет) периоды времени существенно сокращает фронт горных работ в угленасыщенной зоне и, по существу, резко затрудняет применение здесь железнодорожного транспорта. Это потребовало, наряду с применением железнодорожного транспорта во вскрышной, безугольной зоне, введения в технологию разработки маневренного автомобильного транспорта в угленасыщенную зону разреза. Кроме того, на крыльях синклиналей и по их оси с углом падения до 15° было предложено применение бестранспортной технологии разработки. В результате такого решения объемы пород вскрыши, транспортируемые на внешние отвалы, удалось сократить на 60% и разместить их в выработанном пространстве карьера.

Наряду с изменениями в технологии разработки изменился и график режима горных работ по сравнению с проектным (рис. 4).

По предложенному варианту отработка значительных объемов вскрыши (> 70 млн. m^3) смещается во времени на более поздние периоды времени. Разница во времени между центрами тяжести переносимых объемов превышает 17 лет, что позволяет в начальный период эксплуатации карьера сберечь значительные материальные и трудовые ресурсы, а за счет этого ускорить развитие горных работ и достижение проектной производственной мощности карьера. Разработанные на кафедре ОГР КузГТУ рекомендации были учтены институтом Кузбассгипрошахт в корректировке первоначального проекта разработки разреза «Черниговский». Расчетная по известным методикам экономия при работе разреза по предложенному варианту по сравнению с проектным составила значительную величину, в том числе от сокращения расстояния транспортирования вскрыши и размещения более

60% ее во внутренних отвалах, а за счет этого от сохранения и меньшего объема рекультивации земель в пересчете на сегодняшний курс рубля более

1,5 млрд. руб. и примерно столько же от внедрения бестранспортной технологии отработки вскрыши.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горлов В.Д. Рекультивация земель на карьерах. М., Недра, 1981. 260 с.
2. Иванов И.П. Инженерная экология месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1990. 302 с.
3. Шестаков В.А. Оптимизация добычи нескольких рудников. Сб. тез. докл. Всесоюзной научной конференции: Организация и управление горным производством. М., МГИ, 1978, с. – 16.
4. Симаков В.А. Оптимизация годовой производительности рудников. Часть I. Сб. тез. докл.: Научное совещание по теории и опыту проектирования подземных рудников. М., ИФЗ АН СССР, 1972, с. 113-134.
5. Ненашев А.С. Технология ведения горных работ на разрезах при разработке сложноструктурных месторождений / А.С. Ненашев, В.Г. Проноза, В.С. Федотенко // Кузбассвуиздат. – Кемерово, 2010. – 247 с.
6. Ржевский В.В. Открытые горные работы. М., Недра, 1985. 277 с.
7. Анистратов Ю.И. Проектирование карьеров / Ю.И. Анистратов, К.Ю. Анистратов // Издательство НПК «ГЕМОСЛимитед». – М., 2003. – 172 с.
8. Ржевский В.В. Режим горных работ при открытой добыче угля и руды. Углетехиздат. – М., 1957. – 199 с.
9. Экономико-математические методы и модели / Под. ред. Макарова С.И. – М.: Кнорус, 2009. – 238 с.

REFERENCES

1. Gorlov V.D. Rekul'tivaciya zemel' na kar'erah. M., Nedra, 1981. 260 s.
2. Ivanov I.P. Inzhenernaya ekologiya mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh. M., Nedra, 1990. 302 s.
3. Shestakov V.A. Optimizaciya dobychi neskol'kih rudnikov. Sb. tez. dokl. Vsesoyuznoj nauchnoj konferencii: Organizaciya i upravlenie gornym proizvodstvom. M., MGI, 1978, s. – 16.
4. Simakov V.A. Optimizaciya godovoj proizvoditel'nosti rudnikov. CHast' I. Sb. tez. dokl.: Nauchnoe soveshchanie po teorii i opytu proektirovaniya podzemnyh rudnikov. M., IFZ AN SSSR, 1972, s. 113-134.
5. Nenashev A.S. Tekhnologiya vedeniya gornyh rabot na razrezah pri razrabotke slozhnostrukturnyh mestorozhdenij / A.S. Nenashev, V.G. Pronoza, V.S. Fedotenko // Kuzbassvuzizdat. – Kemerovo, 2010. – 247 s.
6. Rzhevskij V.V. Otkrytye gornye raboty. M., Nedra, 1985. 277 s.
7. Anistratov YU.I. Proektirovanie kar'erov / YU.I. Anistratov, K.YU. Anistratov // Izdatel'stvo NPK «GEMOSLimited». – M., 2003. – 172 s.
8. Rzhevskij V.V. Rezhim gornyh rabot pri otkrytoj dobyche uglya i rudy. Ugletekhizdat. – M., 1957. – 199 s.
9. Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli / Pod. red. Makarova S.I. – M.: Knorus, 2009. – 238 s.

Поступило в редакцию 19.02.2019

Received 19 February 2019