

УДК 622.272.06:622.34

**Соколов Игорь Владимирович**

доктор технических наук,  
заведующий лабораторией  
подземной геотехнологии,  
Институт горного дела УрО РАН,  
620075, г. Екатеринбург,  
ул. Мамина-Сибиряка, 58  
e-mail: [geotech@igduran.ru](mailto:geotech@igduran.ru)

**Смирнов Алексей Алексеевич**

кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник  
лаборатории подземной геотехнологии,  
Институт горного дела УрО РАН,  
e-mail: [geotech@igduran.ru](mailto:geotech@igduran.ru)

**Антипин Юрий Георгиевич**

кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник  
лаборатории подземной геотехнологии,  
Институт горного дела УрО РАН,  
e-mail: [geotech@igduran.ru](mailto:geotech@igduran.ru)

**Никитин Игорь Владимирович**

научный сотрудник  
лаборатории подземной геотехнологии,  
Институт горного дела УрО РАН,  
e-mail: [geotech@igduran.ru](mailto:geotech@igduran.ru)

**СИСТЕМАТИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ  
И ФАКТОРОВ, ВЫЗЫВАЮЩИХ  
ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ  
В ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
СИСТЕМЕ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ\***

*Аннотация:*

*Исследована горно-технологическая система горного предприятия с подземным способом добычи руды в переходный период. Методологией исследований является комплексный метод исследований, включающий анализ и систематизацию условий подземной разработки глубокозалегающих рудных месторождений в переходный период, синтез и конструирование технологических схем на основе комбинирования технологических процессов в переходный период, технико-экономическое сравнение вариантов подземной геотехнологии. Дано определение адаптации горного предприятия как преобразование структуры и параметров горно-технологической системы в соответствии с изменяющимися внутренними и внешними условиями с целью обеспечения необходимого уровня его конкурентоспособности на рынке. Выявлены два типа адаптации горно-технологической системы горного предприятия к изменяющимся условиям (микро- и макроадаптация), отличающиеся масштабом реализуемых мероприятий. Установлены и си-*

DOI: 10.25635/2313-1586.2019.03.077

**Sokolov Igor V.**

Doctor of Engineering,  
Head of the Laboratory  
of Underground Geotechnology,  
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,  
620075, Ekaterinburg,  
58 Mamina-Sibiryaka Str.  
e-mail: [geotech@igduran.ru](mailto:geotech@igduran.ru)

**Smirnov Alexey A.**

Candidate of Technical Sciences,  
Senior Researcher  
of the Laboratory of Underground Geotechnology,  
Institute of Mining, Ural Branch of RAS  
e-mail: [geotech@igduran.ru](mailto:geotech@igduran.ru)

**Antipin Yuriy G.**

Candidate of Technical Sciences,  
Senior Researcher  
of the Laboratory of Underground Geotechnology,  
Institute of Mining, Ural Branch of RAS  
e-mail: [geotech@igduran.ru](mailto:geotech@igduran.ru)

**Nikitin Igor V.**

Researcher  
of the Laboratory of Underground Geotechnology,  
Institute of Mining, Ural Branch of RAS  
e-mail: [geotech@igduran.ru](mailto:geotech@igduran.ru)

**SYSTEMATIZATION OF THE CONDITIONS  
AND FACTORS CAUSING TRANSITION  
PROCESSES IN THE MINING  
TECHNOLOGICAL SYSTEM  
OF MINING ENTERPRISE**

*Abstract:*

*The paper examines the mining and technological system of the mining enterprise with underground mining of ore in the transition period. The research methodology is a comprehensive research method, including analysis and systematization of the conditions of underground mining of deep ore deposits in the transition period, synthesis and design of technological schemes based on the combination of technological processes in the transition period, technical and economic comparison of options of the underground geotechnology. The authors give the definition of adaptation of a mining enterprise as the transformation of the structure and parameters of the mining technological system in accordance with the changing internal and external conditions in order of ensuring the desired level of its competitiveness in the market. They mention two types of adaptation of the mining technological system of a mining enterprise to the changing conditions (micro- and macro-adaptation), differing in the scale of the implemented measures. The work establishes and systematizes the basic conditions and*

\* Исследования выполнены в рамках государственного задания №075-00581-19-00, тема №0405-2019-0005

стематизированы основные условия и факторы, вызывающие переходные процессы и определяющие тип адаптации горно-технологической системы горного предприятия. Определены границы допустимых изменений основных факторов, вызывающих переходные процессы в режиме микроадаптации, и предложены принципиальные мероприятия по ее реализации. Установлена область применения результатов исследований – изыскание, технико-экономическое обоснование и проектирование горно-технологических систем горных предприятий с подземным способом добычи руды в переходный период.

*Ключевые слова:* глубокозалегающее месторождение, адаптация, горно-технологическая система, подземная геотехнология, систематизация, факторы, технико-экономические показатели

*the scale of the implemented measures. The work establishes and systematizes the basic conditions and factors causing transition processes and determining the type of adaptation of the mining technological system of mining enterprise. The article proposes the limits of the permissible changes in the basic factors causing the transition processes in the micro-adaptation mode and the principal measures for its implementation. It establishes the field of application of analysis results – research, feasibility study and designing of the mining technological systems for mining enterprises with underground mining of ore in the transition period.*

*Key words:* deep-seated deposit, adaptation, mining technological system, underground geotechnology, systematization, factors, technical and economic indicators

### *Введение*

Отработка приповерхностных запасов месторождений твердых полезных ископаемых привела к тому, что в настоящее время горные предприятия вынуждены вовлекать в эксплуатацию подземным способом глубокозалегающие запасы во все большем объеме. При этом применяемые на момент перехода схема вскрытия, конструкция и параметры системы разработки, технологическое оборудование и режим их функционирования не в полной мере соответствуют новым горно-геологическим и горнотехническим условиям, экономическим и экологическим требованиям [1 – 6].

При разработке глубокозалегающих рудных месторождений по мере нарастания горно-геологической и горнотехнической информации или изменения макроэкономических и экологических условий возникает необходимость модернизации горнотехнической и организационно-технологической систем горного предприятия (далее – горно-технологическая система (ГТС)) и корректировки параметров основных технологических процессов добычи [7]. А любое, даже незначительное изменение объекта и объема добычи, ее технологии и механизации на действующих горных предприятиях предполагает наличие переходного процесса. Вид переходного процесса обуславливает изменение разных подсистем и элементов ГТС под влиянием сложившихся на момент перехода условий и факторов [8, 9]. Поскольку состояние ГТС характеризуется определенным набором параметров и технико-экономических показателей (запасы в шаге от освоения месторождения, производственная мощность рудника, извлекаемая ценность, капитальные и эксплуатационные затраты и т.д.), то ее трансформацию в переходный период можно оценить через изменение параметров и показателей соответствующих подсистем и элементов [10].

Таким образом, установление, систематизация и оценка влияния основных факторов на показатели ГТС горного предприятия в зависимости от изменения условий подземной разработки глубокозалегающих рудных месторождений представляется весьма актуальной научно-технической задачей.

### *Теория и задачи исследований*

Подземная разработка месторождений твердых полезных ископаемых является непрерывным динамическим процессом строительства объектов подземной инфраструктуры и непосредственно добычи и переработки полезного ископаемого [10 – 12]. Особенностью этого процесса является постоянное изменение горно-геологических, горно-

технических, экономических и экологических условий и непрерывная оперативная адаптация деятельности предприятия к этим изменениям. До определенной степени и соответствующего момента времени процесс адаптации не оказывает решающего влияния на стабильность предприятия, однако после достижения некоторого критического значения величины этих изменений стабильность нарушается, и условием дальнейшей успешной работы является переход на новый уровень производства. Иными словами, способность оперативной адаптации конкретного предприятия к изменяющимся условиям имеет некоторый предел, после которого необходим качественный скачок, то есть такой масштаб адаптационных перемен, который приводит к необходимости реализации переходного процесса.

Первый тип адаптации определен как *микроадаптация*, осуществляемая за счет оперативного резерва ресурсов предприятия (финансовых, трудовых, материальных и т.д.), величина которых определяется практикой работы подземного рудника и относительно постоянна на длительный период времени. Микроадаптационный режим работы предприятия является естественным и не вызывает существенных затруднений. К микроадаптационным процессам можно отнести переход с одного участка отработки (добычного блока) месторождения к другому с соответствующей корректировкой параметров системы разработки, заблаговременное вскрытие и подготовка запасов, плановый ремонт (при необходимости обновление оборудования, зданий и сооружений), текущая модернизация производственных процессов и внедрение инноваций.

Второй тип адаптации определен как *макроадаптация*, выражающаяся в качественном изменении деятельности предприятия, когда один или несколько основных влияющих на производство факторов по своей величине или направленности превышает некоторый критический предел и стабильность предприятия нарушается. Условием дальнейшей работы предприятия является переход на качественно новый уровень производства в макроадаптационном режиме. К макроадаптационным (переходным) 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.

На основании вышесказанного конкретизированы задачи исследований как установление условий и оценка критических величин основных факторов, при которых стабильная работа горного предприятия становится невозможной и необходим переход на новый уровень производства.

#### *Результаты исследований и их обсуждение*

На основе анализа практики разработки рудных месторождений обобщены особенности горных предприятий с подземным способом добычи [13 – 16]:

- непрерывность процессов строительства объектов подземной инфраструктуры, необходимых для вскрытия и подготовки все новых запасов и поддержания установленной мощности производства;
- постоянная изменчивость горно-геологических, горнотехнических, экономических и экологических условий эксплуатации месторождения;
- наличие ряда взаимосвязанных производственных процессов добычи и переработки руды, объединенных единой целью получения конечного продукта (концентрат, агломерат и др.);
- значительная длительность производственных циклов и заметная инерционность производства;

- материальная природа входящих (оборудование, материалы и др.) и исходящих (промежуточный и конечный продукты) потоков производства;
- высокая энерго-, ресурсо- и трудоемкость работ, значительный уровень инновационной составляющей;
- использование машин и оборудования с высокой единичной мощностью и стоимостью;
- развитие горных предприятий является важнейшим фактором экономического роста и национальной безопасности страны.

Вследствие многообразия, разнородности и сложности взаимосвязанных производственных процессов получения конечного продукта горного производства, горное предприятие, в комплексе осуществляющее эти процессы, следует рассматривать как горнотехническую систему (ГТС).

Длительная экономическая стабильность горного предприятия неразрывно связана с непрерывным развитием (совершенствованием) производства, одним из основных признаков которого является постоянная адаптация к изменяющимся условиям внутренней и внешней среды [17].

Можно принять определение *адаптации горного предприятия как преобразование структуры и параметров ГТС в соответствии с изменяющимися внутренними и внешними условиями с целью обеспечения необходимого уровня его конкурентоспособности на рынке (выживание, обеспечение стабильного состояния или достижение устойчивого развития)*.

Основные признаки, характеризующие стабильное состояние горного предприятия, под которым понимается такая его работа, при которой плавно и планомерно меняются его технико-экономические показатели [9]:

- ритмичная работа с установленной производственной мощностью, т.е. производство и реализация постоянного количества конечного продукта с определенным качеством;
- получение постоянного дохода, что предполагает относительное постоянство эксплуатационных затрат на производство конечного продукта и капитальных вложений на поддержание производственной мощности.

Основными условиями стабильной работы предприятия являются:

- внешние экономические – стабильные спрос и цена на продукцию;
- природные – наличие достаточного количества разведанных балансовых запасов в недрах и производственных площадей для добычи руды, постоянство морфологии рудных тел и содержания полезных компонентов в них;
- производственные – соответствие организации и технологии производства (добычи и переработки руды) особенностям освоения месторождения;
- социально-экологические – обеспечение промышленной и экологической безопасности производства.

Анализ возможных состояний внешней среды (табл. 1 [18]) применительно к горным предприятиям позволяет утверждать, что супернеустойчивое состояние внешней среды возникает только при форс-мажорных обстоятельствах, носящих внезапный характер: существенных политических или социальных катаклизмах, природных катастрофах (например, землетрясениях, потопах), крупных техногенных авариях. В этом случае речь должна идти не об адаптации производства, а о страховании рисков. В остальных случаях вследствие инерционности производства как самого горного предприятия, так и смежных производств (поставщиков и потребителей) изменение факторов внешней среды с определенной вероятностью предсказуемы на достаточно длительный период, а значит, могут и должны быть учтены при разработке стратегии развития предприятия.

Таблица 1

## Виды состояний внешней среды

Состояние внешней среды	Характеристика
Супернеустойчивое	События неожиданные и совершенно новые. Будущее предсказуемо частично или непредсказуемо. Стремительные изменения требуют быстрой реакции со стороны предприятия и применения превентивных адаптационных мер.
Нестабильное	События неожиданные, но имеющие аналоги в прошлом. Предсказуемы серьезные проблемы и новые возможности. Быстрые изменения требуют активных адаптационных мер.
Благоприятное	События привычны, имеется опыт или аналоги в прошлом. Будущее предсказуемо путем экстраполяции. Темп изменений сравним с поведением предприятия в форме пассивной адаптации.
Устойчивое	События достаточно привычны. Будущее предсказуемо. Изменения происходят медленнее, чем реакция предприятия.

Таким образом, адаптация ГТС горного предприятия происходит в результате воздействия изменяющихся факторов внешней среды, хотя при этом, как правило, изменяется и его внутренняя структура.

Установлены основные факторы, характеризующие *внешние и внутренние условия* функционирования ГТС горного предприятия, непосредственно вызывающие переходные процессы:

Внешние факторы:

- внешние экономические (рыночные) факторы: *снижение спроса и падение цены* на продукцию предприятия, *изменение требований к качеству* продукции или ее ассортименту. В экономической теории выделяют два механизма адаптации предприятия к таким угрозам: пассивный и активный. Пассивный (защитный) механизм предполагает сокращение всех затрат, включая и инвестиционные, с целью максимального снижения себестоимости производимой продукции и часто сопровождается сокращением объемов производства. Активный механизм заключается во внедрении новых технологий, современного оборудования, диверсификацией производства, повышении качества продукции или получении новой продукции, снятии с производства нерентабельной продукции, совершенствовании организации труда. Те же механизмы присущи и горному предприятию;

- природные факторы: *уменьшение разведанных балансовых запасов* полезного ископаемого в недрах, *усложнение горно-геологических условий* залегания и *морфологии* рудных тел, *увеличение глубины разработки* и *повышение горного давления*, требующее существенного пересмотра конструктивных параметров систем разработки, *сокращение вскрытых и подготовленных производственных площадей* для добычи руды и *снижение содержания полезных компонентов* в балансовых запасах;

- экологические факторы: *ухудшение экологических условий* разработки месторождения, *ужесточение требований экологической безопасности* со стороны государства или общества.

Внутренние факторы:

- технологические (производственные) факторы: *постоянное перемещение объекта разработки* в пространстве, *несоответствие систем разработки* горно-геологическим условиям, *отставание вскрытия* и *подготовки запасов* к выемке, *физическое* и

моральное старение горной техники, оборудования, зданий и сооружений, несоответствие схем обогащения руды конъюнктурным требованиям по качеству продукции и эффективности производства;

- социальные факторы: несоответствие штата и квалификации работников предприятия необходимым требованиям, некомфортные условия труда и проживания работников, ужесточение требований промышленной безопасности и охраны труда.

Таблица 2

**Систематизация условий и факторов, обуславливающих тип адаптации ГТС горного предприятия**

Внешние экономические (рыночные)	Природные	Технологические (производственные)	Социально-экологические
<b>Условия и факторы, обуславливающие микроадаптацию</b>			
- приемлемые уровень спроса и цены на продукцию предприятия; - стабильная кредитно-денежная политика государства.	- наличие достаточного количества разведанных балансовых запасов полезного ископаемого; - относительное постоянство морфологии рудных тел и содержания полезных; - наличие вскрытых и подготовленных производственных площадей для добычи руды в необходимом объеме.	- соответствие систем разработки горно-геологическим условиям; - своевременное вскрытие и подготовка запасов к выемке; - наличие современной горной техники и оборудования в необходимом объеме; - эффективная схема обогащения руды.	- обеспечение промышленной и экологической безопасности производства на приемлемом уровне; - наличие штата работников соответствующей квалификации.
<b>Условия и факторы, обуславливающие макроадаптацию</b>			
- снижение спроса на продукцию предприятия; - падение цены на продукцию предприятия; - изменение требований к качеству продукции или ее ассортименту.	- резкое уменьшение разведанных балансовых запасов полезного ископаемого в недрах; - усложнение горно-геологических условий залегания и морфологии рудных тел; - увеличение глубины разработки и повышение горного давления; - сокращение вскрытых и подготовленных производственных площадей для добычи руды; - снижение содержания полезных компонентов в балансовых запасах.	- несоответствие систем разработки изменившимся горно-геологическим условиям; - отставание вскрытия и подготовки запасов к выемке; - физическое и моральное старение горной техники, оборудования, зданий и сооружений; - несоответствие схемы обогащения руды конъюнктурным требованиям по объему и качеству продукции.	- изменение экологических условий разработки месторождения; - ужесточение требований экологической и промышленной безопасности со стороны государства или общества; - несоответствие штата и квалификации работников необходимым требованиям.

Общим признаком внешних факторов является их независимость от деятельности горного предприятия, внутренних факторов – возможность управления в процессе его деятельности. Надо заметить, что независимость внешних факторов достаточно условна, поскольку цена и объемы поставки продукции могут быть отрегулированы сменой потребителя, величина балансовых запасов и их качество корректируются за счет текущей детальной и эксплуатационной разведки и пересмотра кондиций, морфология рудных тел уточняется в процессе разработки месторождения, экологические условия во многом

зависят от технологии добычи. 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.

Внешние и внутренние факторы характеризуются конкретными количественными показателями, уровень и скорость изменения которых обуславливает тип и интенсивность адаптации ГТС. Вследствие этого следует оценивать степень и тренд изменений количественных показателей факторов в определенный период времени.

В табл. 2 систематизированы основные условия и факторы, обуславливающие тип адаптации ГТС горного предприятия.

Микроадаптация ГТС к изменяющимся условиям в пространстве и времени чаще всего ограничивается переходом от отработки одного добычного блока к другому и регламентируется локальными проектами на отработку блоков и годовыми планами горных работ. Производственный цикл на отработку одного добычного блока, включая проходку подготовительно-нарезных выработок, массовую отбойку, выпуск и транспорт рудной массы, обычно не превышает 1-1,5 года. Исходя из этих соображений, определены пределы допустимых изменений основных факторов, не нарушающих стабильность работы предприятия, (режим микроадаптации ГТС), и представлены принципиальные мероприятия по ее реализации (табл. 3).

Таблица 3

**Пределы допустимых изменений факторов, вызывающих микроадаптацию ГТС, и мероприятия по ее реализации**

Факторы	Границы допустимого изменения факторов	Адаптационные мероприятия	Ресурсы
Внешние экономические (рыночные)	В пределах резервных возможностей предприятия.	Резервирование промежуточных и конечных продуктов производства на складах предприятия.	Оборотные и резервные финансовые средства предприятия.
Природные	В интервале колебаний, характерных для обрабатываемого участка месторождения, не ниже кондиционных.	Корректировка интенсивности подготовки к выемке запасов, технологических процессов и параметров системы разработки.	Резервные производственные мощности предприятия.
Технологические	В пределах технических возможностей производства, что не приводит к смене технологии горных работ или типов технологического оборудования.	Корректировка параметров системы разработки и схем подготовки блоков. Плановые ремонты и обновление единиц оборудования и техники.	Оборотные средства и материальные резервы предприятия.
Социальные	В рамках минимально необходимого кадрового состава и нормативных требований промышленной безопасности.	Плановое обучение и переподготовка работников. Совершенствование систем безопасности и охраны труда.	Оборотные средства и материальные резервы предприятия.
Экологические	В пределах нормативных требований экологической безопасности, характерных для обрабатываемого месторождения.	Мониторинг окружающей среды и корректировка стандартных технических и организационных решений.	Оборотные средства и материальные резервы предприятия.

При более значительном по величине или скачкообразном во времени изменении влияющих факторов адаптационные мероприятия реализуются в режиме макроадаптации. При этом необходимо кардинальное изменение параметров технологических процессов добычи и переработки руды, а иногда и всей ГТС горного предприятия. Для реализации таких мероприятий, как правило, необходимы дополнительные капитальные вложения (инвестиции) в основные фонды.

#### *Заключение*

В результате исследований получены следующие научные результаты:

1. Дано определение адаптации горного предприятия как преобразования структуры и параметров его ГТС в соответствии с изменяющимися внутренними и внешними условиями с целью обеспечения необходимого уровня его конкурентоспособности на рынке. Выявлены два типа адаптации ГТС: микро- и макроадаптация, отличающиеся масштабом реализуемых мероприятий.

2. Установлены и систематизированы в группы (рыночные, природные, технологические, социально-экологические) основные факторы, характеризующие внешние и внутренние условия функционирования ГТС и обуславливающие тип адаптации ГТС.

3. Определена допустимая степень изменения основных факторов, при которых стабильность работы предприятия не нарушается, а адаптация производства к постоянно изменяющимся факторам внешней среды происходит в режиме микроадаптации ГТС.

4. Установлено, что при существенном изменении основных факторов адаптация ГТС происходит в режиме макроадаптации, что вызывает необходимость реализации переходного процесса и, как правило, сопровождается значительным увеличением капитальных вложений.

#### **Литература**

1. Яковлев В.Л. Методологические особенности освоения недр на современном этапе / В.Л. Яковлев, С.В. Корнилов // Вестник УрО РАН. Наука. Общество. Человек. - 2013. - № 4. - С. 43 - 49.

2. Трубецкой К.Н. Природоподобные горные технологии – перспектива разрешения глобальных противоречий при освоении минеральных ресурсов литосферы / К.Н. Трубецкой, Ю.П. Галченко // Вестник РАН. - 2017. - Т. 87. - № 7. - С. 655 - 662.

3. Изыскание подземной геотехнологии при переходе к освоению глубокозалегающих запасов наклонного медноколчеданного месторождения / И.В. Соколов, Ю.Г. Антипин, И.В. Никитин, К.В. Барановский, А.А. Рожков // Известия УГГУ. - 2016. - № 2 (42). - С. 47 - 53.

4. Богуславский Э.И. Проектирование технологии разработки глубокозалегающих рудных месторождений / Э.И. Богуславский, Ю.Л. Минаев, Д.Ю. Минаев // Записки горного института. - 2007. - Т. 172. - С. 158 - 161.

5. Thrybom 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. 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.

7. Яковлев В.Л. Исследование переходных процессов - новый методологический подход к разработке и развитию инновационных технологий добычи и рудоподготовки минерального сырья при освоении глубокозалегающих сложноструктурных месторождений / В.Л. Яковлев // Проблемы недропользования. - 2017. - № 2. - С. 5 - 14. DOI:10.18454/2313-1586.2017.02.005

8. Исследование переходных процессов при комбинированной разработке рудных месторождений / В.Л. Яковлев, И.В. Соколов, Г.Г. Саканцев, И.Л. Кравчук // Горный журнал. - 2017. - №7. - С. 46 - 49.



9. Соколов И.В. Принципы формирования и критерий оценки геотехнологической стратегии освоения переходных зон рудных месторождений подземным способом / И.В. Соколов, Ю.Г. Антипин, И.В. Никитин // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2017. - № 9. - С. 151 - 160.
10. Волков Ю.В. Выбор систем подземной разработки рудных месторождений / Ю.В. Волков, И.В. Соколов, В.Д. Камаев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. - 124 с.
11. Соколов И.В. Повышение эффективности добычи кварца применением плоской системы рассредоточенных зарядов / И.В. Соколов, А.А. Смирнов, А.А. Рожков // Изв. вузов. Горный журнал. - 2018. - № 1. - С. 56 - 65.
12. Соколов И.В. Области эффективного применения перспективных способов и схем вскрытия подкарьерных запасов при комбинированной разработке кимберлитовых месторождений / И.В. Соколов, И.В. Никитин // Горный информационно-аналитический журнал. - 2018. - № 4. - С. 45 - 53.
13. Особенности подземной разработки Ветренского золоторудного месторождения / И.В. Соколов, А.А. Смирнов, Ю.Г. Антипин, К.В. Барановский, И.В. Никитин, А.А. Рожков, Ю.М. Соломеин, О.Ю. Дедов // Изв. вузов. Горный журнал. - 2018. - № 4. - С. 12 - 22.
14. Целесообразность подземной отработки малых кварцевых жил / И.В. Соколов, А.А. Смирнов, Ю.Г. Антипин, К.В. Барановский, И.В. Никитин, А.А. Рожков // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. - 2018. - Т. 16. - № 2. - С. 4 - 13.
15. Соломеин Ю.М. Комбинированная схема транспорта и доставки горной массы при разработке Ветренского месторождения / Ю.М. Соломеин, Ю.Г. Антипин // Проблемы недропользования. - 2018. - № 2. - С. 49 - 55. DOI: 10.25635/2313-1586.2018.02.049
16. Соколов И.В. Технические решения при отработке удаленных маломощных рудных тел / И.В. Соколов, К.В. Барановский, Н.В. Гобов // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: VII Междунар. науч.-техн. конф., г. Екатеринбург, 10-11 апреля 2018 г.: сборник докладов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. - С. 102 - 107.
17. Никитин И.В. Условия и факторы образования переходных процессов при подземной разработке рудных месторождений / И.В. Никитин // Междунар. научн.-практ. конф. «Уральская горная школа – регионам»: г. Екатеринбург, 3-12 апреля 2019 г.: сборник докладов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. - С. 358 - 359.
18. Дорофеева В.В. Адаптация предприятий в конкурентной среде / В.В. Дорофеева. – Иркутск: Изд-во БГ