

С.В. Чмыхалова

ВЛИЯНИЕ СНИЖЕНИЯ КАЧЕСТВА И ИЗМЕНЧИВОСТИ РУДЫ НА РЕСУРСНО- ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ АО «АПАТИТ»)

Горное предприятие рассматривается как природно-техническая система, в которой ее подсистемы (природная и техническая (технологическая) взаимодействуют и влияют на ресурсно-экологические показатели всего производства. Один из основных элементов горного производства — залежь руды, которая определяет функционирование и взаимодействие обеих подсистем. Наблюдается устойчивая тенденция снижения содержания полезного компонента в добываемой руде, колебание ее качества, что приводит к увеличению объемов добычи полезного ископаемого, вскрытию рудных тел, увеличению количества руды, поступающей на обогатительную фабрику, мощности обогатительной фабрики, увеличению общего количества отходов горного производства и затрате ресурсов на добычу и обогащение руды. Данные теоретические модели рассматриваются применительно к АО «АПАТИТ».

Ключевые слова: качество руды, изменчивость руды, ресурсно-экологический метод оценки производственной деятельности, природно-техническая система и ее свойства, высокоамплитудные (низкочастотные) низкоамплитудные (высокочастотные) характеристики изменчивости руды, разубоживание, потери руды.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-73-80

Назначение любой продукции, включая услуги, разработки, создание и реализация конкурентной продукции, — удовлетворить потребности людей. Для этого эта продукция должна иметь определенный набор свойств, соответствующих этим потребностям, что в определенной мере определяется понятием качества.

Качество представляет собой совокупность свойств продукции, составляющих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением [1].

Объектом качества могут быть продукция, процесс, организация или отдель-

ное лицо, а также любая комбинация из них [1].

Продукция горных производств представляет собой минеральное сырье для металлургических, химических, теплоэнергетических и других производств. От качества продукции рудников, шахт и карьеров во многом зависят производственные и экономические показатели ее потребителей. Необеспечение конкурентоспособности продукции приводит в современных условиях к самым серьезным негативным последствиям, вплоть до финансовой несостоятельности предприятий.

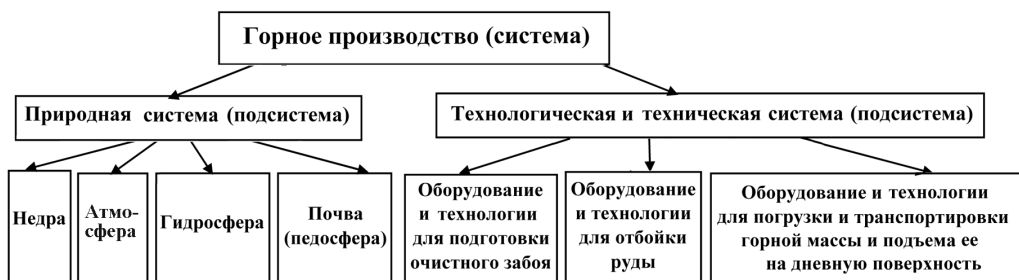


Рис. 1. Горное производство как сложная природно-техническая система

В отличие от многих производственных систем горное производство является природно-технической системой, что еще усложняет его изучение. Горное предприятие, как природно-техническая система, состоит из двух основных подсистем (рис. 1): природной и технической [9].

Основной технологический процесс связан с добычей полезных ископаемых из недр, т.е. воздействием на недра Земли с помощью различных технических средств и технологий [8, 9, 11, 12]. Горные предприятия сосредоточены на относительно небольших площадях, однако оказывают сильное негативное воздействие не только на природную среду, вовлеченную в процесс добычи, но и на близлежащие территории, что наносит существенный вред устойчивому развитию этих территорий [2, 15, 16, 18].

Недра, атмосфера, гидросфера, почва — это элементы природной системы, а комплекс технологий и технических средств — техническая система.

Ресурсно-экологический подход подразумевает рассмотрение производственной деятельности горно-обогатительного комбината с позиций определения количества (расхода) ресурсов на изготовление выпускаемой продукции и определения количества отходов производства, полностью или частично выбрасываемых в окружающую среду [9–11, 12, 13].

Не вся извлеченная из литосферы горная масса в дальнейшем участвует в

технологическом процессе. Часть горной массы — пустая или вскрышная порода после добычи отправляется в отвалы. Однако и полезное ископаемое содержит вмещающие породы, которые отделяются в процессе обогащения и складываются в хвостохранилище. Таким образом при добыче полезных ископаемых всегда образуются отходы, к которым относятся вскрышные и вмещающие породы, сбросы в гидросферу и выбросы в атмосферу и др. [8, 10, 11].

Под ресурсной экономичностью понимают способность таких объектов производить продукцию с минимально возможным расходом ресурсов, а под техногенной экологичностью — способность производить продукцию с минимально возможным образованием и выбросом отходов в окружающую среду [13].

Одним из главных компонентов природной подсистемы является залежь руды, для добычи (извлечения) которой и предназначено горное предприятие. Она характеризуется следующими показателями [4]:

- природное качество полезного ископаемого (в том числе содержание полезного компонента в полезном ископаемом);
- условия залегания рудных тел;
- изменчивость показателей качества руды в пределах шахтного поля;
- визуальные отличия руд различного качества, а также руд от вмещающих горных пород;
- наличие в рудах вредных примесей;

- физико-технические свойства полезного ископаемого и вмещающих горных пород.

Техническая (технологическая) подсистема характеризуется:

- эксплуатационными границами залежей;
- последовательностью и порядком отработки залежей;
- способом вскрытия и подготовки залежей;
- системой разработки и ее параметрами;
- способом отбойки руды;
- параметрами очистного оборудования;
- режимом загрузки и выпуска руды;
- параметрами и режимом внутрирудничного транспорта руды;
- наличием процессов рудосортировки, дробления, грохочения и др.;
- тип склада руды, крупность руды на складе;
- порядок загрузки бункеров (штабелей) и выгрузки из них руды;
- наличие на складе усреднительных технологий;
- способы контроля качества руды в процессе ее добычи и транспортировки на обогатительное производство.

В настоящее время на АО «АПАТИТ» предприятии применяются две технологии добычи:

- с этажно-принудительным обрушением, со скважинной отбойкой и с площадным (донным) выпуском;
- с поэтажным обрушением, со скважинной отбойкой, с торцевым выпуском и с доставкой руды самоходным оборудованием.

Этажное принудительное обрушение имеет два варианта с донным выпуском — с использованием вибропитателей, а также с траншейным днищем и применением самоходной техники.

В рудниках наблюдается активное вытеснение системы разработки с дон-

ным выпуском (с применением ВДПУ) на систему с торцевым выпуском (с самоходным оборудованием), доля которой на Кировском руднике уже составляет порядка 75%.

Причины этого заключаются в относительной простоте конструкции очистного блока, в меньшей трудоемкости и затратах на выполнение подготовительно-нарезных работ и на поддержание этих горных выработок, в большей производительности труда и, как результат, в снижении себестоимости добычных работ.

При этом отмечаются и недостатки поэтажной разработки:

- объем руды, отбиваемой при каждом взрыве, существенно меньше, чем при донном выпуске, что снижает фронт работы ПДМ;
- потери и разубоживание руды наиболее высокие, достигая 19%, что, безусловно, отрицательно скажется на дальнейшей динамике изменении качества добытой руды. Соответственно, это негативно проявится на показателях обогащения и на конечных результатах всего горно-обогатительного производства.

Поскольку названные горно-технологические факторы в совокупности могут серьезно повлиять на дальнейшее снижение качества добытой руды уже в ближайшем будущем, то необходимо изыскивать пути противодействия развитию этой проблемы.

Одно из направлений таких мер это — улучшения качественных показателей рудного сырья за счет совершенствования технологий и организации горных работ и, в первую очередь, подземной добычи, что представляется особенно актуальным уже на ближайшие годы.

Более детально состояние ухудшения качества руды в последние годы (2002—2014) в целом по производству и по обогатительным фабрикам приведено в табл. 1, 2 и 3.

Таблица 1

ОК «Апатит»

Годы	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ср. сод. P ₂ O ₅	13,77	13,65	13,33	13,08	12,87	12,866	12,914	12,805	13,038	13,164	12,93	12,83	12,54

Таблица 2

АНОФ-2

Годы	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ср. сод. P ₂ O ₅	13,80	13,61	13,20	12,89	13,08	12,72	12,84	12,77	13,02	13,24	13,01	12,95	12,48

Таблица 3

АНОФ-3

Годы	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ср. сод. P ₂ O ₅	13,73	13,65	13,45	13,29	13,04	13,02	13,01	12,84	13,06	13,08	12,86	12,71	12,60

С ухудшением качества исходной руды соответствующими темпами увеличивается ее расход, необходимый на 1 т апатитового концентрата (рис. 2 и 3).

Так, если в 1950 г. для производства 1 т АК необходимо было затратить 2 т руды, то в 1980 г., из-за снижения качества добытой руды до 16,0% (в 1,4 раза), потребовалось добывать 2,7 т руды/т АК, то есть на треть больше. К 2010 г. содержание полезного компонента в исходной руде снизилось до 13%, что потребовало увеличить объемы ее добычи уже на 75%.

При условии сохранения существующих темпов снижения качества руды и

увеличения расхода руды на производство апатитового концентрата, можно было бы ожидать, что к 2020 г. среднее содержание P₂O₅ в добытой руде составит порядка 12%. В соответствующей пропорции должно бы увеличиться и количество добываемой руды до 3,625 т/т АК.

Но к этому времени предполагается полностью перейти на добычу руды подземным способом. К тому же, вполне возможно, что система разработки с поэтажным обрушением и торцевым выпуском займет еще большую, чем в настоящее время, долю подземной добычи. В этом случае существенно возрастут потери и разубоживание руд, что заметно

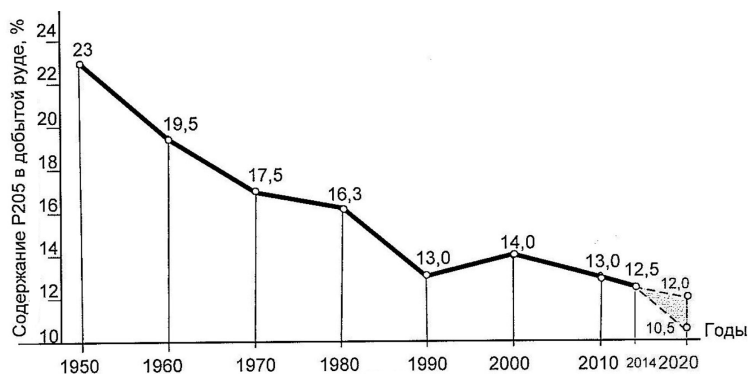


Рис. 2. Динамика снижения качества добытой руды

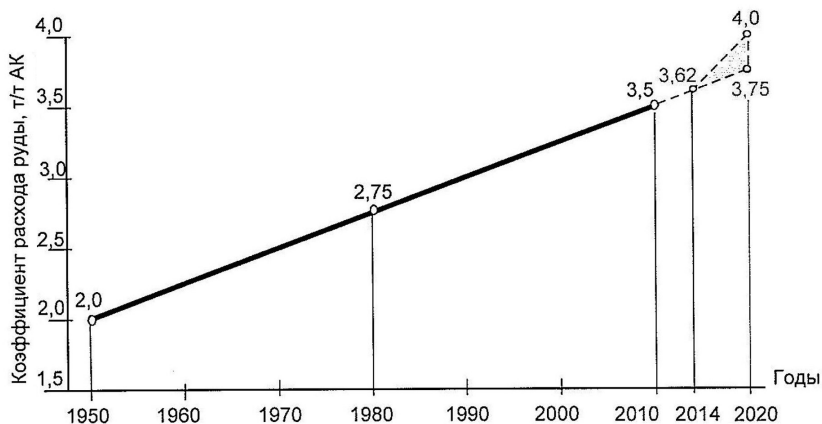


Рис. 3. Темпы роста количества руды, необходимой на 1 т АК

повысит темпы снижения содержания пятиоксида фосфора в руде. В результате к 2020 г. содержание P_2O_5 в добытой руде может снизиться, в зависимости от доли подземной добычи, применяемых систем подземной разработки и других горно-технологических факторов, до 10,5%. Соответственно, коэффициент расхода руды может достичь значения 4, вместо нынешних 3,6.

В связи с переходом на технологии подземной разработки и снижением доли добычи руды в карьерах и следует ожидать ухудшение показателей потерь и разубоживания (рис. 4).

Изменчивость качества руды имеет как высокоамплитудные (низкочастотные), так и низкоамплитудные (высокочастотные) характеристики. Для того, чтобы эф-

фективно стабилизировать состав рудной массы необходимо последовательно выровнять вначале низкочастотные (в годовых, месячных, декадных объемах), а затем высокочастотные характеристики (в суточных, сменных и часовых объемах). Выполнить низкочастотное выравнивание отклонений качества руды практически возможно только на самом горнодобывающем производстве за счет порядка выемки разнокачественных запасов в соответствующие календарные сроки. Обоганительная фабрика может осуществлять усреднение и (главное) физическое смешивание разнокачественных руд только на последней низкочастотной стадии. Горнодобывающее производство способно выполнить этот процесс физически эффективнее и дешевле, по-

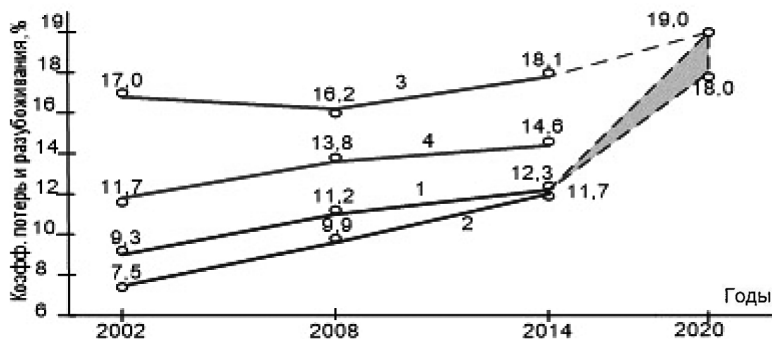


Рис. 4. Динамика роста потерь (1, 3) и разубоживания (2, 4) в целом по предприятию (1, 2) и по подземным рудникам (3, 4)

сколько его можно осуществлять одновременно с выполнением основных производственных процессов добычных работ с минимальными дополнительными затратами, к тому же и физически эффективнее [3, 5, 6, 17].

Таким образом качество полезного ископаемого и ресурсно-экологические показатели горного производства тесно связаны. Наиболее перспективные результаты в улучшении ресурсно-экологиче-

ческих показателей могут быть получены за счет совершенствования технологии и организации горных работ с созданием такого горнодобывающего производства, которое должно быть ориентировано на повышение качества добытой руды (по всей технологической цепи от добычи до обогащения). При этом весь персонал, включая линейных ИТР и горнорабочих, должен быть на это соответствующим образом мотивирован.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения (с изм.)
2. Горшков С.П., Концептуальные основы геоэкологии: Учебное пособие. — Смоленск: Изд-во СГУ, 1998. — 448 с.
3. Кожиев Х.Х., Ломоносов Г.Г. Рудничные системы управления качеством минерального сырья. 2-е изд., стер. — М.: Изд-во МГГУ, 2008. — 292 с.
4. Ломоносов Г.Г. Горная квалиметрия: Учебное пособие. 2-е изд., стер. — М.: Изд-во «Горная книга», Изд-во МГГУ, 2007. — 201 с.
5. Ломоносов Г.Г. Формирование качества руды при открытой добыче. — М.: Недра, 1975. — 224 с.
6. Ломоносов Г.Г. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений. 2-е изд. — М.: Изд-во «Горная книга», 2013. — 513 с.
7. Чмыхалова С.В. Взаимосвязь эффективности обогатительного производства и качества рудного сырья (на примере АО «Апатит») // Научные исследования: от теории к практике. — 2016. — № 4—1 (10). — С. 97—100.
8. Чмыхалова С.В. Воздействие горнодобывающего предприятия на окружающую среду // Известия вузов. Горный журнал. — 2012. — № 5. — С. 80—84.
9. Чмыхалова С.В. Горнопромышленная экология: учебное пособие. — М.: Изд. дом «МИСиС», 2016. — 111 с.
10. Чмыхалова С.В. Материальный баланс горнодобывающего предприятия и его оценка // Научные исследования: от теории к практике. — 2016. — № 4—1 (10). — С. 100—102.
11. Чмыхалова С.В. Ресурсно-экологическая оценка взрываемости горных пород // Известия вузов. Горный журнал. — 2006. — № 6. — С. 51—59.
12. Чмыхалова С.В. Ресурсно-экологические показатели железорудных ГОКОВ (макроподход) // Известия вузов. Горный журнал. — 2005. — № 3. — С. 45—52.
13. Чмыхалова С.В. Ресурсно-экологические проблемы больших городов и пути их решения: Учебное пособие. — М.: Изд-во «Горная книга», 2012. — 328 с.
14. Юсфин Ю.С., Леонтьев Л.И., Черноусов П.И. Промышленность и окружающая среда. Учебник для вузов. — М.: Академкнига, 2002. — 470 с.
15. Hsu A. et al. Environmental Performance Index. 2016, New Haven, CT: Yale University. Available at: www.epi.yale.edu.
16. Lian-Rong ZHAO, Wei Chen. Establishment of Assessment Indicator System of Sustainable Development in Mining Industry and Evaluation of Pilot Project. 2014 International Conference on Social Science (ICSS 2014). Atlantis Press, 2014. pp. 193—200.
17. Murphy B., J. van Zyl, Domingo G. Underground Preconcentration by Ore Sorting and Coarse Gravity Separation. Narrow vein mining conference / PERTH, WA, 26—27 March, 2012.
18. Umberto Pisano. Resilience and Sustainable Development: Theory of resilience, systems thinking and adaptive governance. ESDN Quarterly Report No26, European Sustainable Development Network, September, 2012. 

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Чмыхалова Светлана Валерьевна — кандидат технических наук,
доцент, НИТУ «МИСиС», e-mail: tchmy@mail.ru.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 2, pp. 73–80.

S.V. Chmykhalova

EFFECT OF ORE QUALITY LOSS AND VARIABILITY ON LONG-LIFE OPERATING DATA AND ECOLOGICAL INDEX OF A MINING COMPANY (IN TERMS OF APATIT)

A mine is a nature-and-technology system, and its subsystems (nature and technology) interact and exert influence on long-life operating data and ecological index of the whole production. As one of the basic elements of mining, an ore body conditions the functioning and interaction of the subsystems. Currently it is steadily observed that useful component content reduces in ore produced and ore quality is varied, which leads to an increase in the amount of opening up and mining, in the quantity of ore feed to processing plants and in their processing capacity, in total volume of mining and processing waste and in the cost and assets spent to mining and processing. The related theoretical models are discussed in the article in terms of Apatit mining company.

Key words: ore quality, ore variability, performance evaluation based on long-life operating data and ecological index, nature-and-technology system and properties, high-amplitude (low-frequency) and low-amplitude (high-frequency) characteristics of ore variability, ore dilution, ore loss.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-2-0-73-80

AUTHOR

Chmykhalova S.V., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia, e-mail: tchmy@mail.ru.

REFERENCES

1. *Upravlenie kachestvom produktsii. Osnovnye ponyatiya. Terminy i opredeleniya. GOST 15467-79* (Product quality management. General provisions. Terms and definitions. State Standard 15467-79).
2. Gorshkov S.P. *Kontseptual'nye osnovy geoekologii: Uchebnoe posobie* (Conceptual framework of geocology: Educational aid), Smolensk, Izd-vo SGU, 1998, 448 p.
3. Kozhiev Kh.Kh., Lomonosov G.G. *Rudnichnye sistemy upravleniya kachestvom mineral'nogo syr'ya*. 2-e izd. (Mine control systems for mineral quality. 2nd edition), Moscow, Izd-vo MGGU, 2008, 292 p.
4. Lomonosov G.G. *Gornaya kvalimetriya: Uchebnoe posobie*. 2-e izd. (Mining qualimetry: Educational aid. 2nd edition), Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», Izd-vo MGGU, 2007, 201 p.
5. Lomonosov G.G. *Formirovanie kachestva rudy pri otkrytoy dobyche* (Formation of ore quality in open pit mining), Moscow, Nedra, 1975, 224 p.
6. Lomonosov G.G. *Proizvodstvennyye protsessy podzemnoy razrabotki rudnykh mestorozhdeniy*. 2-e izd. (Production processes in underground ore mining. 2nd edition), Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2013, 513 p.
7. Chmykhalova S.V. *Nauchnye issledovaniya: ot teorii k praktike*. 2016, no 4–1 (10), pp. 97–100.
8. Chmykhalova S.V. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal*. 2012, no 5, pp. 80–84.
9. Chmykhalova S.V. *Gornopromyshlennaya ekologiya: uchebnoe posobie* (Mining industry ecology: Educational aid), Moscow, Izd. dom «MISiS», 2016, 111 p.
10. Chmykhalova S.V. *Nauchnye issledovaniya: ot teorii k praktike*. 2016, no 4–1 (10), pp. 100–102.
11. Chmykhalova S.V. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal*. 2006, no 6, pp. 51–59.
12. Chmykhalova S.V. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal*. 2005, no 3, pp. 45–52.
13. Chmykhalova S.V. *Resursno-ekologicheskie problemy bol'shikh gorodov i puti ikh resheniya: Uchebnoe posobie* (Problems and solutions on resources and ecology in large cities: Educational aid), Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2012, 328 p.

14. Yusfin Yu. S., Leont'ev L. I., Chernousov P. I. *Promyshlennost' i okruzhayushchaya sreda*. Uchebnyk dlya vuzov (Industry and environment. Textbook for high schools), Moscow, Akademkniga, 2002, 470 p.

15. Hsu A. *Environmental Performance Index*. 2016, New Haven, CT: Yale University. Available at: www.epi.yale.edu.

16. Lian-Rong ZHAO, Wei Chen. Establishment of Assessment Indicator System of Sustainable Development in Mining Industry and Evaluation of Pilot Project. *2014 International Conference on Social Science (ICSS 2014)*. Atlantis Press, 2014. pp. 193–200.

17. Murphy B., J. van Zyl, Domingo G. Underground Preconcentration by Ore Sorting and Coarse Gravity Separation. *Narrow vein mining conference*. PERTH, WA, 26–27 March, 2012.

18. Umberto Pisano. *Resilience and Sustainable Development: Theory of resilience, systems thinking and adaptive governance*. ESDN Quarterly Report No26, European Sustainable Development Network, September, 2012.

FIGURES

Fig. 1. Mining production as a complex nature-and-technology system.

Fig. 2. Dynamics of the reduction in ore production quality.

Fig. 3. Rate of increase in ore quantity to produce 1 t of apatite concentrate.

Fig. 4. Dynamics of the increase in loss (1, 3) and dilution (2, 4) in the company (1, 2) and per separate underground mines.



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ, РЕШАЕМЫЕ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

(2017, № 12, СВ 26, 28 с.)

Валиев Нияз Гадым¹ — доктор технических наук, профессор,

Вандышев Александр Михайлович¹ — кандидат технических наук, профессор,

Потапов Валентин Яковлевич¹ — доктор технических наук, профессор, e-mail: 2c1@inbox.ru,

Потапов Владимир Валентинович¹ — кандидат технических наук, доцент, e-mail: 2c1@inbox.ru,

Корнилков Михайл Викторович¹ — доктор технических наук, профессор,

¹ Уральский государственный горный университет, e-mail: gtf.gd@m.ursmu.ru.

Приведены результаты шахтных наблюдений за состоянием подготовительных горных выработок. Выполнены оценка влияния горно-геологических и горнотехнических факторов на размеры зон повышенного горного давления в зависимости от ширины зоны опорного давления на влияющем пласте и исследования прочностных свойств горных пород на различных глубинах. Изложена принципиально новая схема и методика расчета крепи с использованием системы канонических уравнений метода сил, в которой учтен опыт предыдущих исследований в данной области. Определены рациональные параметры для поддержания горных выработок. Рассмотрены особенности работы механизированного комплекса на нарушенных участках угольных пластов.

Ключевые слова: зона повышенного горного давления, угольный пласт, целики, методика, рамно-анкерная крепь, анкер, канонические уравнения, очистной забой, нарушенный участок, химическое упрочнение, шпур, смола.

GEOTECHNICAL CONSIDERATIONS IN MINING INDUSTRY

Valiev N. G.¹, Vandyshev A. M.¹, Potapov V. Ya.¹, Potapov V. V.¹, Kornilkov M. V.¹,

¹ Ural State Mining University, 620144, Ekaterinburg, Russia.

The results of mine observations of the preparatory mine workings. Estimation of the influence of geological and mining factors on the sizes of the zones of increased rock pressure, depending on the width of the zone reference pressure to influence the formation. The studies of the strength properties of rocks at various depths. Set out a fundamentally new scheme and the method of calculating support using the system of canonical equations of the force method, which takes into account the experience of previous research in this area. Also defined rational parameters to maintain mine workings. The features of the operation of the mechanized complex, disturbed areas coal seams.

Key words: zone of high rock pressure coal seam, the pillars, technique, frame and anchor bolts, anchor, canonical equations, stope, disturbed area, chemical hardening, the hole pitch.