Обоснование типов и методов адаптации горно-технологической системы горного предприятия к изменяющимся условиям подземной разработки

Смирнов А. А.^{1*}, Никитин И. В.¹

¹ Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*e-mail: geotech910@yandex.ru

Реферат

Целью работы является исследование процесса адаптации горно-технологической системы горного предприятия к изменяющимся внешним и внутренним условиям подземной разработки глубокозалегающих месторождений. Под горно-технологической системой горного предприятия понимается совокупность взаимосвязанных технологических процессов и организационных мероприятий по добыче полезного ископаемого из недр и его последующего обогащения.

Методология исследований. В работе использован комплексный метод исследований, включающий анализ условий и обобщение опыта подземной разработки глубокозалегающих рудных и нерудных месторождений, систематизацию и оценку условий и факторов, влияющих на функционирование горно-технологической системы горного предприятия, установление типов и разработку методов адаптации на основе метода научной индукции.

Результаты. Выполнено обоснование типов (микро- и макроадаптация) и методов (резервирование или диверсификация продукции, регулирование или модернизация производства, организационные изменения или реструктуризация) адаптации горно-технологической системы горного предприятия к изменяющимся внешнеэкономическим (рыночным), природным (горно-геологическим), производственным (технологическим), социальным и экологическим условиям подземной разработки глубокозалегающих месторождений на основе учета и управления факторами, вызывающими переходные процессы.

Область применения результатов. Результаты исследования могут быть использованы при технико-экономическом обосновании и проектировании горно-технологических систем горных предприятий с подземным способом добычи руды (например, при освоении глубокозалегающих железорудных месторождений).

Ключевые слова: глубокозалегающее месторождение; подземная разработка; адаптация; переходный процесс; систематизация; экономическая устойчивость.

Введение. Интенсивная разработка приповерхностных запасов месторождений твердых полезных ископаемых привела к тому, что в настоящее время для поддержания необходимой производственной мощности горные предприятия вынуждены в нарастающем объеме вовлекать в эксплуатацию запасы, расположенные на значительной глубине [1, 2]. При этом применяемые способы и схемы вскрытия, конструкции и параметры систем разработки, типы технологического оборудования, схемы обогащения и режимы их функционирования не в полной мере соответствуют изменившимся горно-геологическим, горнотехническим, экономическим и экологическим условиям, а также требованиям безопасности и охраны недр [3–8].

В результате при освоении глубокозалегающих запасов месторождений возникает необходимость модернизации горно-технологической системы (ГТС) горного предприятия и корректировки параметров основных технологических процессов добычи и переработки руды [2]. А любые изменения в технологии, механизации, объеме или объекте добычи на действующих горных предприятиях

предполагают реализацию переходного процесса [9], который в свою очередь обуславливает адаптацию различных подсистем и элементов ГТС горного предприятия в результате влияния соответствующих условий и факторов.

Целью работы является исследование процесса адаптации ГТС горного предприятия к изменяющимся внешним и внутренним условиям подземной разработки глубокозалегающих месторождений.

Объектом исследований является горно-технологическая система горного предприятия с подземным способом разработки месторождений, представляющая собой совокупность разнородных, но взаимосвязанных технологических процессов и организационных мероприятий по добыче полезного ископаемого из недр и его последующего обогащения, объединенных единой целью получения конечного продукта (концентрата, агломерата и пр.).

Методология проведения исследований. В работе использован комплексный метод исследований, включающий анализ условий и обобщение опыта подземной разработки глубокозалегающих рудных и нерудных месторождений, систематизацию условий и факторов, влияющих на функционирование горно-технологической системы горного предприятия, установление типов и разработку методов адаптации на основе метода научной индукции.

Результаты исследований и их обсуждение. Развитие горных предприятий является важнейшим фактором экономического роста и национальной безопасности страны. При этом экономическая устойчивость отдельно взятого горного предприятия определяется его способностью сохранять стабильное состояние или возвращаться к нему в процессе осуществления своей производственно-хозяйственной деятельности при различных воздействиях факторов внешней и внутренней среды [10]. Механизмом обеспечения экономической устойчивости является непрерывная адаптация деятельности горного предприятия к изменяющимся условиям внутренней и внешней среды [11].

Понятие и типы адаптации горного предприятия. Предложено определение «адаптации горного предприятия» как преобразования структуры и параметров ГТС горного предприятия в соответствии с изменяющимися внешними и внутренними условиями с целью обеспечения его экономической устойчивости и необходимого уровня конкурентоспособности на рынке (выживание, стабильное состояние или устойчивое развитие). Выживание – выход предприятия из кризисного состояния и создание предпосылок для дальнейшей стабилизации при некоторых изменениях внешней среды. Стабильное состояние – динамическое равновесие, характеризующееся равенством разнонаправленных внешних и внутренних воздействий. Устойчивое развитие – сбалансированный рост долгосрочного характера, определяющий возможность достижения предприятием лидирующих позиций на рынке.

До определенной степени и соответствующего момента времени изменения не оказывают решающего влияния на стабильность предприятия, однако после достижения некоторой критической величины стабильность нарушается, а условием дальнейшего существования предприятия является переход на качественно новый уровень производства. Иными словами, адаптация предприятия к изменяющимся условиям имеет некоторые уровни, т. е. может отличаться задачами и масштабом организационно-технических и технологических мероприятий, направленных на сохранение или возврат к стабильному состоянию в случае его потери. В зависимости от задач и масштаба данных мероприятий выделены два типа адаптации.

Первый тип адаптации определен как микроадаптация, выражающаяся в незначительной корректировке деятельности предприятия, осуществляемая за счет

оперативного резерва трудовых, материальных и финансовых ресурсов. Величина резерва является относительно постоянной на длительный период времени и определяется практикой работы предприятия. Микроадаптационный режим предприятия является естественным и не вызывает переходных процессов. К микроадаптационным процессам можно отнести: перемещение в пространстве участка отработки (добычного блока) месторождения, требующее корректировки

Таблица 1. Систематизация условий и факторов, влияющих на функционирование ГТС горного предприятия

Table 1. Systematization of conditions and factors, affecting on the functioning of MTS mining enterprise

Условия	Факторы, вызывающие микроадаптацию	Факторы, вызывающие макроадаптацию
<i>Внешние факторы</i>		
Внешние экономические (рыночные)	Приемлемый уровень волатильности спроса и цены на продукцию предприятия; незначительное изменение требований к качеству продукции или ее ассортименту	Резкое снижение спроса и падение цены на продукцию предприятия; существенное изменение требований к качеству продукции или ее ассортименту; нестабильная кредитно-денежная политика государства
Природные (горно-геологические)	Изменчивость количества разведанных балансовых запасов полезного ископаемого в недрах; относительное постоянство условий залегания, морфологии рудных тел и содержания полезных компонентов; увеличение глубины разработки	Значительное сокращение разведанных балансовых запасов полезного ископаемого в недрах; усложнение условий залегания и морфологии рудных тел; повышение горного давления с глубиной разработки; резкое снижение содержания полезных компонентов
Экологические	Ухудшение экологических условий подземной разработки месторождения в пределах нормативных требований	Ужесточение требований экологической безопасности со стороны государства или общества
<i>Внутренние факторы</i>		
Производственные (технологические)	Частичное несоответствие системы разработки изменившимся горно-геологическим условиям; отставание вскрытия и подготовки запасов к выемке; повреждение или износ горной техники, оборудования, зданий и сооружений; частичное несоответствие схемы обогащения руды требованиям по объему или качеству продукции	Несоответствие системы разработки изменившимся горно-геологическим условиям; значительное сокращение вскрытых и подготовленных производственных площадей для добычи руды; моральное и физическое старение горной техники, оборудования, зданий и сооружений; несоответствие схемы обогащения руды требованиям по объему и качеству продукции
Социальные	Сокращение кадрового состава работников предприятия в рамках его оптимизации; обеспечение промышленной безопасности производства на приемлемом уровне	Несоответствие штата и квалификации работников предприятия необходимым требованиям; ужесточение требований промышленной безопасности и охраны труда

параметров системы разработки, заблаговременное вскрытие и подготовка запасов, плановый ремонт (при необходимости обновление) горной техники, оборудования, зданий и сооружений, текущая модернизация производственных процессов и внедрение инновационных разработок.

Второй тип адаптации определен как макроадаптация, выражающаяся в качественном изменении структуры производства вследствие утраты предприятием состояния стабильности. Условием дальнейшей работы предприятия является

переход на новый уровень производства в макроадаптационном режиме. К макроадаптационным процессам можно отнести: существенное снижение или увеличение производственной мощности рудника, переход от одной технологии добычи к другой (например, от систем разработки с обрушением к системам с закладкой), замена стационарного на самоходное технологическое оборудование, изменение вида внутришахтного транспорта, замена валовой добычи руд селективной или переход от добычи одного полезного компонента к извлечению нескольких полезных компонентов месторождения.

Таблица 2. Методы адаптации ГТС горного предприятия
Table 2. Methods of adaptation of MTS mining enterprise

Методы адаптации	Факторы	Мероприятия	Ресурсы
<i>Микроадаптация</i>			
Резервирование продукции	Внешние экономические (рыночные)	Формирование резервного запаса промежуточной и конечной продукции на складах предприятия	Резервные мощности предприятия
Регулирование производства	Природные (горно-геологические), производственные (технологические)	Корректировка параметров системы разработки и схем подготовки добычных блоков. Плановый ремонт или обновление единиц техники и оборудования	Оборотные финансовые средства и материальные резервы предприятия
Организационные изменения	Социально-экологические	Плановое обучение и переподготовка работников. Мониторинг состояния окружающей среды и систем безопасности и охраны труда	Оборотные финансовые средства предприятия
<i>Макроадаптация</i>			
Диверсификация продукции	Внешние экономические (рыночные)	Расширение ассортимента выпускаемой продукции и рынка потребителей	Инвестиции в оборотные средства
Модернизация (перестройка) производства	Природные (горно-геологические), производственные (технологические)	Модернизация технологии ведения горных работ. Реконструкция зданий и сооружений. Техническое перевооружение процессов добычи, транспортирования и обогащения руды	Инвестиции в основные фонды и оборотные средства предприятия
Организационная реструктуризация	Социально-экологические	Кардинальное изменение структуры предприятия в целях улучшения экологической обстановки и совершенствования систем безопасности и охраны труда	Инвестиции в основные фонды и оборотные средства предприятия

Признаки, характеризующие стабильное состояние горного предприятия. Выявлены наиболее значимые признаки, характеризующие стабильное состояние горного предприятия, под которым понимается такая его работа, при которой плавно и планомерно меняются его технико-экономические показатели (ТЭП) [12–14]:

– ритмичная работа с проектной производственной мощностью, т. е. производство постоянного объема конечного продукта с определенным качеством при условии наличия достаточного количества разведанных балансовых запасов полезного ископаемого в недрах и производственных площадей для добычи руды, постоянства морфологии рудных тел и содержания полезных компонентов в них, соответствия организации и технологии добычных работ и обогащательного производства особенностям эксплуатации месторождения;

– получение постоянного дохода, т. е. реализация определенного объема конечного продукта в условиях стабильного спроса и цены на него, что предполагает относительное постоянство капитальных вложений на поддержание производственной мощности и эксплуатационных затрат на его производство.

Систематизация условий и факторов, вызывающих переходные процессы. На основании анализа и обобщения опыта подземной разработки глубокозалегающих рудных и нерудных месторождений [1–9, 12] установлены и систематизированы основные условия и факторы, влияющие на функционирование ГТС горного предприятия и определяющие тип адаптации (табл. 1).

Общим признаком внешних факторов является их независимость от деятельности горного предприятия, внутренних факторов – возможность управления в процессе его деятельности. Независимость внешних факторов от деятельности горного предприятия достаточно условна, поскольку цена и объемы поставки продукции могут быть отрегулированы сменой потребителя, величина балансовых запасов и их качество корректируются за счет детальной эксплуатационной разведки и пересмотра кондиций, морфология рудных тел уточняется в процессе разработки месторождения, экологические условия во многом зависят от технологии добычи и требований со стороны государства или общества [15]. Изменение данных факторов при стабильной работе горного предприятия (при наличии маркетинговой стратегии, постоянной геологоразведке и регулярном мониторинге влияния горных работ на окружающую среду), как правило, достаточно предсказуемы на довольно длительный период.

Из табл. 1 видно, что внешние и внутренние факторы, характеризуются не только определенными количественными показателями, но и направлением, а тип адаптации ГТС горного предприятия обусловлен уровнем и скоростью изменения данных показателей.

Методы адаптации горного предприятия. На основании разработанной систематизации предложены методы адаптации ГТС горного предприятия в зависимости от типа адаптации и влияющих факторов, а также разработаны принципиальные мероприятия и определены требуемые ресурсы для их реализации (табл. 2).

Выводы. Основные результаты выполненных исследований:

– определены два типа адаптации ГТС горного предприятия (микро- и макроадаптация) к изменяющимся внешним и внутренним условиям подземной разработки глубокозалегающих месторождений, отличающиеся задачами и масштабом организационно-технических и технологических мероприятий, реализуемых с целью обеспечения его экономической устойчивости и необходимого уровня конкурентоспособности на рынке (выживание, стабильное состояние или устойчивое развитие);

– выявлены наиболее значимые признаки, характеризующие стабильное состояние горного предприятия (ритмичная работа с установленной производственной мощностью и получение постоянного дохода), и условия, при которых возможна стабильная его работа;

– установлены и систематизированы в пять групп (рыночные, природные, технологические, социальные, экологические) основные условия и факторы, влияющие на функционирование ГТС горного предприятия и определяющие тип адаптации;

– разработаны методы адаптации ГТС горного предприятия, учитывающие тип адаптации и группу влияющих факторов, предложены мероприятия и определены ресурсы для их реализации.

Статья подготовлена по результатам исследований по конкурсному проекту фундаментальных исследований УрО РАН (Проект 18-5-5-10).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубецкой К. Н., Чантурия В. А., Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В. Комплексное освоение месторождений и глубокая переработка минерального сырья. М.: Наука, 2010. 437 с.
2. Яковлев В. Л., Корнилов С. В. Методологические особенности освоения недр на современном этапе // Вестник УрО РАН. Наука. Общество. Человек. 2013. № 4. С. 43–49.
3. Соколов И. В., Антипин Ю. Г., Никитин И. В., Барановский К. В., Рожков А. А. Изыскание подземной геотехнологии при переходе к освоению глубокозалегающих запасов наклонного медно-колчеданного месторождения // Известия УГГУ. 2016. № 2 (42). С. 47–53.
4. Богуславский Э. И., Минаев Ю. Л., Минаев Д. Ю. Проектирование технологии разработки глубокозалегающих рудных месторождений // Записки горного института. 2007. Т. 172. С. 158–161.
5. Thyrbom L., Neander J., Hansen E., Landemas K. Future challenges of positioning in underground mines // IFAC-PapersOnLine. 2015. Vol. 48. No. 10. P. 222–226.
6. King B., Goycoolea M., Newman A. Optimizing the open pit-to-underground mining transition // European Journal of Operational Research. 2017. Vol. 257. No. 1. P. 297–309.
7. Epstein R., Goic M., Weintraub A., Catalan J., Santibanez P., et al. Optimizing long-term production plans in underground and open-pit copper mines // Operations Research. 2012. Vol. 60. No. 1. P. 4–17.
8. Sebutsoe T. C., Musingwini C. Characterizing a mining production system for decision-making purposes in a platinum mine // The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2017. Vol. 117. P. 199–206.
9. Яковлев В. Л., Соколов И. В., Саканцев Г. Г., Кравчук И. Л. Исследование переходных процессов при комбинированной разработке рудных месторождений // Горный журнал. 2017. № 7. С. 46–50.
10. Лоскутова О. В. Управление риском и экономической устойчивостью горных предприятий на основе теории нечетких множеств. М.: Недр Коммуникайшенс Лтд, 2004. 196 с.
11. Дорофеева В. В. Адаптация предприятий в конкурентной среде. Иркутск: БГУЭП, 2011. 107 с.
12. Соколов И. В., Антипин Ю. Г., Никитин И. В. Принципы формирования и критерий оценки геотехнологической стратегии освоения переходных зон рудных месторождений подземным способом // ГИАБ. 2017. № 9. С. 151–160.
13. Душин А. В., Такташкин Б. А. Экономическая оценка минерально-сырьевого потенциала твердых полезных ископаемых с учетом национального ресурсного режима // Экономика региона. 2013. № 1. С. 88–95.
14. Долгова И. В., Шкарпетина Е. В., Урумова Ф. М. Развитие горных регионов в программе импортозамещения // Известия УГГУ. 2018. № 3 (51). С. 150–154.
15. Medvedev A., Sokolov I., Gobov N., Smirnov A. Cleaner production in mining industry: a flowsheet for underground mining of iron ore deposit // 14th SGEM GeoConference on Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, SGEM2014 GeoConference Proceedings. 2014. Book 1. Vol. 3. P. 85–90.

Поступила в редакцию 17 мая 2019 года

Сведения об авторах:

Смирнов Алексей Алексеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории подземной геотехнологии Института горного дела УрО РАН. E-mail: geotech910@yandex.ru
Никитин Игорь Владимирович – научный сотрудник лаборатории подземной геотехнологии Института горного дела УрО РАН. E-mail: geotech910@yandex.ru

DOI: 10.21440/0536-1028-2019-6-14-20

Justifying the types and methods of adapting the mining technological system of a mining enterprise to changing conditions of underground mining

Aleksei A. Smirnov¹, Igor V. Nikitin¹

¹ Institute of Mining UB RAS, Ekaterinburg, Russia.

Abstract

Research aim is to study the process of adapting the mining and technological system of a mining enterprise to the changing external and internal conditions of deep-seated deposits underground mining. By the term mining and technological system of a mining enterprise we mean a set of interrelated technological processes and organizational solutions for mineral extraction from the subsoil and its further dressing.

Research methodology. The paper uses a complex method of research, which includes the analysis of conditions and generalization of the experience of underground mining of deep ore and non-metallic deposits, systematization and assessment of conditions and factors affecting the functioning of the mining and technological system of the mining enterprise, the establishment of types and development of adaptation methods based on the method of scientific induction.

Results. The substantiation of types (micro- and macroadaptation) and methods (reservation or diversification of production, regulation or modernization of production, organizational changes or restructuring) of adaptation of mining and technological system of the mining enterprise to the changing external economic (market), natural (mining and geological), production (technological), social and

environmental conditions of underground mining of deep-seated deposits on the basis of accounting and management of factors causing transition processes.

Results application area. The results can be used in the feasibility study and design of mining and technological systems of mining enterprises with underground method of ore mining (for example, in the mining of deep-seated iron ore deposits).

Key words: deep-seated deposit; underground mining; adaptation; transition process; systematization; economic stability.

Acknowledgements: The article has been prepared following the researches for the project 18-5-5-10 of UB RAS Program for basic research.

REFERENCES

1. Trubetskoi K. N., Chanturiia V. A., Kaplunov D. R., Rylnikova M. V. *Integrated development of deposits and deep mineral refining*. Moscow: Nauka Publishing; 2010. (In Russ.)
2. Iakovlev V. L., Kornilkov S. V. Methodological features of subsoil development at the modern stage. *Vestnik UrO RAN. Nauka. Obshchestvo. Chelovek = Bulletin of UB RAS. Science. Society. Man*. 2013; 4: 43–49. (In Russ.)
3. Sokolov I. V., Antipin Iu. G., Nikitin I. V., Baranovskii K. V., Rozhkov A. A. Survey on underground geotechnology during transition to the development of deep reserves of inclined copper pyrite deposits. *Izvestiya Uralskogo Gosudarstvennogo Gornogo Universiteta = News of the Ural State Mining University*. 2016; 2 (42): 47–53. (In Russ.)
4. Boguslavskii E. I., Minaev Iu. L., Minaev D. Iu. Deep ore deposits technology design. *Zapiski Gornogo instituta = Journal of Mining Institute*. 2007; 172: 158–161. (In Russ.)
5. Thrybom L., Neander J., Hansen E., Landemas K. Future challenges of positioning in underground mines. *IFAC-PapersOnLine*. 2015; 48 (10): 222–226.
6. King B., Goycoolea M., Newman A. Optimizing the open pit-to-underground mining transition. *European Journal of Operational Research*. 2017; 257 (1): 297–309.
7. Epstein R., Goic M., Weintraub A., Catalan J., Santibanez P., et al. Optimizing long-term production plans in underground and open-pit copper mines. *Operations Research*. 2012; 60 (1): 4–17.
8. Sebutsoe T. C., Musingwini C. Characterizing a mining production system for decision-making purposes in a platinum mine. *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. 2017; 117: 199–206.
9. Iakovlev V. L., Sokolov I. V., Sakantsev G. G., Kravchuk I. L. Transient studies under the integrated ore development. *Gornyi zhurnal = Mining Journal*. 2017; 7: 46–50. (In Russ.)
10. Loskutova O. V. *Managing the risks and economic stability of mining enterprises based on the fuzzy sets theory*. Moscow: Nedra Kommuniunikeishens Ltd Publishing; 2004. (In Russ.)
11. Dorofeeva V. V. *Enterprises adaptation in competitive environment*. Irkutsk: BGUEP Publishing; 2011. (In Russ.)
12. Sokolov I. V., Antipin Iu. G., Nikitin I. V. Basic principles and assessment criteria of technological strategy for underground mining in transition zones. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2017; 9: 151–160. (In Russ.)
13. Dushin A. V., Taktashkin B. A. Economic evaluation of mineral resources potential of solid minerals with a view to the national resource mode. *Ekonomika regiona = Economy of Region*. 2013; 1: 88–95. (In Russ.)
14. Dolgova I. V., Shkarpetina E. V., Urumova F. M. Development of mountain regions in the program of import substitution. *Izvestiya Uralskogo Gosudarstvennogo Gornogo Universiteta = News of the Ural State Mining University*. 2018; 3 (51): 150–154. (In Russ.)
15. Medvedev A., Sokolov I., Gobov N., Smirnov A. Cleaner production in mining industry: a flowsheet for underground mining of iron ore deposit. In: *14th SGEM GeoConference on Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, SGEM2014 GeoConference Proceedings*. 2014; 1 (3): 85–90.

Received 17 May 2019

Information about authors:

Aleksei A. Smirnov – PhD (Engineering), senior researcher of the Laboratory of Underground Geotechnology, Institute of Mining UB RAS. E-mail: geotech910@yandex.ru

Igor V. Nikitin – researcher of the Laboratory of Underground Geotechnology, Institute of Mining UB RAS. E-mail: geotech910@yandex.ru

Для цитирования: Смирнов А. А., Никитин И. В. Обоснование типов и методов адаптации горно-технологической системы горного предприятия к изменяющимся условиям подземной разработки // Известия вузов. Горный журнал. 2019. № 6. С. 14–20. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-6-14-20

For citation: Smirnov A. A., Nikitin I. V. Justifying the types and methods of adapting the mining technological system of a mining enterprise to changing conditions of underground mining. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2019; 6: 14–20 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2019-6-14-20