

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе»

ДЕСЯТКИН Алексей Сергеевич

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОСВОЕНИЯ
КОМПЛЕКСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ
(на примере медно-порфировых месторождений России)

Специальность 5.3.2. – Региональная и отраслевая экономика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель – д.э.н., проф. Попов С.М.

Москва 2024 г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современная мировая экономика с высокой долей потребления природных ресурсов и объективным сокращением их легкодоступных источников формирует устойчивый рост спроса на цветные металлы. При этом развитие высокотехнологичных секторов промышленности требует применения все большего объема данных ресурсов, а сокращение сырьевой базы планеты неизменно приводит к росту цен на цветные металлы. Особое место среди них занимают медь, редкие и драгоценные металлы. Российская Федерация - одна из ведущих мировых стран в сфере металлургии, занимающая ведущие позиции по запасам ряда цветных металлов. Потребителями продукции горно-металлургического комплекса России являются как отечественные, так и зарубежные компании. Поэтому указанные тенденции открывают возможности по созданию конкурентных преимуществ для дальнейшего развития промышленных предприятий и национальной экономики России.

Основные подходы к развитию цветной металлургии отражены в федеральных нормативных правовых актах и отраслевых документах. Важнейшим из них является «Приказ Минпромторга России от 05.05.2014 № 839 «Об утверждении Стратегии развития черной металлургии России на 2014-2020 годы и на перспективу до 2030 Стратегии развития цветной металлургии на 2014-2020 годы и на перспективу до 2030 года». В настоящее время по поручению Президента РФ содержание данного документа обновляется для учета внешних факторов, с которыми в 2022 г. столкнулась Россия. В первую очередь, изменения в Стратегии должны снизить влияние ограничительных мер, препятствующих полноценной реализации конкурентных преимуществ на мировом сырьевом рынке и, в частности, цветных, драгоценных и редких металлов, и учесть новые приоритеты в последовательности разработки и направлений поставок данных ресурсов.

В настоящее время для этого созрели объективные предпосылки. Россия существенно повысила экономическую независимость и инвестиционную

привлекательность. По этой причине финансово-промышленным группам целесообразно и экономически выгодно вкладывать имеющиеся у них средства в разработку месторождений цветных металлов. Данная ситуация носит комплексный характер в сочетании со все более ограниченными возможностями добычи и переработки богатых руд, однако, имеются в достаточном количестве рудопроявления, которые в большинстве своем являются комплексными и имеют более низкое содержание полезных компонентов, что требует поиска эффективных методов полноты освоения извлекаемых ресурсов и их реализации.

Таким образом, при вовлечении в отработку новых полиметаллических месторождений горнодобывающие компании будут вынуждены пересматривать свои ресурсные, технологические, производственные и логистические возможности. При этом рост объемов производства, полноты извлечения полезных компонентов и комплексности их использования выгодны государству и недропользователям, поскольку при грамотном подходе это приносит дополнительный доход. Кроме того, спрос на продукцию данного сектора экономики на мировом рынке неуклонно растет. Следует подчеркнуть, что в современных условиях крайне важным является обстоятельство насыщения рынка меди, при котором важное значение приобретает комплексное освоение медно-порфировых месторождений. Однако для решения данных конкретных задач в условиях высокой неопределенности и волатильности мировой экономики необходимо создать единый методический подход к экономическому обоснованию эффективности освоения комплексных месторождений цветных металлов. Он должен учитывать объем привлекаемых инвестиций, срок их окупаемости и доходность данных вложений. Кроме того, данный подход должен включать в себя обоснование не только рациональности, но и последовательности освоения месторождений цветных металлов.

В соответствии с изложенным, разработка методических основ по экономическому обоснованию освоения комплексных месторождений цветных металлов является актуальной научной задачей.

Методологическую и методическую основу работы составляют: нормативные правовые акты РФ, определяющие стратегию экономического развития государства, отраслевые методики по оценке экономической эффективности разработки месторождений руд цветных металлов, методы экономического обоснования освоения месторождений комплексных руд цветных металлов, статистические методы обобщения, систематизации, группировки и сводки данных. На первом этапе при расчёте количественных и статистических характеристик массивов данных методическую базу работы составляют методы математического анализа, методы эконометрики для построения уравнений трендов цен на цветные металлы, объёмов их потребления и прогнозирования на этой основе перспектив разработки комплексных месторождений. На этапе углублённого анализа используются методы экономико-математического моделирования для построения алгоритма разработки месторождений в России с учётом разведанных запасов, рыночной конъюнктуры, реальных возможностей добывающей организации по извлечению и сбыту сырья, методы оптимизации - при выстраивании последовательности освоения месторождений и соответствующих логистических цепочек с целью максимизации результатов производства к затратам и минимизации времени на реализацию проекта, а также экологического вреда. При этом все производимые операции и вычислительные процедуры осуществляются на основе системного подхода.

Степень научной разработанности темы. Анализ освоения рудных (в том числе и медно-порфировых) месторождений, определяющему особенности их строения и распространения, посвящено множество научных работ российских ученых А.Д. Архангельского, И.Ф. Григорьева, В.В. Дьяконова, Е.Е. Захарова, В.С. Звездова, Н.В. Коломенского, В.К. Котульского, В.М. Крейтера, А.И. Кривцова, Ю.А. Кузнецова, Н.В.

Мельникова, В.И. Смирнова, а также западных ученых Дж. Гриффитса, К. Гудвина, Д. Сингера, Р. Силлитое и др.

Теоретические и методологические основы экономики и управления горными и геологоразведочными предприятиями, совершенствование методологии комплексного недропользования исследуются в работах таких ученых, как: А.С. Астахов, М.И. Агошков, Е.Л. Гольдман, Д.Р. Каплунов, К.Н. Костромитинов, Е.А. Козловский, Ю.Н. Малышев, А.В. Мясков, И.В. Петров, С.М. Попов, В.В. Ржевский, К.Н. Трубецкой, В.А. Харченко, Л.Д. Шевяков и др.

Область исследования. Диссертационная работа выполнена в соответствии с пунктами паспорта специальности 5.3.2. – Региональная и отраслевая экономика (п. 2.3. – Ресурсная база промышленного развития, 2.11 – Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий).

Информационную базу работы составляют статистические данные Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Минпромторг), Министерства транспорта РФ (Минтранс), Федеральной службы государственной статистики (Росстат), Федеральная таможенная служба РФ (ФТС РФ), биржевые котировки стоимости цветных и драгоценных металлов.

Цель работы заключается в экономическом обосновании эффективного вовлечения в хозяйственную деятельность России комплексных месторождений цветных металлов с учетом приоритетов в последовательности разработки руд, полноте извлечения и направлений поставок содержащихся в них компонентов в условиях высокой неопределенности и волатильности мировой экономики.

Идея исследования заключается в разработке нового методического подхода к оценке эффективности освоения комплексных месторождений цветных металлов, базирующегося, с одной стороны - на учете особенностей функционирования приоритетных сегментов рынка для сбыта основных

компонентов, производимых из комплексных руд, включая оценку вероятности успешности их продаж, а с другой стороны - на учете совместного влияния выявленных факторов на эффективность использования производственно-территориальной инфраструктуры месторождений при соблюдении интересов всех участников этой сферы хозяйственной деятельности.

Объектом исследования являются экономические процессы и экономические отношения, связанные с освоением комплексных месторождений цветных металлов России в условиях неоднородности развития спроса на компоненты разрабатываемых руд и существенных различий в природно-производственных условиях месторождений.

Предметом исследования являются возможности развития экономического потенциала предприятий, участвующих в освоении комплексных месторождений цветных металлов. Базой данного подхода являются тренды цен на продукцию, объёмы её потребления, затраты, а также логистические цепочки, что позволяет разработать алгоритм и последовательность освоения месторождений, обосновать эффективность их освоения с учетом рыночной конъюнктуры и потребностей отрасли.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. При разработке решений по устойчивому развитию добычи из комплексных месторождений цветных металлов и последовательности включения получаемой продукции в хозяйственный оборот необходимо опираться на разработанный методический подход по экономической оценке эффективности вариантов освоения таких месторождений с учетом тенденций рыночного спроса на каждый содержащиеся в них ценный компонент, возможностей производственной инфраструктуры, соблюдения интересов государства и недропользователей.

2. Величину дохода, который может быть получен при освоении комплексных месторождений цветных металлов, целесообразно определять с использованием разработанной процедуры формирования показателей оценки

объемов производимого металла, которые могут быть реализованы в выявленных типовых структурах и сегментах рынка с учетом его волатильности и неопределенности.

3. Оценку вариантов реализации проектов и пересмотр принятых ранее решений по освоению перспективных комплексных месторождений цветных металлов целесообразно производить на базе предложенного алгоритма, включающего экономико-математическую модель с целевой функцией максимизации рентабельности производственно-хозяйственной деятельности горно-добывающих предприятий, которая может быть достигнута в процессе освоении таких месторождений, при условии соблюдения приоритетов и последовательности их разработки с учетом принятых ограничений.

Новизна исследования заключается в создании нового методического подхода к оценке экономической эффективности освоения комплексных месторождений цветных металлов и обоснованию порядка их отработки, включающего:

- формирование алгоритма проведения экономического обоснования последовательности освоения комплексных месторождений цветных металлов;
- выявление типовых структур и приоритетных сегментов рынка для каждого из металла, который может быть произведен при освоении комплексных месторождений цветных металлов;
- разработке показателей оценки дохода, который может быть получен в различных сегментах рынка цветных металлов;
- комплексную оценку влияния факторов производственной и территориальной инфраструктуры на эффективность освоения комплексных месторождений цветных металлов;
- экономико-математическую модель оценки эффективности вариантов освоения комплексных месторождений цветных металлов;

- алгоритм принятия решений о целесообразности и последовательности освоения комплексных месторождений цветных металлов.

Обоснованность научных положений, результатов и выводов подтверждается анализом возможности реализации цветных металлов на отечественном и зарубежных рынках, применением данных обоснованных прогнозов по объемам производства и потребления продукции исследуемых месторождений цветных металлов, использованием достаточного объема статистической информации предприятий, применением методов статистики, эконометрики, факторного и логического анализа, экономико-математического моделирования.

Научное значение исследования заключается в разработке методического подхода к оценке экономической эффективности освоения комплексных месторождений цветных металлов, основанной на использовании инструментов определения доходов в приоритетных сегментах рынка цветных металлов с учетом вероятности реализации в них продукции, экономико-математической модели оценки эффективности производства цветных металлов с учетом интегрального показателя, учитывающего влияние факторов внутренней и внешней среды на условиях освоения месторождений, формировании рейтинга приоритетности отработки месторождений.

Практическое значение работы заключается в создании экономического механизма по обоснованию целесообразности и последовательности освоения комплексных месторождений цветных металлов, определяющего инвестиционную привлекательность перспективных месторождений и меры реализации конкурентных преимуществ данного производства на мировом рынке цветных, драгоценных и редких металлов.

Выводы и рекомендации работы переданы АО "СНИИГГИМС" для оценки приоритетности освоения медно-порфировых месторождений России.

Апробация работы. Основные результаты и разработанные положения докладывались и обсуждались на научном семинаре кафедры «Экономика минерально-сырьевого комплекса» Московского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе (2020-2024гг.); на международных научных конференциях «Молодые – Научкам о Земле» (МГРИ 2019-2024гг)

Публикации. Основные результаты исследований изложены в 10 опубликованных работах, из них 5 в изданиях рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, содержит 27 рисунков, 29 таблиц и список использованной литературы из 108 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во всем мире проявляется тенденция к исчерпанию богатых и легкообогатимых запасов руд цветных металлов, вместо которых вводятся в эксплуатацию месторождения относительно бедных и труднообогатимых руд, которые в большинстве своем являются комплексными.

Комплексные месторождения цветных металлов представляют собой крупнообъемные природные образования, вмещающие рудные тела различного минерального состава с двумя или более рентабельно добываемыми полезными компонентами. Среди таких месторождений наибольший интерес представляют медьсодержащие руды, разработка которых ранее считалась экономически нерентабельной, но в настоящее время становятся все более актуальной. Например, в медно-порфировых месторождениях при сравнительно низких содержаниях меди (около 0,5%) попутно добываются золото, молибден, серебро, рений и другие полезные компоненты.

Долгое время медно-порфировые месторождения России, обладающие незначительными содержаниями меди и попутных элементов при огромных запасах, были слабо востребованы вследствие достаточности объемов добычи

из Норильской группы месторождений и отсутствия эффективного обогащения. Состояние современного рынка цветных металлов позволяет утверждать, что медь относится к наиболее активно используемым металлам и имеет очень широкий спектр потребления. По оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), мировой спрос на данный металл может удвоиться в течение следующих 20 лет.

Это требует поиска экономически предпочтительных методов освоения комплексных месторождений цветных металлов с более полной степенью их использования в условиях высокой неопределенности и волатильности мирового рынка. Однако вопросам, связанным с установлением сравнительной оценки доходности от включения перспективных комплексных месторождений цветных металлов в хозяйственную деятельность регионов с учетом тенденций развития определенных сегментов мирового рынка, исходя из интересов государства, уделено недостаточно внимания.

Поэтому необходимо провести исследования по научному обоснованию и разработке экономического механизма оценки целесообразности освоения комплексных месторождений цветных металлов и обоснования последовательности включения их хозяйственную деятельность страны.

Для достижения поставленной цели были обоснованы и решены следующие задачи:

1. Анализ роли комплексных месторождений в производстве цветных металлов для внутренних и внешних рынков. Исследование факторов, влияющих на экономическую эффективность освоения комплексных медно-порфировых месторождений.

2. Разработка методических основ формирования механизма экономической оценки освоения комплексных месторождений цветных металлов.

3. Выявление приоритетных сегментов рынка для сбыта продукции из осваиваемых комплексных месторождений цветных металлов.

4. Обоснование выбора и оценка факторов, влияющих на эффективность освоения комплексных месторождений цветных металлов (на примере медно-порфировых месторождений).

5. Формирование инструментов (показателей) экономической оценки освоения комплексных месторождений цветных металлов

6. Разработка экономико-математической модели (ЭММ) оценки эффективности вариантов освоения комплексных месторождений цветных металлов

7. Формирование алгоритма реализации экономических инструментов принятия решений по освоению комплексных месторождений цветных металлов.

8. Апробация результатов исследований.

Анализ реализации цветных металлов на отечественном и зарубежных рынках, состояния причинно-следственных взаимосвязей, определяющих формирование характерных особенностей в развитии рынков спроса/предложения цветных металлов, применения обоснованных прогнозов по объемам производства и потребления продукции исследуемых комплексных месторождений показал, что в настоящее время созрели объективные предпосылки для разработки новых рациональных подходов к увеличению объемов добычи и переработки комплексных руд цветных металлов, а также полноте извлечения ценных компонентов, что является основой инвестиционной привлекательности освоения перспективных месторождений.

Приведенные выше цель и задачи исследования положены в основу формирования методического подхода к экономической оценке вариантов рационального освоения комплексных месторождений цветных металлов, рисунок 1.

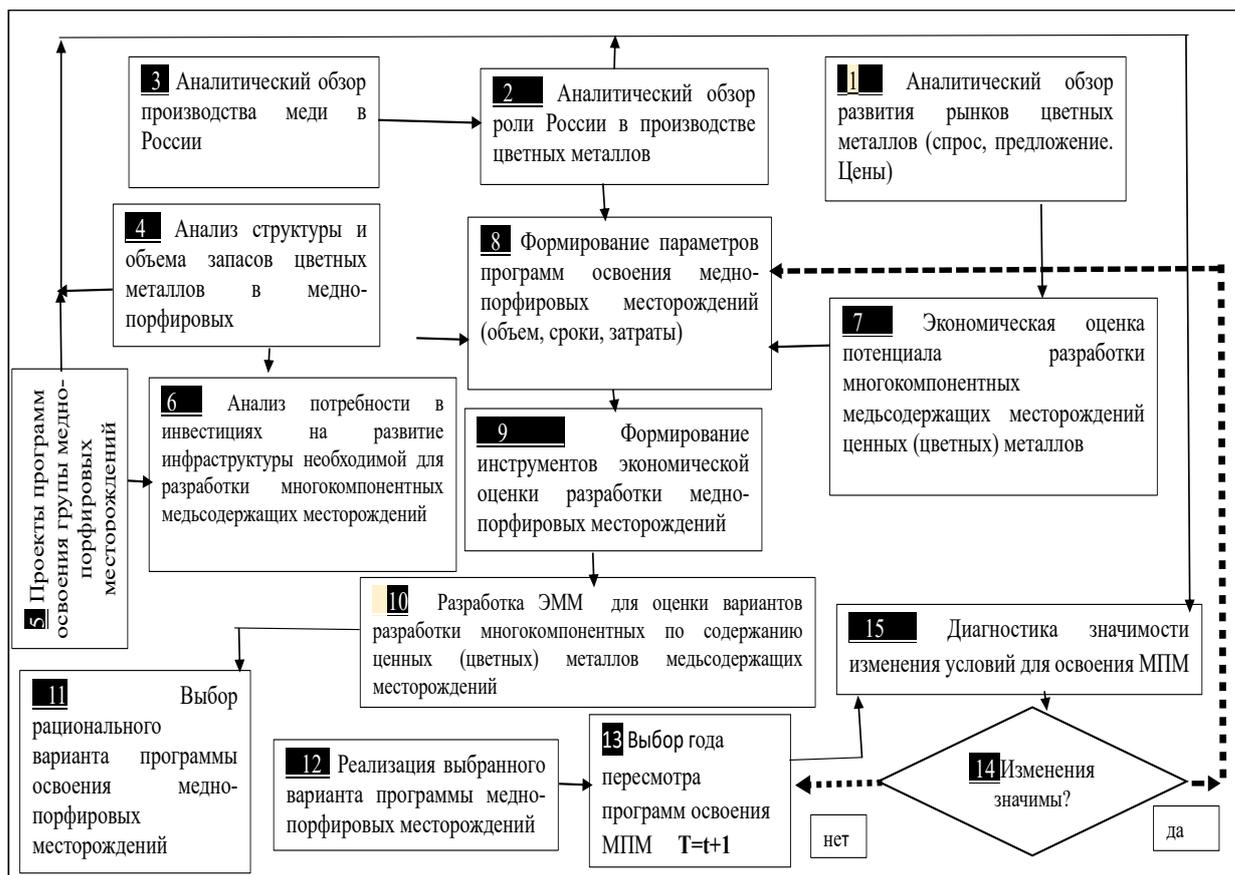


Рисунок 1 - Методические основы экономической оценки рационального освоения комплексных месторождений цветных металлов

В соответствии с сформированными основами проведения экономической оценки вариантов освоения комплексных месторождений цветных металлов предполагается выполнение таких основных этапов, как: анализ природно-производственного потенциала комплексных месторождений цветных металлов; анализ тенденций развития рынков цветных металлов; выявление базовой структуры и основных сегментов рынка сбыта цветных металлов, оценка степени их предпочтительности; формирование вариантов освоения месторождений; обоснование экономических показателей эффективности освоения месторождений; формирование ЭММ и алгоритма оценки и переоценки предпочтительных вариантов освоения комплексных месторождений цветных металлов.

В соответствии с вышеизложенным сформировано 1 научное положение.

При разработке решений по устойчивому развитию добычи из комплексных месторождений цветных металлов и последовательности включения получаемой продукции в хозяйственный оборот необходимо опираться на разработанный методический подход по экономической оценке эффективности вариантов освоения таких месторождений с учетом тенденций рыночного спроса на каждый содержащиеся в них ценный компонент, возможностей производственной инфраструктуры, соблюдения интересов государства и недропользователей.

В соответствии с разработанным подходом к экономической оценке рационального освоения комплексных месторождений цветных металлов установлено, что необходимо рассматривать три базисных состояния структуры рынка:

«а1» - уменьшающийся (характеризуется снижением спроса);

«а2» - стабильный (характеризуется неизменностью спроса);

«а3» - растущий (характеризуется ростом спроса).

В этой связи, особый интерес представляет развивающийся (растущий) рынок, структура - «а3», т.к. в рамках растущего рынка новые (дополнительные) поставки комплекса ценных компонентов из осваиваемых месторождений цветных металлов более предпочтительны.

После того, как определена общая структура рынка необходимо детализировать основные особенности формирования приоритетных сегментов, включая вопросы установления их масштабности и продолжительности функционирования.

Для проведения таких исследований в качестве индикаторов, характеризующих отличительные особенности приоритетных сегментов растущего рынка цветных металлов, в работе были приняты возможные соотношения развития спроса и предложения, признак «б»:

«б1» - характеризующийся превышением прироста объема спроса над приростом объемов предложения;

«б2» - характеризующийся соразмерностью прироста объема спроса над приростом объемов предложения;

«б3» - характеризующийся превышением прироста объемов предложения над приростом объемов спроса.

В результате сравнения рассмотренных выше признаков и различных вариантов их реализации сформированы возможные сочетания сегментов рынка реализации цветных металлов, на которых могут размещаться ценные компоненты, производимые при освоении комплексных месторождений цветных металлов, таблица 1.

Таблица 1

Возможные сегменты рынка сбыта цветных металлов при освоении комплексных месторождений цветных металлов

Индекс сегмента рынка	Признаки, характеризующие состояние структуры рынка сбыта цветных металлов				
	a1 - уменьшающийся	a2 - стабильный	a3 - растущий		
			Признаки, характеризующие сегменты роста рынка		
			б1 - опережающего роста $\Delta Q^{спр} > \Delta Q^{пр}$	б2 - сбалансированного роста $\Delta Q^{спр} = \Delta Q^{пр}$	б3 - снижающегося роста $\Delta Q^{спр} < \Delta Q^{пр}$
W ₁			+		
W ₂		+	+		
W ₃			+	+	
W ₄		+	+	+	
W ₅				+	
W ₆		+		+	
W ₇					+
W ₈		+			+
W ₉		+			
W ₁₀	+				

В соответствии с приведенными выше методическим подходом при оценке эффективности освоения новых комплексных месторождений цветных металлов представляется целесообразным провести экспертную оценку уровня приоритетности реализации (вероятности успеха продажи новых объемов цветных металлов по среднерыночным ценам) произведенной продукции в установленных выше базовых структурах и основных сегментах рынка цветных металлов.

С этой целью в работе была разработана процедура экспертной оценки уровня предпочтительности производства различных металлов из многокомпонентных руд, добываемых, например, из медно-порфировых месторождений, и их реализации для выявленных состояний структуры и сегментов растущего рынка по среднерыночным ценам. Для проведения экспертных оценок была сформирована группа из 10 специалистов (экономистов, менеджеров) в области анализа факторов, влияющих на формирование трендов развития цен на рынках цветных металлов. Перед ними была поставлена задача оценить возможности реализации производимых металлов в различных сегментах рынка по среднерыночным ценам на медь, золото, серебро, молибден и рений.

Оценка проводилась исходя из следующих условий:

при + 20 баллах – как наиболее вероятная;

при -20 баллах – как наименее вероятная.

Для определения степени предпочтительности рассматриваемых сегментов рынка для реализации цветных металлов, производимых при освоении новых комплексных месторождений цветных металлов, был предложен показатель коррекции вероятности реализации ценных компонентов по среднерыночным ценам на цветные металлы в различных сегментах рынка;

$$K_{\square}^{\text{пр}} = 1 + \frac{\sum_v^{10} f_v^{\square}}{V100}, \quad (1)$$

где $K^{\text{пр}}$ - показатель приоритетности сегмента рынка для реализации на нем ценных компонентов, производимых при освоении новых комплексных месторождений цветных металлов, доли ед.; v – индекс (номер) эксперта; f – значение экспертной оценки, баллы; V – количество экспертов; 100 – коэффициент соразмерности значений.

Приведенный показатель позволяет оценить размер возможной коррекции среднерыночных цен на цветные металлы в приоритетных сегментах рынка цветных металлов, зависящих от прироста объемов

поставляемых компонентов руды при освоении перспективных комплексных месторождений цветных металлов.

Результаты полученных оценок экспертного опроса представлены в таблице 2.

Таблица 2

Оценка уровня приоритетности сегментов рынка («К^{np}») при реализации ценных компонентов, полученных при освоении новых комплексных месторождений цветных металлов (на примере освоения медно-порфировых месторождений)

Виды цен-ных компонентов, поставляемых из медно-пор-финовых месторож-дений	Оценка уровня приоритетности сегментов рынка для размещения продукции, произведенной при освоении новых месторождений				
	К ^{np1}	К ^{np2}	К ^{np3}	К ^{np4}	К ^{np5}
	Структура рынка цветных металлов				
	уменьшаю-щийся,	стабиль-ный,	растущий		
основные сегменты растущего рынка					
опережающий			сбаланси-рованный	Снижающи-йся	
Медь	0,84	0,92	1,2	1,1	1,05
Золото	0,82	0,92	1,1	1,05	1,0
Серебро	0,89	0,95	1,1	1,06	1,0
Молибден	0,9	0,96	1,1	1,04	1,0
Рений	0,9	0,95	1,1	1,03	0,98

Полученные направления предпочтительности реализации ценных видов продукции по среднерыночным ценам позволяют в дальнейшем учитывать вероятность реализации каждого компонента на основных сегментах рынка и выбрать приоритетные из них при оценке общей величины доходов, которые могут быть получены при освоении новых комплексных месторождений цветных металлов (в рассматриваемом случае - медно-порфировых месторождений):

$$P_{iz}^{\square} = \frac{K_{iz}^{np}}{K_{\max iz}^{np}}, \quad (2)$$

В соответствии с выявленными основными сегментами рынка цветных металлов «W» и показателями экспертной оценки степени их приоритетности при реализации продукции сформируем показатели, характеризующие

предпочтительные объемы производства цветных металлов, которые на них могут быть реализованы:

$$\text{Для «W}_1\text{»} - Q_{i(w1)}^{\text{доб}} = \int_{t_n}^{t_k} q_{ti}^{\text{доб}} dt P_3^z, \quad (3)$$

$$\text{Для «W}_2\text{»} - Q_{i(w2)}^{\text{доб}} = \left\{ \int_{t_n}^{t_k} q_{ti}^{\text{доб}} dt - \left(\int_{t_n(y3)}^{t_k(y3)} (q_{ti}^{\text{сп}} - q_{ti}^{\text{пр}}) dt \right) \right\} P_2^z + \left(\int_{t_n(y3)}^{t_k(y3)} (q_{ti}^{\text{сп}} - q_{ti}^{\text{пр}}) dt \right) P_3^z, \quad (4)$$

$$\text{Для «W}_3\text{»} - Q_{i(w3)}^{\text{доб}} = \left(\int_{t_n(y3)}^{t_k(y3)} (q_{ti}^{\text{сп}} - q_{ti}^{\text{пр}}) dt \right) P_3^z + \int_{t_n(y4)}^{t_k(y4)} q_{ti}^{\text{сп/пр}} dt P_4^z, \quad (5)$$

$$\text{Для «W}_4\text{»} - Q_{i(w4)}^{\text{доб}} = \left(\int_{t_1}^{t_2} (q_{ti}^{\text{сп}} - q_{ti}^{\text{пр}}) dt \right) P_3^z + \int_{t_n(y4)}^{t_k(y4)} q_{ti}^{\text{сп/пр}} dt P_4^z + \int_{t_n(y2)}^{t_k(y2)} q_{ti}^{\text{доб}} dt P_2^z, \quad (6)$$

$$\text{Для типа «W}_5\text{»} - Q_{i(w5)}^{\text{доб}} = \int_{t_n(y4)}^{t_k(y4)} q_{ti}^{\text{доб}} dt P_4^z, \quad (7)$$

$$\text{Для «W}_6\text{»} - Q_{i(w6)}^{\text{доб}} = \left\{ \int_{t_n(y2)}^{t_k(y2)} q_{ti}^{\text{доб}} dt \right\} P_2^z + \left(\int_{t_n(y5)}^{t_k(y5)} q_{ti}^{\text{сп}} dt \right) P_4^z, \quad (8)$$

$$\text{Для «W}_7\text{»} - Q_{i(w7)}^{\text{доб}} = \int_{t_n(y5)}^{t_k(y5)} q_{ti}^{\text{доб}} dt P_5^z, \quad (9)$$

$$\text{Для «W}_8\text{»} - Q_{i(w8)}^{\text{доб}} = \left\{ \int_{t_n(y2)}^{t_k(y2)} q_{ti}^{\text{доб}} dt \right\} P_2^z + \left(\int_{t_n(y5)}^{t_k(y5)} (q_{ti}^{\text{сп}} - q_{ti}^{\text{пр}}) dt \right) P_5^z, \quad (10)$$

$$\text{Для «W}_9\text{»} - Q_{i(w9)}^{\text{доб}} = \int_{t_n(y2)}^{t_k(y2)} q_{ti}^{\text{доб}} dt P_2^z, \quad (11)$$

$$\text{Для «W}_{10}\text{»} - Q_{i(w10)}^{\text{доб}} = \int_{t_n(y1)}^{t_k(y1)} q_{ti}^{\text{доб}} dt P_1^z, \quad (12)$$

Исходя из вышеизложенного, может быть сформирован показатель оценки величины дохода, который может быть получен при освоении комплексного месторождения цветных металлов при условии успешной реализации продукции:

$$D_{mk}^z = \sum_i^z \sum_t^z Q_{iwtk}^{\text{доб}} \Pi_{tw} \frac{1}{(1+e)^t}, \quad (13)$$

При разработке и обосновании показателей были использованы следующие обозначения:

P_{iz} – вероятность реализации i -го металла по среднерыночным ценам при освоении новых медно-порфировых месторождений в z -ом сегменте рынка, доли ед.; $K_{iz}^{\text{пр}}$ – коэффициент предпочтительности z -го сегмента рынка i -го металла, доли ед.; $K_{\text{maxz}}^{\text{пр}}$ – наиболее возможный коэффициент предпочтительности реализации i -го металла, доли ед., q – годовой объем добычи цветного металла, t ; d – шаг интегрирования объемов добычи цветного металла; где z – сегмент рынка, P_z – вероятность успешной реализации

полезных компонентов на рынках цветных металлов, доли единицы, D_{mk}^{\square} - величина дохода, который может быть получен при освоении комплексного месторождения цветных металлов, руб., m – номер комплексного месторождения цветных металлов, k - номер варианта освоения комплексного месторождения цветных металлов, C_{iz}^{\square} - рыночная цена i -го цветного металла, руб./т, e – средняя ставка кредитов коммерческих банков, доли единицы.

В соответствии с вышеизложенным сформировано 2 научное положение.

Величину дохода, который может быть получен при освоении комплексных месторождений цветных металлов, целесообразно определять с использованием разработанной процедуры формирования показателей оценки объемов производимого металла, которые могут быть реализованы на выявленных типовых структурах и сегментах рынка с учетом его волатильности и неопределенности.

Для реализации учета всех значимых факторов и условий, влияющих на эффективность освоения комплексных месторождений цветных металлов, разработан нижеприведенный инструментарий факторного анализа, позволяющий производить оценку возможного влияния регионального природно-ресурсного потенциала на эффективность производства цветных металлов. Установление степени воздействия данных факторов на экономическую эффективность освоения комплексных месторождений цветных металлов выполнено на основе экспертных оценок при участии экспертов – специалистов по строительству и эксплуатации горнорудных предприятий, экономистов, экологов, представителей региональных администраций, ученых и потенциальных инвесторов.

Базой для проведения данной оценки приняты два вида шкалы степени влияния факторов:

одна из них представляет диапазон значений (баллов) – от 1 до 100; т.е. данный вид оценок позволяет определить масштаб позитивного влияния

факторов на уровень эффективности освоения комплексных месторождений цветных металлов,

вторая – представляет диапазон значений (баллов) от -1 до -100, т.е. позволяет оценивать масштаб негативного влияния факторов на уровень эффективности освоения комплексных месторождений цветных металлов (в данном случае. медно-порфировых месторождений).

При этом значения 1 и -1 свидетельствуют об отсутствии или незначительном влиянии факторов, а значения 100 и -100 – о наиболее ощутимом влиянии фактора. Результаты экспертной оценки влияния наиболее значимых внешних факторов на экономическую эффективность освоения 7 медно-порфировых месторождений представлены в таблице 3.

Для учета совместного влияния комплекса факторов на уровень экономической эффективности освоения различных медно-порфировых месторождений разработан показатель интегральной оценки « F_m ». Этот показатель представляет собой величину увеличения/снижения уровня эффективности освоения месторождения за счет учета влияния комплекса рассматриваемых факторов. Величина такого влияния определяется путем сложения единицы, принятой для обеспечения соразмерности степени влияния факторов, с отношением суммы значений факторов, оказывающих позитивное или негативное влияние на эффективность освоения медно-порфирового месторождения к произведению максимальной возможной величине значений факторов на их количество:

$$F_m = 1 + \frac{\sum_d f_{md}}{100 D_{mu}}, \quad (14)$$

где F_m - показатель интегральной оценки влияния факторов на эффективность освоения медно-порфировых месторождений, доли ед.; d – индекс (номер) фактора; f_{md} – значение фактора, баллы; m – индекс (номер) рассматриваемого медно-порфирового месторождения; D_m – количество факторов, учитываемых при рассмотрении медно-порфирового месторождения, ед.

Таблица 3

Оценка влияния факторов на эффективность освоения медно-порфировых месторождений России

Факторы, влияющие на эффективность освоения медно-порфировых месторождений России	Названия комплексных медно-порфировых месторождений													
	Направленность влияния факторов: + повышения стоимости; - уменьшения стоимости													
	«1» Томинское		«2» Малмыжское		«3» Песчанка		«4» Ак-Сугское		«5» Михеевское		«6» Иканское		«7» Неседкино	
1. Климатические	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
- среднегодовая температура воздуха	1		1			10		1	1			10		10
- длительность снежного покрова	1		1			10		10	1			5		5
- среднегодовой объем осадков		1		1		1		1		1				
- средняя скорость ветра		1		1		1		1		1				
2. Рельеф местности	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
- горный		1		1		1		1		1				
- холмистый			1		1		1		1			1		1
- пологий	1		1		1		1							
- высота над уровнем моря		1		1		1		5		1				
3. Состояние промышленной инфраструктуры	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
- ж/д	30		10			100		100	30			40		40
- автодороги	50		30			100		100	60			20		20
- ЛЭП	30		10			100		100	20			20		20
- сервисные (ремонтные) центры	10		1			20		20	10			50		50
4. Потенциал создания смежных производств	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
- горнодобывающих	10		10		10		1		10			10		10
- горно-перерабатывающих	10		10		10		1		10			10		10
- горно-металлургических	10		1			1		1	10			10		10
- промышленных	30		1			1		1	30					
5. Экологические факторы	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
- загрязненность атмосферы		10		1		1		1		10				
- загрязненность водной среды		10		1		1		1		10				
- загрязненность земной поверхности		10		1		1		1		10				
- состояние литосферы		10		1		1		1		10				
6. Состояние социальной инфраструктуры	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
- потребность в жилом фонде	10			1		1		1	10			30		30
- потребность в социально-культурных объектах	10			1		1		1	10			20		20
- потребность в транспорте	10			1		1		1	10			20		20
- потребность в коммуникациях	10			1		1		1	10			20		20
7. Экономико-организационные и рыночные факторы	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
- инвестиционный климат	50		50		50		50		50		50		50	
- конкурентоспособность продукции	80		80		80		80		80		80		80	
- потенциал господдержки (ГЧП)	30		50		100		100		30		30		30	
- состояние рыночного спроса	80		80		80		80		80		80		80	
Сумма значений влияющих факторов	463	44	327	12	332	354	314	349	463	44	240	246	240	246
	439		315		-21		-35		419		-6		-6	
Количество влияющих факторов	27		28		28		28		27		18		18	
Интегральный показатель оценки влияния факторов F_u	$F_1 = 1,16$		$F_2 = 1,11$		$F_3 = 0,99$		$F_4 = 0,99$		$F_5 = 1,16$		$F_6 = 1,0$		$F_7 = 1,0$	

Для получения возможности оценки эффективности вариантов освоения комплексных месторождений цветных металлов в диссертационном исследовании разработаны экономико-математическая модель (ЭММ) и алгоритм принятия решений.

В качестве целевой функции экономико-математической модели предполагается принять условие максимизации рентабельности производственно-хозяйственной деятельности, которая может быть достигнута при освоении таких месторождений.

Для этого в диссертационной работе предложено использовать следующее выражение:

$$R_{mk}^{\square} = \sum_i^{\square} \sum_t^{\square} \frac{Q_{imtk}^{\text{доб}} \Pi_{it}^{\square} F_{mk}^{\square}}{(Z_{mk}^{\text{ин.пр}} + Z_{mk}^{\text{ин.инф}})} \frac{1}{(1+e)^{\square t}} \rightarrow \max, \quad (15)$$

где R_{mk}^{\square} - показатель уровня рентабельности освоения месторождения цветных металлов, доли ед.; m - номер комплексного месторождения цветных металлов, i - вид производимого цветного металла, $Q_{imtk}^{\text{доб}}$ - объем металла, который может быть получен при освоении комплексного месторождения цветных металлов, руб., m - номер комплексного месторождения цветных металлов, k - номер варианта освоения комплексного месторождения цветных металлов; t - год процесса освоения комплексного месторождения цветных металлов; $Z^{\text{ин.пр}}$ - инвестиции необходимые на создание комплекса производств при освоении комплексного месторождения цветных металлов, руб.; F_m - коэффициент комплексной оценки факторов, влияющих на эффективность производства при освоении комплексного месторождения цветных металлов, доли ед., $Z^{\text{ин.инф}}$ - инвестиции необходимые на создание комплекса объектов инфраструктуры при освоении комплексного месторождения цветных металлов, руб.; Π_{it}^{\square} - рыночная цена цветного металла, руб./т, e - средняя ставка кредитов коммерческих банков, доли единицы.

В качестве ограничений работы экономико-математической модели в работе приняты следующие условия:

1. Условие ежегодной прибыльности процесса освоения комплексного месторождения цветных металлов

$$\Pi_{mk}^{\square} = \sum_i^{\square} \sum_t^{\square} \{Q_{imwtk}^{\text{доб}} \Pi_{it}^{\square} - (Z_{mk}^{\text{ин.пр}} + Z_{mk}^{\text{ин.инф}})\} F_{mk}^{\square} \frac{1}{(1+e)^{\square t}} > 0, \quad (16)$$

где Π_{mk}^{\square} - величина годовой прибыли, которая может быть получена при производстве цветных металлов из осваиваемого комплексного месторождения цветных металлов, руб.

2. Условие соответствия прироста объемов производства цветных металлов из осваиваемого комплексного месторождения прогнозным оценкам развития рыночного спроса на цветные металлы

$$0 \leq \sum_t^T \Delta Q_{it}^{\text{спр.рын}} \geq \int_t^T q_{imt}^{\square} d_t^{\square}. \quad (17)$$

где $\Delta Q_{ti}^{\text{спр.рын}}$ – прогнозная оценка прироста рыночного спроса на i –ый цветной металл, t в год;

3. Условие достаточности финансовых ресурсов необходимых для освоения комплексного месторождения цветных металлов.

$$\sum_t^{\square} (Z_{mkt}^{\text{ин.пр}} + Z_{mkt}^{\text{ин.инф}}) \leq \sum_y^{\square} I_{yt}^{\square} \quad (18)$$

где y – номер источника инвестиций в проекты освоения комплексных месторождений цветных металлов; I_{ymt}^{\square} - объем инвестиций в проект освоения комплексных месторождений цветных металлов, руб.

4. Условие приемлемости для бизнеса уровня эффективности работы предприятия, разрабатывающего комплексное месторождение цветных металлов.

$$\frac{\Pi_{mk}^{\square}}{\sum_t^{\square} (Z_{tmk}^{\text{ин.пр}} + Z_{tmk}^{\text{ин.инф}}) \frac{1}{(1+e)^t}} \geq r_{\square}^{\text{биз}} \quad (19)$$

где $r^{\text{биз}}$ – среднерыночный уровень эффективности ведения бизнеса, доли ед.

5. Условие приемлемости для государства уровня эффективности использования бюджетных средств при освоении комплексных месторождений цветных металлов

$$\frac{\sum_t^{\square} \Delta \text{НД}_{mk}^{\square}}{\sum_t^{\square} I_{mkt}^{\text{гос.ин}} \frac{1}{(1+e)^t}} \geq r_i^{\text{гос}}, \quad (20)$$

где $r_{\square}^{\text{гос}}$ – минимально приемлемый для государства уровень эффективности использования бюджетных средств на развитие регионов, доли ед.; $I_{mkt}^{\text{гос}}$ - объем инвестиций государства по направлениям деятельности при освоении комплексных месторождений цветных металлов, руб. $\Delta \text{НД}_{\text{инф}}^{\square}$ –

прирост национального дохода в результате создания объектов инфраструктуры при освоении комплексного месторождения цветных металлов, ожидающийся за счет создания условий для различных видов хозяйственной деятельности в этом регионе, руб.

Для установления рейтинга последовательности освоения новых месторождений, включая получение возможности пересмотра ранее принятых решений в связи с изменениями трендов на рынках цветных металлов и открытия новых полиметаллических месторождений, в работе сформирован алгоритм принятия решений, представленный на рисунке 2.

Приведенный алгоритм оценки эффективности принимаемых решений по освоению комплексных месторождений цветных металлов, предполагает выполнение следующих действий:

1. Выполнение анализа состояния и прогнозов развития спроса и предложения на рынках цветных металлов; объемов запасов и производства цветных металлов в России и за рубежом; индикаторов стратегии развития МСР России; проектов освоения комплексных месторождений цветных металлов; состояние экономического климата, развития НТП, природно-производственных условий для освоения комплексных месторождений цветных металлов и др.

2. Формирование вариантов реализации проектов по освоению комплексных месторождений цветных металлов.

3. Оценку вариантов реализации проектов проекта по освоению комплексных месторождений цветных металлов с помощью экономико-математической модели максимизации экономической эффективности разработки таких месторождений.

4. Проверку полноты рассмотрения всех возможных вариантов проекта по освоению комплексных месторождений цветных металлов.

5. Формирование графика последовательности освоения комплексных месторождений цветных металлов.

6. Построение графика последовательности освоения комплексных месторождений цветных металлов.

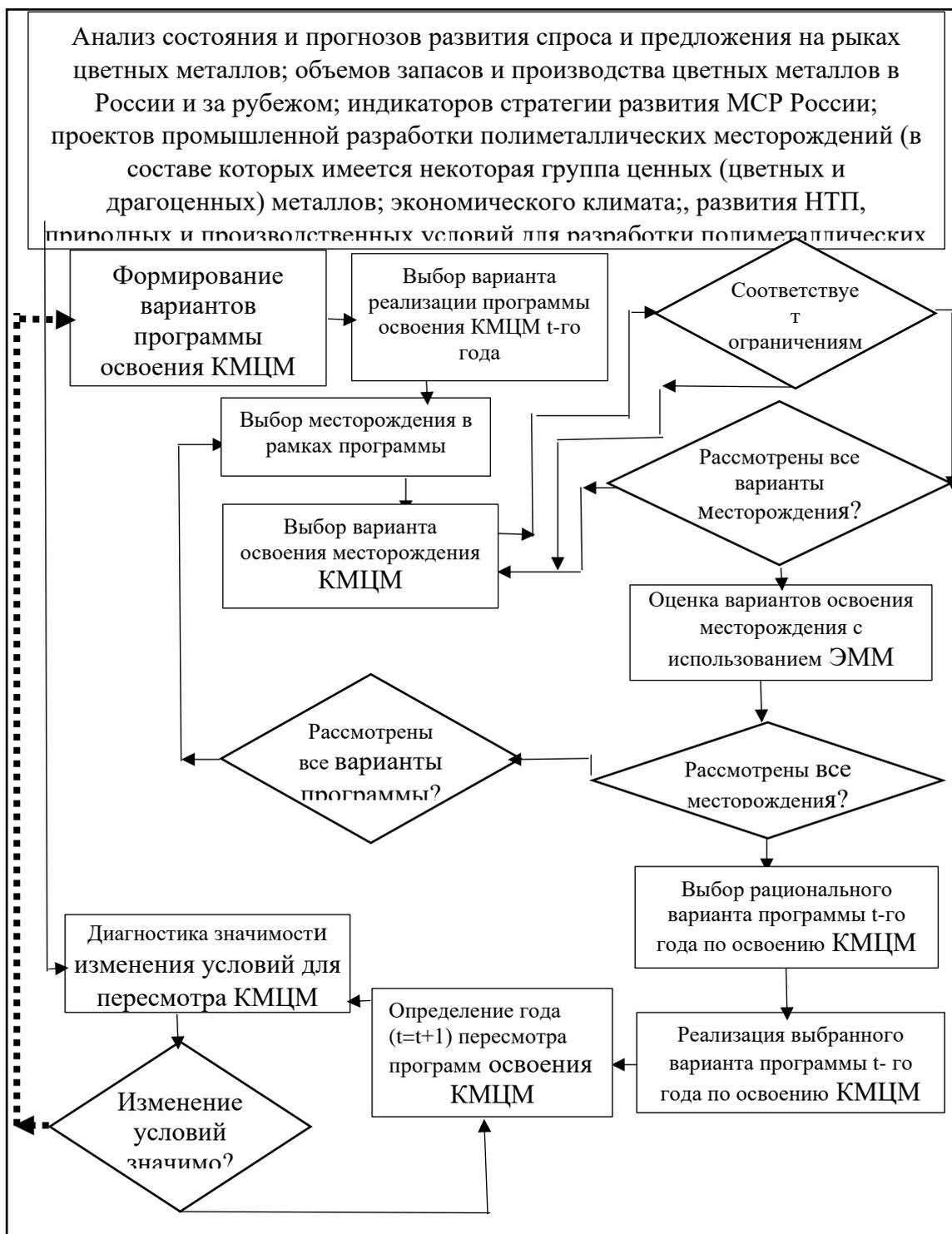


Рисунок 2. - Алгоритм проведения экономической оценки освоения комплексных месторождений цветных металлов и формирования рационального графика последовательности их разработки

Таким образом, разработанный алгоритм экономической оценки освоения комплексных месторождений цветных металлов позволяет принимать обоснованные решения по развитию добычи полезных компонентов из этих месторождений с учетом предпочтений и приоритетов в последовательности их разработки, полноте извлечения и направлений поставок содержащихся в них металлов с учетом высокой неопределенности и волатильности мировой экономики..

В соответствии с вышеизложенным сформировано 3 научное положение

Оценку вариантов реализации проектов и пересмотр ранее принятых решений по освоению перспективных комплексных месторождений цветных металлов целесообразно производить на базе предложенного алгоритма, включающего экономико-математическую модель с целевой функцией максимизации рентабельности производственно-хозяйственной деятельности горно-добывающих предприятий, которая может быть достигнута в процессе освоении таких месторождений, при условии соблюдения приоритетов и последовательности их разработки с учетом принятых ограничений.

В качестве объекта для апробации результатов исследований в работе была рассмотрена группа перспективных для освоения медно-порфировых месторождений, в состав которой включены такие месторождения как: Малмалыж, Песчанка, Михеевское, Наседкино, Ак-Сутское, Иканское, Томинское.

В соответствии положениями стратегией развития МСК России до 2035 г. в работе было принято ограничение по объему производства меди из новых месторождений в пределах 250-350 т т в год.

При формировании вариантов сочетания рекомендуемых для освоения медно-порфировых месторождения были взяты два проекта: базовый, предложенный ФГБУ «ВИМС» (в составе «Иканское», «Малмалыжское» и

«Песчанка» месторождений), и расчетный, полученный на основе проведенных исследований с использованием ЭММ (предполагающий освоение месторождений «Наседкино», «Песчанка» и «Михеевское»).

В соответствии с результатами сравнительной оценки экономического эффекта, который можно будет получить при реализации приведенных выше вариантов освоения медно-порфировых месторождений России, расчетный экономический эффект от предложенного варианта освоения предпочтительных месторождений составляет 28,9 млрд руб. в год.

Разработанные положения и рекомендации могут использоваться при создании системы целенаправленных действий по адаптации процесса вовлечения в разработку полиметаллических медьсодержащих месторождений в соответствии с требованиями рынка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных в диссертации исследований осуществлено решение актуальной научно-практической задачи по экономическому обоснованию рационального освоения комплексных месторождений цветных металлов на основе установления вероятности реализации каждого из производимых металлов в соответствующих сегментах рынка и реализации предложенного алгоритма оценки эффективности и последовательности разработки таких месторождений с учетом соблюдения принятых приоритетов и ограничений.

Основные результаты и выводы, полученные лично автором:

1. В результате анализа доказано, что для сохранения роли России как производителя и экспортера цветных металлов, необходимо предусмотреть возможность экономически обоснованного вовлечения в хозяйственную деятельность группы перспективных для освоения комплексных месторождений цветных металлов с учетом тенденций мирового рынка, а также потребностей в развитии территориальной и производственной инфраструктур.

2. Разработаны методические основы формирования экономической оценки освоения перспективных комплексных месторождений цветных металлов России.

3. Обоснована вариативность структур и предпочтительность выбора сегментов рынка для размещения компонентов продукции, производимой при освоении комплексных месторождений цветных металлов, с вероятностной оценкой возможности реализации в них металлов.

4. Представлены показатели оценки величины дохода, который может быть получен при реализации металлов в приоритетных сегментах рынка цветных металлов.

5. Осуществлен выбор факторов внутренней и внешней среды, оказывающих существенное влияние на эффективность освоения комплексных месторождений цветных металлов, и произведена их количественная оценка.

6. Сформирована экономико-математическая модель оценки вариантов освоения комплексных месторождений цветных металлов, в качестве целевой функции которой принята эффективность комплексного производства цветных металлов с учетом интегрального показателя оценки влияющих факторов при соблюдении принятых ограничений.

7. Разработан алгоритм формирования последовательности освоения перспективных комплексных месторождений цветных металлов на основе сравнительной оценки уровня эффективности их разработки.

8. Выводы и рекомендации работы переданы АО "СНИИГГИМС" для оценки приоритетности освоения медно-порфировых месторождений России.

9. Выполнена сравнительная экономическая оценка вариантов освоения медно-порфировых месторождений России, позволяющая при реализации предложенных рекомендаций получить годовой доход в размере 28,9 млрд рублей.

Результаты диссертационного исследования изложены в следующих научных публикациях:

Публикации в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК:

1. **Десяткин А.С.**, Гайсина Л.Г., Современные тенденции и проблемы освоения медно-порфировых месторождений Российской Федерации //«Экологический вестник России: Экология и экономика», 2018. № 4, С. 80.;
2. **Десяткин А.С.** Методические основы эффективности геолого-экономических показателей освоения комплексных медно-порфировых месторождений России //Инновации и инвестиции, 2018. № 10, С. 15=19
3. **Десяткин А.С.**, Анисимова А.Б., Попов С.М. Экономическая оценка эффективности организации освоения медно-порфировых месторождений. ISSN 1997-4469 Регион, №4 (47), 2019, С.153-159.
4. **Десяткин А.С.**, Попов С.М. Обоснование комплексного подхода к эффективному освоению медьсодержащих месторождений Дальнего Востока. Reports Scientific Society. 2023.№6(38). С. 14-25.
5. **Десяткин А.С.**, Чернегов Н.Ю., Таточенко А.Л. Эконометрический анализ и долгосрочное прогнозирование ключевых показателей мирового производства меди. // Горизонты экономики. №2 (75) 2023,С 88-99.
6. **Десяткин А.С.**, Попов С.М. Методические основы формирования экономической оценки освоения комплексных месторождений цветных металлов (на примере медно-порфировых месторождений России)// Инновации и инвестиции, 2024. № 3, С.234-237.
7. **Десяткин А.С.**, Попов С.М. Разработка методических основ формирования типовых структур сегментов рынка для реализации цветных металлов. Инновации и инвестиции, 2024. № 6, С.312-316.

Публикации в других изданиях и материалах конференций

8. Попов С.М., **Десяткин А.С.** Геоэтика и экономика в вопросах освоения медно-порфировых месторождений. В книге: Молодые - Научкам о Земле. /Тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах., 2022. С. 64-67.