

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский технологический
университет «МИСИС»

На правах рукописи

ЧЖАН ЧИ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В НЕСТАБИЛЬНОЙ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СРЕДЕ**

Специальность 5.2.3 - Региональная и отраслевая экономика

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель
доктор экономических наук, профессор
Мясков Александр Викторович

Москва–2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	стр. 4
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕХАНИЗМА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ	стр. 12
1.1. Сущность, основные концепции и элементы системы обеспечения эффективного развития предприятий	стр. 12
1.2 Критерии и принципы обеспечения стабильного развития предприятий золотодобывающей отрасли	стр. 24
1.3 Обоснование подхода к формированию экономического механизма оценки уровня развития золотодобывающих предприятий	стр. 37
1.4 Ситуация на мировом рынке золота.....	стр. 54
Выводы по 1 главе	стр. 60
 ГЛАВА 2. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ И ОБОСНОВАНИЕ СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ	стр. 61
2.1. Характеристика золотодобывающей промышленности России и Китая в контексте ресурсов, экономики, общества и окружающей среды.....	стр. 61
2.2. Оценка основных факторов развития производства по степени значимости при разработке месторождений золота в нестабильной экономической среде.....	стр. 75
2.3 Обоснование применения метода энтропийного веса для оценки значимости факторов влияния на устойчивое развитие золотодобывающих предприятий	стр. 83
2.4 Анализ энтропийного веса основных факторов, определяющих траекторию развития золотодобывающего предприятия	стр. 91
Выводы по 2 главе	стр. 108
 ГЛАВА 3. ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ	стр. 109
3.1. Разработка эконометрической модели для прогнозирования добычи золота с использованием нейронных сетей.....	стр. 109
3.2. Разработка алгоритма экономической оценки уровня развития золотодобывающего предприятия	стр. 135

3.3. Апробирование методики оценки уровня эффективности развития на примере ведущих предприятий золотодобывающей отрасли России и Китая,.....	стр. 152
Выводы по 3 главе	стр. 156
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	стр. 157
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	стр. 159
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	стр. 189
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	стр. 191
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	стр. 193

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Одной из основных причин нестабильности в экономике является глобализация, которая создала сложную и взаимозависимую систему, где изменения на одном рынке могут вызвать существенные последствия для других рынков и затрудняют прогноз будущего состояния экономики. Второй причиной является постоянно меняющаяся международная обстановка, создающая дополнительные факторы риска и неопределенности, а также непредсказуемые последствия для экономики, что формирует дополнительные проблемы для бизнеса и инвесторов. Третьей причиной является скорость научно-технического прогресса, т.к. новые технологии могут достаточно быстро изменить способы производства и потребления, что служит причиной нестабильности на рынке труда. Кроме того, бурное развитие цифровых технологий может привести к возникновению новых угроз безопасности данных и кибератак. Поэтому в условиях нестабильной экономической среды так важно разработать стратегии эффективного функционирования отраслей и предприятий.

Все вышеперечисленные факторы в полной мере относятся к экономике такой отрасли как золотодобыча, уровень развития которой является одним из наиболее важных показателей национального экономического роста. Золотой запас позволяет государству диверсифицировать свои резервы и снизить зависимость от иностранных валют. Также драгоценный металл позволяет обеспечивать кредиты и защищать экономику от инфляции. Другими словами, золотой запас позволяет сделать экономические отношения более устойчивыми при волатильности на мировых и локальных рынках и делает курс национальной валюты более стабильным и независимым.

Из вышеизложенного следует, что эффективное функционирование золотодобывающих предприятий определяется, в первую очередь, состоянием сырьевой базы, которую можно характеризовать степенью обеспеченности добычи балансовыми запасами. Устойчивое развитие золотодобывающего предприятия обеспечивает рациональную разработку и комплексное

использование золотосодержащего сырья, стабильный рост экономической выгоды, минимизацию ущерба окружающей среде, повышение уровня социальной защищенности работников.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 16 января 1996 г. № 50-р золото причислено к стратегическим видам полезных ископаемых, имеющих особое значение для развития экономики, пополнения государственного бюджета, формирования золотовалютных резервов страны.

Согласно утвержденной Правительством Российской Федерации в 2018 г. Стратегии развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 г. золото, также как и серебро, медь, свинец, цинк, отнесено ко второй группе полезных ископаемых, достигнутые уровни добычи которого недостаточно обеспечены запасами разрабатываемых месторождений на период до 2035 года. Только вовлечение в отработку труднодоступных запасов неразрабатываемых месторождений благородных металлов позволит и в будущем удержать достигнутый уровень добычи в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

На фоне глобальной экономической нестабильности и роста геополитических рисков, свойства золота по сохранению стоимости становятся все более заметными. Высокий рыночный спрос на драгоценные металлы делает важным не только выявление новых, в том числе и нетрадиционных, для золотодобывающей промышленности источников этих видов минерального сырья, но и анализ, и оценку перспектив эффективного функционирования конкретных предприятий и отрасли в целом, исходя из запасов разрабатываемых месторождений, цен на золото, инвестиций в геологоразведочные работы, применения новых технологий добычи, степени загрязнения окружающей среды при разработке и других факторов.

Недостаточная проработанность экономического инструментария и методических подходов к реализации концепции эффективного функционирования золотодобывающих предприятий в лабильной

экономической среде определили актуальность и обусловили выбор темы исследования.

Степень разработанности проблемы. Теоретические и методологические основы устойчивого развития при различных способах организации и ведения хозяйственной деятельности разрабатывались рядом отечественных и зарубежных ученых, в т.ч. А. Абросимовым, А. Аткиссоном, А. Барановым, Г.Х. Брундтландом, Дж. Форрестера, Т. Важениным, Д. Медоузом, А. Кочневым, О. Лавриченко, В. Маевским, Д. Медоуза, Д. Наклоновым, М. Пименовым, А. Ракитовым А., Т. Семеновой, Т. Ускова, Л. Вальрасом, Дж.Р. Хиксом, П. Самуэльсоном, А. Вальдом, Й. Шумпетером, Д. Беллом, Р. Харродом, Дж. Кейнсом, Р. Нельсоном, С. Уинтером, Дж. Стиглицем, Х. Такеучи, Р. Солоу. К последнему времени относятся исследования, связанные с изучением проблем управления устойчивого развития предприятий недропользования. В числе исследователей - А.Э. Абалов, В.П. Бауэр, Н.В. Галкина, Б.И. Беневольский, С.М. Борисов, В.Т. Борисович, Г.Ю. Боярко, В.Н. Брайко, Э.А. Гараев, Д.С. Горчакова, А.В. Душин, М.П. Казимиров, А.В. Каплан, В.А. Косьянов, С.Г. Кашуба, И.А. Кремнева, Д.С. Кондоурова, Л.А. Костыгова, М.Г. Лапуста, О.В. Лускатова, Н.М. Макаров, Н.Н. Малашихина, С.А. Мясоедов, З.М. Назарова, А.А. Петросов, Л.М. Прокофьева, С.М. Попов, М.А. Рогов, Н.В. Соловьев, Б.В. Хакимов, В.А. Харченко, Ю.Н. Шедько, М.А. Ястребинский.

Однако по-прежнему остаются актуальными вопросы, требующие дальнейших исследований; к ним относятся: научно обоснованный выбор факторов, оказывающих наибольшее влияние на экономические результаты производственного цикла по добыче и переработке добываемого из недр золотосодержащего сырья в лабильных условиях, разработка методического инструментария для определения результирующего показателя эффективности развития на уровне предприятия и другие. Это предопределило выбор темы, цели и задач исследования.

Объектом исследования являются золотодобывающие предприятия Российской Федерации и Китая, рассматриваемые как сложные производственные и социально-экономические системы, функционирующие во взаимосвязи и взаимодействии основных элементов и процессов.

Предметом исследования служат основные процессы и факторы, влияющие на эффективность функционирования предприятий золотодобывающей отрасли, действующих в условиях нестабильности экономической среды и недостаточной обеспеченности достигнутых уровней добычи разведанными запасами.

Цель диссертационной работы состоит в формировании экономического механизма анализа и оценки факторов, влияющих на эффективное развитие золотодобывающих предприятий в условиях нестабильности макроэкономической среды и снижения запасов разрабатываемых золоторудных месторождений.

Идея работы заключается в использовании объективных научных методов оценки факторов, определяющих траекторию эффективного развития золотодобывающих предприятий, и формирования концептуальной модели прогнозирования добычи золота на основе нейронных сетей.

Основные задачи диссертационной работы обусловлены целью исследования и заключаются в следующем:

- 1) выявлении и анализе особенностей функционирования золотодобывающих предприятий России и Китая и исследовании основных проблем их развития в нестабильной экономической среде;
- 2) обосновании критериев и принципов устойчивого развития золотодобывающих предприятий;
- 3) анализе обеспеченности добычи золота разведанными запасами, являющимися важнейшим показателем с точки зрения устойчивого развития;
- 4) проведении количественного анализа факторов, влияющих на добычу золота на базе расчета энтропийного веса и корреляционного анализа;
- 5) разработке модели прогнозирования добычи золота в условиях

нестабильного состояния экономической среды и сырьевой базы на основе применения нейронных сетей;

б) построении алгоритма оценки уровня эффективности функционирования российских и китайских золотодобывающих предприятий на основе комплексного интегрального показателя.

Область исследования соответствует паспорту ВАК России по специальности 5.2.3 - Региональная и отраслевая экономика, а именно пп. 2.2 - «Вопросы оценки и повышения эффективности хозяйственной деятельности на предприятиях и в отраслях промышленности», а также 2.11. - «Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий».

Теоретико-методологическую основу исследования составили научные труды отечественных и зарубежных ученых в области экономики устойчивого развития, включая формирование инструментария оценки уровня развития, результаты общенаучных исследований процессов, направленных на экономический рост, повышение эффективности функционирования предприятий золотодобывающей отрасли. В процессе исследования применялись общенаучные методы: диалектический, абстрактно-логический, а также методы сравнительного анализа, группировок, аналогий, экспертного анализа, которые в совокупности и обеспечили достоверность и корректность выводов.

Информационную базу исследования составили методические, информационно-аналитические и статистические материалы Правительства Российской Федерации (РФ), Государственного баланса запасов полезных ископаемых Российской Федерации (ГБЗ РФ), Министерства экономического развития РФ, Министерства экономического развития КНР, Национальное бюро статистики КНР, Федеральной службы государственной статистики РФ, субъектов РФ, российских и зарубежных информационных агентств, публикации в ведущих профильных журналах, а также научная литература

ведущих российских, советских и зарубежных ученых, в области теории и практики устойчивого развития, собственные исследования автора.

Научные положения, выносимые на защиту:

- Количественную оценку факторов, определяющих уровень эффективности функционирования золотодобывающего предприятия, предложено осуществлять на основе комбинирования методов энтропийного веса, дающего возможность анализировать важность каждого показателя, и корреляционного анализа, определяющего взаимосвязь между индикаторами зависимых и независимых переменных, влияющих на развитие экономики предприятия на различных стадиях его производственно-хозяйственной деятельности.
- Рациональное планирование объемов добычи и выявление объективных тенденций развития золотодобывающих предприятий в нестабильной экономической среде следует производить на основе применения разработанной эконометрической модели прогнозирования основных показателей их производственной деятельности, одновременно использующего преимущества нечеткой логики и нейронных сетей.
- Оценка уровня эффективности функционирования золотодобывающего предприятия должна базироваться на разработанном алгоритме, сформированном на основе современных подходов в сферах «**Экономика**», «**Технологии**», «**Экология**» и «**Социальная среда**», что позволяет объединить отдельные значения влияющих факторов в общий интегральный показатель, значение которого определяет не только уровень развития, но направления деятельности, где компания отстает от конкурентов.

Научная новизна результатов исследования состоит в разработке методического аппарата оценки эффективности функционирования золотодобывающих предприятий в нестабильных экономических условиях:

- впервые количественную оценку степени влияния внешних и внутренних факторов на результаты освоения золоторудных месторождений предложено осуществлять на основе комбинирования метода энтропийного

веса, являющегося объективным методом взвешивания с высокой достоверностью, и корреляционного анализа;

- разработана эконометрическая модель прогнозирования основных показателей производственной деятельности золотодобывающих предприятий, позволяющая одновременно использовать преимущества нечеткой логики и нейронных сетей для повышения достоверности результатов в среднесрочной перспективе.

- сформирован алгоритм интегральной оценки эффективности функционирования золотодобывающего предприятия, основанный на обобщении экономических, технологических, экологических и социальных показателей производства, включенных в разработанную систему учета их значимости, что позволяет принимать объективные решения по оптимизации разработки и комплексному использованию золотосодержащего сырья,

Обоснованность и достоверность получения результатов и выводов подтверждена достаточностью актуальных данных первоисточников, корректностью их обработки, применением современных методов исследования, положительной апробацией результатов работы.

Теоретическая значимость исследования заключается в исследовании и выявлении закономерностей влияния факторов, определяющих траекторию развития золотодобывающих предприятий в нестабильной экономической среде, для формирования концептуальной модели прогнозирования добычи золота с использованием преимущества нечеткой логики и нейронных сетей.

Практическая значимость исследования. Разработанный в рамках исследования методический инструментарий позволит бизнесу и экспертным органам государства повысить объективность прогнозных оценок, в частности, объемов производства золота, и может быть полезен при формировании концепции устойчивого развития предприятий золотодобывающей отрасли и других металл добывающих отраслей страны.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования докладывались и получили положительную оценку на международных

научно-практических конференциях (ИПКОН РАН, Москва, 2021; ЦНИГРИ Москва 2021; МГРИ, Москва, 2021 и 2022; Санкт-Петербург, 2021; МИСИС, Москва, 2024); международном научном симпозиуме имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», Томск, 2021 г.; всероссийских национальных научно-практических конференциях (РУДН, Москва, 2020; МНЦП Новая наука, Петрозаводск, 2020; АмГПГУ, Комсомольск-на-Амуре, 2020).

Публикации. Основные положения диссертационного исследования отражены в 10 научных работах, в том числе в 8 статьях, опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК России.

Структура, объем и содержание исследования. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка из 204 наименований и 3 приложений, включает 37 таблиц и 41 рисунок.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕХАНИЗМА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

1.1. Сущность, основные концепции и элементы системы обеспечения эффективного развития предприятий

Первоначально экономисты определяли традиционное развитие как экономический рост, просто отождествляя высокие темпы экономического роста с признаком социального прогресса. Логика, которой следует все индустриальное общество, - «стремится к росту». Эта логика «стремления к росту» доминирует в мышлении людей и, естественно, игнорирует все виды проблем, порождаемых этой логикой. Например, население быстро увеличивается, естественные невозобновляемые ресурсы постоянно потребляются, защите окружающей среды не уделяется внимания, а ресурсам и окружающей среде нанесен серьезный ущерб. По мере роста осведомленности людей о развитии в 1980 году Организация Объединенных Наций призвала мир: «Необходимо проанализировать экономическую, природную, экологическую и взаимосвязь между природопользованием, чтобы гарантировать глобальное устойчивое развитие». Развитие превратилось из первоначального слепого стремления к росту к стремлению устойчивого развития.

Появление новых факторов, возникающих в связи с появлением новой модели управления, характеризующейся глобализацией, информатизацией и развитием экономики, основанной на знаниях, недостаточно рассмотрено и обобщено в современных исследованиях.

Природа развития являлось главной темой многих исследований представителей различных наук: философия - Р. Декарт, Г.В.Ф. Гегель, Г. Спенсер, математика - Ж.Л. Лагранж, У. Кельвин, Х. Рауз, Н.Е. Жуковский, А.М. Ляпунов, В.В. Новожилов, экономика Р. Солоу, Дж. Стиглиц, Дж. Харвик, Н.Д.Кондратьев, а также работы из других сфер науки [123, 106].

Понятие «устойчивое развитие» связано, прежде всего, с понятием устойчивости, которое заимствовано экономической наукой из теории систем с точки зрения изучения экономических систем как сложных и разнородных объектов. В рамках системного анализа и синтеза стабильность характеризуется комплексным набором интегральных характеристик комплексного объекта, отражающих его взаимодействие с окружающей средой, внутреннюю структуру и поведение. Устойчивость - одно из ключевых качеств любой системы [74].

Понятие «устойчивое развитие» делится на два уровня: устойчивость и развитие. С точки зрения окружающей среды и ресурсов под устойчивостью понимается поддержание или продолжение целостности ресурсов и их удобство использования. Экология является источником концепции устойчивого развития, которая относится к рациональному использованию разумных частей всех ресурсов таким образом, чтобы ресурсы не были уничтожены.

В рыночных условиях экономически эффективное развитие промышленного предприятия и определение необходимых условий и факторов для его осуществления становятся самой важной задачей самого предприятия, его владельцев, который требует учреждения постоянной работы на предприятии, непрерывно контролирует результаты этой работы и гарантирует комплексный подход в их анализе.

Анализ существующих подходов к определению устойчивого экономического развития предприятия позволил понять их способность развиваться в течение значительного периода времени во всех постоянно изменяющихся условиях. Этот подход расширяет содержание устойчивого экономического развития. С одной стороны, компания развивается, приспособляясь к позитивным изменениям внешней среды, поглощая их и меняя навстречу. С другой стороны, компания также может развиваться за счет противодействия негативному воздействию, приобретая необходимые навыки, то есть эволюционируя. Экономически эффективное развитие

является одним из главных факторов развития предприятия и поэтому выступает в качестве целевой функции.

Большой вклад в базовую теорию устойчивого развития внес В.И. Вернадский [23], выявивший корреляции системы «человек – природа». опередивший свое время Н.Д. Кондратьев стал предшественником исследователей, изучавших нестабильную кривую динамику, которая была связана с дисбалансом системы, ее неравномерным движением. Н.Д. Кондратьев отмечал: «...мир хозяйственных явлений текуч и изменчив. Явления хозяйственной жизни могут иногда быть более или менее устойчивыми и как бы приближаться к статическому состоянию. Но, строго говоря, они никогда не бывают в таком состоянии, как нет абсолютного покоя в мире физическом. Отсюда в действительности существует, в сущности, только динамика явлений» [48].

Непосредственным предшественником современного толкования понятия «устойчивое развитие» является резолюция Генеральной Ассамблеи ООН (1962 г.), а также материалы конференции ООН в Стокгольме (1972 г.), а также различные документы 1970-х годов XX столетия.

Г.Х. Бнудтланд в докладе «Наше общее будущее» на Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию (1987 г.), отмечал потребность в трансформации экономического поведения и стиля жизни каждого человека, которые должны соответствовать пределам экономического потенциала планеты и безопасности окружающей среды.

После опубликования Доклада Конференции ООН [49] по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) понятие «устойчивое развитие» (sustainable development) заинтересовало исследователей и практиков управления со всего мира. На Конференции было раскрыто понятие устойчивого развития – развитие, которое удовлетворяет потребности нынешнего и будущих поколений.

Рассмотрим текущее состояние зарубежных исследований по вопросам устойчивого развития.

Развитые страны Европы и США имеют прочную экономическую основу. Когда ученые изучают проблему корпоративного устойчивого развития, они в основном исходят из перспективы положительного внешнего воздействия устойчивого корпоративного развития на экономику и общество.

В исследовании «Непревзойденное предприятие» [151] авторы, сравнивая устойчивые предприятия с традиционными предприятиями, обнаружили уникальные особенности устойчивых предприятий, включая установление основных ценностей предприятия, среди которых отдано особое внимание к социальным ценностям.

Ари де Геус анализирует влияние обучения, проводимого в организациях на их устойчивое развитие [128]. Лоуренс Толлер изучил пути корпоративного устойчивого развития со стратегической точки зрения и пришел к выводу, что корпоративное устойчивое развитие должно начинаться с четырех ключевых элементов, включая планирование, контроль, капитал и гибкость. Ученый разработал и предложил стратегию устойчивого развития, которая может применяться к разным типам предприятий, в том числе к предприятиям, находящимся на разных стадиях развития [156].

Исследователь Чарли Крук указал, что способность прогнозировать изменения в окружающей среде имеет важное значение для устойчивого развития предприятий, и эта способность прогнозирования должна основываться на новом мышлении и прогнозном анализе [149].

В работе [129] автор сочетает устойчивое развитие компании с обществом, а устойчивое развитие компании может предполагать принятие ответственности за общество, ресурсы и окружающую среду.

С 1980-х годов китайские ученые активно вели научный поиск, разработку теоретических основ в области устойчивого развития, в результате чего в целом была сформирована относительно полная теоретическая система. Что касается теоретических исследований, появились некоторые репрезентативные результаты исследований, а именно:

Лю Лиган (2011) установил систему факторов, влияющих на возможности устойчивого развития компании. На основе анализа модели совместных сил предполагается, что способность предприятия к устойчивому развитию находится в динамическом изменении, главным образом потому, что влияние и направление различных факторов находятся в динамическом изменении [157]. Сюй Инь (Xu Ying, 2011) выдвигает «зеленую» стратегию развития, основанную на изучении теории устойчивого развития, и считает, что предприятия могут перейти к «зеленому развитию» с точки зрения производства и эксплуатации, чтобы приносить больше пользы. «Зеленое развитие» может быть использовано как важное средство реализации устойчивого развития предприятий [194].

Ван Ин [191] разделил факторы, влияющие на возможности устойчивого развития компании, на две категории: одна - это факторы согласованности, а другая - факторы эволюции. Данным исследователем создана модель анализа устойчивого развития, основанная на двух вышеупомянутых факторах. Сян Цзинь в работе [193] отметил, что промышленные компании должны принять за основу два направления: повышение качества и ответственность за окружающую среду, что по его глубокому убеждению будет способствовать достижению цели устойчивого развития, гармонизирующей производство с деятельностью в области окружающей среды.

Таким образом, исследования зарубежных ученых в области устойчивого развития основаны на внешней среде с высокой степенью экономического развития. Когда ученые изучают проблему корпоративного устойчивого развития, они в основном исходят из перспективы положительного внешнего воздействия устойчивого развития на экономику и общество и считают, что компании должны уделять больше внимания социальной ответственности для изучения корпоративного устойчивого развития. То есть устойчивое развитие предприятий интегрировано в систему устойчивого развития общества, которое на начальном этапе опережает уровень экономического и социального развития. Необходимо отметить, что

китайские предприятия по-прежнему считают выживание и развитие своим главным приоритетом, что также является предпосылкой устойчивого развития предприятий. Отметим, что исследования по оценке уровня развития предприятий, должны придерживаться сочетания экономических и экологических перспектив.

Выделим основные тезисы, которые стали предпосылками для возникновения современного понимания устойчивого развития:

- экономические (сокращение природных и ресурсных потенциалов, осознание пагубности преобладания «философии потребления», дисбаланс в экономическом развитии стран (регионов));
- экологические (усиленная деградация окружающей среды - нарушение целостности поверхности ландшафта из-за деятельности человека, исчезновение различных представителей флоры и фауны и т.д.) [61];
- социальные - расширение социальной составляющей в экономической сфере [122].

Анализ содержания понятия позволил определить наличие императива экологической стабильности и императива социальной-экономической стабильности. [105].

Среди определений устойчивого развития, которые были сформулированы отечественными исследователями, нужно выделить трактовку В.А. Коптюга. Он предполагает, что устойчивое развитие – достижение разумного баланса социально-экономического роста человечества и сохранность окружающей среды, а также резкое сокращение экономического диспаритета между развитыми и развивающимися странами путем как технологического процесса, так и рационализации потребления» [49].

Подводя итог, следует выделить разные подходы к существующим определениям термина «устойчивость экономического развития». Множество ученых идентифицируют устойчивость с такими понятиями, как безопасность, стабильностью, надежность, целостность и прочность системы. Некоторые

устойчивость понимают как относительную неизменность системы. Третьи предлагают считать определяющим фактором устойчивости сохранение динамического равновесия. Подробная классификация взглядов на устойчивость описана в работе Т.В. Усковой [102].

Необходимо отметить близкую взаимосвязь совокупности понятий: устойчивость, сбалансированность и пропорциональность социально-экономического развития предприятия.

Объяснение «устойчивого развития» впервые начало применяться в РФ с появлением Указов Президента РФ от 4 февраля 1994 г. № 236 и от 1 апреля 1996 г. № 440, других документах. В «Основах стратегического планирования в РФ», утвержденных Указом Президента РФ от 12 мая 2009 г. №536, устойчивое развитие РФ определяется «как гармоничные позитивные изменения в важнейших сферах жизнедеятельности личности, общества и государства, обеспечивающие за счет системы целенаправленных и долгосрочных социально-экономических мер способность Российской Федерации противодействовать внутренним и внешним угрозам национальной безопасности государства».

Сбалансированность – это баланс ресурсов и потребностей, которая удовлетворяются этими ресурсами, в контексте масштаба, динамики, структуры и качественных описаний тех и других. Гуманистическая точка зрения определяет поддержание стабильности показателей результативных социально-экономических показателей системы предприятия, в которую включены стабилизационная устойчивость, как поддержка стабильного заданного уровня экономических показателей, и динамическая устойчивость, как поддержка стабильности приростных и предельных показателей экономического роста [121].

Пропорциональность развития такой экономической системы включает в себя оптимизацию отношений отдельных частей производственной деятельности, а возникновение дисбаланса развития порождает

дополнительные проблемы в реализации стратегии эффективного функционирования предприятия.

По мнению диссертанта, целесообразно комплексно подходить к понятию эффективного развития предприятия и включать туда понятия экономической, технологической, экологической и социальной устойчивости.

В этой связи наиболее точным, на наш взгляд, является следующее определение устойчивого экономического развития предприятия. «Устойчивое развитие предприятия означает его способность обеспечивать и поддерживать стабильное развитие на высоком качественном уровне в течение определенного времени, поддерживать динамические характеристики, несмотря на влияние стратегических и тактических факторов, благодаря их дальновидности и профилактике, реализации их функциональных задач».

Изучение научных работ китайских ученых и специалистов позволило получить автору представление об основных концепциях из теории устойчивого развития. Так, исследователь Цай Цинь [172] выводит три основные концепции из теории устойчивого развития на основе десятилетних исследований теории устойчивого развития и детально анализирует теоретические отношения между этими концепциями. Ню Вэньюань [168] суммировал преимущества и недостатки стратегии посредством анализа коннотации устойчивого развития и выдвинул некоторые темы и предложения для стратегии устойчивого развития Китая. Вэй Цзин [139] пытается реконструировать теорию устойчивого развития, чтобы обеспечить практическое, целевое и научное руководство по человеческому поведению.

Принципы теории устойчивого развития. Гун Шэншэн [143] считает, что для устойчивого развития региональные принципы должны быть включены вместе с принципами общности, координации, справедливости и устойчивости. Чжоу Хун [203] считает, что принципами экологического устойчивого развития являются экологическая справедливость и экологическое развитие. Экологическая справедливость делится на две части, а именно: справедливое пользование благами и справедливое принятие на

себя ответственности. Шен Мужу [177] провел исследование сочетания глобального климата и устойчивого развития и считает, что основным принципом устойчивого развития является принцип сбалансированного развития экономики, общества и окружающей среды, принцип всесторонней эксплуатации, использования, защиты в целях предотвращения природных ресурсов, а также принцип экологической ответственности.

Теоретические исследования устойчивого развития. Теория устойчивого развития в основном раскрывает свои коннотации и сущность с четырех сторон, а также устанавливает и совершенствует теорию. Четыре направления резюмируются в существующих исследованиях, и они в основном определяются как направления экономики, социологии, экологии и системных исследований.

1) *Направление экономической науки.* Теория устойчивого развития в основном представлена в докладе Всемирного банка о мировом развитии. Основное содержание представлено балансом спроса и предложения товаров, масштабами производительности, оптимизацией экономической структуры и региональным развитием.

Йерун [152] в 1991 году выдвинул концепцию устойчивого экономического развития, основанную на динамической модели, и обнаружил, что устойчивая экологическая экономика и взаимодействие экономических подсистем имеют механизм обратной связи. Мэн Линго и Лу Сяньцзе [166] в 2017 году проанализировали значение включения юаня в СДР для экономического развития моей страны с диалектической точки зрения. Поведение юаня, присоединяющегося к СДР, в целом очень полезно для устойчивого развития экономики моей страны, и такое поведение может обеспечить долгосрочное развитие финансовой и экономической системы моей страны. Ван Лэй [189] в 2018 году предложил, чтобы для содействия устойчивому развитию экономики в основной области экономического пояса необходимо и далее продвигать структурную реформу предложения сырьевых отраслей, а также научно-технические инновации, политики, правила и

механизмы безопасности должны быть усилены. Хуан Цзе [150] в 2019 году провел конкретный анализ, основанный на фактических доходах и расходах в контексте сокращения налогов и сборов в городе Хаймэнь, сосредоточив внимание на том, как перенести давление бюджетных доходов на расходы различных государственных ведомств, и достичь соглашения о содействии общей реконструкции структуры налогово-бюджетных расходов, для достижения максимальной отдачи от капитала и реализации высокой эффективности и устойчивого развития экономики.

2) *Направление социальных наук.* Исследования в области устойчивого развития, представленные в «Докладе о человеческом развитии» и «Индексе человеческого развития», сосредоточены на социальном развитии, социальном распределении и справедливости. Эдит Браун Вайс [137] и Пейдж [170] разработали теорию равенства поколений, основанную на теории социального выбора и справедливого распределения, которая также является теоретической основой устойчивого развития. Фу Хайлянь и Цю Гэнтань [141] в 2019 году указали, что совместное развитие в качестве основной концепции развития было предложено в ответ на актуальные проблемы развития моей страны, указали направление и перспективы социального развития и являются знаменем, ведущим широкий кругозор. массы людей в новую эру. Лю И и Хуанг Кайсюань [158] в 2020 году считают, что высокая степень встроенности может обеспечить стабильную модель развития сообщества и гармоничный метод распределения выгод, в то время как обратный эффект вызван низкой степенью встроенности.

3) *Исследования по направлению экологической науки.* Отчеты об исследованиях и выступления Баксинера и Брундтланд в основном представлены теорией устойчивого развития. Эти отчеты и выступления в основном основаны на ресурсах, защите окружающей среды и экологии.

Ри [173] предложил рассчитывать экологическую несущую способность и след на основе двух аспектов спроса и предложения. Сравнивая спрос и предложение, мы можем определить, находится ли экологическая среда

региона в состоянии устойчивого развития. Исследователи Смолдерс и Градус [180] считают, что экономический рост, поддержание экологического баланса и устойчивое социальное развитие неотделимы от фактора окружающей среды. Цао Шисюн и Лю Вэй [131] в 2018 году проанализировали бесприигрышную модель экологического восстановления, чтобы получить более эффективные схемы планирования для помощи соответствующим ведомствам.

В то же время он обеспечивает теоретическую основу для социально-экономического развития и защиты окружающей среды. Зрелость и применение этого метода окажут глубокое влияние на устойчивое развитие социальной экономики моей страны. Ли Инчао [159] в 2020 году построил сообщество общего будущего для человечества и заложил основу для экологического управления, полагая, что оно может изменить экологический порядок, успешно решить конкретные проблемы в экологической структуре, способствовать общему развитию человечества, и способствовать инновационному развитию экологического управления.

4) *Направление исследований систематики.* Ню Вэньюань и другие ученые Китая совместно исследовали новое направление - направление исследований систем. Систематика в основном говорит о всеобъемлющей координации и считает, что «устойчивость, координация и развитие» являются основными критериями для оценки устойчивого развития. Устойчивое развитие в конечном итоге определяется как пять подсистем: интеллект, развитие, общество и окружающая среда, экология. Устойчивое развитие является высшим приоритетом теоретических исследований, и его следует использовать как систему для углубленного анализа.

Фан Фэнъянь, Лей Ялин [138] Обобщая и резюмируя закон развития системы «энергия-экономика-общество» и взаимное влияние, он обеспечивает дополнительную справочную информацию для проведения исследований по связанным вопросам с целью достижения гармоничного развития общества и экономики. Тан Фейфей [183] посредством исследования трех основных

экономических кругов Китая, основанного на социально-экономической и экологической системе, обсуждает и сравнивает уровень устойчивого развития и изменений, а также предоставляет предложения по управлению и развитию этих трех основные экономические круги и контрмеры. Ю Сюэя [196] сочетает мысль о взаимосвязи и синергии с комплексным методом оценки для построения системы оценочных индексов, моделируемой четырьмя подсистемами экономики, общества, технологий, ресурсов и окружающей среды в системе устойчивого развития Китая, и предлагает для региональной комплексной оценки скоординированные методы развития. Ма Хуэйминь и Дин Ян [163] построили региональную систему экология-экономика-общество для оценки координации устойчивого развития моей страны в провинциях Китая в 2015 и 2016 года.

Настоящее исследование показало, что, изучение представленных теории, концепции, подходов и методов является основным базисом для оценки уровня развития. Между ними существует тесная связь, и измерение развития становится связующим звеном между ними. Если отсутствуют влияющие факторы для расчетной модели оценки эффективности деятельности объекта, то трудно определить границы между устойчивым и неустойчивым, а также трудно руководствоваться единым инструментарием в практических приложениях по прогнозированию развития производства. Следовательно, если нет согласия в отношении методов измерения и оценки показателей, исследование устойчивого развития может быть основано только на понимании этой концепции отдельным лицом, а затем на расчетах и анализе. Из-за отсутствия единого стандарта, затрудняющего координацию, невозможно получить единое мнение, да и конечные результаты тоже разные.

Международное сообщество достигло консенсуса в отношении теоретических исследований устойчивого развития и было привержено поиску единой системы оценки индексов. Что касается причины, по которой эта цель до сих пор была труднодостижимой, Гиддингс и Хопвуд [142] полагают, что из-за различий в региональных правительствах, предприятиях,

социальных организациях и исследовательских учреждениях, они занимают свои соответствующие позиции и рисуют множественные коннотации устойчивого развития. В результате, «устойчивое развитие» образовало множество «производных».

1.2. Критерии и принципы обеспечения стабильного развития предприятий золотодобывающей отрасли

Российская золотодобывающая отрасль сохраняет позитивную динамику: наблюдается рекордный объем добычи, ввод в эксплуатацию большого количества добывающих мощностей и развитие существующих месторождений. Все это позволило обеспечивать на протяжении последних лет непрерывный рост объема производства золота в России, величина которого в 2018 году составила 329,9 тонны [71]. Операционные затраты российских золотодобывающих компаний остаются ниже затрат зарубежных конкурентов. Большинство компаний отрасли демонстрируют позитивный настрой, несмотря на сохранение внешних ограничений, обусловленных геополитическими вопросами. Наоборот, ослабление рубля в 2018 году помогло золотодобывающим предприятиям сохранить относительно высокие показатели операционной эффективности даже в условиях продления внешних ограничений.³

Вышесказанное свидетельствует о том, что предприятия золотодобывающей отрасли, благодаря изменению в последние 10-15 лет стратегического подхода к ведению бизнеса, основанном на учете всех аспектов эффективного развития сосредоточили внимание на комплексной системе управления устойчивым развитием (далее УР), не ограничиваясь просто соблюдением применимого законодательства. Реализация этого подхода ускорила стремление ключевых игроков на российском рынке золота соответствовать требованиям передовых стандартов Международного совета по горному делу и металлам.

Существует множество причин, чтобы следовать данному курсу, и существуют очевидные преимущества, которые получают предприятия, когда

идут по пути совершенствования своей деятельности в области устойчивого развития. Согласно опыту ведущих компаний отрасли - ПАО «Полнос», Компания «Полиметалл», АО «Чукотская ГГК» АО «Южуралзолото ГК», ГК «Петропавловск» и др. успешно внедряющих принципы УР, данные компании в целом несут меньшие затраты и являются наиболее эффективными операторами на рынке золота.

Концептуальные подходы по проблеме УР в регионах и отраслях народного хозяйства РФ представлены в работах Бобылёва С.Н. [19], Водневой О.И. [26], Рыжикова Т.Н. [86], Шедько Ю.Н. [120], Шкиперовой Г.Т. [125], Сахарова А.Г. [92], Харламова М.Ф. [106] и других. Устойчивое развитие находятся в фокусе внимания аналитических центров, отраслевых союзов и консалтинговых компаний[89, 109].

Анализ современных исследований показал малочисленность научных работ, раскрывающих специфику УР золотодобывающей отрасли, на преодоление этого пробела в направлено данное исследование.

В современной научной литературе понятие УР используется довольно массово. Термин *«устойчивое развитие»* (от англ. *«sustainable development»*) впервые появился в сфере природопользования. Этот термин был использован в 50-х годах XX в. канадскими специалистами при регулировании рыболовства, в рамках которого решалась задача недопущения истощения рыбных ресурсов. В последующем из природопользования этот термин был перенесен в глобальную экологию. С 1980-х годов словосочетание «устойчивое развитие» стало применяться в научном обороте, но широкое его распространение началось после выхода в свет доклада «Наше общее будущее», подготовленного в 1987 году Международной комиссией по окружающей среде и развитию ООН под руководством премьер-министра Норвегии Гру Харлем Брунтланд [70].

УР в соответствии с формулировкой ООН – *«...это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под*

угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности» [70].

Позже, на конференции ООН 1992 г. в Рио-де-Жанейро на волне острых противоречий, сопровождающих принятие документов по отдельным составляющим стратегии УР, было выдвинуто более жесткое и четкое определение: «Устойчивое развитие – это развитие без роста». По мнению большого круга ученых такого рода определение наиболее верно отражает суть того, к чему стремится человечество [118].

Следует отметить большую заслугу в вопросах теоретической разработки проблем УР и подготовке вышеуказанной конференции известного миру российского ученого академика РАН В.А. Коптюга. С тех пор прошло более четверти века. Однако в нашей стране Стратегии устойчивого развития России до сих пор нет, разработан лишь ее проект на основе принятой в 1996 г. «Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» [73]. В связи с отмеченным, чрезвычайно важно ускорить разработку «Стратегии устойчивого развития Российской Федерации». Имея в виду именно "Устойчивое развитие" (sustainable development).

Известно множество публикаций, содержащих формулировки, отражающие сущность словосочетания «устойчивое развитие». Авторы и по сей день продолжают модифицировать общеизвестные формулировки термина, предлагать его новое определение. Однако ни одно из них за более чем четверть века усилий исследователей из разных национальных школ так и не стало общепринятым [25]. Более того, общаясь и обсуждая данный термин, в диалоге, экономисты, экологи, промышленники и чиновники понимают «Устойчивое развитие» по своему и по-разному. В настоящее время в экспертном сообществе и широких кругах общественности идет обсуждение дальнейшего развития Российской Федерации в контексте 204 и 474 Указов Президента РФ Владимира Путина и Национальных проектов. Начинает формироваться комплекс планов, проектов и иных федеральных и

региональных инициатив [3], Наиболее успешный организационный опыт - Стратегия социально-экономического развития Республики Татарстан [4].

Детальное изучение и анализ реализуемых в настоящее время программ УР, а также исследований ученых, в частности Л.А. Костыговой [53], позволило автору сформулировать основные критерии и принципы УР применительно к предприятиям золотодобывающей отрасли (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Критерии устойчивого развития золотодобывающей предприятий (составлено автором и опубликовано [118])

На наш взгляд, основные критерии это: «Достаточная сырьевая база», «Эффективность экономического развития», «Эффективность технологического развития», «Обеспечение социальной защищенности», и «Экологическая защищенность».

Реализация этих критериев должна обеспечить:

- экономический рост золотодобывающему предприятию;
- охрану окружающей среды;
- социальное развитие в регионах присутствия.

Изучение официально публикуемой отчетности золотодобывающих предприятий показал, что в основном УР рассматривается ими в рамках корпоративной социальной ответственности [117]. Вместе с этим, ряд крупнейших золотодобывающих компаний подтвердил свою приверженность принципам Глобального договора ООН в таких сферах, как охрана прав человека, трудовые отношения, охрана окружающей среды и борьба с

коррупцией. Так, к Глобальному договору ООН в 2012 г. присоединилась компания «Полиметалл», а в 2019 г. «Полюс» и «Петропавловск». Наиболее значимые темы, реализуемыми вышеуказанными компаниями по программам УР, приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Наиболее значимые темы в действующих программах устойчивого развития ведущих российских золотодобывающих предприятий (составлено автором и опубликовано [118])

Золотодобывающее предприятие	Публикация первого отчета по устойчивому развитию	Подписание Глобального договора ООН	Важнейшие темы		
			Социальные темы	Экологические темы	Экономические темы
Компания «Полиметалл»	2007	2012	– здоровье и безопасность на рабочем месте; – местные сообщества; – сотрудники.	– водные ресурсы; – экологический менеджмент; – изменение климата; – отходы.	– создание социально-экономической ценности; – поставщики и партнеры.
ПАО «Полюс»	2012	2019	– этика и права человека; – наши сотрудники; – поддержка местных сообществ.	– охрана окружающей среды; – потребление энергии и изменение климата	– охрана труда и промышленная безопасность; – партнеры и поставщики; – соблюдение законодательства.
ГК «Петропавловск»	2019	2019	– ответственное снабжение; – взаимодействие с местными сообществами; – НИОКР, использование новых технологий; – права коренных малочисленных народов; – этическое ведение бизнеса; – заключение коллективных договоров.	– обращение с отходами; – контроль энергопотребления и выбросов; – управление водными ресурсами; – биоразнообразие и рекультивация.	– экономические результаты; – производственная безопасность; – налоги.
ПАО Высочайший (GV Gold)	Отчет по УР с 2015 г. входит в состав годового отчета	-	– социальное развитие в регионах присутствия	– охрана окружающей среды	– экономический рост

Принципы устойчивого развития золотодобывающей отрасли, по нашему мнению, заключаются в следующем:

во-первых, это оценка экономической ценности добываемого из недр минерального сырья;

во-вторых, минимизация возможных потерь минерального сырья;

в-третьих, разумное распределение ресурсов для их эффективного использования и получения максимальной экономической выгоды.

Согласно основным требованиям и основным целям эффективного функционирования производства предприятия золотодобывающей промышленности должны отвечать следующим моделям развития горнодобывающей отрасли:

- Во-первых, развитие золотодобывающей промышленности требует рациональной разработки и комплексного использования полезных ископаемых.

- Во-вторых, для развития золотодобывающей промышленности необходимо, чтобы ее производство не наносило ущерба окружающей среде или чтобы ущерб не превышало несущей способности окружающей среды.

- В-третьих, развитие золотодобывающей промышленности требует стабильного роста ее экономической выгоды.

- В-четвертых, развитие золотодобывающей промышленности требует, чтобы ее социальные блага могли повышаться одновременно с уровнем общественного развития.

Охрана окружающей среды – важнейшая составляющая устойчивого развития бизнеса. Взвешенное и обдуманное потребление природных ресурсов наряду с соблюдением законодательных норм и правил поможет привести к равновесному и устойчивому развитию предприятий недропользования [106].

Исследование показало, что золотодобывающие предприятия стремятся изыскивать новые возможности для повышения устойчивости своего бизнеса. Уже в процессе проектирования и эксплуатации месторождений и фабрик минимизируется воздействие на окружающую среду. Шире стали использоваться возобновляемые источники энергии - в основном на месторождениях, где отсутствует подключение к централизованным системам энергоснабжения. Ориентируясь на возможные последствия изменения

климата, предприятия отрасли стремятся повышать эффективность использования воды и энергии и применять более безопасные методы хранения отходов. Новые технологии имеют решающее значение для устойчивого развития на глобальном уровне. Приведем лишь один пример. Компания Полиметалл на Амурском ГМК внедрила технологию автоклавного окисления золота. Этот метод имеет меньшее воздействие на окружающую среду, а также позволяет безопасно складировать отходы.

Одним из самых отходоёмких производств является горное производство. На долю горной промышленности приходится около 70-75% всех отходов, образованных в РФ. Из них только 30% подвергаются утилизации. Отходы твёрдого, жидкого и газообразного агрегатного состояния складировются в хвостах, отвалах, шламохранилищах, полигонах, и в последствии содержащиеся в них полезные компоненты теряются. Известно, что прямой выход продукции в технологической цепочке «сырьё-целевой продукт» в золотодобывающей промышленности не превышает 1% [93].

При добыче полезных ископаемых, как было отмечено выше, образуется большой объем минеральных отходов, а также сравнительно небольшие объемы прочих и опасных отходов. Актуальной представляется задача повторно использовать не менее 20% образованных отходов, чему свидетельствует опыт 2018 г. крупнейших компаний исследуемой отрасли.

Отметим, что ответственное обращение с отходами включает три аспекта: управление рисками, смягчение экологического ущерба и снижение затрат. Поэтому важно, как это уже внедрено в ряде крупнейших золотодобывающих компаний страны, принимать жесткие меры по предотвращению загрязнения окружающей среды при размещении отходов, но и прежде всего, максимально повторно использовать отходы, а оставшуюся часть размещать способами, предотвращающими их потенциальную угрозу экосистеме. Необходимо, чтобы система обращения с отходами регулярно проходила внутренний экологический аудит и выборочные проверки государственных инспекций.

Еще одним важным этапом стал переход на более безопасные способы хранения отходов, в т.ч. сухое складирование хвостов. Такая технология позволяет уменьшить вероятность повреждения хвостохранилища и минимизирует потенциальный ущерб в случае аварии. Дальнейшее внедрение технологии сухого складирования хвостов на предприятиях. Положительный эффект дает размещение на долговременное хранение отфильтрованных отходов на специально подготовленную площадку — «сухой» полигон, что значительно снижает риск разрушения дамбы, сводит к минимуму возможные негативные последствия аварий, а также предотвращает утечку пульпы.

Органично вписывается в стратегию устойчивого развития технологии также замкнутые системы водоснабжения, которые сводят к минимуму воздействие на окружающую среду.

Особую значимость приобретает внедрение передовых технологий переработки упорных руд. Поскольку упорные руды занимают все большую долю мировых ресурсов золота, компетенции Компании в области их переработки, безопасной для окружающей среды, станет ключевым стратегическим преимуществом, в том числе в процессе переработки стороннего сырья.

Представляется целесообразным переход предприятий золотодобывающей отрасли, как это развито при разработке железорудных месторождений, к модели циклической экономики 3R: «сокращение - повторное использование - переработка», позволяющей во-первых, сокращать количество материалов, используемых в технологических процессах (бурение, добыча, измельчение), без потери качества и во-вторых, максимально использовать вскрышные породы для обратной закладки подземных выработок или в качестве строительных материалов на собственных производственных площадках. Что касается не подлежащих повторному использованию отходов, то их следует с разрешения государственных органов размещать либо на собственных территориях, либо на сторонних полигонах по договорам с лицензированными организациями.

Практика работы ведущих компаний отрасли показала, что отходы, непригодные для повторного использования целесообразно передавать сторонним организациям. Так, например, около 36 тонн подлежащих переработке отходов были собраны на месторождении Майское ПАО «Полюс» на Чукотке, которые были помещены в 10 контейнеров и доставлены в порт Певек, откуда затем по морю отправлены на перерабатывающие заводы [58].

Установлено, что в плане рационального природопользования крупнейшими золотодобывающими компаниями (Полюс, Полиметалл, и др.) применяется системный подход, основанный на управлении экологическими рисками на стадии геологоразведки, проектирования, строительства, эксплуатации и закрытия предприятия, на прогнозировании возможных чрезвычайных ситуаций и, наконец, на применении опробованных методов охраны окружающей среды.

Исследование показало, что наращивание объема переработки месторождений золота, в том числе из бедных труднообогатимых комплексных руд при их низкой извлекаемой ценности, в конечном итоге может в определенной степени разрушить экологический баланс. В связи с этим важнейшей задачей в золотодобывающей отрасли становится разработка комплекса промышленных и информационных технологий, направленных на достижение максимального извлечения запасов благородных металлов. В этом случае отходы обогащения будут являться не объектом вторичной переработки, а объектом глубокой утилизации.

Важнейшим направлением является разработка систем искусственного интеллекта, в первую очередь, способных оптимизировать процесс технологической оценки сырья при изучении месторождений благородных металлов, управлять обогатимостью руд и качеством концентратов при их освоении. На необходимость технологического прорыва, в том числе в области искусственного интеллекта уже давно указывает руководство страны [10].

Горнодобывающие компании активно используют цифровые технологии для решения задач повышения производительности. Значительный прогресс был достигнут в автоматизации горных процессов, включая подземную железнодорожную автоматизацию и автоматизацию рабочих мест, а также в использовании инструментов прогностической аналитики для снижения затрат на техническое обслуживание и повышения оперативной готовности оборудования. Эти инициативы направлены на решение конкретных проблем или узких мест, и, хотя они являются эффективными, они не работают.

Проблема эффективного использования цифровых технологий в золотодобывающей отрасли является очень актуальной. На наш взгляд, золотодобывающая отрасль может достичь ощутимого и устойчивого роста производительности только в том случае, если инновационные цифровые решения будут внедрены на всех уровнях цепочки создания стоимости. Это помогает качественно вывести деятельность организации на новый уровень. Ключевые компании уже приступили к крупномасштабным инициативам, которые могут обеспечить отдачу в различных областях, включая инновационные маркетинговые стратегии, маркетинговые методы и поставки сырья. Однако мало кто решился на фундаментальные изменения, которые затрагивают все компоненты бизнеса. Игрокам отрасли нелегко определить, сколько денежных ресурсов выделить на цифровое развитие и с чего начать. Кроме того, вопрос выработки и реализации цифровой стратегии зачастую находится в ведении ИТ-служб. Без участия старшего руководства эта инициатива будет сведена к чисто прикладному аспекту, и сотрудники золотодобывающего предприятия не смогут в полной мере понять осуществимость происходящих изменений. Кроме того, возникнут сложности с обеспечением достаточными материальными и интеллектуальными ресурсами на их реализацию.

Инвестиции в цифровые решения могут повысить производительность и прибыльность по всей цепочке создания стоимости. С помощью модели

«цифрового месторождения» золотодобывающие компании, которые могут привести эффективность работы оборудования к уровню, близкому к уровню эффективности сектора промышленного производства, будут занимать лидирующие позиции на рынке. Цифровизация (дигитализация) является необходимым условием для поддержания устойчивой производительности и роста прибыльности, а также получения конкурентных преимуществ. Сегодня, когда технологии становятся неотъемлемой частью современного бизнеса, коренным образом меняющим способы работы компаний, невозможно быть в стороне от современных тенденций [31].

На рисунке 1.2 показаны возможности применения цифровых технологий на стадиях разведки, добычи, переработки, торговли, технического обслуживания и ремонта горнодобывающего оборудования.



Рисунок 1.2 – Применение цифровых технологий на основных этапах производства и реализации продукции золотодобывающих предприятий (составлено автором и опубликовано [118])

Приведем пример. Золотодобывающая компания «Полюс» активно внедряет в свои производственные процессы элементы цифровизации и роботизации, что позволяет минимизировать риски при проведении горных работ и оптимизировать как непосредственно добычу руды, так и выплавку

металла. Однако еще большего эффекта компания ждет от внедрения IT-технологий в систему управления и обучения персонала, в том числе и за счет облачных сервисов.

«Цзыджин Майнинг» входит в десятку крупнейших золотодобывающих компаний мира и одну из крупнейших в Китае. «Цзыджин Майнинг» также провела серию цифровых исследований. Например, использование автоматизированного и интеллектуального производственного оборудования для повышения эффективности и безопасности производства. Управление ресурсами с помощью цифровых технологий для повышения эффективности и прозрачности использования ресурсов. Мониторинг производственной среды и состояния оборудования с помощью систем мониторинга в реальном времени и интеллектуальных систем управления для обнаружения и решения потенциальных проблем. Использование большие данные и аналитические инструменты для оптимизации управления цепочками поставок и повышения качества принятия решений.

Интенсивное развитие золотодобычи и превращение его в высокотехнологичную отрасль должно положительным образом отразиться на развитии как самих золотодобывающих предприятиях, так и регионов их присутствия в Российской Федерации и Китае.

Для создания условий создания искусственного интеллекта и цифровых технологий в золотодобыче на уровне, опережающем мировой уровень, необходим механизм государственной поддержки, как в научном развитии, так и промышленной реализации.

Необходимо увеличение государственного финансирования новых проектов, поисковых и геологоразведочных работ на драгоценные металлы, в том числе на россыпных месторождениях, на что многие годы обращают внимание золотодобытчики.

Отметим, что разведка ресурсов золота по определению является высоко рисковым предприятием, требующим значительных финансовых вложений. Учитывая столь высокие риски, инвесторы должны быть в разумной степени

уверены в получении прав на разработку открытых ими залежей, иметь возможность вернуть вложенные деньги и получить прибыль.

Несмотря на это иностранные инвесторы проявляют заинтересованность в участии своим капиталом в разработке месторождений золота. Согласно опросу ЕУ 90% золотодобывающие компании готовы разрабатывать проект совместно с иностранным инвестором [41].

Однако серьезным барьером в привлечении иностранного капитала в отрасль стали принятые отрицательно сказались на инвестиционной привлекательности золотодобывающей отрасли и значительно сократили возможности золотодобывающих компаний по привлечению зарубежного финансирования

Поправки в Закон РФ №2395-1 «О недрах» [2], ограничивающие иностранные инвестиции в участки недр федерального значения, были приняты в апреле 2008 г., в период поступления значительных объемов иностранных инвестиций и высоких темпов роста российской экономики. В соответствии с указанными поправками применительно к золотодобывающей отрасли, к УНФЗ относятся участки, содержащие коренные (рудные) месторождения с запасами золота 50 тонн и более. На протяжении уже более 10 лет Правительство РФ ни разу не применило введенное ограничение.

Эти поправки отрицательно сказались на инвестиционной привлекательности золотодобывающей отрасли и значительно сократили возможности золотодобывающих компаний по привлечению зарубежного финансирования. Доля прямых иностранных инвестиций в горнодобывающий сектор экономики в золотодобывающей отрасли сократились в 1,5 раза [83].

Повышение или отмена порога, ограничивающего иностранные инвестиции в участки недр федерального значения, расширит возможности по привлечению иностранного капитала, развитию труднодоступных территорий в Сибири и на Дальнем Востоке, откроет доступ к передовым технологиям и зарубежному финансированию, а также будет способствовать финансированию расходов на геологоразведочные работы.

Между тем на Дальнем Востоке значительная доля инвестиций в основной капитал приходится на горнодобывающую промышленность. Повышение объема инвестиций в основной капитал до 25% от ВВП было обозначено Президентом РФ в Послании Федеральному Собранию в мае 2018 г. как условие для достижения опережающих темпов роста ВВП при сохранении макроэкономической стабильности [41].

Специфика деятельности предприятий золотодобычи существенным образом затрагивает и общество, и окружающую среду, и это налагает на них огромную ответственность. На наш взгляд, предприятия отечественного золотодобывающего сектора должны изменить стратегический подход к ведению бизнеса, сосредоточив внимание на комплексной системе управления устойчивым развитием, не ограничиваясь просто соблюдением применимого законодательства. Необходимо присоединиться к другим золотодобывающим компаниям, стремящимся к более ответственному ведению бизнеса, внедряющих принципы Глобального договора ООН в своей деятельности.

1.3. Обоснование подхода к формированию экономического механизма оценки уровня развития золотодобывающих предприятий

Как известно базисом устойчивого развития любого государства является развитие реального сектора экономики. Однако, как это признают многие исследователи, современные условия не позволяют кардинально изменять в сторону прогресса имеющийся потенциал традиционной промышленной политики в виду ее ограниченности, что отражается на возможности предприятий конкурировать друг с другом. Принимая это во внимание, современную экономическую политику следует выстраивать на положениях, включающих современные аспекты, например такие, как системы искусственного интеллекта и цифровая трансформация.

В настоящее время среди подходов при разработке организационного механизма, преимущественно рассматривается кластерный подход. Это объясняется тем, что более высокая эффективность отдельных горных

предприятий в целом во многом определяется тесными внутри кластерными связями, способствующей отраслевой кооперации [91].

В соответствии с кластерной концепцией американского экономиста Майкла Портера [81], кластеры можно рассматривать и структурировать по следующим источникам преимуществ:

- состоянию финансовых, технологических и ресурсных факторов производства, которые являются наиболее существенными для данной отрасли экономики;
- состоянию и характеру спроса на продукцию или услуги данной отрасли;
- состоянию смежных и вспомогательных отраслей экономики;
- наличию отраслей-поставщиков и других смежных отраслей экономики;
- институциональным условиям, существующим в стране и регионе, влияющим на функционирование отрасли, а также характером соперничества на внутренних рынках.

По мнению Н.Ю Самсонова и М.А. Ягольницера формирование и функционирование кластеров по добыче и переработке минерального сырья отличается от принципов по территориальному размещению промышленных предприятий промышленного типа, характеризующихся массовым выпуском продукции для производства которой требуется постоянный ввоз и вывоз большого объема первичного или полуфабрикатного сырья, а также комплектующих изделий. Предприятия такого типа обычно размещены на территориях, имеющих развитую производственно-транспортную инфраструктуру, а также достаточные энергосетевые мощности [91].

Основная часть запасов и прогнозных ресурсов рудного золота и, следовательно, значительная часть действующих и вновь создаваемых золотодобывающих предприятий сосредоточена в регионах Сибири и на Дальнем Востоке. Месторождения же полезных ископаемых имеют определенное географическое расположение, неизменные масштабные

размеры. То есть освоение горных объектов и переработка содержащегося в них сырья должны происходить в непосредственной близости от мест залегания руд. В свою очередь, это выражается в необходимости создания связующей и локальной дорожной сети, энерго- и сетевых мощностей, социальных объектов и других производственно-инфраструктурных объектов. Затраты на такие мероприятия в отдаленных регионах Сибири и Дальнего Востока могут составлять 50-65% от общих капитальных расходов на строительство горно-обогатительного комплекса [91].

Вышесказанное относится и к освоению золоторудных месторождений, но с учетом того, что конечная продукция - золотосодержащий концентрат, золото в слитках - является малотоннажной, требуются незначительные транспортные расходы на ее вывоз в отличие от разработки железорудных или угольных месторождений, по которым объем продукции составляет сотни тысяч и миллионы тонн.

Отметим, что теоретико-методологические подходы к разработке экономического механизма устойчивого развития в различных отраслях народного хозяйства разработаны и отражены в работах российских авторов.

В частности, в исследовании Костыговой Л.А. был сформирован механизм устойчивого развития промышленности на основе территориальных инновационных кластеров [51]. Исследователем Карповичем Ю.В. предложена модель устойчивого развития предприятия на основе концепции здоровьесбережения [46]. Сидоровым В.М. разработан организационно-экономический механизм формирования устойчивого развития машиностроительных предприятий на основе социальной, технологической и экономической устойчивости [95]. Аксеновым П.В. обоснован и разработан механизм и инструменты обеспечения устойчивого развития промышленных предприятий на основе стратегических конкурентных преимуществ [11], Исследование Шедько Ю.Н. было посвящено разработке механизма управления устойчивым развитием на уровне региона на базе использования ценностно-ориентированного подхода, в котором система ценностей является

одновременно и главным критерием, и основой целеполагания [119].

В то же время, анализ современных исследований показал малочисленность сведений, раскрывающих экономический инструментарий развития предприятий исследуемой отрасли, и предопределил в некоторой степени направление данного исследования.

В отличие от предприятий, входящих в промышленные кластеры, золотодобывающие предприятия практически не взаимодействуют между собой. Они также не конкурируют за покупателей производимой ими конечной продукции, так как практически любой добытый объем золота будет реализован. Но золотодобывающие компании конкурируют между собой за объекты минерально-сырьевой базы, как в регионах своих действующих золотодобывающих объектов, так и в новых перспективных регионах. Такая ресурсная конкуренция проявляется в аукционах за новые объекты сырьевой базы и при проведении поисково-оценочных работ на перспективных территориях. Однако на практике равное соперничество за сырьевую базу присутствует только среди компаний, сопоставимых между собой по финансово-экономическому, технологическому и инвестиционному потенциалу.

Технологическое оборудование, ресурсы, материалы и услуги для золотодобывающей отрасли являются в основном специализированными, как правило, производимыми по предварительным заказам. Поэтому поставщики (российские и зарубежные) конкурируют между собой за контракты золотодобывающих предприятий на поставку ресурсов, материалов и услуг. Поставки являются заранее «запрограммированными» на использование оборудования и комплектующих агрегатов от конкретных компаний-производителей и с заданными техническими параметрами. Это характерно для компаний, производящих специализированную карьерную и горную технику и обогатительное фабричное оборудование (мельницы для измельчения руд, насосы и гидроциклоны, флотационные агрегаты и пр.). В этом случае открытое соперничество между производителями не проявляется,

поскольку определенные виды оборудования и материалов выпускаются ограниченным числом производителей. Это особенно проявляется при использовании специфических технологий обогащения золотоносных руд, таких как метод биовыщелачивания. Однако качество и надежность оборудования - главный фактор конкурентоспособности различных поставщиков.

Производители и поставщики ресурсов, материалов и услуг могут выступать как прямые поставщики оборудования, материалов и ресурсов, а также действовать через дилеров и торговых представителей в регионах.

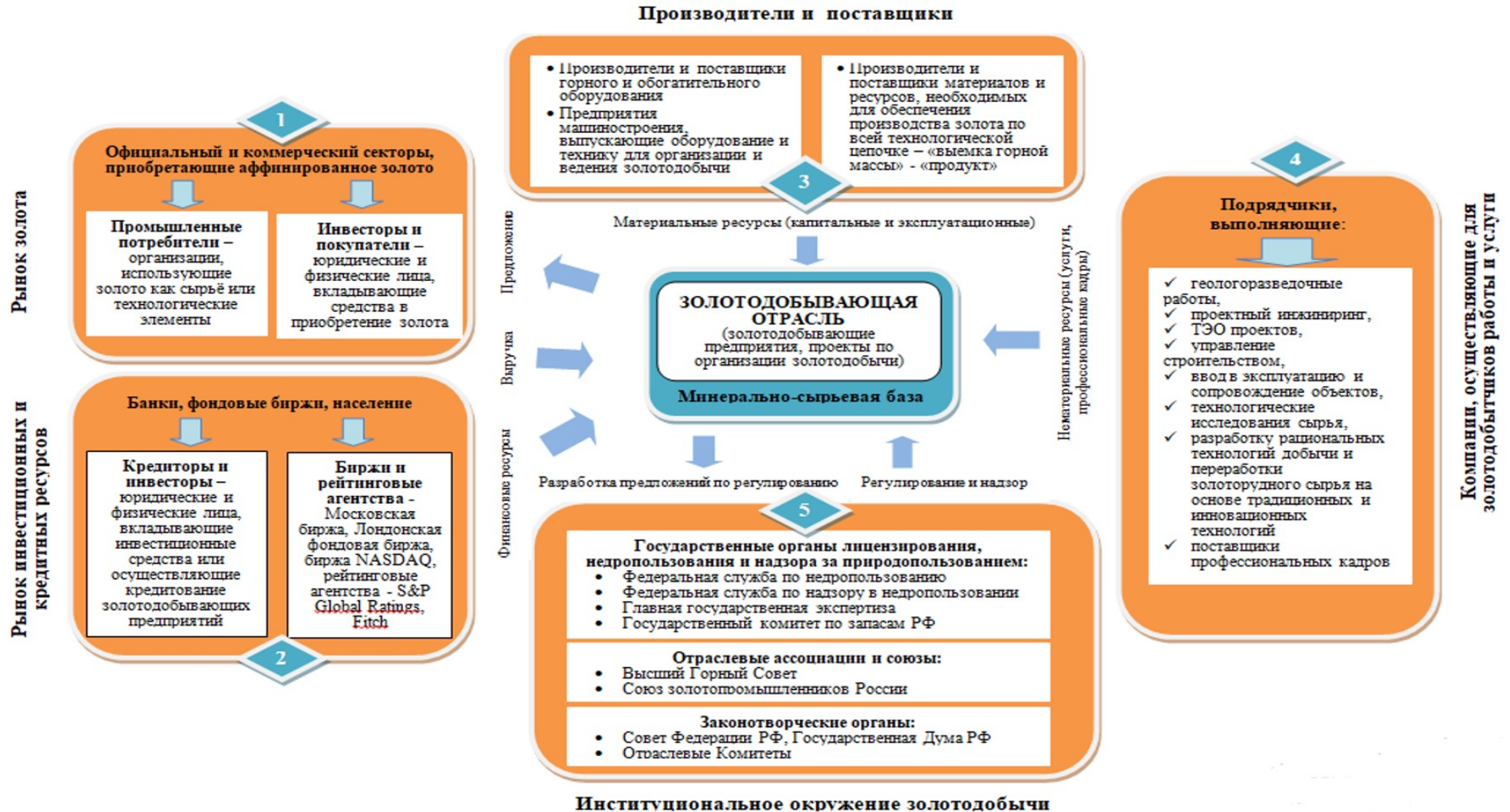
В принципе, практически любой вид оборудования для строительства и функционирования золотодобывающего комплекса может быть поставлен различным доступным для определенной местности видом транспорта (автомобильными, речным, морским, железнодорожным, авиационным) в любое место на территории месторождения. При этом расстояние между месторождением и поставщиком оборудования не является экономически решающим фактором, поскольку будущие доходы от добычи золота, несомненно, значительно превысят транспортные расходы.

В отрасли действуют как холдинговые структуры, владеющие и управляющие несколькими предприятиями в том или ином регионе, так и самостоятельные золотодобывающие компании. В процессе хозяйственной деятельности независимые друг от друга золотодобывающие предприятия, как правило, не продуцируют между собой хозяйственных и финансово-экономических взаимосвязей. Исключения могут составлять такие случаи, как аренда временно простаивающей техники, совместное строительство объектов инфраструктуры (общие участки автодорог, ТЭЦ, речное причальное хозяйство и др.) для ведения золотодобычи в общем рудном районе.

Развитие региональных ресурсных кластеров может стимулироваться приоритетным созданием основного в данных условиях горнопромышленного комплекса, в рамках которого создается инфраструктура общедоступного пользования. Характерным примером здесь может являться подготовка к

разработке Наталки некоего месторождения рудного золота (Магаданская область), обогатительные мощности которого будут выпускать до 40 тонн золота ежегодно. За счет этого будет развиваться энергетическое и электросетевое хозяйство, дорожные сети. Это позволит начать освоение новых месторождений рудного золота в Яно-Колымском геолого-экономическом районе (западная часть Магаданской области — северо-восточная часть Якутии), а также других полезных ископаемых.

В рамках исследования фокусируется внимание на предприятиях, разрабатывающих месторождения рудного золота, либо подготавливающих запасы к освоению. Привязка к коренным золоторудным месторождениям, а не к объектам россыпного типа объясняется следующими причинами. Во-первых, рудные месторождения являются доминирующим типом в структуре существующей золотодобычи в России (76-81%) ежегодно добываемого золота в стране - из коренных месторождений). Во-вторых, именно коренные месторождения составляют более 70% балансовых запасов страны (россыпные - порядка 20%). Поэтому в дальнейшей перспективе ключевое значение рудного золота сохранится. В третьих, организация рудной золотодобычи требует существенно больших капитальных затрат и подготовительных работ по сравнению с ведением россыпной золотодобычи. Это означает образование значительно большего количества внутри- и межотраслевых связей. В целях обоснования авторского подхода к формированию экономического инструментария эффективного развития предприятий золотодобывающей отрасли рассмотрим более подробно специфику и отраслевые особенности в деятельности предприятий золотодобычи, их внешнее окружение. Изучение и анализ отчетности, в том числе отчетов по устойчивому развитию позволил в общем виде представить структуру внешнего окружения «универсального» золотодобывающего предприятия в форме пяти блоков (импакт-групп), оказывающих, на наш взгляд, определяющее влияние на эффективное развитие как самих предприятий, так и золотодобывающей отрасли в целом (рисунок 1.3).



Источник: составлено автором.

Рисунок 1.3 – Взаимосвязи в золотодобывающей отрасли (авторская разработка)

Предлагается выделить 5 блоков (импакт-групп), под влиянием которых функционирует предприятие золотодобывающей отрасли в рамках системы межотраслевых и внутриотраслевых взаимосвязей по всем технологическим и инвестиционным переделам (разработка, добыча, транспортировка, переработка и оборот золота). Под влиянием приведенных на рисунке 1.3 составляющих блоков функционирует практически любое предприятие золотодобывающей отрасли в рамках системы межотраслевых и внутриотраслевых взаимосвязей по всем технологическим и инвестиционным переделам (разработка, добыча, транспортировка, переработка и оборот золота). Приведем краткий комментарий содержания блоков и их взаимосвязи с предприятиями исследуемой отрасли.

Первая импакт-группа - рынок золота (он регулируется законодательством об обороте драгоценных металлов), где золото выступает наличным товаром, а также рынок инвестиционных ресурсов. Золото Доре и золото в шлихах, которое добывается золотодобывающими предприятиями, подлежит переработке в слитки и последующей продаже.

В качестве субъектов рынка золота выступают [198]:

- Центральный банк Российской Федерации, в функции которого входит назначение котировок цен на золото на внутреннем рынке, торговля золотом через отечественные и зарубежные банки, осуществление операций по регулированию государственных золотовалютных резервов, создание нормативных требований, обязательных к выполнению всеми участниками рынка драгоценных металлов;

- Гохран Российской Федерации в обязанности которого входит осуществление функций по формированию, использованию и хранению Государственного фонда драгоценных металлов и драгоценных камней РФ, включающего не только наличные запасы слитков золота как золотовалютных резервов, но и коллекцию образцов природного золота, платины и других ценных металлов, алмазов и минералов;

- коммерческие банки, приобретающие и торгующие

стандартизированными слитками золота и монетами, экспортирующие драгоценные металлы, а также, предоставляющие кредитные ресурсы в драгоценных металлах и использующих их в качестве залоговых обязательств;

– потребители - предприятия и организации, использующие золото как сырье или технологические элементы для производства собственной продукции;

Вторая импакт-группа – рынок инвестиционных ресурсов. Основными субъектами рынка инвестиционных ресурсов выступают:

– стратегические инвесторы и финансовые кредиторы — юридические и физические лица, вкладывающие инвестиционные средства в организацию добычи и ведение золотодобывающей деятельности или осуществляющие их кредитование;

– инвесторы-покупатели - юридические и физические лица, вкладывающие в установленном порядке средства в приобретение драгоценных металлов.

Третья и четвертая импакт-группы - это окружение отрасли, представляющее собой компании и организации, обеспечивающие поставку ресурсов, материалов и услуг для организации и ведения добычной деятельности.

В качестве субъектов окружения золотодобывающей отрасли выступают конкретные предприятия- производители и поставщики материальных ресурсов:

– производители горно-обогатительного оборудования, предприятия машиностроительного и автомобилестроительного сектора, выпускающие оборудование и технику для организации и ведения золотодобычи;

– производители и поставщики материалов и ресурсов, необходимых для обеспечения производства золота по всей технологической цепочке: «выемка и транспортировка горной массы – переработка - обогащение - продукт».

В качестве субъектов окружения золотодобывающей отрасли также

выступают поставщики материальных ресурсов:

- производители горно-обогатительного оборудования, предприятия машиностроительного и автомобилестроительного сектора, выпускающие оборудование и технику для организации и ведения золотодобычи;

- производители и поставщики материалов и ресурсов, необходимых для обеспечения производства золота по всей технологической цепочке: «выемка и транспортировка горной массы - переработка - обогащение - продукт».

В качестве субъектов окружения золотодобывающей отрасли также выступают поставщики нематериальных ресурсов:

- геологическая разведка - организации, проводящие геологоразведочные работы различных стадий, от оценочных работ до подсчета запасов. В этот сегмент входят геологические структурные подразделения золотодобывающих компаний, частные геологоразведочные компании, а также государственные предприятия, осуществляющие работы по заказу Федерального агентства по недропользованию. Все эти компании могут обеспечивать проектирование и проведение геолого-поисковых и геологоразведочных работ, геологическое сопровождение действующих проектов и месторождений;

- поставщики услуг технологических исследований, проектирования и инжиниринга — организации, занимающиеся исследованиями минерального состава, физико-химических и механических свойств руд, проводящие разработку рациональных технологий переработки и обогащения руд на основе традиционных и инновационных методов, проектирование добычных и производственных комплексов по цепочке «выемка руды – обогащение - получение продукта», инжиниринг проектов и, в ряде случаев, поставку стандартного и специализированного оборудования. Они также могут координировать строительство предприятия и его ввод в техническую эксплуатацию, обеспечивать поставку и интеграцию специализированного программного обеспечения. Крупные золотодобывающие компании (холдинги) обычно имеют собственные проектно-исследовательские

организации, но также могут заказывать работы сторонним исполнителям:

– поставщики квалифицированных специалистов для золотодобывающей отрасли - высшие учебные заведения и специализированные факультеты, профессиональные училища, осуществляющие подготовку кадров по специальностям: геология, геофизика и геохимия, минералогия, маркшейдерия, металлургия и т.п.; специализированные аудиторские организации (финансовый и горный аудит), предоставляющие свои услуги золотодобывающим компаниям.

К этой группе можно отнести и аффинажные заводы, которые перерабатывают продукцию золотодобывающих компаний, представляющую собой не полностью очищенное золото, золотосодержащие концентраты и сплавы, в стандартные слитки чистого золота;

Пятая импакт-группа представлена субъектами, для которых золотодобывающая отрасль в целом или золотодобывающие компании в отдельности являются контрагентами при регулировании системы недропользования:

– государственные органы лицензирования, недропользования и природопользования, выполняющие разрешительные и контрольно-надзорные функции (Федеральная служба по недропользованию. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, Федеральное агентство водного хозяйства, Федеральное агентство лесного хозяйства, Государственный комитет по запасам РФ);

– профессиональные ассоциации и союзы, задачей которых является представление и отстаивание интересов золотодобывающей отрасли в законодательных и исполнительных органах власти (Союз золотопромышленников РФ, Союз старателей РФ и другие);

– законотворческие органы - Государственная Дума и Совет Федерации и их «отраслевые» комитеты, обладающие правом рассмотрения и подготовки нормативно-правовой базы, касающейся добычи, производства и оборота драгоценных металлов, рационального и комплексного освоения природных ресурсов.

Реализация цели устойчивого развития достигается путем решения задач по обеспечению экономической эффективности производства, достойному уровню жизни людей и обеспечению их социальной защищенности, снижению экологической напряженности [51, 26, 106]. Успешное решение поставленных задач определяется формированием механизма, представляющего совокупность принципов, методов, приемов и требований для достижения поставленных целей на основе приведения деятельности предприятия в соответствие с принципами международных инициатив по устойчивому развитию и лучшими отраслевыми практиками. В связи с этим выделены основные блоки-компоненты, каждый из которых дополняет друг друга - теоретический блок, методический блок и блок, содержащий методический инструментарий (рис. 1.4).



Источник: составлено автором на основе анализа [51, 26] и опубликовано [116].

Рисунок 1.4 – Структура экономического механизма оценки уровня развития предприятий золотодобывающей отрасли

Теоретический блок.

Как было отмечено выше, при значительном объеме научных работ по устойчивому развитию промышленных предприятий выделение новых инструментов реализации с учетом отраслевых особенностей, необходимо уточнить терминологическую базу предметной области исследования, изучить взаимосвязь употребляемых понятий и разработать целостную систему факторов и требований, обеспечивающей стабильное развитие предприятий золотодобывающей отрасли

Методологический блок.

Методологический блок опирается на анализе теоретических аспектов концепции устойчивого развития, разработанных отечественными и зарубежными авторами. Особое внимание было уделено анализу современной теории устойчивости экономических систем (Вальрас Л., Хикс Дж.Р., Самуэльсон П., Вальд А.), а также теории развития организации (Файоль Х., Лизней Дж., Рейли А.), базирующейся на общем законе развития, теорий развития естественных, технических и социально-экономических систем.

В результате в состав методологического блока были включены положения, касающиеся вопросов:

- разработки принципов устойчивого развития золотодобывающих предприятий и на основе системного подхода;
- уточнения методологии исследования в части приведения деятельности предприятия в соответствие с принципами международных инициатив по устойчивому развитию и лучшими отраслевыми практиками.

Опираясь на исследования П.В. Аксенова Л.А. [11], Костыговой [51], О.И. Водневой [26], Ю.Н. Шедько [120], в качестве шести основных принципов устойчивого развития золотодобывающих предприятий на основе системного подхода предлагается использовать следующие положения:

1. Равенство возможностей развития и сохранение окружающей среды;
2. Рациональное природопользование;
3. Усиление взаимосвязи экономики и экологии;

4. Отказ от проектов, способных нанести ущерб окружающей среде;
5. Свободный доступ к экологической информации;
6. Ведущая роль государства в реализации планов устойчивого развития [113].

Функционирование золотодобывающих предприятий, как это было отмечено выше, имеет большое количество контактов с внешним окружением, в связи с чем кластерная среда представляется как сложная многоуровневая система, формирование которой происходит как на внутрикластерном, так и на региональном, отраслевом и мировом уровне.

В виду вышеизложенного возникает необходимость проведения методологических исследований по осуществлению многоуровневой кластерной политики и вариативности организации золотодобывающих кластеров, основанной на создании основного в данных условиях горнопромышленного комплекса, в рамках которого создается инфраструктура общедоступного пользования.

Методический инструментарий.

Выбор методических подходов основан на возможности заинтересованным лицам получить:

- количественную характеристику устойчивого развития;
- комплексную оценку эффективности развития с отражением экономической эффективности, социальной справедливости и экологической безопасности, процессов рационального природопользования ресурсов и усиления хозяйственных связей;
- полную картину процесса создания добавленной стоимости.

В результате использования вышеизложенных положений разработаны основные элементы механизма устойчивого развития промышленности на основе системного подхода, представленные в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Характеристика элементов механизма оценки уровня развития предприятий золотодобывающей отрасли

Элементы механизма		Содержание элемента
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ БЛОК		
Уточнение терминологической базы по проблеме устойчивого развития золотодобывающих предприятий		1. Расширение понятийного аппарата, формирующего концепцию устойчивого развития предприятий золотодобывающей отрасли Российской Федерации в современных условиях: предложение формулировки устойчивого развития золотодобывающих предприятий, понимаемую авторами как непрерывный процесс развития, предполагающий разумную сбалансированность экономической, социальной и экологической сфер на основе безопасности, стабильности, способности и возможности постоянного обновления. 2. Авторская интерпретация критериев и принципов устойчивого развития золотодобывающей отрасли. В соответствии с ней устойчивое развитие рассматривается как экономическая эффективность, экологическая ответственность и социальная справедливость.
Система требований устойчивого развития золотодобывающих предприятий	Требования в области экономической эффективности	1. Выбор системы показателей экономической эффективности, сочетающихся с целям устойчивого развития предприятия 2. Внедрение систем искусственного интеллекта 3. Цифровая трансформация
	Требования в области рационального природопользования	1. Системный подход при управлении экологическими рисками 2. Использование передового опыта и современных технологий 3. Соблюдение законодательства, кодексов, стандартов и других требований в области золотодобывающей деятельности 4. Проведение политики в области сокращения отходов и использовании вторичных ресурсов 5. Повышение уровня экологической осведомленности 6. Вовлечение заинтересованных сторон 7. Мониторинг эффективности экологической деятельности золотодобывающего предприятия
	Требования к инвестированию в золотодобывающую отрасль	1. Использование быстро окупаемых проектов с государственным участием на долевых началах, когда государство берет на себя часть риска 2. Организация совместно финансируемых отечественными и зарубежными инвесторами проектов золотодобывающих предприятий 3. Создание совместных предприятий по добыче и переработке золота в рамках золотодобывающих кластеров Сибири и Дальнего Востока 4. Использование возможностей закона РФ «О свободных экономических зонах» и закона РФ «Об иностранных инвестициях»
факторов, влияющих на устойчивое развитие	Внутренние факторы	Группа материальных факторов
		1. Финансовые, отражающие платежеспособность, динамику оборотных средств и др. 2. Экономические, характеризующие рентабельность, прибыльность и эффективность 3. Производственно-технологические, характеризующие уровень технологического оснащения производства, уровень научно-технического развития и др.

		Группа нематериальных факторов	1. Организационно-управленческие, отражающие постановку целей и задач в области организации производства 2. Маркетинговые, характеризующие методы продвижения продукции, изучение рынка и др. 3. Социально-экономические и квалификационные, отражающие политику в области управления персоналом 4. Инфо-коммуникативные, характеризующие уровень информатизации предприятия
	Факторы внешней среды	Факторы прямого воздействия	Рыночные - поставщики, потребители, конкуренты
		Факторы косвенного воздействия	• Экономические факторы - цены на золото, условия кредитов и займов; темпы инфляции; уровень безработицы; государственная финансовая поддержка, санкции; • Государственные факторы - налоговое, таможенное, лицензионное законодательства; • Общественные факторы - местные сообщества, население на территориях присутствия золотодобывающих предприятий.
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ БЛОК			
Применение многоуровневого подхода для разработки политики устойчивого развития предприятий золотодобычи			1. Ответственный подход при проектировании, эксплуатации и ликвидации золотодобывающих предприятий; 2. Эффективное управление рисками; 3. Использование передового опыта и современных технологий; 4. Соблюдение всех применимых требований; 5. Вовлечение заинтересованных сторон.
Принципы устойчивого развития промышленности			1. Усиление взаимосвязи экономики и экологии; 2. Равенство возможностей развития и сохранение окружающей среды; 3. Рациональное природопользование; 4. Отказ от проектов, способных нанести ущерб окружающей среде; 5. Свободный доступ к экологической информации; 6. Ведущая роль государства в реализации планов устойчивого развития.
МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ			
Комплексная система показателей устойчивого развития золотодобывающих предприятий			1. Документы, регламентирующие функционирования системы управления устойчивым развитием в соответствии с требованиями IFC и ICMM; 2. Политика взаимодействия с заинтересованными сторонами; 3. Методика диагностики уровня устойчивого развития золотодобывающего предприятия с применением показателя объема добычи золота; 4. Методические рекомендации по разработке стратегических и текущих планов устойчивого развития золотодобывающего предприятия; 5. Методические указания по проведению мониторинга в области устойчивого развития.

Источник: составлено авторами с использованием материалов [11, 119, 51, 106]

Важнейшим направлением повышения эффективности производства является внедрение систем искусственного интеллекта, в первую очередь,

способных оптимизировать процесс технологической оценки сырья при изучении месторождений благородных металлов, управлять обогатимостью руд и качеством концентратов при их освоении. На необходимость технологического прорыва, в том числе в области искусственного интеллекта уже давно указывает руководство страны [73].

Горнодобывающие компании активно используют цифровые технологии для решения задач повышения производительности. Значительный прогресс был достигнут в автоматизации горных процессов, включая подземную железнодорожную автоматизацию и автоматизацию рабочих мест, а также в использовании инструментов прогностической аналитики для снижения затрат на техническое обслуживание и повышения оперативной готовности оборудования. Эти инициативы направлены на решение конкретных проблем или узких мест, и, хотя они являются эффективными, они не работают.

На наш взгляд, золотодобывающая отрасль может достичь ощутимого и устойчивого роста производительности только в том случае, если инновационные цифровые решения будут внедрены на всех уровнях цепочки создания стоимости.

Резюмируя отметим, что механизм оценки уровня развития применительно к предприятиям золотодобывающей отрасли можно представить в теоретического и методологического блоков, составляющих его теоретико-методологическую основу, а также блока методического инструментария. Конструкция предложенного механизма ориентирована на современные аспекты и особенности экономического развития страны.

Предложенная структура механизма устойчивого развития золотодобывающих предприятий в виде принципов, требований, факторов, методов и инструментов реализации, на наш взгляд, учитывает определенным образом условия, специфику и отраслевые особенности предприятий золотодобычи, рассмотренные в рамках настоящего исследования.

1.4. Ситуация на мировом рынке золота

Нестабильность рыночной экономики является следствием инерционности экономической системы, неспособностью вовремя приспособиться к изменениям во внешних сферах экономической деятельности. неустойчивости цен, инфляции, дорогостоящих кредитов, сложности технического перевооружения и во многом влияет на независимую экономическую политику страны. Совмещение золотом товарных и валютных качеств — главное его преимущество, позволяющее использовать этот драгоценный металл в качестве универсального платежного средства всем участникам рынка. Наличие большого золотого запаса ассоциируется с экономической независимостью государства. Поэтому эффективное функционирование золотодобывающих предприятий, на основе применения новых технологий, таких как: автоматизация, интегрированные платформы, IoT, инструменты моделирования и визуализации, расширенная аналитика, удаленные операционные центры, подключенный работник и кибербезопасность, обеспечивает более стабильное состояние и всей экономики страны.

Хотя совокупный спрос на золото в 2020 году снизился в годовом сопоставлении на 14% и составил 3 760 т, что в основном обусловлено факторами, связанными с пандемией. Впервые с 2009 года годовой спрос оказался ниже 4 000 т. Однако в настоящее время мир сталкивается с многочисленными рисками, такими как низкие темпы роста, высокая инфляция и геополитические конфликты, а золото все чаще становится наиболее привлекательной инвестицией. Объем крупных сделок слияний и поглощений в сфере драгоценных металлов в мире в 2021 году составил 27,54 млрд долларов США, увеличившись на 41,7% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, превывсив уровень 2019 года до COVID-19. Однако количество проектов слияний и поглощений в сфере золотодобычи сократилось, а масштабных слияний и поглощений увеличилось.

По данным Международного совета по золоту, мировой спрос на золото восстановится до 4021 тонны в 2021 году. Рост за весь год составил 10%, при этом центральные банки добавили в свои резервы в общей сложности 463 тонны золота, что на 82% больше, чем в 2020 году. Центральные банки по всему миру увеличили золотые резервы до самого высокого уровня почти за 30 лет. Мировой спрос на золото в 2022 году вырастет на 18% в годовом исчислении до 4741 тонны, самого высокого уровня с 2011 года. Среди них глобальные закупки центральных банков в 2022 году увеличились на 152% в годовом исчислении до 1136 тонн, достигнув самого высокого уровня за всю историю.

В настоящее время в мире часто происходят геополитические конфликты, глобальный экономический рост вялый, страны в основном проводят мягкую фискальную и монетарную политику, а спрос на безопасные активы в крупнейших экономиках значительно возрастает. После распада Бреттон-Вудской системы США доминировали в международной валютной системе и стали основным поставщиком глобальных безопасных активов. Особенно после мирового финансового кризиса 2008 года, атрибуты безопасности золотых запасов продолжают подчеркиваться. За последние два года покупки золота мировыми центральными банками достигли рекордного уровня. Цены на золото оставались высокими даже во время сильного цикла доллара США. Золото имеет резервную стоимость, не имеющую аналогов среди других сырьевых товаров и даже финансовых активов.

Данные МВФ показывают, что средние золотовалютные резервы развивающихся экономик составляют около 7%, что намного ниже, чем 17% развитых экономик. В настоящее время доля развивающихся стран в мировой экономике продолжает увеличиваться, и соответственно увеличиваются масштабы валютных резервов. Золото стало одним из основных направлений распределения дополнительных резервов центрального банка, обеспечивая мощную поддержку ценам на золото.

По данным Всемирного совета по золоту, общий спрос на золото в 2023 году (без учета внебиржевых сделок) составит 4467,8 тонны, что на 5%

меньше по сравнению с 2022 годом, когда спрос будет высоким. В 2023 году общий спрос на золото, включая внебиржевые операции и потоки запасов (398тонн), достиг 4899 тонн, что является рекордным показателем. Центральные банки в различных странах продолжают скупать золото в больших масштабах. Чистые покупки золота за год составили 1037 тонн, всего на 45 тонн меньше исторического рекорда 2022 года. [104].

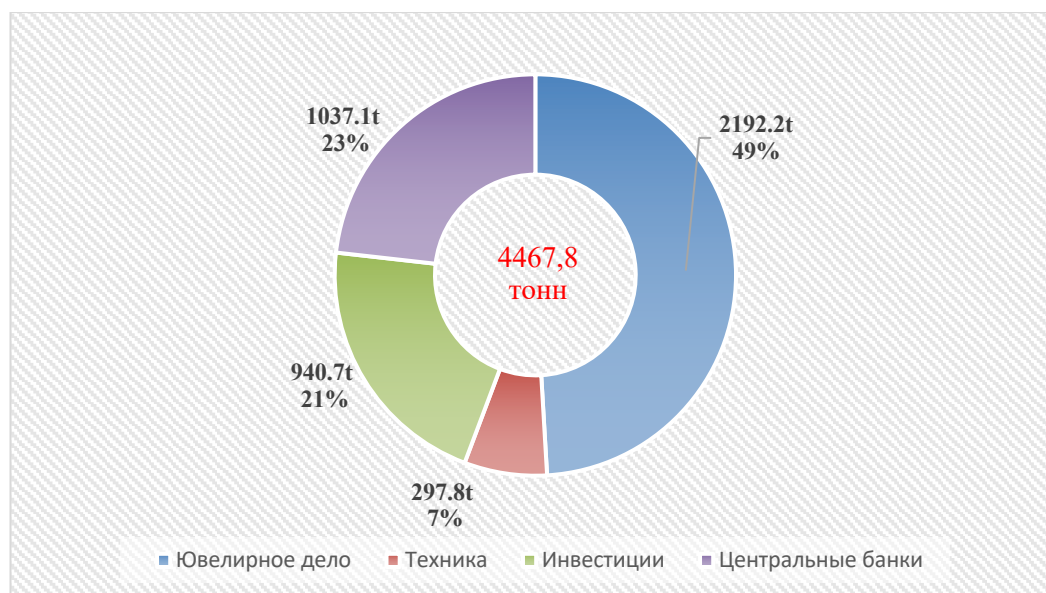
Мировой спрос на золото в 2013-2023 гг. представлена на рисунке 1.5.



Источники: ICE Benchmark Administration, Metals Focus, Refinitiv GFMS, World Gold Council

Рисунок 1.5 – Мировой спрос на золото в 2013-2023 гг

Структура мирового спроса на золото в 2023 г. представлена на рисунке 1.6.



Источники: составлено автором

Рисунок 1.6 – Структура мирового спроса на золото в 2023г.

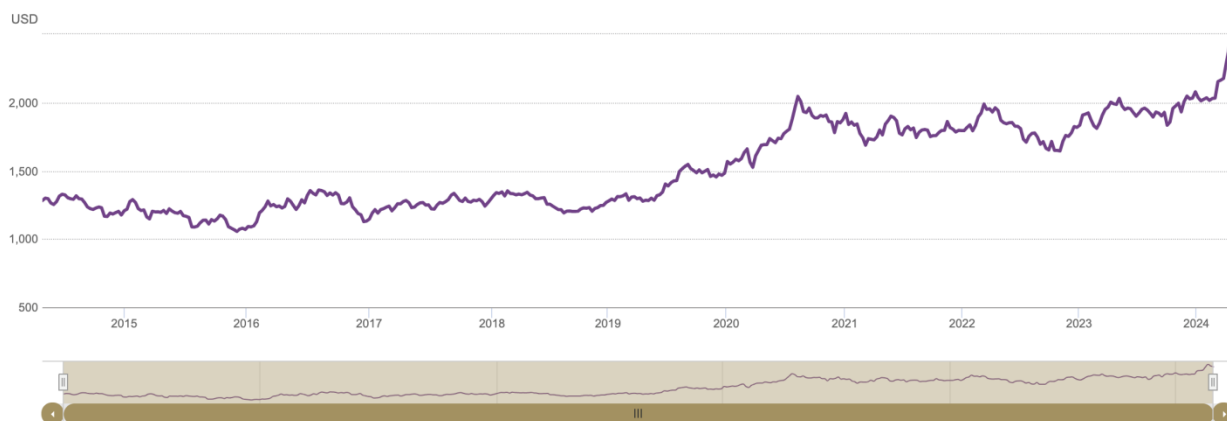
Общий объем предложения золота в 2023 г. составил 4930,4 т. Даже несмотря на то, что цены на золото достигли рекордных высот, мировой рынок золотых ювелирных изделий по-прежнему демонстрирует удивительную устойчивость. Мировое потребление золотых ювелирных изделий останется стабильным на уровне 2092 тонн в 2023 году. Восстановление экономики Китая стало мощной движущей силой роста мирового спроса на золотые украшения. В 2023 году общий спрос на золотые ювелирные изделия в Китае по-прежнему достигнет 630 тонн, увеличившись на 10% в годовом исчислении, что компенсирует 6%-ный спад в Индии за тот же период. Однако общий объем потребления золотых ювелирных изделий в 2023 году все равно будет ниже долгосрочного среднего уровня, на 1% ниже, чем в 2019 году.

Добыча золота на рудниках выросла на 1% в годовом исчислении до 3644 тонн, но все еще была ниже рекордно высокого уровня 2018 года. Переработка золота в течение года следовала тенденции цен на золото: объем переработки увеличился до 1 237 тонн, что на 9% больше, чем в прошлом году. Благодаря этому общий объем поставок золота за год увеличился на 3% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года.

С 2023 года международные цены на золото продолжают колебаться на высоких уровнях: средняя цена на золото в 2023 году достигла 1940,54 доллара США за унцию, что на 8% выше, чем в 2022 году, и стало рекордным уровнем. В 2023 году продолжающиеся покупки золота мировыми центральными банками поддержат цены на золото и в определенной степени компенсируют ослабление спроса в других областях золотого рынка.

С точки зрения макрофакторов, помимо монетарной политики, неопределенность геополитических конфликтов также является ключевым фактором, влияющим на цены на золото.

Объем переработки и средняя цена золота за 2015-2024 гг, \$ за унцию представлена на рисунке 1.7.



Источники: FastMarkets, ICE Benchmark Administration, Thomson Reuters, World Gold Council

Рисунок 1.7 – Объем переработки и средняя цена золота за 2015-2024гг, \$ за унцию

Факторы, определяющие динамику глобального рынка, по мнению Всемирного совета по золоту состоят в следующем:

- Спрос на золото среди инвесторов будет зависеть от ставок и инфляции. Повсеместная обеспокоенность инвесторов в связи с возможными рисками в результате увеличения дефицита бюджета в сочетании с низкими процентными ставками и повышенным притоком денежных средств может привести к инфляционным явлениям. В условиях инфляции, а также на фоне отката рынка акционерного капитала цена на золото, как правило, возрастает.

- Восстановление экономики развивающихся рынков окажет положительное влияние на потребительский спрос. Ожидаемое восстановление экономического роста в 2021 году может побудить потребителей воспользоваться возможностями покупки в связи с установившейся с середины августа 2020 года стабильной ценой на золото. Экономический рост и спрос на китайском рынке несомненно взаимосвязаны, и Всемирный совет по золоту ожидает, что рост потребления золота в этом регионе сохранится. Индийский рынок золота также укрепляется. Однако в других регионах в условиях спада мировой экономики и сохранения традиционно высоких цен на золото потребительский спрос, вероятно, останется невысоким.

– На цену золота влияют не только реальная процентная ставка доллара США и геополитические риски, важную роль также играет отношение мировых центральных банков к золоту. В 2023 году такие факторы, как инфляция, геополитические риски, риски санкций и многополярность глобальной резервной валютной системы, будут стимулировать тенденцию покупки золота центральными банками.

– Спрос на покупку золота глобальными центральными банками и официальными учреждениями удвоится, что увеличится вдвое. принесут пользу рынку золота важные структурные изменения. В 2023 году масштабные и непрерывные покупки золота центральными банками различных стран станут одним из важных факторов роста цен на золото.

– Объём добычи золота увеличится. Хотя некоторая неопределённость относительно развития событий в 2021 году сохраняется, представляется вероятным, что по мере восстановления после пандемии количество остановок добывающих предприятий снизится.

– Даже если в золотодобывающих странах будут приняты новые карантинные меры, большинство компаний уже разработало протоколы и процедуры, которые призваны ограничить последствия остановок и не допустить повторения ситуации с повсеместной приостановкой работ, которая наблюдалась в первом полугодии 2020 года.

– Спрос со стороны инвесторов сохранится. Всемирный совет по золоту ожидает, что в 2021 году потребность в эффективном хеджировании и низкие ставки будут способствовать сохранению спроса со стороны инвесторов. В то же время на спрос может влиять восприятие риска в зависимости от темпов и устойчивости восстановления экономики

Выводы по первой главе

1) Определены основные принципы и индикаторы эффективного функционирования золотодобывающего предприятия, которые определяют возобновление запасов, рациональную разработку и комплексное использование сырья, стабильный рост экономической выгоды, минимизацию ущерба окружающей среде, повышение социальных благ работников. При этом устойчивое развитие золотодобывающих предприятий определяется, в первую очередь, стабильным состоянием сырьевой базы, которую можно характеризовать степенью обеспеченности добычи балансовыми запасами.

2) Установлено, что не существует единой системы определения факторов, влияющих на эффективность разработки и использования золота, совмещающего как товарные, так и валютные качества. В лабильных условиях экономики предложено выделить влияющие факторы в отдельные группы с точки зрения состояния запасов, экономики, социальной среды, технологий и экологии.

3) Проведенные исследования показали, что спрос крупнейших экономик на безопасные активы в виде золота растет, общий объем поставок золота за год увеличился на 3% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Установлены критерии, которые на основе системного подхода дают возможность определить эффективность функционирования золотодобывающих предприятий в нестабильных условиях.

ГЛАВА 2. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗОЛОДОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ И ОБОСНОВАНИЕ СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЗОЛОДОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

2.1. Характеристика золотодобывающей промышленности России и Китая в контексте ресурсов, экономики, общества и окружающей среды

Основным источником золота в мире являются коренные золоторудные месторождения. Важную роль также играют комплексные месторождения, в которых золото присутствует в качестве попутного компонента. Россия входит в тройку крупнейших стран-производителей драгоценного металла. Производство аффинированного золота из минерального сырья в стране ежегодно растет и в 2020 г. достигло 308,6 т, что на 1% выше уровня 2019 г. [32]. Объем добычи золота в 2022 году составит 324,7 тонн, увеличилось на 7% с 346,4 тонны в 2021 году.

В структуре добычи золота преобладают коренные собственно золоторудные месторождения, на долю россыпных объектов приходится менее пятой части российской добычи. По качеству руд отечественные золоторудные месторождения в целом сопоставимы с мировыми.

Мировые запасы золота, локализованные в недрах более 100 стран мира, оцениваются в 46,3 тыс. т (основная их часть сосредоточена в России, Австралии, США, ЮАР и Перу); ресурсы превышают 140 тыс. т. [32]. Общий объем добычи золота в различных странах и регионах мира увеличился до 3611,9 тонны в 2022 году, увеличился на 1,2% по сравнению с 3568,9 тонны в 2021 году, и успешно вернулся к уровню до эпидемии COVID-19. В 2023 г. по предварительным данным, добычи золота в мире составило 3500 тонн. Производство золота в Китае достигнет 519 тонн в 2023 году (внутреннее производство сырого золота составляет 375 тонн, а производство импортного сырья — 144 тонны), а потребление золота в Китае — 1089 тонн, что составляет почти треть мирового производства золота.

Согласно результаты скрининга факторов влияющих на устойчивое развитие золотодобывающих предприятий (таблица 1.2 первой главы) были установлены основные составляющие: ресурсы, экономика, технологии, окружающая среда и другие аспекты. В то же время, согласно теории циркулярной экономики и устойчивого развития горнодобывающей промышленности, в основе разработки и использования золотых минеральных ресурсов лежит рассмотрение вопросов сохранения ресурсов под влиянием ресурсных, экономических, социальных и экологических факторов.

Таблица 2.1 – Запасы золота и объемы его производства в мире (составлено автором на основе [32])

Страна	Запасы, категория	Запасы, тонн	Доля в мировых запасах, %	Производство в 2022 г., тонн	Доля в мировом производстве, %
Китай	Reserves	1900	4	375	10
Россия	Запасы категорий A+B+C1	6800	13	324.7	9
Австралия	Reserves	8400	16	313.9	9
Канада	Reserves	2300	4	194.5	5
США	Reserves	3000	6	172.7	5
Гана	Reserves	1000	2	127	4
Перу	Reserves	2900	6	125.7	4
Индонезия	Reserves	2600	5	124.9	3
Мексика	Reserves	-	-	124	3
Узбекистан	Reserves	1800	4	110.8	3
ЮАР	Reserves	5000	10	92.6	3
Бразилия	Reserves	2400	5	86.7	2
Мир	Reserves	52000	100	3611.9	100

Источники: 1 – U.S. Geological Survey, 2 – China Gold Association, 3 – Surbiton Associates Pty Ltd., 4 – Ministerio de Energía y Minas, 5 – ГБЗ РФ (предварительные (сводные) данные), 6 – Минфин России, 7 – Ghana Chamber of Mines, 8 – Natural Resources Canada

Таким образом, в этой главе будет обсуждаться текущее состояние разработки и использования золотосодержащего минерального сырья с учетом четырех аспектов: ресурсов, экономики, общества и окружающей среды. Данные взяты из материалов ГБЗ РФ, АС «Минерал-Финансы», Роснедра, China Mining Yearbook и Land and Resources Bulletin.

Разработка золотых ресурсов зависит от определения балансовых запасов золота категорий $A+B+C_1$ + категории C_2 (в дальнейшем – резервы) и разрабатываемых и подготавливаемых запасов категорий $A+B+C_1$ (в дальнейшем – основные запасы). С точки зрения устойчивого развития, это исследование анализирует исторические данные по выявленным резервам ресурсов и основным запасам с 2008 по 2020 год. Предстоит выявить тенденцию изменения одной переменной в целях использования её для прогнозирования изменений регрессора в последующие три года. Во-вторых, в сочетании с переменной общего потребления рассчитывается и анализируются статический гарантийный период установленных резервов и статический гарантийный период основных запасов.

Россия – большая страна с богатыми золотыми минеральными ресурсами. По состоянию выявленные запасы ресурсов России достигли 15 319,9 т. При увеличении на 8,5% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года выявленные запасы золотых ресурсов России увеличивались в течение 13 лет подряд и превышали отметку в 14 тыс. тонн в течение пяти лет подряд. Китай богат минеральными ресурсами золота: выявленные запасы ресурсов превышают 11 563,5 тонны, а базовые запасы составляют 1 986,7 тонны, что составляет примерно 3,6% мировых запасов.

Россия обладает значительной по масштабам сырьевой базой золота, которая характеризуется высоким уровнем освоенности. Главенствующее положение в ней занимают коренные собственно золоторудные месторождения. Вторыми по значимости являются руды комплексных месторождений, в которых золото учтено попутно. Важную роль играют россыпные месторождения. Положение техногенных месторождений не существенно. В Китае существует множество типов месторождений золота, но отсутствуют крупные месторождения золота мирового класса, и в основном это мелкие и средние месторождения золота. Распределение золотых приисков в Китае относительно разбросано, но доказанные запасы относительно сконцентрированы. Сопутствующие запасы золота занимают важное место в золоторудных запасах Китая.

России и Китай обладают полным производственным циклом переработки добываемого из недр золотосодержащего минерального сырья: от золотосодержащих концентратов и сплавов до аффинированного металла, из которого выпускаются изделия из золота.

Доля типа золоторудных месторождений в объеме добычи золота представлены на рисунке 2.1.

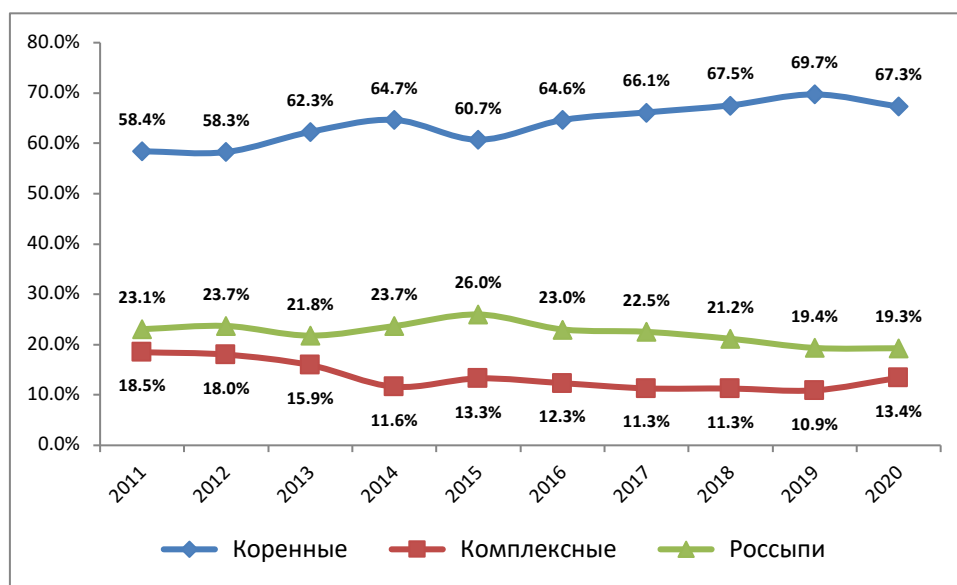


Рисунок 2.1 – Доля типа золоторудных месторождений в объеме добычи золота (составлено автором по данным [32])

В ходе исследования установлено, что гарантийный период доказанных запасов и основных запасов золотосодержащего минерального сырья России уменьшается из года в год.

Поэтому исследование вопросов устойчивого развития предприятий золотодобывающей отрасли, где главенствующую роль занимает состояние воспроизводства сырьевой базы золота, является крайне важным вопросом.

Согласно теории устойчивого развития минеральных ресурсов и теории циркулярной экономики устойчивое развитие горнодобывающей промышленности включает не только оценку экономической ценности ресурсов, но и их рациональное использование.

Следовательно, необходимо понимать, на какие влияющие факторы будет влиять процесс разработки и использования, и установить систему индексов для влияющих факторов.

Следовательно, необходимо проанализировать факторы, влияющие на процесс разработки золотых минеральных ресурсов и использования всей производственной цепочки, и степень их влияния также должна быть ясна.

Кроме того, изучая факторы, влияющие на эффективность ввода и вывода компаний по добыче золота, чтобы отдельно разработать решения для повышения эффективности.

Таким образом, реализуется оптимальное распределение ресурсов и обеспечивается устойчивое развитие золотых минеральных ресурсов.

Из рисунки 2.2 видно, что балансовые запасы России в целом по темпам демонстрируют тенденцию к снижению – с 9,2% в 2008 г. до 3,9% в 2020 г.



Рисунок 2.2 – Тенденция изменения темпов роста балансовых запасов золота в России за период 2008-2020 гг. (составлено автором по данным [32])

На основе исторических данных об балансовых запасах золотосодержащего минерального сырья на основе аппроксимации по рассеянными точкам может быть получено уравнение линии тренда и соответствующее значение R^2 (таблица 2.2).

Таблица 2.2–Уравнение линии тренда для установленных запасов ресурсов (составлено автором)

Параметры линии тренда	R ²	Формула уравнения
Экспоненциальная	0,9436	$y = 10686e^{0,0272x}$
Линейная	0.9607	$y = 350,91x + 110550$
Логарифмическая	0,9384	$y = 1874,2 \ln(x) + 9809,6$
Полиномиальная	0,9727	$y = -10,936x^2 + 514,95x + 10113$
Степенная	0,9605	$y = 10036x^{0,1481}$

Поскольку при выборе подгоночной кривой, чем ближе R² к 1, тем лучше степень подгонки. Таким образом, в данном исследовании выбирается полиномиальный тренд, его R² = 0,9727, уравнение выглядит следующим образом:

$$y = -10,936x^2 + 514,95x + 10113 = 350,91x + 110550 \quad (2.1)$$

В соответствии с этим уравнением можно построить прогноз тенденции выявленных запасов ресурсов на первые три года и линию тенденции, показанную на рисунке 2.3.

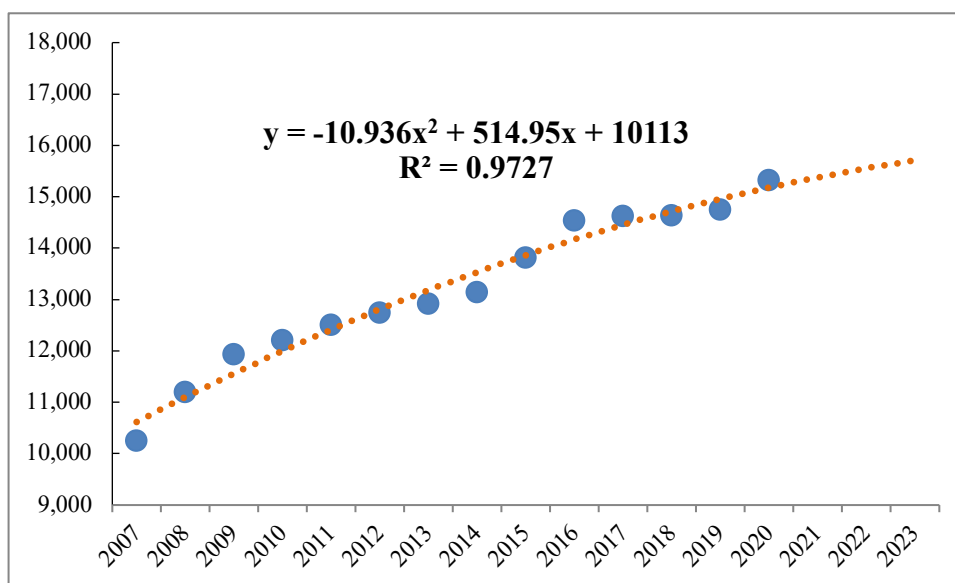


Рисунок 2.3 – Прогноз динамики установленных запасов золотых минеральных ресурсов (составлено автором)

Прогнозные данные по балансовым запасам золотосодержащего минерального сырья России, рассчитанные по полиномиальному тренду оцениваются в 2021 г. на уровне 15 376,7 т., соответственно в 2021 г. –

15 552,6 т., в 2023г. – 15 706,7 т. То есть за период с 2020 г. по 2023 г. балансовые запасы прирастут всего лишь на 2,5%.

С точки зрения устойчивого развития исследователь Ванг Чжицзян предложил показатель статического гарантийного запаса золотосодержащих ресурсов [192], который можно рассчитать по формуле 2.2.

$$Y = \frac{R}{S}, \quad (2.2)$$

где Y - гарантийный период запаса; R - текущие запасы золотых минеральных ресурсов; S - годовое потребление золота.

Применительно к золотодобывающей отрасли России обеспеченность добычи золота разведанными запасами золотосодержащего минерального сырья в 2007-2021 гг. характеризуется данными таблицы 2.3.

Таблица 2.3 – Обеспеченность добычи золота разведанными запасами золота (составлено автором)

Годы	Разведанные запасы ¹ , тонн	Добыча, тонн	Обеспеченность запасами, лет	Темп к предыдущему году
2007	10 254,00	200,7	51,1	-
2008	11 199,90	190,4	58,8	15,1
2009	11 932,20	235,0	50,8	-13,7
2010	12 199,40	256,5	47,6	-6,3
2011	12 505,00	262,2	47,7	0,3
2012	12 745,40	284,7	44,8	-6,1
2013	12 913,00	324,4	39,8	-11,1
2014	13 134,00	311,18	42,2	6,0
2015	13 818,00	286,6	48,2	14,2
2016	14 529,00	324,8	44,7	-7,2
2017	14 618,20	365,9	40,0	-10,7
2018	14 636,20	391,5	37,4	-6,4
2019	14 743,60	434,6	33,9	-9,3
2020	15 319,90	427,2	35,9	5,7
2021	15 500,00	438,1	35,4	-1,3

¹ категории А+В+С1 и перспективные запасы категории С2

Согласно представленного в таблице 2.3 расчета обеспеченность добычи золота разведанными запасами разведанных запасов России в 2007-2021 гг.

Наибольшее снижение разведанными запасами наблюдалось в 2009, 2013 и 2017 гг.

Стоимость выявленных запасов ресурсов и общего потребления золота в 2021 году прогнозируется на основе линии тренда.

По формуле 2.1 можно сделать вывод, что статический гарантийный срок для выявленных запасов ресурсов России в 2021 году составляет 35 лет, что на 4,4% меньше по сравнению с 2019 годом.

В исследовании проведен сравнительный анализ обеспеченности запасами золота по разрабатываемым и подготавливаемым месторождениям в России и Китае (рисунок 2.4).

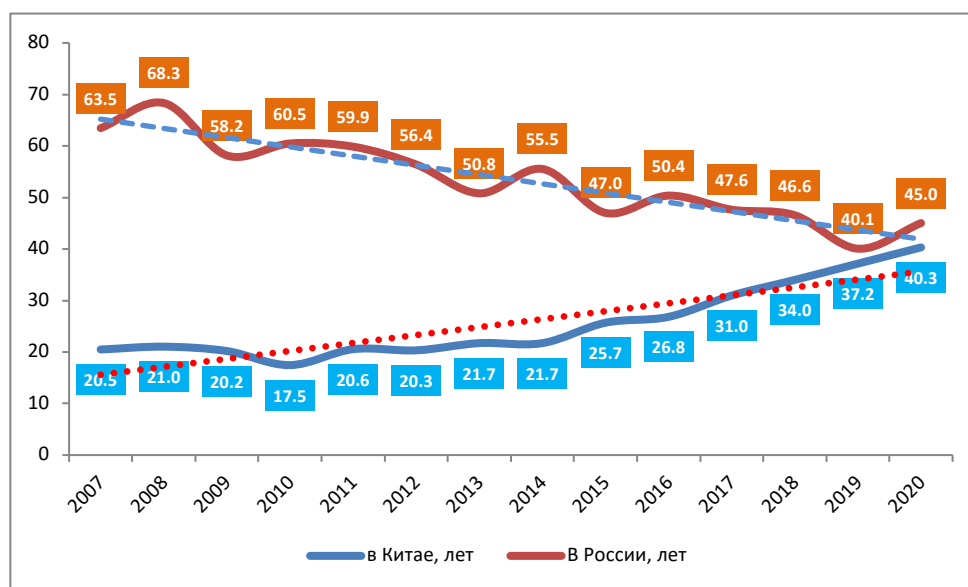


Рисунок 2.4 – Динамика обеспеченности балансовыми запасами золота в России и Китае, в годах (составлено автором)

Как видно из рис. 2.4 наблюдается противоположная направленность запасов золота в годах.

Если в Китае обеспеченность запасами в 2020 г. достигла 40,3 лет по сравнению с 20,5 годами в 2007 г., то в России данный показатель наоборот снизился с 63,5 лет (2007 г.) до 45,0 лет в 2020 г.

Автором также рассчитана обеспеченность по разрабатываемым и подготавливаемым месторождениям запасам в России разведанными запасами золота. Результаты расчета представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Обеспеченность добычи золота запасами по разрабатываемым и подготавливаемым месторождениям (составлено автором)

Год	запасы золота (категория А+В+С ₁)	Общая добыча золота, тонн	Обеспеченность запасами, лет
2007	7 519	200,7	37,5
2008	7 861	190,4	41,3
2009	7 958	235,0	33,9
2010	7 982	256,5	31,1
2011	8 098	262,2	30,9
2012	8 047	284,7	28,3
2013	8 053	324,4	24,8
2014	8 006	311,18	25,7
2015	8 160	286,6	28,5
2016	8 558	324,8	26,3
2017	8 536	365,9	23,3
2018	8 685	391,5	22,2
2019	8 794	434,6	20,2
2020	8 854	427,2	20,7

Источники: ГБЗ РФ (предварительные данные), Союз золотопромышленников

Из таблицы 2.4 видно, что обеспеченность по разрабатываемым и подготавливаемым месторождениям запасами золота сокращается из года в год. Если в 2007 г. она составляла 37,5 лет, то в 2020 г. обеспеченность разведанными запасами золота снизилась до 20,7 лет. Темп снижения в рассматриваемом периоде составил 4,7% в год.

Аналогично по ПАО «Полюс»: растущие в последние годы объемы добычи не обеспечены соответствующим приростом запасов разрабатываемых золоторудных месторождений, обеспеченность запасами за период 2009-2022 гг снизилась с 55,3 до 17,5 лет. (рисунок 2.5).

В то же время, производство золота «Цзыджин Майнинг» увеличилось, золотые запасы также увеличились, в результате чего обеспеченность

запасами в целом демонстрирует тенденцию к росту с 2018 по 2022 год. (рисунок 2.6)

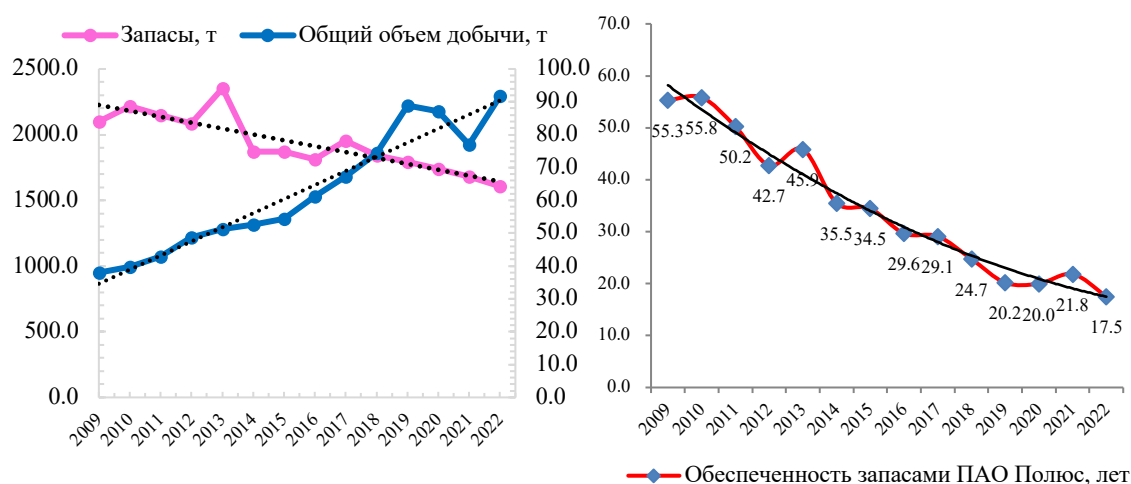


Рисунок 2.5 – Динамика обеспеченности балансовыми запасами золота ПАО «Полус» (составлено автором)

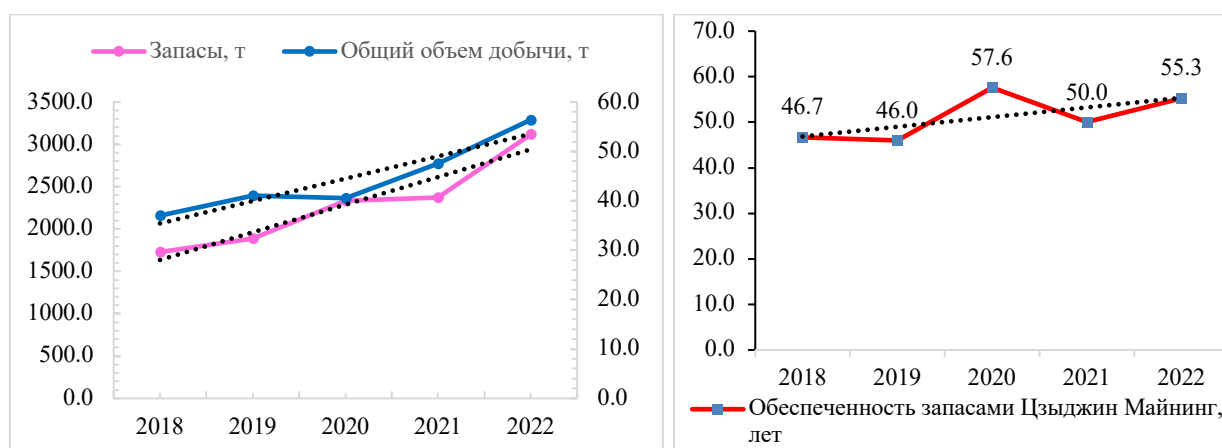


Рисунок 2.6 – Динамика обеспеченности балансовыми запасами золота «Цзыджин Майнинг» (составлено автором)

ПАО «Полус» приходится меняться, адаптироваться и внедрять инновации, чтобы оставаться конкурентоспособными и экономически жизнеспособными в будущем.

На сегодняшний день цифровизация и автоматизация являются ключевыми ответами на этот процесс изменений, ведущий к измеримым улучшениям в производительности и управлении затратами.

На основе исторических данных о разведанных запасах золотосодержащего минерального сырья с 2005 по 2017 год, аппроксимация по рассеянным точкам может быть использована для получения уравнения линии тренда и соответствующего значения в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Уравнение линии тренда запасов категория А+В+С₁(составлено автором)

Параметры линии тренда	R ²	Формула уравнения
Экспоненциальная	0,8940	$y = 755,7e^{0,0108x}$
Линейная	0,8940	$y = 89,299x + 7552,5$
Логарифмическая	0,7770	$y = 450,11 \ln(x) + 7412,3$
Полиномиальная	0,9076	$y = 3,079x^2 + 43,114x + 7675,6$
Степенная	0,7915	$Y = 7438,7x^{0,0551}$

Следуя принципу, что чем ближе R² к 1, тем выбирается наиболее подходящая кривая. Таким образом, основная линия тренда основных запасов категория А+В+С₁ в данном исследовании имеет полиномиальную линию тренда при R² = 0,9076, а уравнение линии тренда имеет вид:

$$y = 3,079x^2 + 43,114x + 7675,6 \quad (2.3)$$

Согласно этому уравнению, основные запасы золотых минеральных ресурсов прогнозируются на последующие 3 года, и строится линия тренда, показанная на рисунке 2.7.

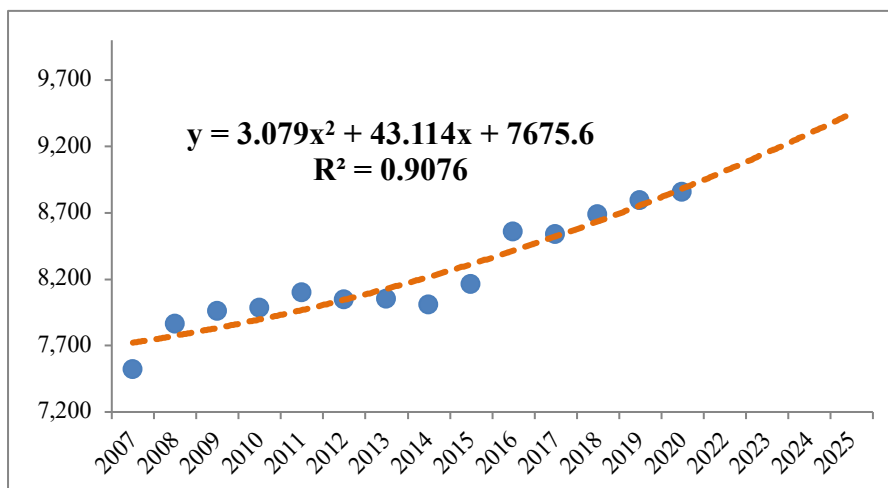


Рисунок 2.7 – Прогноз динамики основных запасов России (составлено автором)

Прогнозные данные по балансовым запасам золотосодержащего минерального сырья России, рассчитанные по полиномиальному тренду оцениваются в 2021 г. на уровне 9 105,1 т., соответственно в 2021 г. – 9 243,6

т., в 2023г. – 9 388,4 т. То есть за период с 2020 г. по 2023 г. разведанные запасы прирастут на 6,0%.

Таким образом, с 2007 по 2020 годы балансовые и разведанные запасы золота по объему увеличивались с течением времени, в то время как обеспеченность балансовых и разведанных запасов в годах уменьшалась из года в год.

Далее будет рассмотрена характеристики спроса и предложения на золото в России и соотношения между ними.

Спрос на золото включает внутреннее потребление золота и спрос Банка России на золото для пополнения золотовалютных резервов страны. С 2012 года Банк России нарастил запас золота до 2298,6 т, что более, чем в 2,5 раза больше чем в 2012 году (895,7 т). В структуре внутреннего потребления золота в России преобладает ювелирное золото, за которым следуют промышленное золото и инвестиционное золото.

По данным [32] в 2020 г. потребление золота значительно снизилось, что вызвано приостановкой закупок Банком России, который активно пополнял золотовалютные резервы страны и являлся основным российским потребителем золота. В 2020 году им приобретено золота 28 т золота против 158,6 т в 2019 г.

Потребление золота ювелирной промышленностью в 2020 г. составило 23 т, что на 31,3% ниже показателя предыдущего года. Резкое снижение связано с приостановкой отечественных ювелирных предприятий, вызванных введением карантинных мер против пандемии COVID-19. Основными негативными факторами, влияющими на спрос со стороны ювелирной промышленности, остаются высокие рублевые цены на золото и низкая покупательная способность основной части населения. Количество золота, используемого в технических целях и для удовлетворения инвестиционного спроса со стороны банков и населения, составляет около 6–7 т [32].

На основе исторических данных об общем потреблении золота с 2009 по 2020 год используем аппроксимацию точки разброса для получения уравнения линии тренда и соответствующего значения R^2 (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Уравнение линии тренда общего потребления золота (составлено автором)

Параметры линии тренда	R ²	Формула уравнения
Экспоненциальная	0,1826	$y = 3813,5e^{0,0102x}$
Линейная	0,1741	$y = 39,172x + 3832,6$
Логарифмическая	0,357	$y = 267,53 + 3641,6$
Полиномиальная	0,5451	$y = 18,714x^2 + 282,46x + 3264,9$
Степенная	0,3748	$Y = 3629x^{0,0694}$

Ориентируясь на более высокое значение коэффициента детерминации наилучшую степень соответствия демонстрирует полиномиальное уравнение с $R^2 = 0,5451$. Уравнение выглядит следующим образом:

$$y = 18,714x^2 + 282,46x + 3264,9 \quad (2.4)$$

Согласно этому уравнению, общий спрос на потребление золота прогнозируется на последующие 3 года. Линия тренда показана на рисунке 2.8.

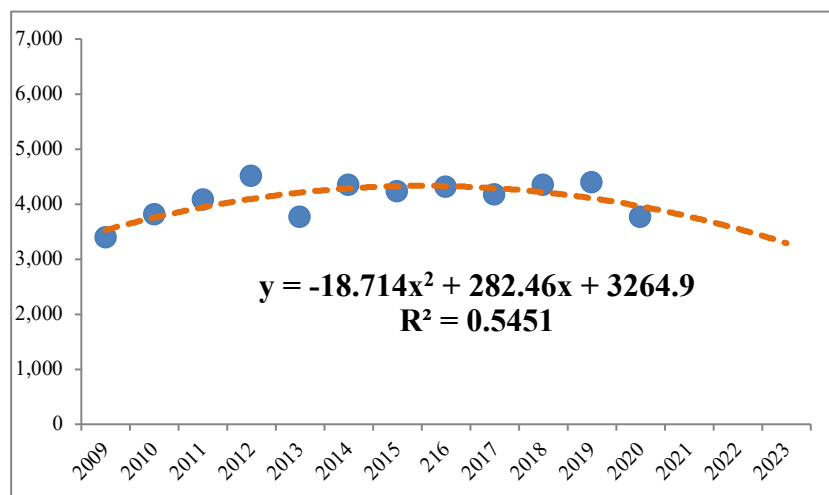


Рисунок 2.8 – Прогноз динамики спроса на золото в России (составлено автором)

Из рисунки 2.8 видно, что с 2016 г. спрос на золото имеет тенденцию к снижению. Согласно линии тренда для прогнозирования динамики спроса на последующие три года можно предположить, что спрос на золото в России в 2023 году составит около 3400 тонн, что на 10% меньше спроса 2020 г.

Предложение золота. Рыночное предложение золота в основном объясняется производством золота. В 2015 г. добыча золота находилась в

состоянии спада и упала с 324,4 т в 2013 г. до 286,6 т в 2015 г., или на 11,7%. За исключением этого года, добыча золота с 2016 года сохранила тенденцию к росту. По расчетам, средний темп роста добычи золота в России с 2011 по 2020 год составил 5,9%. 2013 и 2019 годы были двумя годами с самыми высокими темпами роста производства золота: они составили, соответственно 13,9% и 11%. На основе исторических данных о рыночном предложении золота с 2009 по 2020 год используем аппроксимацию точки разброса для получения уравнения линии тренда и соответствующего значения R^2 (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Уравнение линии тренда общего предложения золота (составлено автором)

Параметры линии тренда	R^2	Формула уравнения
Экспоненциальная	0.5824	$y = 4162,65e^{0.0116x}$
Линейная	0.5959	$y = 50,838x + 4164,6$
Логарифмическая	0,7476	$y = 271,65\ln(x) + 4042,6$
Полиномиальная	0,6797	$y = 6,2414x^2 + 131,98x + 3975,3$
Степенная	0,747	$Y = 4043,5x^{0.0628}$

Ориентируясь на более высокое значение коэффициента детерминации наилучшую степень соответствия демонстрирует логарифмическое уравнение с $R^2 = 0,7476$. Уравнение выглядит следующим образом:

$$y = 271,65\ln(x) + 4042,6 \quad (2.5)$$

Согласно этому уравнению, можно спрогнозировать предложение золота на последующие 3 года. Линия тренда показана на рисунке 2.9.

Согласно прогнозу по линии тренда предложение золота в 2023 году составит около 4800 т, а спрос на золото в том же году - около 3400 т. Таким образом, предложение золота намного превышает спрос. Соотношение предложения и спроса в 2023 году составляет около 1,41. Заметим, что в 2009 году это соотношение составляло 1,15.

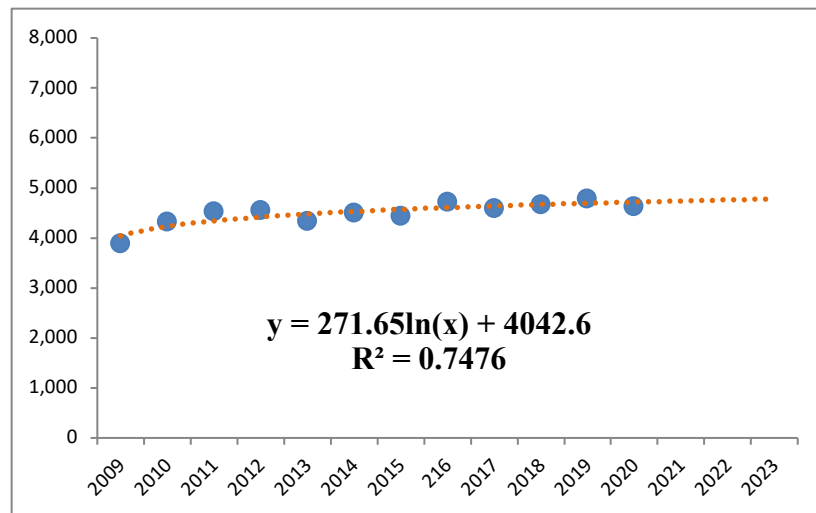


Рисунок 2.9 – Прогноз динамики предложения золота в России (составлено автором)

2.2. Оценка основных факторов развития производства по степени значимости при разработке месторождений золота в нестабильных экономических условиях

Исследование в рамках параграфа 2.2 основано на применении следующих пяти принципов в целях последующего выявления основных факторов влияния на уровень развития производства и их индикаторов. Это принципы: научной системности, комплексности, осуществимости, принцип динамичности и принцип репрезентативности [116].

Принцип научной системности заключается в том, что влияющие факторы должны охватывать весь процесс добычи золота из недр и производства золота, полученного из минерального сырья. Согласно этому принципу, в первую очередь оценить состояние сырьевой базы, уточнить объем сырья, которое необходимо осваивать при разработке золотых минеральных ресурсов, то есть запасов ресурсов. Во-вторых, в процессе разработки требуются определенные технологии для исследования и добычи ресурсов. Таким образом, двумя другими влияющими факторами являются технологии разведки и добычи полезных ископаемых. После этого оценивается, принесет ли процесс разработки экономические выгоды, либо создаст экологические проблемы.

Принцип комплексности, выбор влияющих факторов следует рассматривать с общей точки зрения. Поскольку в данной работе изучаются

национальные золотые минеральные ресурсы, в ней не рассматриваются факторы с индивидуальными характеристиками, такие как размер руды, природа руды, форма рудного тела и качество руды. Поскольку золотые прииски России расположены неоднородно для всей страны, поэтому в данном исследовании вопрос не рассматривается. В то же время намечено в этой работе будут изучить объективные факторы, которые можно измерить с помощью данных статистики.

Принцип осуществимости состоит в том, что показатели каждого влияющего фактора должны быть четко определены и могут быть получены прямо или косвенно из надежных источников, а также не должны допускать применения переменных, которые проблемно использовать в качестве индикаторов.

По динамическому принципу выбранный индекс должен отражать тенденцию изменения и характеристики описываемого объекта за определенный период времени. По принципу репрезентативности выбранный показатель должен полностью отражать влияющий фактор.

В соответствии с указанными выше принципами получены результаты скрининга влияющих факторов (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Результаты выявления факторов, определяющих устойчивое развитие золотодобывающих предприятий (составлено автором)

Категория	Ресурсы	Экономика	Технологии	Окружающая среда
Факторы	Запасы разрабатываемых месторождений; Прогнозные ресурсы.	Цена на золото; Рыночный спрос; Инвестиции в развитие Стоимость добычи золота; Стоимость разведки золоторудного месторождения; Выручка от реализации.	Поисковые технологии; Горная техника; Технология производства.	Загрязнение окружающей среды

Далее будет построена индикаторная система в отношении факторов, влияющих на разработку и использование золотых минеральных ресурсов, полученных в результате анализа научных работ по данной тематике.

Таковыми факторами, на наш взгляд, являются следующие: запасы золота по разрабатываемым и доказанным месторождениям, цена на золото, инвестиции в геологоразведочные работы, капитальные затраты, выручка и себестоимость реализации золота, затраты на экологию и социальные проекты, а также средний коэффициент извлечения золота.

Перечисленные факторы, предлагаемые для анализа, характеризуют стоимость разработки и доход от разработки золота, рыночный спрос, технологию разведки, технологию добычи, технологию производства и фактор загрязнения в результате разработки золотых рудников.

Среди них характерный индекс запасов ресурсов - это запасы по разрабатываемым месторождениям, а характерный индекс цены на золото - это средняя международная годовая цена и внутренняя среднегодовая цена. Характерный индекс инвестиций в разработку - это сумма инвестиций в разведку золотых месторождений, а характеристический индекс затрат на разработку - это стоимость разведки золотых месторождений и себестоимость добычи золота.

Характерным показателем дохода от разработки является выручка от реализации золота.

Характерным показателем технологии геологоразведки являются установленные запасы ресурсов.

Характерным показателем технологии добычи является скорость добычи.

Характерным показателем технологии производства является объем добычи.

Характерным показателем стоимости загрязнения при разработке золотого рудника является объем выполненных мероприятий по борьбе с загрязнением окружающей среды.

Выбор канала данных для анализа имеет приоритет в случаях обращения к унифицированному каналу, содержащему статистические данные (таблица 2.9).

Таблица 2.9 – Интерпретация показателей влияющих на устойчивое развитие золотодобывающего предприятия(составлено автором)

Показатель	Составляющие показателя	Комментарий
Запасы	Запасы золота по разрабатываемым и доказанным месторождениям	Объем запасов, которые могут быть непосредственно использованы для разработки в краткосрочной или среднесрочной перспективе
Рыночный спрос	Общее потребление золота	Общее годовое потребление золота
Цена на золото	Мировая цена	Среднегодовая международная цена на золото (биржевая цена)
	Внутренняя цена	Среднегодовая цена на золото внутри страны (цена продажи потребителям)
Инвестиции в разведку	Инвестиции в геолого-азведочные работы	Инвестиции в разведку содержащегося в недрах золота
Капитальные затраты	Приобретение высокотехнологического оборудования	Инвестирование в новые технологии и другие активы способствуют росту прибыльности и устойчивому развитию золотодобывающего предприятия
Инвестиции на охрану окружающей среды	Затраты на экологию в целях контроля за состоянием загрязнения окружающей среды	Степень загрязнения оценивается в зависимости от количества завершенных мероприятий по борьбе с загрязнением.
Инвестиции в социальные проекты	Затраты на социальные проекты в целях решения наиболее актуальных проблем работников предприятия и региона присутствия	Золотодобывающие предприятия, занимающиеся социальными проблемами, получает двойную прибыль: финансовую и социальную, повышают свою репутацию.
Технология добычи	Объем добычи золота	Чем выше технология добычи, тем больше выпуск продукции, что свидетельствует об уровне технологии добычи.
Горная техника	Коэффициент извлечения	Чем выше технология добычи, тем выше скорость добычи, что незримо указывает на уровень технологии добычи.
Экономическая выгода	Выручка	Сумма выручки от реализации золота и доход от операции
	Себестоимость добычи	Общая стоимость процессов всей цепочки добычи и производства золота. Чем ниже себестоимость тем выше показатели прибыльности

Однако могут возникать ситуации, когда один канал не может собрать все необходимые для анализа данные. Например, в ежегодных обзорах Союза золотопромышленников России можно в свободном доступе найти данные по золоту, начиная с 1995 года. Приводятся отраслевые данные по запасам минерального сырья, добыче золота из недр, производству и экспорту золота, полученного из минерального сырья, цене золота и другие данные. Однако такие данные как, например, затраты на геологоразведочные работы можно найти только в некоторых отчетах последнего времени.

Требуемые значения индексов в основном взяты из Обзоров золотодобывающей отрасли России, публикуемых ежегодно Союзом золотопромышленников России; Государственных докладов о состоянии и использовании МСБ РФ, подготовленных ФГБУ «ВИМС», ФГБУ «ЦНИГРИ», ФГБУ «ВНИГНИ»; Национального бюро статистики Nexun Gold; Китайской ассоциацией производителей цветных металлов и Китайской ассоциацией по золоту.

Следует иметь в виду, что статистические данные отмеченных каналов данных имеют очень небольшую разницу и могут использоваться единообразно.

Таким образом, большинство исходных данных по индикаторам можно получить из вышеуказанных каналов, но есть и некоторые недостающие данные, помимо данных по затратам на геологоразведочные работы, затраты на экологию и другие данные, не могут быть получены из вышеуказанных каналов.

В связи с этим недостающие значения оценивались методом гладкой (плавной) кривой. Конкретная операция заключается в обработке имеющегося массива данных с помощью ввода N/A в Excel, которая позволяет получить недостающие данные путем построения плавной кривой.

Коэффициент извлечения при добыче полезного ископаемого является одним из наиболее важных показателей для измерения использования минеральных ресурсов и уровня технологии добычи и может быть определен по нижеприведенной формуле:

$$\text{Коэффициент извлечения при добыче ПИ} = \frac{\text{Количество добытого золота}}{\text{Резервы мобилизованных ресурсов}} \quad (2.6)$$

Формула 2.6 показывает процентное соотношение фактического количества золота, добытого в определенной области добычи, к мобилизованным запасам ресурсов, что показывает количество золотосодержащего сырья, потерянного в результате освоения месторождения золота.

В соответствии с указанными выше каналами сбора основных показателей, оказывающих влияние на устойчивое развитие золотодобывающих предприятий и принятого подхода к сбору данных, получена система индикаторов, состоящая из 12 показателей.

В таблицах 2.10 и 2.11 представлена база данных показателей, созданная ПАО «Полюс» и «Цзыджин Майнинг» для создания системы индикаторов, оказывающих воздействие на уровень развития золотодобывающих предприятий.

При комплексной оценке разработки и использования золотых минеральных ресурсов весовые коэффициенты индекса имеют важное влияние на результаты оценки.

Поэтому разумное определение весов каждого индекса является одним из ключевых вопросов степени влияния разработка и использование золотых минеральных ресурсов.

Метод субъективного взвешивания в полной мере использует экспертные знания и лучше отражает намерения лиц, принимающих решения, но результаты оценки более субъективны.

Правило объективного взвешивания преодолевает субъективность и имеет прочную основу математической теории.

В этой части значения, определенные методом энтропийных весов, объединены с корреляционным анализом для определения относительной важности каждого влияющего фактора.

Таблица 2.10 – База показателей для создания системы индексов воздействия на устойчивое развитие золотодобывающего предприятия(на примере ПАО «Полус»)

Годы	Запасы золота, т	Мировой спрос на золото, т	Мировая цена золота, долл./тр. унц	Внутренняя цена золота, руб. за грамм	Инвестиции в геолого-разведочные работы, млн руб.	Капитальные затраты, млн. долл.	Инвестиции на охрану окружающей среды, млн. дол	Инвестиции в социальные проекты, млн. долл.	Общий объем добычи золота, т	Себестоимость добычи, млн. долл.	Выручка от реализации, млн. долл.	Коэффициент извлечения, %
2009	2100,7	3386,0	972,35	2349	4996,2	324,0	14,2	10,6	38,0	525,8	1199	76,3
2010	2216,9	3690,7	1224,53	2879	5415,0	359,0	14,9	15,4	39,7	536,6	1711	72,4
2011	2150,0	4067,1	1571,52	3328	5645,6	258,8	15,0	20,5	42,8	547,5	2340	74,6
2012	2086,0	4405,5	1668,98	3338	6884,5	446,2	16,8	23,7	48,8	570,4	2528	75,8
2013	2353,0	3756,0	1411,23	2855	6450,3	403,4	14,5	27,0	51,3	600,4	2203	70,8
2014	1871,0	3924,0	1266,40	2532	5513,8	442,5	14,2	30,1	52,7	638,7	2196	79,4
2015	1871,1	4212,0	1160,06	2281	5684,6	408,4	16,0	36,0	54,3	694,0	2176	83,7
2016	1814,4	4308,0	1250,74	2682	5874,7	466,0	13,9	37,0	61,2	763,8	2429	83,9
2017	1956,1	4071,7	1257,12	2359	6480,8	804,0	16,0	42,6	67,2	992,4	2648	83,4
2018	1842,7	4345,1	1268,49	2558	7022,6	736,0	19,0	33,6	74,5	1238,0	2976	80,8
2019	1791,9	4355,7	1392,60	2897	8923,5	630,0	11,0	47,3	88,8	1484,0	3965	82,3
2020	1741,0	3759,6	1769,64	4132	9855,0	653,0	8,5	50,6	87,1	1636,0	4956	83,8
2021	1681,0	4021,3	1798,61	4264	11530,4	928,0	14,7	64,2	77,0	1942,7	4966	82,7
2022	1607.3	4741.0	1795.25	4141	11291.2	827.2	12.8	72.9	91.7	1788.9	4207	89.5

Источник: составлено автором

Таблица 2.11 – База показателей для создания системы индексов воздействия на устойчивое развитие золотодобывающего предприятия(на примере «Цзыджин Майнинг»)

Годы	Запасы золота, т	Мировой спрос на золото, т	Мировая цена золота, долл./тр. унц	Внутренняя цена золота, юань за грамм	Инвестиции в геолого-разведочные работы, млн юани.	Капитальные затраты, млн.юани.	Инвестиции на охрану окружающей среды, млн.юани	Инвестиции в социальные проекты, млн.юани.	Общий объем добычи золота, т	Коэффициент извлечения, %	Себестоимость реализации, юани за грамм	Доход от операции, миллиард юани
2018	1728.0	4345.1	1268.49	270.0	31.21	877.39	8.41	1520	37.0	90.9	172.99	106.0
2019	1887.0	4355.7	1392.60	312.0	12.34	1227.72	9.28	1700	41.0	91.3	172.69	136.1
2020	2334.0	3759.6	1769.64	388.1	8.81	1623.57	10.92	2140	40.5	91.8	177.38	171.5
2021	2373.0	4021.3	1798.61	374.0	8.16	1492.66	9.64	3950	47.5	92.4	176.22	225.1
2022	3117.0	4741.0	1795.25	392.0	10.26	3119.48	14.67	5100	56.4	93.1	172.85	270.3

Источник: составлено автором

2.3. Обоснование применения метода энтропийного веса для оценки значимости факторов влияния на устойчивое развитие предприятия

Проникновение математического аппарата в экономику создало базу для разработки и развития методов эконометрии, математического программирования, экономической статистики и др. Для изучения явлений и процессов, которые носят экономический и социальный характер, исследователи предлагают применять как классические математические методы (элементы математического анализа, линейной алгебры, линейного и выпуклого программирования, вероятностно-статистические методы, элементы теории случайных процессов [67]. Так, получили дальнейшее развитие детерминистский подход в области управления рисками [80], методов оценки стоимости бренда [50].

Многочисленные работы ученых посвящены разработке математических моделей для оценки протекающих в экономике процессов на уровне промышленных отраслей и отдельных предприятий в условиях неопределенности [17, 18, 107, 98, 82]. Обсуждаются вопросы построения моделей прогноза экономических индикаторов [79], макроэкономических моделей, основанных на идеях структурного моделирования [9], моделей динамического стохастического общего экономического равновесия [40].

Текущие исследования в области добычи и переработке минерального сырья из недр, как показал анализ, научный поиск в основном сосредоточен на следующих аспектах. Прежде всего, усилия большинства ученых направлены в исследования на выделение приоритетов в области количественных и качественных оценок разработок при освоении и использования минеральных ресурсов. Например, Wang Binqing [188] представил концепцию функции оптимизации $N = G(\{F_i(X_i)\})$ для количественного решения проблемы эффективности освоения минеральных ресурсов в зависимости от применяемых технологий, состояния экономики, запасов минерального сырья и условий промышленной политики.

Ряд ученых, занимающихся оценкой и исследованием путей решения перечисленной выше проблемы таких как, например, Zhao Junwei [202] создали многоуровневую систему оценки результатов разработки и использования минеральных ресурсов. В качестве оценочных показателей ученым предложены коэффициенты технологического использования в процессе освоения месторождений минерального сырья.

В работе [162] автор разделил факторы, влияющие на эффективность разработки минеральных ресурсов, на уровень освоения и использования минеральных ресурсов, восстановление геологической среды месторождений золота и управление ими, на эффективность персонала и получение выгоды от разработки золоторудного месторождения. Ученый предложил 4 индикатора оценки первого уровня и 10 индикаторов второго уровня, агрегированных в обобщающий показатель. Согласно предложенной этим автором методики, эффективность разработки железорудных месторождений оценивается на основе метода нечеткой комплексной оценки.

Ding Qiguang в соавторстве с другими учеными [136] разделил факторы, влияющие на эффективность разработки минеральных ресурсов на уровень разработки и использования, эффективность персонала, экономические и социальные выгоды и воздействие на окружающую среду рудников. Им предложена система индексов, состоящая из 4 показателей первого уровня и 8 показателей второго уровня. В качестве методического инструментария используется метод нечеткой иерархической комплексной оценки и DEA-модель. Отдельные ученые [190, 161] считают, что факторы, влияющие на разработку и использование минеральных ресурсов, должны учитывать четыре аспекта: природные свойства руды, окружающую среду, инвестиции в экономическое развитие и технологические факторы.

Резюмируя заметим, что не существует единого определения факторов, влияющих на разработку и использование минеральных ресурсов. В то же время большинство ученых классифицируют факторы с точки зрения минеральных ресурсов, экономики, технологий и окружающей среды. При

этом отсутствует количественный и качественный анализ факторов, оказывающих решающее устойчивое развитие предприятий минерально-сырьевого комплекса.

Таким образом, данное исследование посвящено не только определению ключевых факторов, оказывающих влияние на стабильное развитие разрабатываемых месторождений золота, степени их влияния на конечные экономические результаты, но и проведению качественного и количественного анализа ключевых факторов влияния на устойчивое развитие предприятий.

Как показало исследование, имеет место проблема агрегирования разноплановых показателей в единый показатель. Основная трудность при агрегировании информации разноплановых показателей в единый показатель состоит в определении весов исходных показателей без утраты значимости и без излишней субъективности. С увеличением уровня агрегирования информации сложность взвешивания несравнимых величин возрастает.

Определение весов часто производится по методу Дельфи, многокритериальному анализу и методам, используемым в социальных науках. Получение взвешивающих коэффициентов путем опроса экспертов или методом Дельфи, являющимся групповым методом, при котором проводится индивидуальный опрос группы экспертов. Опрос повторяется несколько раз (так называемая многотуровая процедура опроса). После того, как начинают появляться совпадающие мнения, результаты используются в качестве оценки.

Далее остановимся на получившем широкое применение на практике методическом инструментарии анализа важности факторов, влияющих на экономические результаты. Цель данного анализа - понять, какие методы доступны в настоящее время для изучения степени влияния влияющих факторов. Поэтому основное внимание будет уделено методам, используемым в рамках настоящего исследования.

Как показало исследование такими учеными как, например, Zeng Yuling [199] и другими для связи между различными факторами и экономическим

результатом часто применяется корреляционный анализ. Анализ выявил использование в ряде случаев экспертных опросов на основе суждения эксперта и семантической сетевой связи между различными факторами влияющих на выбор методов транзакций для проектов развития [133, 135], а также применение облачных моделей в сетевом анализе [154] при оценке эффективности разработки минерального сырья.

Ряд ученых и специалистов используют теорию приближительных множеств, чтобы установить взаимосвязь между факторами и размером эффекта, а также анализирует влияние каждого фактора на величину эффекта [181, 200]. Также исследователями при анализе и оценках применяется инструментарий, основанный на использовании аналитической иерархии для анализа важности каждого фактора и получения весовых оценок общего воздействия каждого фактора на результативный признак, а также моделей, состоящих из множества деревьев решений [201, 160].

Согласно обзору вышеупомянутых методов, можно увидеть, что большинство исследований степени влияния факторов на результат используют процесс аналитической иерархии, за которым следует теория приближительных множеств, некоторые ученые используют модель, состоящую из множества деревьев решений.

В приводимой ниже таблицы 2.12 анализируются преимущества и недостатки перечисленных методов.

Подводя итог, можно сказать, что хотя процесс аналитической иерархии используется наиболее часто, он не может объективно объяснить исследуемую проблему. Во-вторых, будь то теория множеств, реляционный анализ или модель деревьев решений, все они отражают важность влияющих факторов напрямую, анализируют степень корреляции между несколькими независимыми переменными и зависимой переменной, но без учета важности независимых переменных.

Таблица 2.12 – Преимущества и недостатки методов расчета важности влияющих факторов (составлено автором)

Название метода	Преимущество	Недостаток
Аналитическая иерархия процессов	Органическое сочетание качественных и количественных методов требует меньше количественных данных и информации.	Существует мало количественных данных и много качественных данных, что не позволяет в полной мере обосновать полученный результат.
Теория приближительных множеств	Какой либо другой информации, кроме набора данных, не требуется. Описание и обработка неопределенности относительно точна.	Отсутствие механизма работы с неточными или недостоверными исходными данными. Слишком упрощенное описание расплывчатых концепций.
Модель, состоящая из множества деревьев решений.	По сравнению с другими алгоритмами, дерево решений имеет чрезвычайно высокую точность прогнозирования, позволяет обрабатывать массивные данные. Для данных большой размерности нет необходимости вычитать переменные или фильтровать оценки, сгенерированные внутри модели	Классификация небольшого количества наборов данных не гарантирует получение хорошие результаты. Хотя скорость выполнения выше, чем у алгоритма Boosting, применяемого главным образом, для уменьшения погрешности оценки, данная модель намного медленнее, чем у одного дерева решений.

Параллельно с перечисленными методами оценки степени влияния факторов на результирующие показатели в разных областях исследования развивались также и методы оценки эффективности.

Изучение экономической литературы показало, что современные методы оценки эффективности в основном ориентированы на различные модели в рамках теории DEA. Метод DEA, базируется на линейном программировании для определения относительной эффективности посредством различной, реализованной предприятием продукции.

Первоначально данная модель была предложена в 1957 году американским экономистом М. Фарреллом, который ввел в научный оборот понятие эффективности (результативности), вместо понятия продуктивности [140]. В дальнейшем на основе работы Фаррелла исследователь А. Чамес [132]

предложил метод DEA для оценки эффективности производственных единиц с множественными входами и множественными выходами. Это метод оценки, разработанный на основе вероятности относительной эффективности который расширяет концепцию экономической эффективности с одним входом и одним выходом до нескольких входов и нескольких выходов.

Данный метод применялся при выборе соотношения фактического выпуска продукции к оптимальному при условии, что входные данные подразделения, принимающего решения, остаются неизменными при проведении общего анализа и оценки экологической эффективности, оценке внешних воздействий окружающей среды, в анализе затрат-выпуска в промышленности, оценке эффективности и другое.

Из приведенного выше обзора мы видим, что современные методы оценки эффективности в основном ориентированы на различные модели в рамках теории DEA, базирующихся на линейном программировании в целях определения относительной эффективности промышленного производства.

Отметим, что в последние годы, как показало изучение экономической литературы по рассматриваемой тематике, нашел применение в разных отраслях народного хозяйства метод энтропийного веса. Концепция энтропии возникла из термодинамики и является мерой неопределенности состояния системы [161]. Впервые данный метод был введен в теорию информации Шенноном.

Метод энтропийного веса является объективным методом взвешивания с высокой достоверностью [82]. В теории информации энтропия является мерой степени беспорядка в системе. Когда энтропия используется для определения веса и когда значение объекта оценки по индексу сильно различается, большее значение энтропии указывает на то, что индекс обеспечивает большее количество полезной для результата информации.

Концептуально метод энтропийного веса выглядит следующим образом. Имеется m объектов оценки, а n показателей оценки образуют исходную матрицу данных в виде:

$$\begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Матрицу можно нормализовать, чтобы получить:

$$R = (x_{ij})_{m \times n} \quad (2.7)$$

Для определенного индекса j чем больше разница индекса x_{ij} , тем больше влияние индекса на комплексную оценку. Если все значения индекса равны, индекс вряд ли будет играть роль в комплексной оценке. Метод энтропийного взвешивания в основном включает следующие четыре шага.

Первый шаг: Нормализация необработанных данных.

Существует две формы нормализации необработанных данных. Это стандартизация индекса рентабельности, который лучше для большего, например, формула 2.8, и стандартизация индекса затрат, который лучше для меньшего, например, формула 2.9.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j \{x_{ij}\}}{\max_j \{x_{ij}\} - \min_j \{x_{ij}\}} \quad (2.8)$$

$$r_{ij} = \frac{\max_j \{x_{ij}\} - x_{ij}}{\max_j \{x_{ij}\} - \min_j \{x_{ij}\}} \quad (2.9)$$

Второй шаг: Используется метод удельного веса для расчета оценочного значения P_{ij} .

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^n r_{ij}}, (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (2.10)$$

Третий шаг: Рассчитывается выходная энтропия E и коэффициент разности G_j -го индекса.

$$\begin{aligned} E_j &= -k \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}, j = 1, 2, \dots, n, \text{ где } k = \frac{1}{\ln m} \\ G_j &= 1 - E_j, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (2.11)$$

Четвертый шаг: Рассчитывается вес каждого индикатора.

$$W_j = \frac{G_j}{\sum_{j=1}^n G_j}, j = 1, 2, \dots, n \quad (2.12)$$

Обычно модели DEA можно разделить на модели DEA, ориентированные на ввод, и модели DEA, ориентированные на вывод. Модель DEA, ориентированная на ввод, относится к тому, как минимизировать ввод без изменения количества выпуска. Модель DEA, ориентированная на результат, относится к тому, как максимизировать выпуск без изменения входных факторов. С точки зрения устойчивого развития обычно выбирают инвестиционно-ориентированный тип.

Подводя итог, отметим, что, во-первых, хотя в настоящее время проводятся исследования факторов, влияющих на разработку и использование месторождений золота, однако имеется мало исследований, конкретно посвященных факторам, влияющим на добычу и переработку добываемого из недр золотосодержащего минерального сырья. В рамках настоящего исследования на основе изучения экономической литературы будет предпринята попытка обобщения результатов анализа разработки и использования золотых минеральных ресурсов, а также определён более полный набор влияющих факторов, учитывающих всю цепочку создания стоимости разработки и использования разрабатываемых золоторудных месторождений. Во-вторых, немногими исследователями количественно проанализирована степень влияния различных факторов при освоении золотых минеральных ресурсов.

Поэтому после процедуры определения влияющих факторов в данном исследовании будут проверены соответствующие переменные индикаторы для каждого влияющего фактора и проанализирована значимость влияния каждого такого фактора на основе изменения данных по переменным индикаторам.

2.4. Анализ энтропийного веса основных факторов, определяющих траекторию развития золотодобывающего предприятия

В данном исследовании используется энтропийный метод для анализа влияющих факторов золотых минеральных ресурсов. Во-первых, в этом исследовании индексом оценки является индекс влияющих факторов, который составляет $n = 13$, а объектом оценки является время $m = 12$. Во-вторых, необходимо стандартизировать исходные данные. Поскольку стандартизация проводится по индексу рентабельности и индексу затрат соответственно по формуле 2.8 и формуле 2.9, необходимо сделать следующие допущения, представленные в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Допущения относительно типов индекса воздействия (составлено автором)

Индекс экономической выгоды	Индекс стоимости затрат	Гипотеза
Запасы золота	-	Чем больше базовых запасов, тем больше возможностей для разработки золотосодержащего минерального сырья
Мировая цена	-	Высокая мировая цена на золото благоприятствует освоению золотосодержащего минерального сырья.
Внутренняя цена	-	Высокая внутренняя цена на золото благоприятствует освоению золотосодержащего минерального сырья.
Инвестиции в разведку	-	Чем выше инвестиции в геологоразведку, тем больше благоприятствует освоению золотых минеральных ресурсов.
Капитальные затраты	-	Инвестирование в новые технологии и другие активы способствуют росту прибыльности и устойчивому развитию золотодобывающего предприятия
Выручка от реализации	-	Чем выше выручка от реализации, тем больше возможностей для развития предприятия и его устойчивого роста.
Общее потребление	-	Чем выше общее потребление, тем больше возможностей для развития и использования.

Определить запасы ресурсов	-	Чем больше запасов, тем больше возможностей для разработки и использования.
Объем добычи	-	Чем больше выпуск продукции, тем она благоприятнее для развития и использования.
Инвестиции в социальные проекты	-	Чем выше инвестиции в социальные проекты, тем больше они способствуют устойчивому развитию предприятия.
-	Инвестиции в охрану окружающей среды	Инвестиции в охрану окружающей среды, препятствуют возможности получения большей экономической выгоды.
-	Себестоимость добычи	Чем выше стоимость добычи, тем меньше возможностей для разработки и использования.
Коэффициент извлечения	-	Чем выше коэффициент извлечения, тем больше возможностей для устойчивого роста и повышению показателей прибыльности.

На основе представленных в таблице 2.13 допущений по индикаторам в соответствии проведем стандартизацию исходных данных по таблицам 2.10 и 2.11, чтобы получить таблиц 2.14 и 2.15. Проведем пошаговые расчеты по методике энтропийного анализа согласно формул 2.8 – 2.12.

Данные расчета представлены в таблицах 2.14 – 2.23.

В таблицах 2.22 и 2.23 представлены коэффициенты энтропийного веса по оцениваемым 12 показателям и показан рейтинг важности каждого показателя. Совокупный индекс W_j составляет 1,000.

Согласно анализу метода энтропийного веса можно сделать вывод, что ПАО «Полюс» порядок значений веса каждого индекса следующий: «Инвестиции в геологоразведочные работы» > «Себестоимость добычи» > «Запасы золота» > «Общий объем добычи золота» > «Капитальные затраты» > «Выручка от реализации» > «Мировая цена золота» > «Коэффициент извлечения» > «Инвестиции на охрану окружающей среды» > «Внутренняя цена золота» > «Инвестиции в социальные проекты» > «Мировой спрос на золото».

Таблица 2.14 – Стандартизация индексных данных (ПАО «Полюс»)

Запасы золота, т	Мировой спрос на золото, т	Мировая цена золота, долл./тр. унц	Внутренняя цена золота, руб. за грамм	Инвестиции в геолого-разведочные работы, млн руб.	Капитальные затраты, млн. долл.	Инвестиции на охрану окружающей среды, млн. дол	Инвестиции в социальные проекты, млн. долл.	Общий объем добычи золота, т	Себестоимость добычи, млн. долл.	Выручка от реализации, млн. долл.	Коэффициент извлечения, %
0.66	0.00	0.00	0.12	0.00	0.10	0.46	1.00	0.00	1.00	0.00	0.29
0.82	0.22	0.31	0.37	0.06	0.15	0.39	0.92	0.03	0.99	0.14	0.09
0.73	0.50	0.73	0.57	0.10	0.00	0.38	0.84	0.09	0.98	0.30	0.20
0.64	0.75	0.84	0.58	0.29	0.28	0.21	0.79	0.20	0.96	0.35	0.27
1.00	0.27	0.53	0.35	0.22	0.22	0.43	0.74	0.25	0.94	0.27	0.00
0.35	0.40	0.36	0.21	0.08	0.27	0.46	0.69	0.27	0.91	0.26	0.46
0.35	0.61	0.23	0.00	0.11	0.22	0.29	0.59	0.30	0.87	0.26	0.69
0.28	0.68	0.34	0.28	0.13	0.31	0.49	0.58	0.43	0.81	0.33	0.70
0.47	0.51	0.34	0.13	0.23	0.81	0.29	0.49	0.54	0.63	0.38	0.67
0.32	0.71	0.36	0.22	0.31	0.71	0.00	0.63	0.68	0.44	0.47	0.53
0.25	0.72	0.51	0.37	0.60	0.55	0.76	0.41	0.95	0.24	0.73	0.61
0.18	0.28	0.96	0.94	0.74	0.59	1.00	0.36	0.91	0.12	1.00	0.70
0.10	0.47	1.00	1.00	1.00	1.00	0.41	0.14	0.73	0.16	1.00	0.64
0.00	1.00	1.00	0.94	0.96	0.85	0.59	0.00	1.00	0.00	0.80	1.00

Источник: составлено автором

Таблица 2.15 – Стандартизация индексных данных (Цзыджин Майнинг)

Запасы золота, т	Мировой спрос на золото, т	Мировая цена золота, долл./тр. унц	Внутренняя цена золота, юань за грамм	Инвестиции в геолого-разведочные работы, млн юани.	Капитальные затраты, млн.юани.	Инвестиции на охрану окружающей среды, млн.юани	Инвестиции в социальные проекты, млн.юани.	Общий объем добычи золота, т	Коэффициент извлечения, %	Себестоимость реализации, юани за грамм	Доход от операции ,миллиард юани
0.00	0.60	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.94	0.00
0.11	0.61	0.23	0.34	0.18	0.16	0.86	0.95	0.21	0.18	1.00	0.18
0.44	0.00	0.95	0.97	0.03	0.33	0.60	0.83	0.18	0.41	0.00	0.40
0.46	0.27	1.00	0.85	0.00	0.27	0.80	0.32	0.54	0.41	0.25	0.72
1.00	1.00	0.99	1.00	0.09	1.00	0.00	0.00	1.00	0.68	0.97	1.00

Источник: составлено автором

Таблица 2.16 – Расчетное значение P_{ij} (ПАО «Полюс»)

Запасы золота, т	Мировой спрос на золото, т	Мировая цена золота, долл./тр. унц	Внутренняя цена золота, руб. за грамм	Инвестиции и в геолого- разведочные работы, млн руб.	Капитальные затраты, млн. долл.	Инвестиции и на охрану окружающей среды, млн. дол	Инвестиции и в социальные проекты, млн. долл.	Общий объем добычи золота, т	Себестоимость добычи, млн. долл.	Выручка от реализации , млн. долл.	Коэффициент извлечения, %
0.11	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.07	0.12	0.00	0.11	0.00	0.04
0.13	0.03	0.04	0.06	0.01	0.02	0.06	0.11	0.00	0.11	0.02	0.01
0.12	0.07	0.10	0.09	0.02	0.00	0.06	0.10	0.01	0.11	0.05	0.03
0.10	0.11	0.11	0.09	0.06	0.05	0.03	0.10	0.03	0.11	0.06	0.04
0.16	0.04	0.07	0.06	0.05	0.04	0.07	0.09	0.04	0.10	0.04	0.00
0.06	0.06	0.05	0.03	0.02	0.05	0.07	0.08	0.04	0.10	0.04	0.07
0.06	0.09	0.03	0.00	0.02	0.04	0.05	0.07	0.05	0.10	0.04	0.10
0.05	0.10	0.04	0.05	0.03	0.05	0.08	0.07	0.07	0.09	0.05	0.10
0.08	0.07	0.05	0.02	0.05	0.13	0.05	0.06	0.09	0.07	0.06	0.10
0.05	0.10	0.05	0.04	0.06	0.12	0.00	0.08	0.11	0.05	0.07	0.08
0.04	0.10	0.07	0.06	0.12	0.09	0.12	0.05	0.15	0.03	0.12	0.09
0.03	0.04	0.13	0.15	0.15	0.10	0.16	0.04	0.14	0.01	0.16	0.10
0.02	0.07	0.13	0.16	0.21	0.16	0.07	0.02	0.11	0.02	0.16	0.09
0.00	0.14	0.13	0.16	0.20	0.14	0.10	0.00	0.16	0.00	0.13	0.15

Источник: составлено автором

Таблица 2.17 – Расчетное значение P_{ij} (Цзыджин Майнинг)

Запасы золота, т	Мировой спрос на золото, т	Мировая цена золота, долл./тр. унц	Внутренняя цена золота, юань за грамм	Инвестиции в геолого- разведочные работы, млн юани.	Капитальные затраты, млн.юани.	Инвестиции на охрану окружающе й среды, млн.юани	Инвестиции в социальные проекты, млн.юани.	Общий объем добычи золота, т	Коэффициент извлечения, %	Себестоим ость реализаци и, юани за грамм	Доход от операции ,миллиар д юани
0.00	0.24	0.00	0.03	0.77	0.00	0.31	0.32	0.00	0.06	0.30	0.00
0.06	0.25	0.07	0.11	0.14	0.09	0.26	0.31	0.11	0.10	0.32	0.08
0.22	0.00	0.30	0.29	0.02	0.19	0.18	0.27	0.09	0.23	0.00	0.17
0.23	0.11	0.32	0.26	0.00	0.16	0.25	0.10	0.28	0.23	0.08	0.31
0.50	0.40	0.31	0.30	0.07	0.57	0.00	0.00	0.52	0.38	0.31	0.43

Источник: составлено автором

Таблица 2.18 – Расчетные значения $\ln (P_{ij})$ (ПАО «Полюс»)

Запасы золота, т	Мировой спрос на золото, т	Мировая цена золота, долл./тр. унц	Внутренняя цена золота, руб. за грамм	Инвестиции и в геолого- разведочные работы, млн руб.	Капитальные затраты, млн. долл.	Инвестиции и на охрану окружающей среды, млн. дол	Инвестиции и в социальные проекты, млн. долл.	Общий объем добычи золота, т	Себестоимость добычи, млн. долл.	Выручка от реализации , млн. долл.	Коэффициент извлечения, %
-2.23	-11.17	-11.23	-3.90	-10.79	-4.13	-2.60	-2.10	-11.07	-2.20	-11.05	-3.15
-2.02	-3.45	-3.20	-2.81	-4.32	-3.70	-2.76	-2.18	-5.30	-2.21	-3.83	-4.38
-2.13	-2.65	-2.34	-2.36	-3.88	-11.01	-2.78	-2.27	-4.27	-2.22	-3.03	-3.52
-2.26	-2.25	-2.19	-2.36	-2.82	-3.08	-3.38	-2.34	-3.46	-2.24	-2.88	-3.24
-1.82	-3.26	-2.65	-2.84	-3.08	-3.34	-2.66	-2.41	-3.25	-2.26	-3.16	-11.14
-2.85	-2.89	-3.05	-3.38	-4.11	-3.10	-2.60	-2.48	-3.15	-2.30	-3.17	-2.70
-2.85	-2.46	-3.50	-11.01	-3.83	-3.30	-3.07	-2.62	-3.05	-2.35	-3.19	-2.30
-3.10	-2.35	-3.10	-3.09	-3.58	-2.98	-2.54	-2.65	-2.69	-2.41	-2.96	-2.28
-2.58	-2.64	-3.08	-3.86	-3.06	-2.01	-3.07	-2.82	-2.46	-2.66	-2.80	-2.32
-2.97	-2.31	-3.04	-3.32	-2.75	-2.14	-11.03	-2.56	-2.24	-3.03	-2.59	-2.55
-3.21	-2.30	-2.69	-2.79	-2.09	-2.39	-2.09	-2.99	-1.91	-3.62	-2.15	-2.41
-3.53	-3.25	-2.05	-1.87	-1.87	-2.33	-1.82	-3.13	-1.94	-4.31	-1.84	-2.29
-4.13	-2.72	-1.80	-1.80	-1.58	-1.80	-2.71	-4.07	-2.17	-4.03	-1.84	-2.38
-11.03	-1.96	-2.02	-1.86	-1.61	-1.97	-2.34	-11.31	-1.85	-11.41	-2.06	-1.93

Источник: составлено автором

Таблица 2.19 – Расчетные значения $\ln(P_{ij})$ (Цзыджин Майнинг)

Запасы золота, т	Мировой спрос на золото, т	Мировая цена золота, долл./тр. унц	Внутренняя цена золота, юань за грамм	Инвестиции в геолого- разведочные работы, млн юани.	Капитальные затраты, млн.юани.	Инвестиции на охрану окружающе й среды, млн.юани	Инвестиции в социальные проекты, млн.юани.	Общий объем добычи золота, т	Коэффициент извлечения, %	Себестоим ость реализаци и, юани за грамм	Доход от операции ,миллиар д юани
-9.91	-1.42	-10.37	-3.49	-0.26	-9.78	-1.18	-1.13	-9.87	-2.88	-1.21	-10.05
-2.87	-1.40	-2.61	-2.23	-1.97	-2.42	-1.33	-1.18	-2.24	-2.28	-1.15	-2.53
-1.53	-10.12	-1.21	-1.22	-3.83	-1.67	-1.70	-1.32	-2.37	-1.47	-10.36	-1.76
-1.47	-2.23	-1.34	-1.34	-9.47	-1.86	-1.40	-2.27	-1.27	-1.47	-2.54	-1.16
-0.70	-0.90	-1.16	-1.19	-2.66	-0.57	-10.39	-10.34	-0.66	-0.96	-1.18	-0.84

Источник: составлено автором

Таблица 2.20 – Расчетное значение $P_{ij} * \ln(P_{ij})$ (ПАО «Полюс»)

Запасы золота, т	Мировой спрос на золото, т	Мировая цена золота, долл./тр. унц	Внутренняя цена золота, руб. за грамм	Инвестиции и в геолого- разведочные работы, млн руб.	Капитальные затраты, млн. долл.	Инвестиции и на охрану окружающей среды, млн. дол	Инвестиции и в социальные проекты, млн. долл.	Общий объем добычи золота, т	Себестоимость добычи, млн. долл.	Выручка от реализации , млн. долл.	Коэффициент извлечения, %
-0.240	0.000	0.000	-0.079	0.000	-0.066	-0.193	-0.257	0.000	-0.243	0.000	-0.135
-0.268	-0.109	-0.130	-0.169	-0.057	-0.091	-0.175	-0.246	-0.026	-0.242	-0.083	-0.055
-0.253	-0.187	-0.226	-0.222	-0.080	0.000	-0.172	-0.234	-0.060	-0.241	-0.146	-0.104
-0.236	-0.238	-0.246	-0.223	-0.168	-0.142	-0.115	-0.226	-0.109	-0.238	-0.162	-0.127
-0.295	-0.125	-0.188	-0.166	-0.142	-0.119	-0.186	-0.217	-0.126	-0.235	-0.134	0.000
-0.164	-0.161	-0.145	-0.115	-0.067	-0.140	-0.193	-0.208	-0.135	-0.231	-0.133	-0.181
-0.164	-0.211	-0.106	0.000	-0.083	-0.122	-0.143	-0.190	-0.145	-0.225	-0.131	-0.231
-0.140	-0.224	-0.139	-0.140	-0.100	-0.152	-0.201	-0.187	-0.182	-0.216	-0.153	-0.233
-0.196	-0.188	-0.142	-0.081	-0.144	-0.269	-0.143	-0.168	-0.210	-0.185	-0.171	-0.228
-0.153	-0.230	-0.145	-0.120	-0.176	-0.252	0.000	-0.198	-0.238	-0.146	-0.194	-0.199
-0.129	-0.231	-0.183	-0.172	-0.259	-0.219	-0.259	-0.150	-0.283	-0.097	-0.251	-0.216
-0.103	-0.126	-0.264	-0.289	-0.288	-0.226	-0.295	-0.137	-0.278	-0.058	-0.292	-0.232
-0.066	-0.179	-0.241	-0.297	-0.326	-0.297	-0.181	-0.070	-0.247	-0.072	-0.292	-0.221

Источник: составлено автором

Таблица 2.21 – Расчетное значение $P_{ij} * \ln(P_{ij})$ (Цзыджин Майнинг)

Запасы золота, т	Мировой спрос на золото, т	Мировая цена золота, долл./тр. унц	Внутренняя цена золота, юань за грамм	Инвестиции в геолого-разведочные работы, млн юани.	Капитальные затраты, млн.юани.	Инвестиции на охрану окружающей среды, млн.юани	Инвестиции в социальные проекты, млн.юани.	Общий объем добычи золота, т	Коэффициент извлечения, %	Себестоимость реализации, юани за грамм	Доход от операции, миллиард юани
0.000	-0.343	0.000	-0.106	-0.202	-0.001	-0.362	-0.365	-0.001	-0.162	-0.361	0.000
-0.163	-0.345	-0.192	-0.240	-0.275	-0.215	-0.352	-0.362	-0.239	-0.233	-0.364	-0.201
-0.331	0.000	-0.361	-0.360	-0.083	-0.315	-0.311	-0.353	-0.222	-0.338	0.000	-0.303
-0.338	-0.240	-0.421	-0.351	-0.001	-0.290	-0.345	-0.235	-0.357	-0.338	-0.200	-0.364
-0.348	-0.366	-0.364	-0.362	-0.186	-0.322	0.000	0.000	-0.341	-0.368	-0.362	-0.362

Источник: составлено автором

Таблица 2.22 – Результаты расчета энтропийного веса (ПАО «Полюс»)

	Запасы золота	Мировой спрос на золото	Мировая цена золота	Внутренняя цена золота	Инвестиции и в геолого- разведочн ые работы	Капиталь ные затраты	Инвестиц ии на охрану окружаю щей среды	Инвестиции в социальные проекты	Общий объем добычи золота	Себестои мость добычи	Выручка от реализации	Кoeffи циент извлече ния
E _j	0.970	1.000	0.975	0.951	0.890	0.954	0.999	1.001	0.937	0.978	0.967	0.983
G _j	0.030	0.000	0.025	0.049	0.110	0.046	0.001	-0.001	0.063	0.022	0.033	0.017
W _j	0.077	0.000	0.064	0.125	0.278	0.117	0.003	-0.003	0.158	0.056	0.082	0.043
Значимость	3	12	7	10	1	5	9	11	4	2	6	8

Источник: составлено автором

Таблица 2.23 – Результаты расчета энтропийного веса (Цзыджин Майнинг)

	Запасы золота	Мировой спрос на золото	Мировая цена золота	Внутренн ая цена золота	Инвестици и в геолого- разведочн ые работы	Капитальные затраты	Инвестици и на охрану окружающе й среды	Инвестици и в социальны е проекты	Общий объем добычи золота	Коэффицие нт извлечения	Себестои мость реализац ии	Доход от операции
Ej	0.475	0.521	0.539	0.571	0.301	0.459	0.552	0.529	0.466	0.579	0.518	0.495
Gj	0.525	0.479	0.461	0.429	0.699	0.541	0.448	0.471	0.534	0.421	0.482	0.505
Wj	0.089	0.080	0.077	0.072	0.117	0.090	0.075	0.079	0.088	0.070	0.080	0.084
Значимость	3	7	9	11	1	2	10	8	4	12	6	5

Источник: составлено автором

Согласно анализу результатов по методу энтропийного веса можно сделать вывод, что для «Цзыджин Майнинг» порядок значений веса каждого индекса следующий: «Инвестиции в геологоразведочные работы» > «Капитальные затраты» > «Запасы золота» > «Общий объем добычи золота» > «Доход от операции» > «Себестоимость добычи» > «Мировой спрос на золото» > «Инвестиции в социальные проекты» > «Мировая цена золота» > «Инвестиции на охрану окружающей среды» > «Внутренняя цена золота» > «Коэффициент извлечения».

Заметим, что метод энтропийного веса определяет только важность различных индикаторов воздействия среди индикаторов и не может определить взаимосвязь между этими индикаторами независимых переменных и индикаторами зависимых переменных. Поэтому, на основе метода энтропийного веса в данном исследовании анализируется корреляционная связь между независимыми переменными в каждом влияющем факторе и показателями зависимых переменных, характеризующих значимость фактора при добыче из недр и производстве золота из минерального сырья.

В качестве зависимого переменного показателя для разработки и использования золотых минеральных ресурсов используется показатель добычи золота.

Для замены каждого из индикаторов есть сначала умножается индекс независимой переменной каждого влияющего фактора на значение веса, полученное методом энтропийных весов, а затем проводится корреляция между индексом независимой переменной, полученной с помощью значения веса и показателем производства.

Степень корреляции - это степень влияния совокупных показателей различных влияющих факторов на добычу и производство золота их золоторудных месторождений.

Итак, зависимая переменная это производство золота. Расчет значимости фактора влияния на устойчивое развитие золотодобывающего

предприятия предложено осуществлять двумя шагами: шаг 1 - умножается индекс независимой переменной каждого влияющего фактора на значение веса, полученного методом энтропийных весов, и шаг 2 - проводится корреляция между индексом независимой переменной, полученным с помощью значения веса и производством золота.

Основываясь на приведенных выше соображениях рассчитана значимость влияния каждого фактора на объем добычи золота (таблица 2.24 и 2.25).

Согласно комплексному значению, полученному с помощью энтропийного метода и корреляционного анализа, факторы, влияющие на разработку и использование золотых минеральных ресурсов ПАО «Полюс» и «Цзыджин Майнинг», находятся в порядке степени влияния от большого к меньшему.

Таблица 2.24 – Комплексное значение влияния каждого фактора влияния на объем добычи золотодобывающего предприятия (ПАО «Полюс»)

Индекс влияющих факторов	Энтропийный вес	Значимость фактора влияния, %
Запасы	0,127	12,7
Мировой спрос на золото	0,064	6,4
Мировая цена золота	0,074	7,4
Внутренняя цена золота	0,098	9,8
Инвестиции в геологоразведочные работы	0,130	13,0
Капитальные затраты	0,099	9,9
Инвестиции на охрану окружающей среды	0,072	7,2
Инвестиции в социальные проекты	0,034	3,4
Себестоимость добычи	0,132	13,2
Выручка от реализации	0,089	8,9
Коэффициент извлечения	0,081	8,1

Источник: составлено автором

Таблица 2.25 – Комплексное значение влияния каждого фактора влияния на объем добычи золотодобывающего предприятия («Цзыджин Майнинг»)

Индекс влияющих факторов	Энтропийный вес	Значимость фактора влияния (%)
Запасы	0,096	9,6
Мировой спрос на золото	0,088	8,8
Мировая цена золота	0,084	8,4
Внутренняя цена золота	0,079	8,0
Инвестиции в геолого-разведочные разработки	0,128	12,8
Капитальные затраты	0,099	9,9
Инвестиции на охрану окружающей среды	0,082	8,2
Инвестиции в социальные проекты	0,086	8,6
Коэффициент извлечения	0,077	7,7
Себестоимость реализации	0,088	8,8
Доход от операции	0,092	9,2

Источник: составлено автором

Значимость влияния каждого фактора на объем добычи золота характеризуется данными рисунки 2.10 и 2.11.

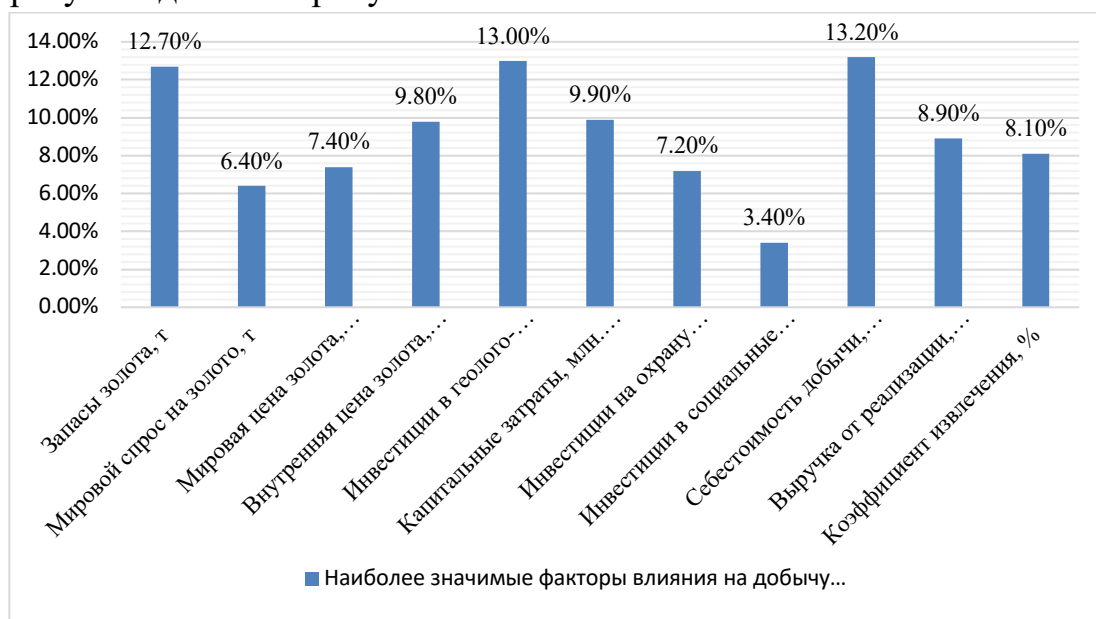


Рисунок 2.10 – Наиболее значимые факторы влияния на добычу золота на примере ПАО «Полюс»(составлено автором)

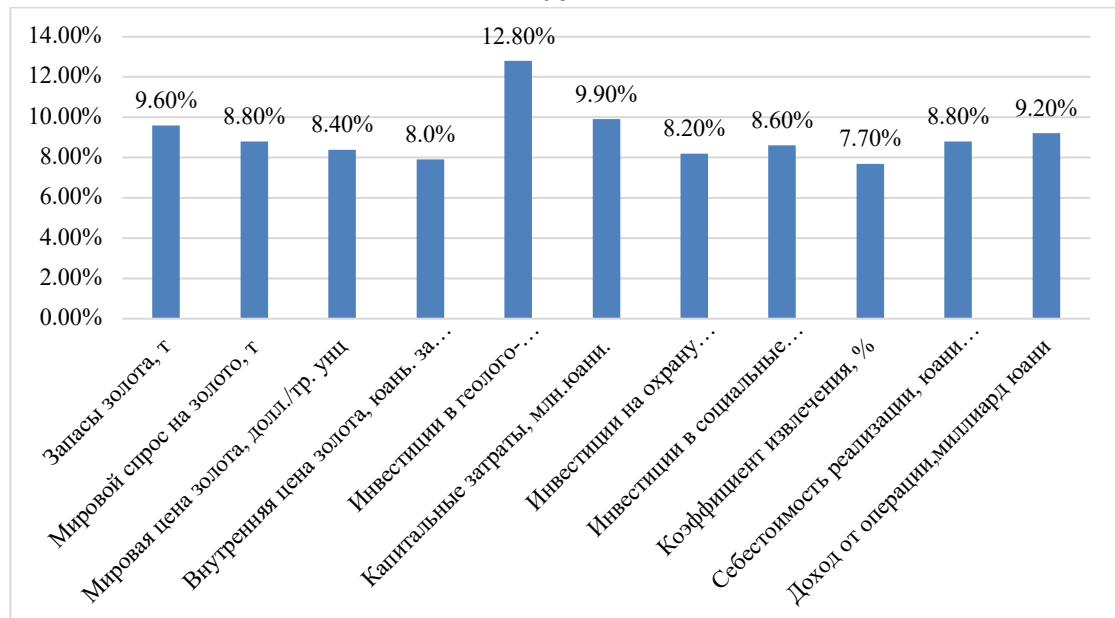


Рисунок 2.11– Наиболее значимые факторы влияния на добычу золота на примере «Цзыджин Майнинг» (составлено автором)

Наиболее важным показателем, влияющим на освоение золотых минеральных ресурсов ПАО «Полюс», является себестоимость добычи, которая свидетельствует о достигнутом уровне применяемых технологий. Вторым по значимости показатель– это инвестиции в геолого-разведочные работы, которые поступают от инвестиций на развитие. Третий по значимости показатель–это запасы золота, которые определенным образом характеризуют применяемые технологии разведки минерального сырья.

Наиболее важным показателем, влияющим на разработку и использование золотых минеральных ресурсов «Цзыджин Майнинг», является инвестиции в геолого-разведочные работы. Вторым по значимости показатель – это капитальные затраты. «Цзыджин Майнинг» крупной транснациональной горнодобывающей группой, важным источником золотых запасов являются инвестиции и приобретение зарубежных золотых рудников. Третий по значимости показатель- это запасы золота, которые показывают уровень геологоразведочных технологий и капитальных вложений.

Основная причина, по которой производственные затраты имеют наибольшее влияние на добычу и производство золота в РФ, заключается в том, что текущая разработка золоторудных месторождений в основном сосредоточена в крупных компаниях - ПАО «Полюс», Polimetall internatijnal

PLC, Nordgold S.E. и другие. Перечисленные компании несут повышенную нагрузку в связи с необходимостью осуществлять мероприятия по сокращению негативного влияния на окружающую среду, в развитие территорий присутствия нежелезные небольшие компании.

Важнейшим фактором, влияющим на добычу и производство золота в Китае, являются инвестиции в геологоразведочные работы. Поскольку Китай является крупнейшим в мире производителем и потребителем золота, его золотые запасы распределены неравномерно, и ему не хватает сверхкрупных золотых рудников мирового уровня. В настоящее время золотые запасы Китая составляют лишь 5% мировых. Таким образом, увеличение инвестиций в геологоразведку может обеспечить рост запаса и устойчивое развитие золотодобывающей промышленности Китая. Степень влияния балансовые запасы разрабатываемых золоторудных месторождений, составившая по расчету 15,7% относительно велика, в основном по следующим причинам. Только при наличии определенного количества разведанных ресурсов имеется возможность добывать минеральное сырьё, а в последующем из него производить и реализовывать потребителям драгоценный металл.

Поэтому и для России и для Китая, рост запасов золота является основной гарантией добычи и использования золота, а также предпосылкой эффективного функционирования золотодобывающих предприятий в перспективе.

Проведенное в рамках настоящего параграфа исследование позволило сделать вывод о том, что разработка и использование золоторудных месторождений имеет важное экономическое значение, особенно в условиях сокращающегося в России из года в год статического гарантийного периода выявленных запасов золота. Таким образом, для обеспечения успешного освоения золотосодержащих месторождений были изучены влияющие факторы всей производственной цепочки процесса разработки и использования золота, а также количественно рассчитана степень влияния этих факторов на эффективное развитие производства.

Выводы по второй главе

1) На основе объективных данных запасов золота в РФ и КНР за период с 2007-20 гг. путем применения метода аппроксимации по рассеянным точкам получены полиномиальные уравнения линии тренда, согласно которым балансовые и разведанные запасы золота РФ по объему увеличивались с течением времени, а обеспеченность балансовых и разведанных запасов уменьшалась из года в год, для Китая производство золота и обеспеченность запасами, в целом, имеют тенденцию к росту.

2) Обоснован выбор метода энтропийного веса для количественной оценки степени влияния различных факторов на конечный результат при освоении золотых минеральных ресурсов с высокой степенью достоверности. Данный метод наряду с корреляционным анализом принят в основу определения значимости факторов, оказывающих наибольшее влияние на эффективность функционирования золотодобывающих предприятий.

3) Предложено выделить 12 наиболее значимых индикаторов влияния на эффективность добычи и производства золота: себестоимость добычи, инвестиции в геологоразведочные работы, запасы золота, внутренняя цена золота, общий объем добычи золота, выручка от реализации, коэффициент извлечения, мировая цена золота, капитальные затраты, инвестиции на охрану окружающей среды, инвестиции в социальные проекты. Обоснована привязка исследования к коренным золоторудным месторождениям,

4) Согласно комплексным значениям, полученным с помощью энтропийного метода и корреляционного анализа, инвестиции в геологоразведку и обеспечение запасов золота являются очень важными показателями. Но вторым по важности фактором, влияющим на разработку и использование золотых ресурсов РФ, являются себестоимость добычи, который в определенной мере определяет уровень технологии производства. А в Китае, второй по важности фактор - это капитальные затраты. Они в достаточной степени определяют прирост запасов и экономической выгоды.

ГЛАВА 3. ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗОЛОДОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

3.1. Разработка эконометрической модели для прогнозирования добычи золота с использованием нейронных сетей

Предметная область экономического прогнозирования заключается в выявлении и предвидении объективных тенденций развития национальной экономики. При этом принципиально важной функцией прогнозирования является количественный и качественный анализ тенденций функционирования предприятий и отраслей. С учетом сказанного специфика долгосрочного прогнозирования связана с анализом долгосрочных тенденций экономического развития и факторов, их определяющих.

Тематика научных исследований в области долгосрочного прогнозирования имеет давнюю традицию, как в зарубежной, так и в отечественной экономической науке. При этом анализ проблем научно-технологического характера в существенно большей степени связан с количественными построениями, осуществляемыми в рамках экономического прогноза, в том числе показателей общих темпов экономического развития, динамики показателей, характеризующих структуру отрасли.

Разработки отечественных и зарубежных ученых, посвященные различным аспектам проблематики долгосрочного экономического прогнозирования, представлены многочисленными научными трудами [13, 16, 185, 153]. Тем не менее, правомерно констатировать отсутствие общепризнанных методологии и инструментальных средств, применяемых для обоснования долгосрочных тенденций экономического развития и факторов, их определяющих. По мнению исследователей Н.В Суворова, С.В. Трещиной, Ю.В. Белецкого оценка перспектив долгосрочного развития в настоящее время в решающей мере основывается на различного рода экспертных оценках, а не на использовании инструментальных методов, научная корректность которых может быть проверена [100].

Так, целесообразно воспользоваться разработанными для определенных ситуаций методами моделирования нечетких когнитивных карт [57, 176] балансовыми и факторными моделями как инструментами анализа и прогнозирования в экономике [99, 124]; созданием аналитических моделей в результате вариативных решений уравнения Лапласа [39]; межотраслевой макроэкономической моделью RIM, которая рассматривается в качестве ключевого элемента системы комплексного макроструктурного прогнозирования, разрабатываемого в ИНП РАН, обеспечивающего анализ и долгосрочный прогноз с учетом имеющихся ресурсных ограничений различного характера [15].

Главным трендом последних исследований является использование полиинструментальной методологии, когда окончательный прогноз формируется на основе синтеза разнотипных моделей [130, 22, 187, 184]. В частности, в статье А.А. Васильева предлагается гибридная модель, в которой объединены эконометрическая и нейросетевая модели. При этом в качестве объясняющих переменных используются как переменные-факторы, так и рыночные маркеры роста [22].

Несмотря на большое многообразие исследований по проблемам прогнозирования, работ, связанных с прогнозированием в сфере золотодобычи, продолжают оставаться, на наш взгляд, слабым звеном в системе обоснования принимаемых решений в золотодобывающей отрасли.

Представляется, что любые прогнозные построения на обозримый временной горизонт должны быть представлены взаимосогласованными показателями динамики макроэкономического уровня и показателей динамики отраслевого уровня.

Есть достаточно доказательств того, что приведенные выше модели дают достоверные оценки будущих изменений показателей, характеризующих развитие золотодобывающей отрасли, особенно в особенно спроса и предложения на рынке золота [68, 69, 30]. Смоделированные проекции

предложения золота за последние два десятилетия (2000-2019 гг.) в общем хорошо согласуются с наблюдаемыми за этот период [30].

Тем не менее, указанные модели не лишены значительных ошибок, которые, как правило, учитывают влияние на результирующую переменную небольшого числа объясняющих факторов. Источник таких ошибок в невозможности представить многие важные процессы, свойственные золотодобывающей отрасли в моделях.

В целях обоснования правомерности включения регрессоров в разрабатываемую модель, проанализируем современное состояние развития российского рынка золота.

Согласно данным Геологической службы США, запасы России составляют около 5,3 тыс. тонн (11% от общемировых запасов). По состоянию на конец 2019 г. Россия занимает второе место в мировом рейтинге по объемам запасов, уступая лишь Австралии.

По данным Федерального агентства по недропользованию, прирост запасов золота в недрах России по итогам 2019 г. составил 381,9 тонны, что незначительно превосходит объемы добычи. Таким образом, уровень запасов в России остается примерно на том же уровне, что и годом ранее - 14,5 тыс. тонн.

Суммарный объем производства золота в России (в слитках из минерального и вторичного сырья, а также производство в концентратах) непрерывно рос в период с 2010 года по 2019 год включительно. По данным Союза золотопромышленников [38], в 2019 году этот показатель составил рекордные 368,3 тонны - относительно 2018 г. прирост составил 11% и был достигнут в основном за счет роста производства золота из минерального сырья. В первой половине 2020 года по сравнению с аналогичным периодом прошлого года общее производство золота в России выросло на 1,9% также за счет роста производства из минерального сырья.

За более чем 20 лет - с 1998 года по 2019 г. - добыча золота из недр (добычное, попутное и в концентратах) увеличилась почти в три раза, со 113,5 до 329,8 тонны. Наиболее высокие темпы роста наблюдались в 2000, 2008 и

2013 гг., достигнув двузначных показателей. В дальнейшем динамика роста добычи и производства золота замедлилась, но по итогам 2019 г. снова преодолела отметку в 10%.

Согласно предварительным данным исследовательской компании Gold Fields Mineral Services (GFMS) в составе Thomson Reuters, по итогам 2023 г. больше всего золота было добыто в Китае - 375 тонны. На втором месте - Австралия с показателем 310 тонны. Россия замыкает тройку мировых лидеров с добычей в 300,8 тонны. Среди них внутреннее производство сырого золота в Китае составляет 375 тонн, а импортное производство сырого золота составляет 144 тонны. Это уже составляет почти одну треть мирового производства золота.

Однако, по данным Союза золотопромышленников, общая добыча золота в России за 2023 г. с учетом производства золота из российских золотосодержащих концентратов (статистика GFMS не учитывает данный показатель) составила 300 тонны, что соответствует оценке аналитического агентства Metals Focus (329,5 тонны), в рейтинге которого Россия заняла второе место. Кроме того, аналитическое агентство Fitch Solutions прогнозирует рост добычи золота в России до 482,1 тонны к 2029 году (при среднегодовом темпе роста 3,7% в течение 2020-2029 годов) [38].

Будучи чемпионом по добыче золота последние 14 лет подряд, Китай продемонстрировал замечательную тенденцию развития. Однако в последние годы производство золота в Китае демонстрирует тенденцию к снижению, главным образом из-за стремления к высококачественному развитию. По данным Китайской ассоциации золота, добыча сырого золота в Китае в 2023 году составит 375 тонн, что на 1% больше, чем в прошлом году. Хотя золотые запасы Китая составляют около 5% мировых, его добыча постепенно снижается, что свидетельствует об устойчивом развитии Китая и осторожном подходе к корректировке золотой промышленности.

По мнению консалтинговой компании Fitch Solutions, причинами ускорения темпов роста золотодобычи будут служить высокий внутренний спрос на фоне риска новых экономических ограничений в отношении

государственных банков, а также развитие ряда проектов по добыче золота [96].

Специфика прогнозирования показателей экономического развития отрасли во многом связана с особенностями горно-геологических и географо-экономических характеристик месторождений золота. Каждое месторождение золота индивидуально и имеет свои характеристики, значительно отличающиеся от характеристик другого месторождения. Основные различия характеристик месторождений определяются содержанием граммов золота на тонну породы, прогнозной величиной запасов месторождения, уровнем и структурой залегания рудного тела, качеством сырья и другими характеристиками.

Различия по содержанию золота в породе ведут к дифференциации затрат, поскольку на месторождениях с высоким содержанием золота в породе, обрабатывается меньшее количество тонн руды, затрачиваются меньшее число материалов, трудовых ресурсов для получения такого же количества золота, как и при разработке месторождений с более низким содержанием золота в породе.

Различия по объёму запасов влияют на результаты деятельности золотодобывающей организации по причине того, что чем больше объёмы золота на конкретном месторождении, чем больше добыто драгоценного металла, тем ниже себестоимость золота и выше прибыль.

Различия по качеству сырья, по уровню залеганию золотоносных пластов к поверхности, наконец, по структуре рудного тела, являются уникальными и достаточно сложными, но вместе с тем реальными характеристиками в процессе описания эконометрической модели.

Принимая во внимание вышеизложенные горно-геологические различия месторождений золота, со свойственными им определёнными характеристиками и несомненно влияющими и сказывающимися на результатах экономической деятельности золотодобывающих организаций, предлагается разработать модель прогноза результатов деятельности

золотодобывающей организации без учета в модели горно-геологических характеристик месторождений золота.

Проведенный во второй главе исследования анализ позволил нам выявить основные факторы, которые существенным образом могут оказать наибольшее влияние на добычи золота. Они во многом совпадают с мнением ведущих экспертов, такими факторами являются спрос и цена на золото, количество и качество геологических запасов золота, размер инвестиций в геологоразведку, курс национальной валюты и ключевая ставка Банка России.

Оценивая тенденции изменения показателей, характеризующих перечисленные выше факторы влияния на производство золота в РФ за временной отрезок с 2000 г. по 2022 г. отметим следующее.

Спрос на золото в 2000-2010 гг. существенно возрастал в сравнении с объемами добычи золота (рисунок 2.9). Однако в течение следующих лет спрос сократился на 25% с 207,9 т. в 2010 г. до 157,3 т. в 2013 г. В дальнейшем наблюдалось равнонаправленное изменение показателей спроса и добычи золота в сторону роста. Интеграция российских золотодобывающих компаний в мировой рынок помогла им при низком внутреннем спросе в 2000-2010 гг. увеличивать производство драгоценного металла.

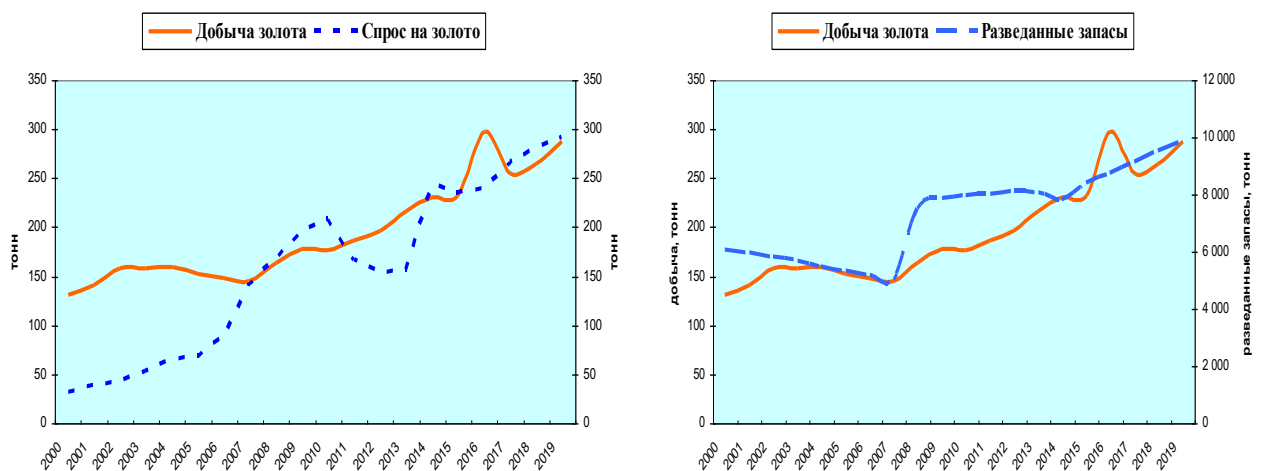


Рисунок 3.1– Влияние спроса и разведанных запасов на добычу золота
Источник: разработано автором и опубликовано [112]

Рассматривая фактор объема разведанных запасов на добычи отметим, что влияние разведанных запасов благородного металла на добычи золота

происходит с некоторым лагом, в связи с чем, данному фактору влияния присущ долгосрочный характер. Так, в течение 2009 г. произошел существенный прирост разведанных запасов, составивший за 20% к предыдущему году в то время как объем добычи золота составил 9%. В дальнейшем при незначительных темпах роста разведанных запасов в 2010-2014 гг. производство металла характеризовалось более высокими темпами (рисунок 3.2).

Динамика курса национальной валюты и добычи золота за 20-ти летний период представлена на рис. 2.9, из чего следует, что изменение данных показателей в рассматриваемом временном отрезке демонстрируют однонаправленность, за исключением 2017 г., когда курс национальной валюты составил в среднем по году 58,33 руб. за долл. США против 36,1 руб. за долл. США в 2016 г. Добыча золота в 2017 г. составила 254,3 т., в то время как годом ранее – 297,4 т. Надо заметить, что в дальнейшем предприятия отрасли адаптировались к новому курсу, что обеспечило положительную динамику.

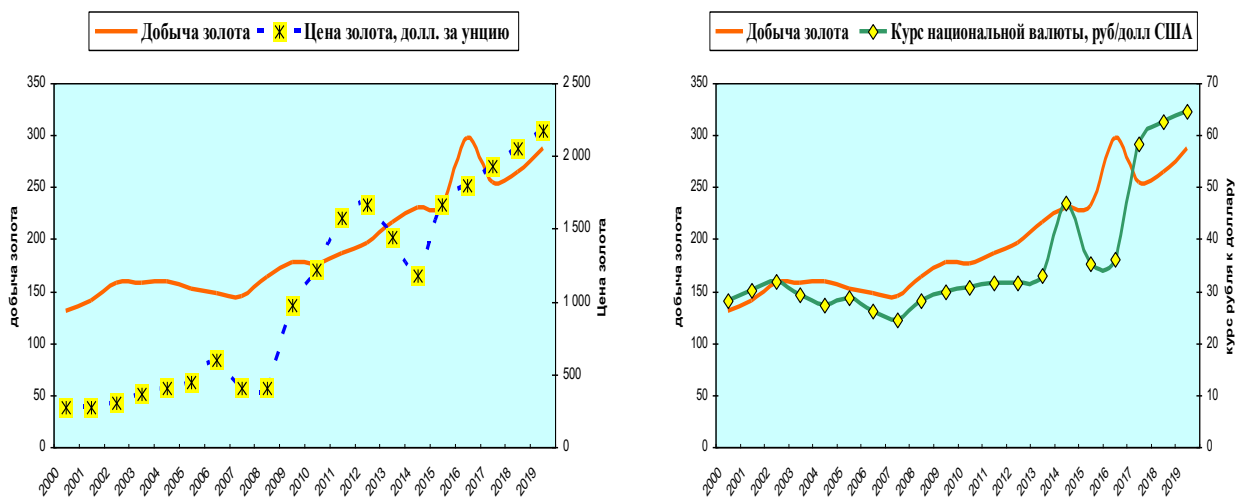


Рисунок 3.2 – Влияние цены и курса национальной валюты на добычу золота
Источник: разработано автором и опубликовано [112]

Справедливо мнение С.А. Мясоедова, высказанного еще в 2010 году, что при сложившейся динамике роста мировых цен на золото, в производство

будут вовлекаться месторождения, разработка которых ранее представлялась нерентабельной [69].

Говоря о влиянии ставки рефинансирования (с 2016 г. – ключевой ставки Банка России) на добычи золота отметим, что снижение ставки положительным образом сказывается на экономической деятельности предприятий золотодобывающей сферы, повышая их экономическую стабильность. Особенно отчетливо это прослеживается в период с 2008 г. по 2019 г. (рисунок 3.3).

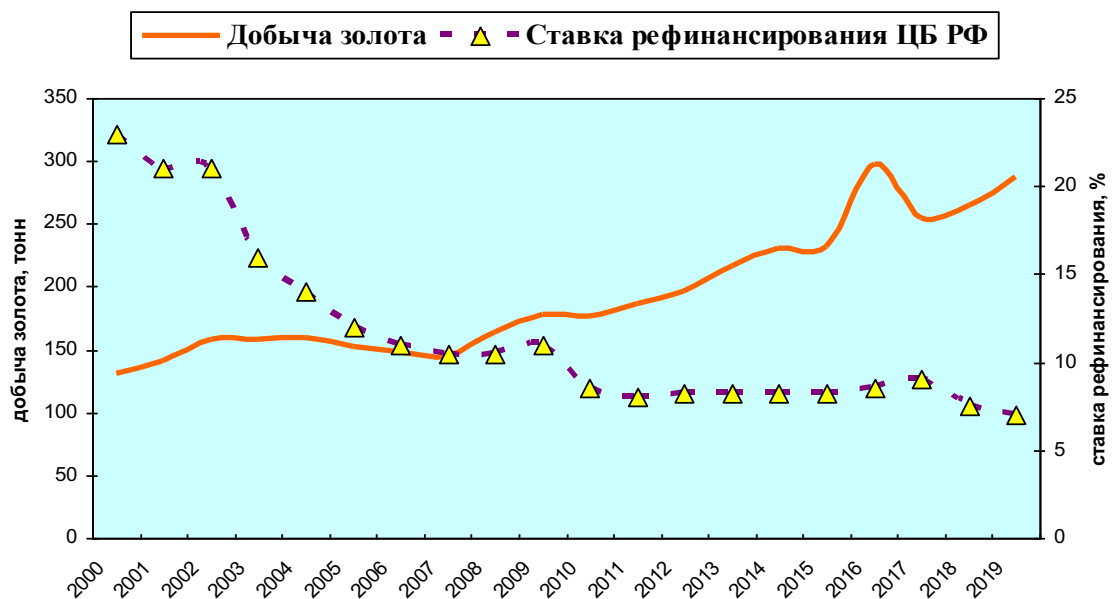


Рисунок 3.3 – Влияние ставки рефинансирования на добычу золота
Источник: авторская по данным Союза золотопромышленников и Банка России

Как отмечалось ранее, в практике прогнозирования показателей развития экономики золотодобывающих организаций на различных стадиях производственно-хозяйственной деятельности нашла широкое применение линейная многофакторная модель.

Данного вида модель дает возможность проведения мониторинга экономической обоснованности включения факторов, которые влияют прямо и косвенно на результаты прогнозируемого объекта на основе применения матрицы парных коэффициентов корреляции и метода количественной оценки по критерию Фишера [69]. Однако, многофакторная регрессионная модель не позволяет в полной мере объективно оценивать меняющуюся ситуацию с

внешними и внутренними факторами влияния на оцениваемый результативный признак.

Поэтому в рамках настоящего исследования предлагается разработать эконометрическую модель для прогнозирования добычи золота с использованием нейронных сетей на базе TensorFlow.js [127].

В качестве исходной базы данных для прогнозирования добычи золота на основании опроса экспертов были отобраны важнейшие 7 факторов, оказывающих наибольшее влияние на устойчивое развитие ПАО «Полус» и «Цзыджин Майнинг». (таблица. 3.1 и 3.2).

Прежде чем создать и настроить параметры нейронной сети для прогнозирования и анализа массива данных по производству золота, нужно сформировать набор входных данных и научить нейронную сеть генерировать набор выходных данных.

Таблица 3.1 – Исходные данные для прогнозирования добычи золота ПАО «Полус»

Год	Общий объем добычи золота, т	Факторы, оказывающие влияние на добычу золота						
		Себестоимость добычи золота, млн. долл.	Инвестиции в геолого-разведочные работы, млн руб.	Запасы золота, тонн	Внутренняя цена золота, руб. за грамм	Коэффициент извлечения, %	Капитальные затраты, млн. долл.	Выручка от реализации, млн. долл.
	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
2009	38,0	525,8	4996,2	2100,7	2349	76,3	324,0	1199
2010	39,7	536,6	5415,0	2216,9	2879	72,4	359,0	1711
2011	42,8	547,5	5645,6	2150,0	3328	74,6	258,8	2340
2012	48,8	570,4	6884,5	2086,0	3338	75,8	446,2	2528
2013	51,3	600,4	6450,3	2353,0	2855	70,8	403,4	2203
2014	52,7	638,7	5513,8	1871,0	2532	79,4	442,5	2196
2015	54,3	694,0	5684,6	1871,1	2281	83,7	408,4	2176
2016	61,2	763,8	5874,7	1814,4	2682	83,9	466,0	2429
2017	67,2	992,4	6480,8	1956,1	2359	83,4	804,0	2648
2018	74,5	1238,0	7022,6	1842,7	2558	80,8	736,0	2976
2019	88,8	1484,0	8923,5	1791,9	2897	82,3	630,0	3965
2020	87,1	1636,0	9855,0	1741,0	4132	83,8	653,0	4956
2021	88,0	1766,9	10889,8	1706,2	4173,3	83,9	679,1	4966
2022	88,4	1872,9	12033,2	1680,6	4256,8	84,0	706,3	4207

Источник: составлено автором

Таблица 3.2 – Исходные данные для прогнозирования добычи золота
«Цзыджин Майнинг»

Год	Общий объем добычи золота, т	Факторы, оказывающие влияние на добычу золота						
		Себесто имость реализац ии, юани за грамм	Инвести ции в геолого- разведоч ные работы, млн юани.	Запасы золота, тонн	Мирово й спрос на золото, тонн	Доход от операци и, миллиар д юани	Капита льные затраты , млн.юа ни.	Инвести ции в социальн ые проекты, млн.юан и.
	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
2018	37.0	172.99	31.21	1728.0	4345.1	106.0	877.39	1520
2019	41.0	172.69	12.34	1887.0	4355.7	136.1	1227.72	1700
2020	40.5	177.38	8.81	2334.0	3759.6	171.5	1623.57	2140
2021	47.5	176.22	8.16	2373.0	4021.3	225.1	1492.66	3950
2022	56.4	172.85	10.26	3117.0	4741.0	270.3	3119.48	5100

Источник: составлено автором

В расчете сначала генерируем набор данных, который содержит временной ряд, в котором значения упорядочены хронологически. Временной ряд, в данном конкретном случае, является набором вводимых значений компании «XYZ» до определенной даты. Для создания набора данных временного ряда использована функция `GenerateDataset`. После этого запускается функция `ComputSMA` для вычисления конкретных значений SMA и формирования учебных образцов для нашей нейронной сети, которой нужно пройти настройку посредством моделирования среды.

Набор данных ПАО «Полюс»:

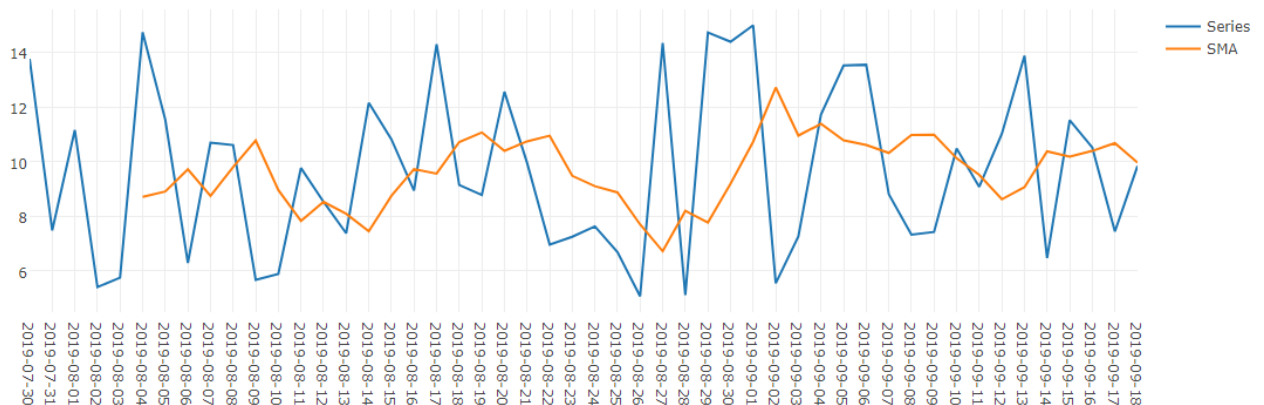
[38.0, 525.8, 4996.2, 2100.7, 2349, 76.3, 324.0, 1199] 9,08980662357245
 [39.7, 536.6, 5415.0, 2216.9, 2879, 72.4, 359.0, 1711] 9,68557833617768
 [42.8, 547.5, 5645.6, 2150.0, 3328, 74.6, 258.8, 2340] 8,99705349476049
 [48.8, 570.4, 6884.5, 2086.0, 3338, 75.8, 446.2, 2528] 9,68854848162217
 [51.3, 600.4, 6450.3, 2353.0, 2855, 70.8, 403.4, 2203] 9,68557833617768
 [52.7, 638.7, 5513.8, 1871.0, 2281, 83.7, 4, 408.4, 2196] 9,8385053298740
 [54.3, 694.0, 5684.6, 1871.1, 2281, 83.7, 408.4, 2176] 9,21252073018266
 [61.2, 763.8, 5874.7, 1814.4, 2682, 83.9, 466.0, 2429] 9,09110989987277
 [67.2, 992.4, 6480.8, 1956.1, 2359, 83.4, 804.0, 2648] 9,17290093478393
 [74.5, 1238.0, 7022.6, 1842.7, 2558, 80.8, 736.0, 2976] 9,37112734051642
 [88.8, 1484.0, 8923.5, 1791.9, 2897, 82.3, 630.0, 3965] 9,49243464870378
 [87.1, 1636.9, 9855.0, 1741.0, 4132, 83.8, 653.0, 4956] 9, 399824765341129
 [88.0, 1766.9, 10889.8, 1706.2, 4173.3, 83.9, 679.1, 4966] 9.27531288119638
 [88.4, 1872.9, 12033.2, 1680.6, 4256.8, 84.0, 706.3, 4207] 9.4239874234832

Набор данных «Цзыджин Майнинг»:

[37.0, 172.99, 31.21, 1728.0, 4345.1, 106.0, 877.39, 1520] 9,54275326608980
 [41.0, 172.69, 12.34, 1887.0, 4355.7, 136.1, 1227.72, 1700] 9,0478923503838
 [40.5, 177.38, 8.81, 2334.0, 3759.6, 171.5, 1623.57, 2140] 8,92114356742899
 [48.8, 176.22, 8.16, 2373.0, 4021.3, 225.1, 1492.66, 3950] 9,66281037025212
 [47.5, 172.85, 10.26, 3117.0, 4741.0, 270.3, 3119.48, 5100] 9,8677163387558

Набор значений в скобках - это значение цены фактора в одном временном окне (слева), используемые как входы нейронной сети, одно значение (справа) - вычисленное значение скользящей средней (среднего значения в динамике), которое мы будем использовать как целевое значение выхода в течение настраивания нейронной сети посредством моделирования среды, в которую эта сеть встроена [126].

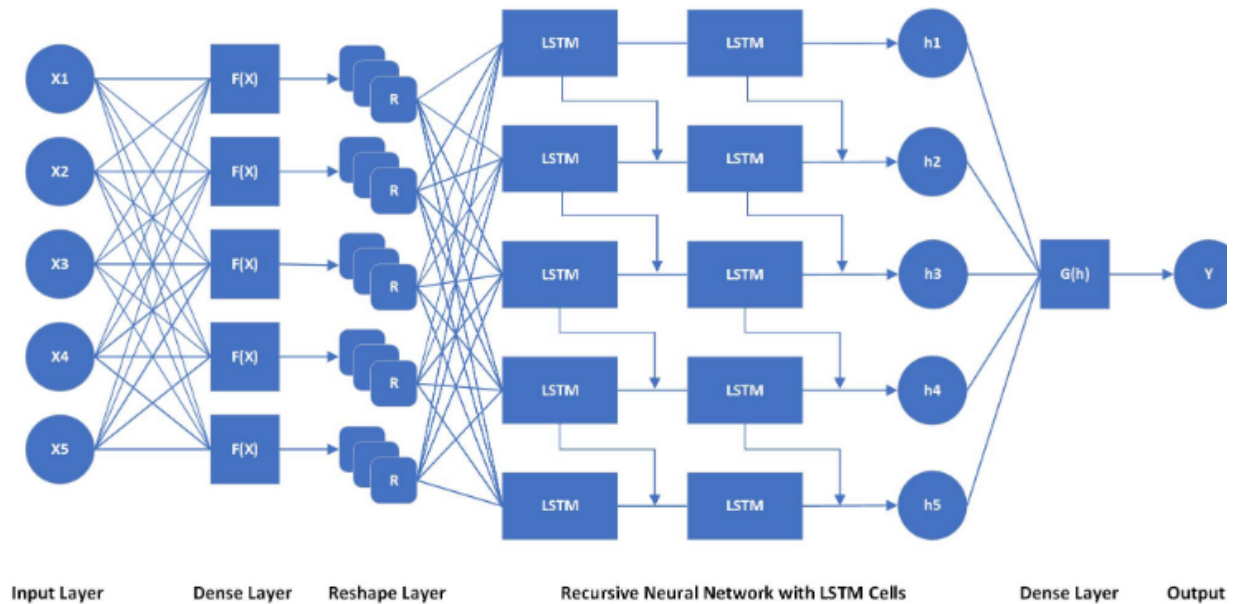
На рисунке 3.4 показана часть исторических данных, для более точного прогнозирования (с учетом ежедневных значений; точность прогнозирования чувствительна к колебаниям одного временного периода – чем больше детализация, тем более точный прогноз):



Источник: составлено автором

Рисунок 3.4 – Скользящее среднее для генерируемого массива данных по добыче золота (обработка исторических данных для обучения нейронной сети)

Построение рекуррентной нейронной сети (RNN) для прогнозирования временных рядов. В процессе исследования рассмотрены наиболее распространенные сценарии создания нейронной сети, которая используется для прогнозирования временных рядов. В частности, создана нейронная сеть, состоящая из слоев различных типов, таких как плотные слои или RNN - слой с клетками LSTM, изображенная ниже на рисунке 3.5:



Источник: составлено автором

Рисунок 3.5 – Построение рекуррентной нейронной сети (RNN) с LSTM клетками

Согласно сценарию развертывания нейронной сети (рис. 3.5), входной слой из нескольких переменных является первым слоем созданной нейронной сети. Согласно структуры набора данных, переданного на вход нейронной сети во время обучения, используем слой $x_n \rightarrow F(x) \rightarrow R$ как первый слой всей сети, поскольку входной набор образцов на самом деле является двумерным массивом, каждый элемент из которых является парой или массивом значений в пределах одного временного окна, или значением SMA соответственно.

Слой $x_n \rightarrow F(x) \rightarrow R$, в отличие от RNN, представляет собой слой, который обучается с помощью алгоритма обратного распространения. Данный слой обычно состоит из нейронов, выход которых связан с функцией активации, например, сигмоидальной или гиперболической касательной функции. Каждый нейрон в этом слое имеет определенное количество входов и только один выход. Количество выходов в слой $x_n \rightarrow F(x) \rightarrow R$ равно количеству нейронов. Во время обучения анализируются выходные значения первого слоя и передаются следующему RNN – слою [182].

«Нормальная» модель – это модель, которая имеет структуру, основанную на графике, и ее можно использовать для построения различных конфигураций, в которых слои нейронной сети могут быть взаимосвязаны

между собой, обеспечивая больший контроль над процессом обучения модели и вычислением результатов. Обычные модели используются тогда, когда нам нужно внедрить специальные механизмы обучения и прогнозирования нейронной сети [144].

«Последовательные» модели – это модели, которые могут иметь только одну структуру. Каждый слой в последовательной модели просто укладывается, добавляя его к верхней части стека. Каждый вход нового слоя связан между собой конкретными выходами предыдущего нейронного слоя. Для подготовки последовательной модели, а также вычисления ее результатов во время процесса прогнозирования мы используем множество методов объекта модели TensorFlow.js, таких как `model.fit` и `model.predict` [147].

После того, как мы обучили нашу модель набора данных, которые формируются, пришло время использовать ее для прогнозирования. В частности, нам нужно реализовать следующий код для выполнения прогнозирования:

```
const outps = model.predict(tf.tensor2d(inps, [inps.length,
inps[0].length]).div(tf.scalar(10))).mul(10);
return Array.from(outps.dataSync());
```

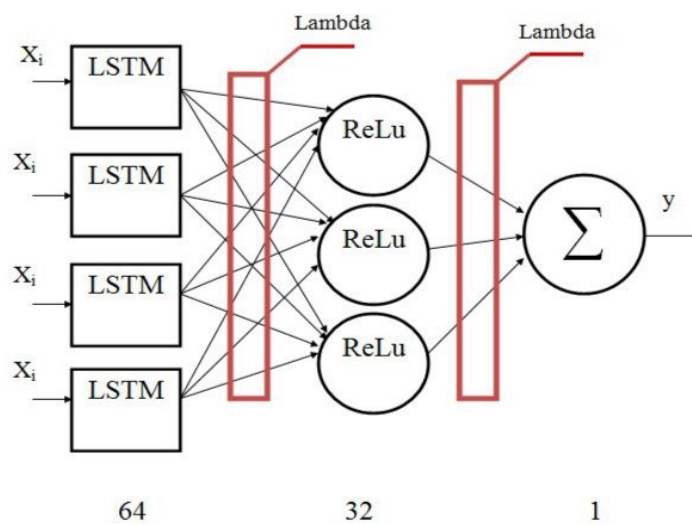
Для прогнозирования конкретных значений SMA мы используем метод `model.predict`. Используя этот метод, мы фактически передаем часть образцов данных, предварительно сгенерированных, на входы модели. Возвращаемое значение метода `model.predict` - это еще один двумерный линейный многокомпонентный объект, который сохраняет набор прогнозируемых исходных значений. Наконец, после прогнозирования мы превращаем следующий объект обратно в массив, содержащий предполагаемые значения, вызывая метод `Array.from (outps.dataSync)`. Для прогнозирования конкретных значений SMA используется метод `model.predict`. Используя этот метод, фактически передается часть образцов данных, предварительно сгенерированных, на входы модели. Возвращаемое значение метода `model.predict` - это еще один двумерный линейный многокомпонентный объект, который сохраняет набор прогнозируемых исходных значений.

Наконец, после прогнозирования мы превращаем следующий объект обратно в массив, содержащий предполагаемые значения, вызывая метод `Array.from (outs.dataSync)`.

При разработке нейронной сети прописывались 2 слоя с функцией активации Lambda (рис. 3.6). Функция активации Lambda выглядит следующим образом:

$$\lambda = x_n \cdot 0 \quad (3.1)$$

где λ — выходной сигнал предыдущего слоя;



Источник: составлено автором

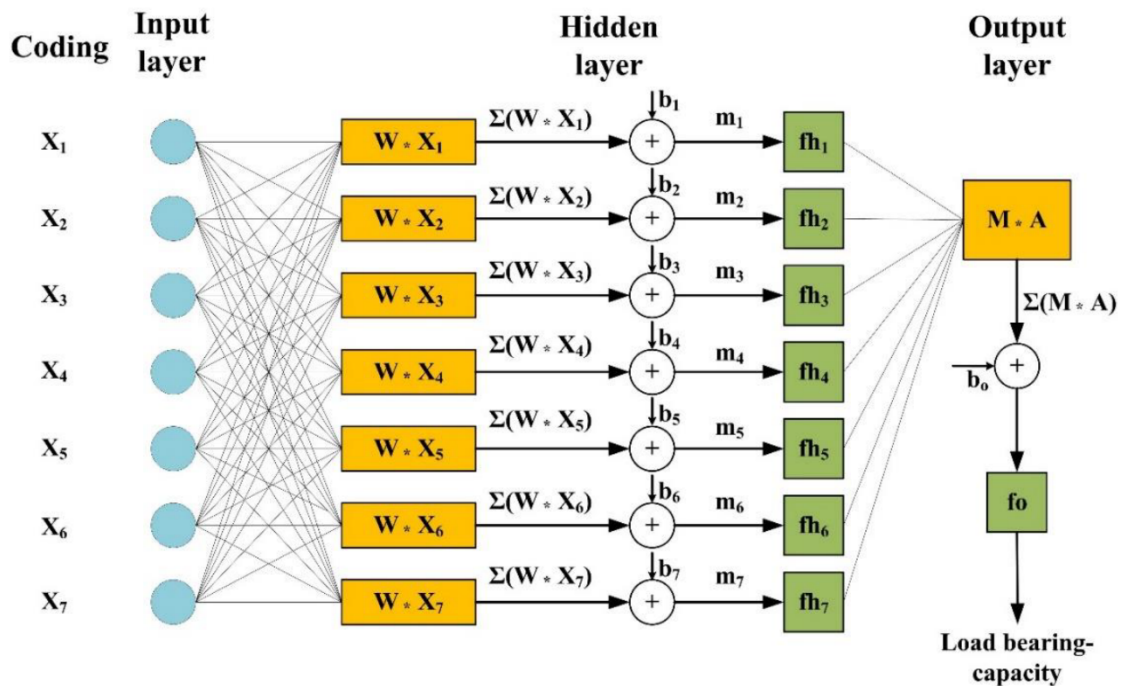
Рисунок 3.6 – Структура модели с вновь созданными слоями Lambda.

Выходной сигнал предыдущего слоя попадает на слой Lambda и обнуляет значение. В процессе программной разработки можно выделить определенный процент нейронов или специфический нейрон для повреждения. В разработанной модели существует возможность выключения нейрона с определенного места, сохранив работоспособность сети.

Для оценки важности нейрона измеряется точность сети и анализируется ее производительность при удалении нейрона [182]. Если нейрон важен, его удаление должно повреждать и значительно снижать производительность сети, в то время как удаление незначительного нейрона оказывает минимальное влияние.

На рисунке 3.7 представлены коды, входной слой, скрытый слой и выходной слой модели прогноза добычи золота.

Элементы вектора веса – это задача подэтапов прогноза (шагов алгоритма прогноза): $z_{ij} = \{0,1\}$, то есть если $z_{ij} = 0$, то задача не решается и в данном нейроне обучение останавливается, а если $z_{ij} = 1$, то соответственно происходит обучение и дальнейшая работа сети.



Источник: составлено автором

Рисунок 3.7 – Модель процесса прогноза добычи золота

Аналитически модель просчета каждого этапа будет иметь вид матрицы смежности графа структуры (3.2) и матрицы весов вершины ребер (3.4) и (3.5). Матрица смежности такого орграфа будет иметь такой вид:

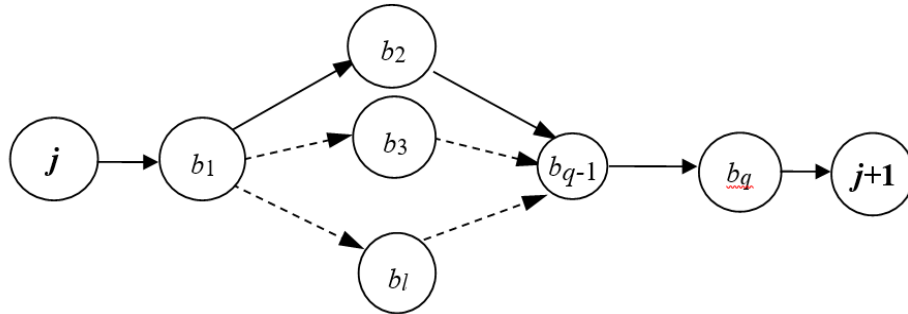
Элементы матрицы (3.2), очерченные пунктиром $\{a_{i(n+2)} \dots a_{mm}\}$ сообщаются как неизвестные, которые необходимо вычислить или спрогнозировать.

Сложный процесс прогноза описать одним нагруженным орграфом невозможно потому, что построение системы должно включать не только структуру, но и учет задач, возложенных на этапы, и алгоритмы взаимодействия этапов в процессе функционирования.

$$\left\| \begin{array}{ccccccc} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & a_{1(n+1)} & a_{1(n+2)} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & a_{2(n+1)} & a_{2(n+2)} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & & & & & & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} & a_{n(n+1)} & a_{n(n+2)} & \dots & a_{nm} \\ a_{(n+1)1} & a_{(n+1)2} & \dots & a_{(n+1)n} & a_{(n+1)(n+1)} & a_{(n+1)(n+2)} & \dots & a_{(n+1)m} \\ a_{(n+2)1} & a_{(n+2)2} & \dots & a_{(n+2)n} & a_{(n+2)(n+1)} & a_{(n+2)(n+2)} & \dots & a_{(n+2)m} \\ \vdots & & & & & & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} & a_{m(n+1)} & a_{m(n+2)} & \dots & a_{mm} \end{array} \right\|, \quad (3.2)$$

Где $a_{ii} = 0$; $i = \overline{1, m}$.

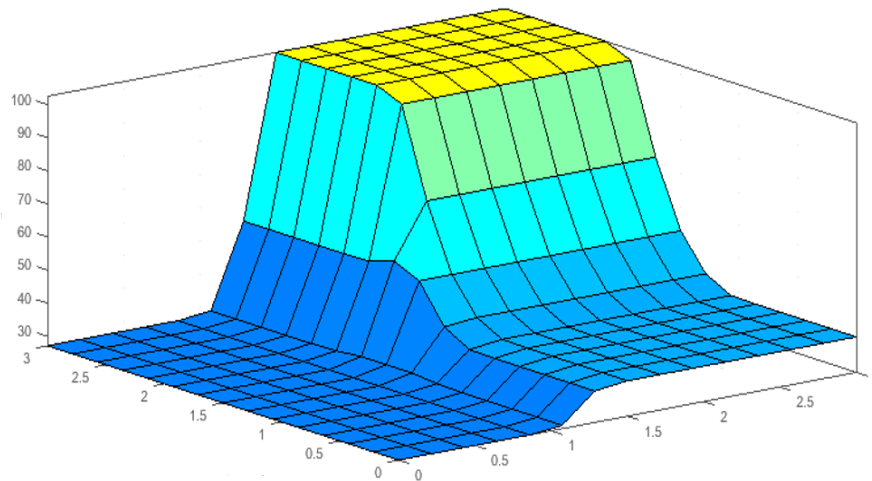
Итак, для определения задач подэтапов предложена каждая вершина f_j , $j = \overline{1, m}$ орграфа G характеризовать вектором ее веса Z_j . Вес каждого элемента ориентированного графа в соответствии со всей системой из аспекта совокупности задач, возложенных на нее, представлен матрицей Z_j . Как вершины орграфа G , так и каждое ребро графа S_k множества S имеют личный вес V_k , описывающий алгоритм действий между вершинами графа (под взаимодействующими этапами). Такое взаимодействие также описывается орграфом (рисунок 3.8) и матрицей смежности.



Источник: составлено автором

Рисунок 3.8 – Орграф S_k - ребра графа $G(F, S)$ алгоритма взаимодействия подэтапов

Практическая интерпретация вершин такого орграфа (рисунок 3.8) – это шаги алгоритма взаимодействия, которые он выполняет при реализации своих задач, а ребра графа указывают на последовательность указанных действий, шагов алгоритма в процессе взаимодействия между другими подэтапами.



Источник: составлено автором

Рисунок 3.9 – Поверхность нечеткого вывода (алгоритма Мамдани) для прогнозирования добычи золота

Вывода по алгоритму Сугено состоит в формировании исходных переменных. База правил систем нечеткого вывода имеет следующий формат:

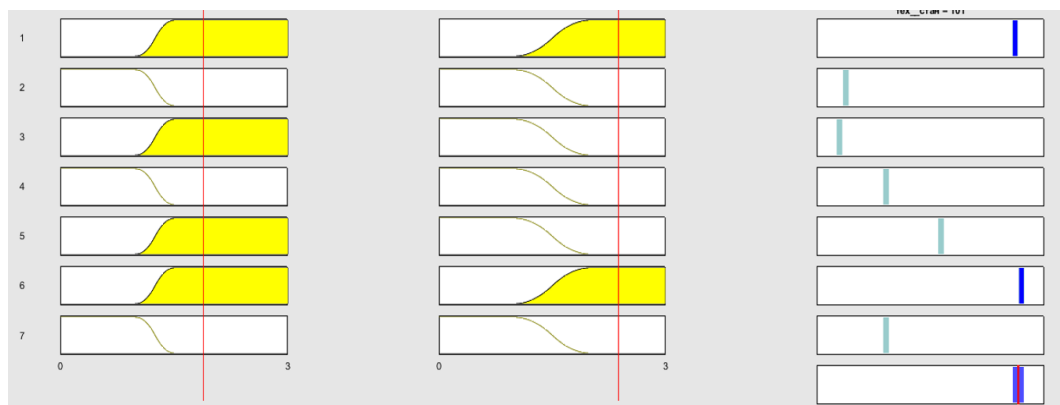
Правило 1:

if «переменная 1=значение A» and «переменная 2=B» to $y = k_1A + k_2B + k_0$, или

Правило 2:

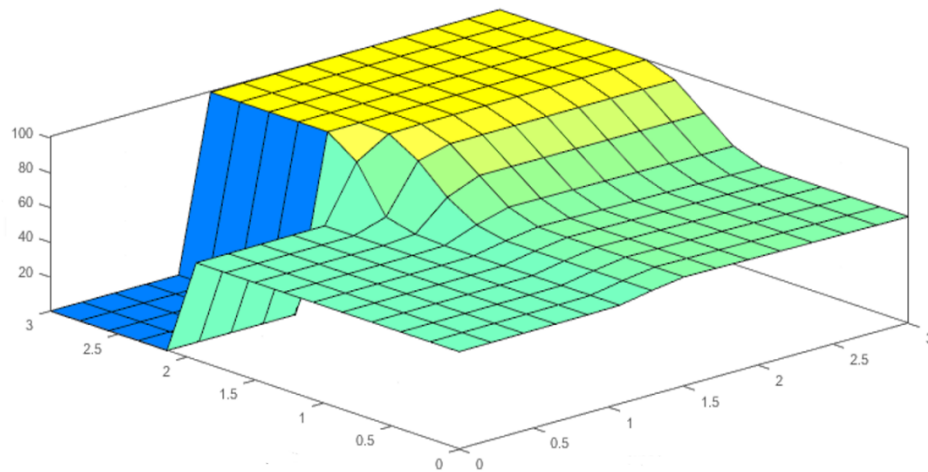
if «переменная 1 = значение A» and «переменная 2 = B» to $y = C$.

Результаты моделирования представлены на рис. 3.10, 3.11.



Источник: составлено автором

Рисунок 3.10 – Интерфейс правил (алгоритм Сугено)

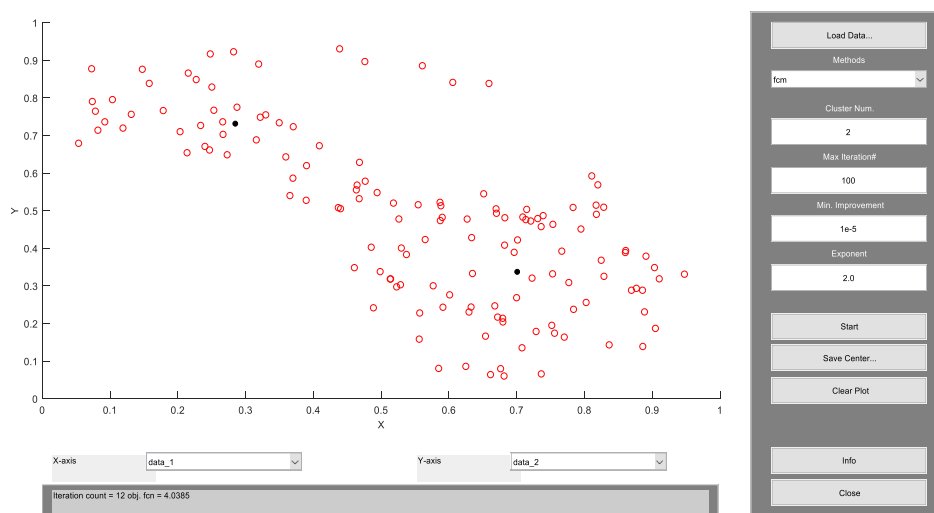


Источник: составлено автором

Рисунок 3.11 – Поверхность нечеткого вывода (алгоритм Сугено) для прогнозирования добычи золота

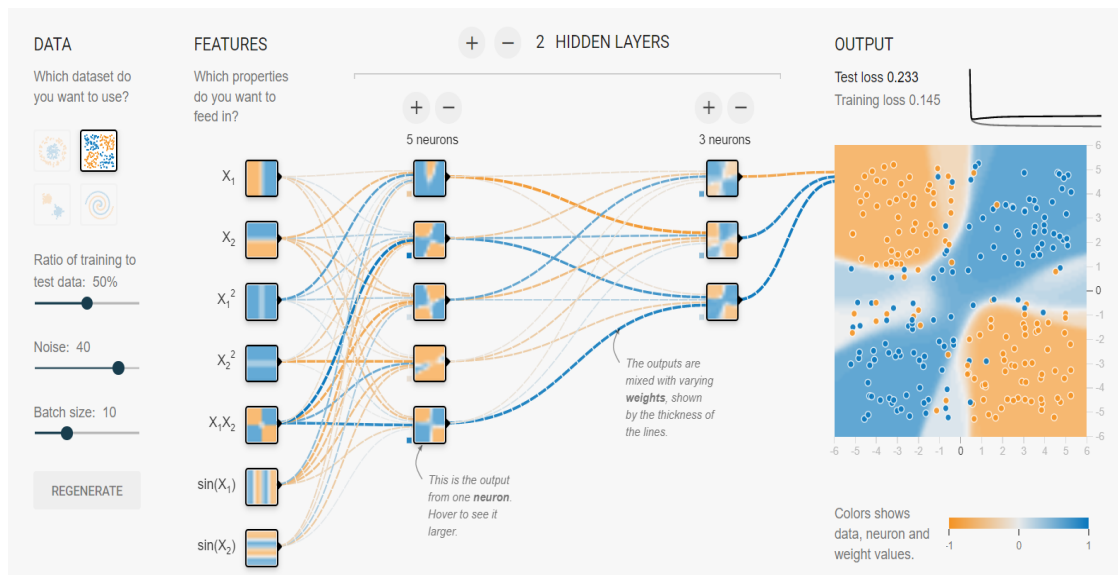
Если сравнить эту поверхность и поверхность на рис. 3.7, то можно сделать вывод, что нечеткие правила достаточно хорошо описывают сложную зависимость добычи золота от ряда индикаторов (x_1 - x_7). При этом, модель типа Сугено более точная, но преимущество алгоритма Мамдани заключается в том, что правила базы знаний являются более прозрачными и интуитивно понятными, тогда как для моделей типа Сугено не всегда ясно какие линейные зависимости «вход-выход» необходимо использовать [72].

Графический интерфейс представлено на рисунке 3.12.



Источник: составлено автором

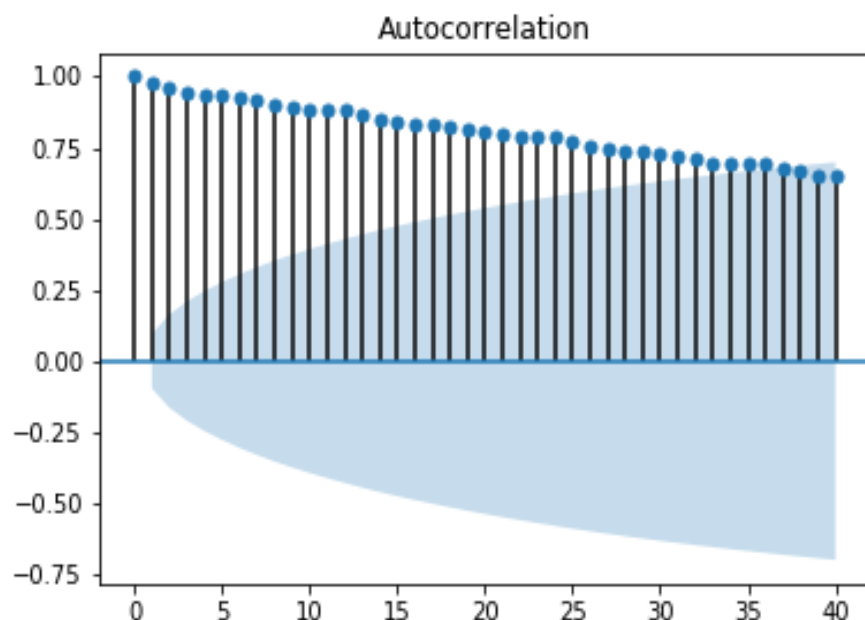
Рисунок 3.12 – Графический интерфейс нечеткой субтрактивной кластеризации



Источник: составлено автором

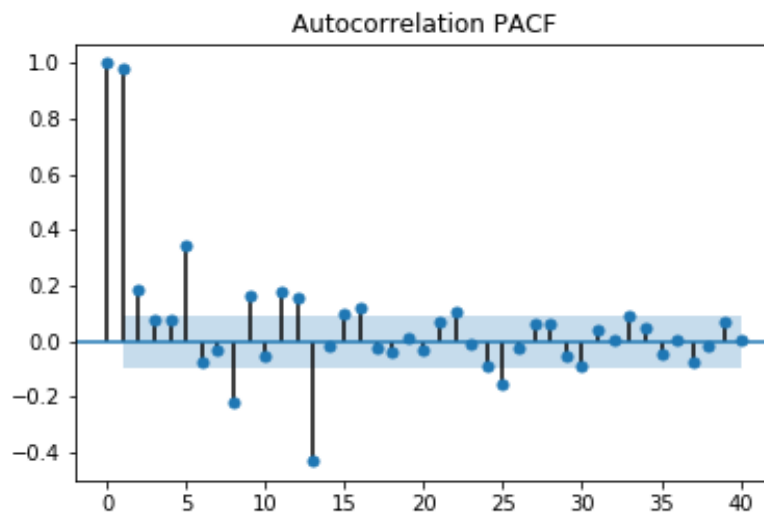
Рисунок 3.13 – Построенная нейронная сеть для прогнозирования добычи золота с учетом субстративной кластеризации

Чтобы выбрать лучший порядок для регрессионных моделей, построим автокорреляционную ACF(АКФ) и частично автокорреляционную PACF(ЧАКФ) функции, изобразим их на рисунке 3.14 и рисунке 3.15.



Источник: составлено автором

Рисунок 3.14 – Автокорреляционная функция прогнозирования добычи золота



Источник: составлено автором

Рисунок 3.15 – Частичная автокорреляционная функция прогнозирования добычи золота

При построении автокорреляционных функций было использовано 40 лагов-шагов. Результаты расчетов подробно показаны в Приложении А, рис. А.8 и А.9). В результате анализа, можно сделать такой вывод: разработку модели необходимо осуществлять с первого, второго и тринадцатого порядка.

Построим авторегрессионные модели:

Коэффициенты модели AR(1):

$$const - 0.115699, L1.TEST - 0.987537$$

Коэффициенты модели AR(2):

$$const - 0.103285, L1.TEST - 0.799692, L2.TEST - 0.189416$$

Коэффициенты модели AR(13):

$$const - 0.0512, L1.TEST - 0.6688, L2.TEST - 0.0080, L3.TEST - 0.1457, ..., L12.TEST - 0.6496, L13.TEST - 0.4772$$

Таблица 3.3 – Критерии адекватности, оценки прогноза и интегральный критерий

Тип модели	R^2	$\sum e^2(k)$	DW	$RMSE$	MAE	$MAPE$	$Theil$
Тренд 1-го порядка	0.9659	8.3109	0.6028	0.1420	0.1192	1.3594	0.0080
AR(13)	0.9922	1.6883	2.3897	0.0651	0.0509	0.5917	0.0036
ARMA(13,6)	0.9930	1.5164	2.2482	0.0617	0.0479	0.5579	0.0034
ARIMA(12,1,2)	0.6490	1.7186	2.7294	0.0659	0.0524	0.6144	0.0046

Разработанную нейронную модель в виде полиномиального тренда можно записать с использованием детерминированных функций времени в виде:

$$y(k) = a_0 + d_1 k + d_2 k^2 + \dots + d_m k^m + \varepsilon(k), \quad (3.3)$$

где k – дискретное время; d_i – коэффициенты уравнения.

Модель авторегрессии с интегрированным скользящим средним имеет вид.

$$\bar{y}(k) = d^m y(k), \quad (3.4)$$

где $dy(k) = y(k) - y(k-1)$.

$$\bar{y}(k) = a_0 + a_1 \bar{y}(k-1) + a_2 \bar{y}(k-2) + \dots + a_p \bar{y}(k-p) + \varepsilon(k) - b_1 \bar{\varepsilon}(k-1) - b_2 \bar{\varepsilon}(k-2) - \dots - b_q \bar{\varepsilon}(k-q) \quad (3.5)$$

Прогнозы становятся важными компонентами процесса принятия решений. Компании не нужны прогнозы, которые не будут иметь необходимой точности: принято оценивать по величине погрешности (ошибки) прогноза – разности между прогнозируемым и фактическим значением (реализацией) исследуемой переменной [33]. Для обеспечения точности и достоверности результатов прогнозирования необходима проверка адекватности или верификация прогнозной модели. Проанализировав оценки и коэффициенты, сделан вывод что ARIMA(12,1,2) имеет лучшие показатели, поэтому строим прогноз на основе этой модели.

Таблица 3.4 – Параметры оптимизированной нейронной сети прогнозирования золота(составлено автором)

Функция	Параметр		
	b	c_1	c_2
1	2	3	4
$\mu_{K1}(x_1)$	1,998	0,3748	0,08507
$\mu_{K2}(x_2)$	1,012	0,01594	0,3784
$\mu_{K3}(x_3)$	2,99	0,323	0,00118
$\mu_{H1}(x_4)$	0,6484	0,428	0,01388
$\mu_{EM1}(x_5)$	0,3339	0,0005551	0,1249
$\mu_{EV1}(x_6)$	1,051	0,08925	0,3261

1	2	3	4
$\mu_{KP1}(x_7)$	1,5	0,2855	3,185e-005
$\mu_{H2}(x_1)$	0,6665	0,1464	0,0001297
$\mu_{EM2}(x_2)$	0,6628	0,1184	0,005312
$\mu_{MP2}(x_3)$	1,09	0,09258	0,4666
$\mu_{KH2}(x_4)$	1,5	0,2807	3,185e-005
$\mu_{H3}(x_5)$	0,6667	0,1198	9,472e-006
$\mu_{ЭМ3}(x_6)$	0,3334	1,426e-005	0,1006
$\mu_{MP4}(x_7)$	0,001492	0,002027	0,2782

При этом коэффициенты обозначают:

X_1 - Себестоимость добычи

X_2 - Инвестиции в геолого-разведочные работы

X_3 – Запасы

X_4 - Внутренняя цена золота

X_5 - Коэффициент извлечения

X_6 – Капитальные затраты

X_7 – Выручка от реализации

Или:

X_1 - Себестоимость реализации

X_2 - Инвестиции в геолого-разведочные работы

X_3 – Запасы

X_4 – Мировой спрос

X_5 – Доход от операции

X_6 – Капитальные затраты

X_7 – Инвестиции в социальные проекты

Функция $fcm()$ вызвана с дополнительными аргументами options для управления процессом кластеризации, а также для изменения критерия остановки работы алгоритма.

Эти дополнительные аргументы имеют следующие значения:

option (1): экспоненциальный вес m для расчетов матрицы нечеткого разбиения U_{xp} ;

option (2): максимальное число итераций s ;

option (3): параметр сходимости алгоритма $\varepsilon = 0.00001$;

option (4): информация о текущей итерации.

Результаты моделирования на рисунках 3.16-3.19.

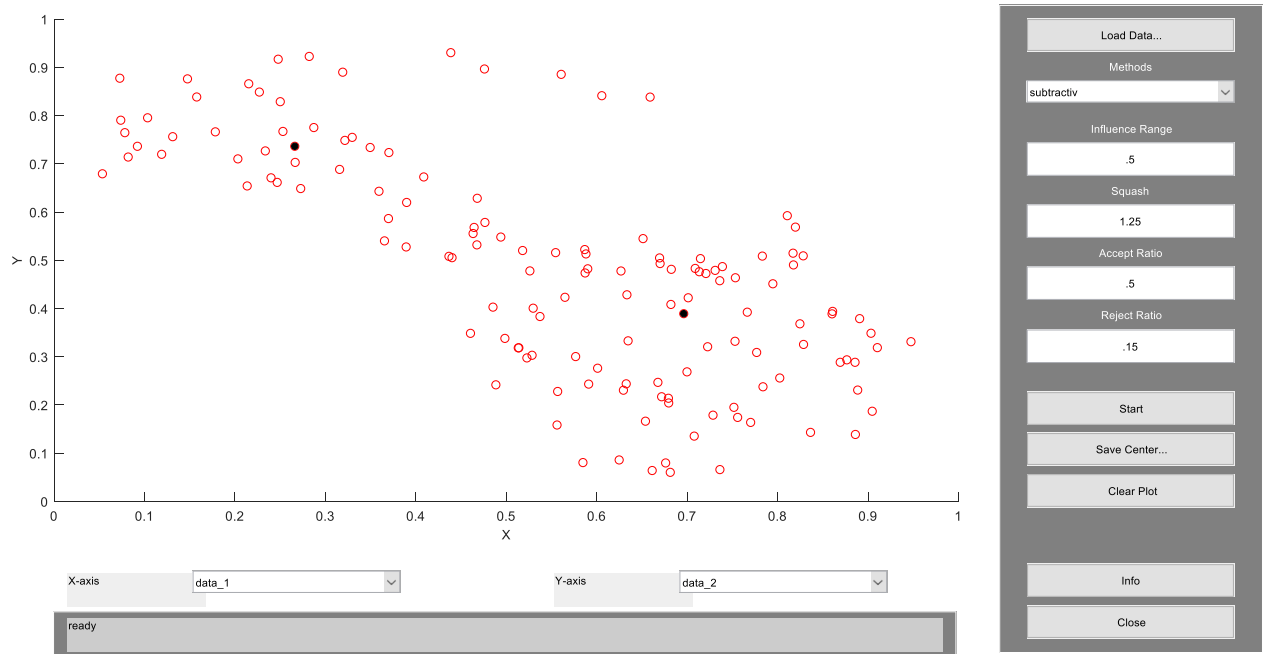


Рисунок 3.16 – Графический интерфейс метода нечетких с-средних FCM в модели прогнозирования добычи золота(составлено автором)

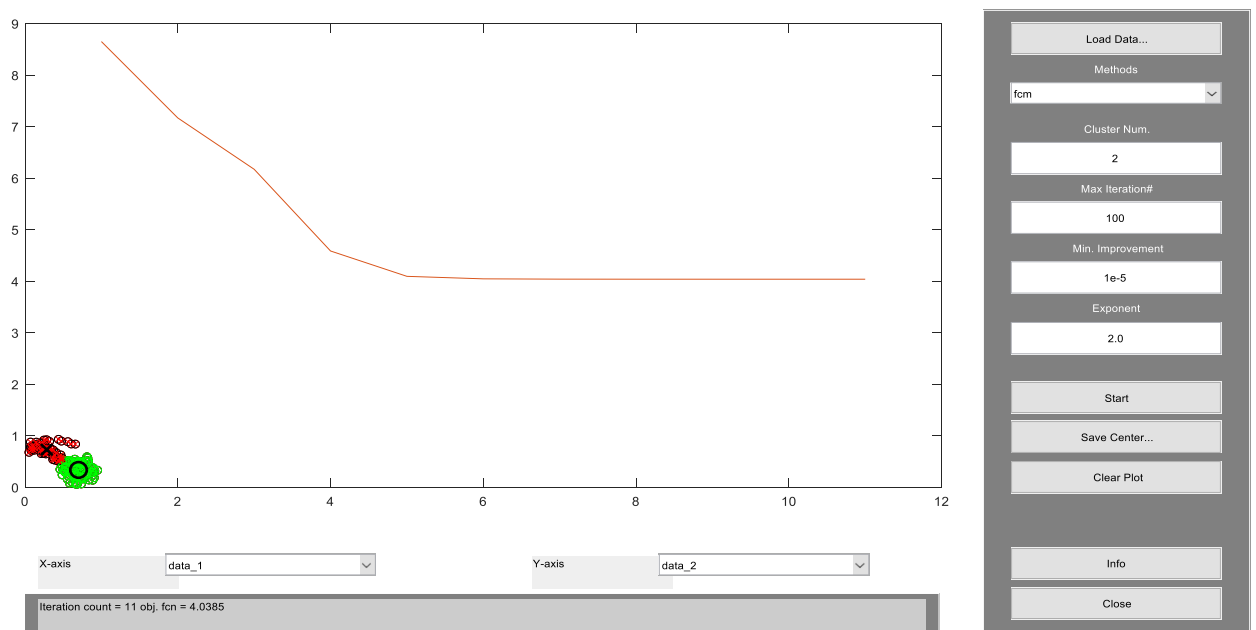


Рисунок 3.17 – Результаты моделирования методом нечетких с-средних FCM в модели прогнозирования добычи золота(составлено автором)

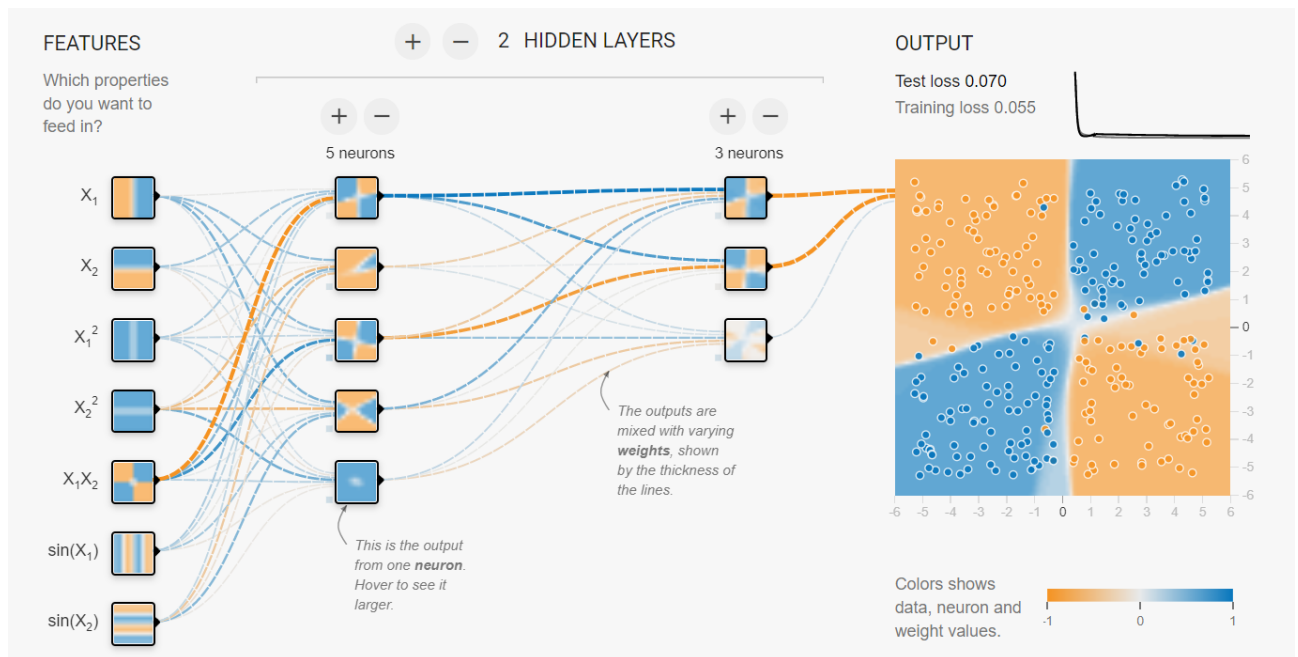


Рисунок 3.18 – Результаты моделирования метода нечетких с-средних FCM в структуре построенной нейронной сети(составлено автором)

Результаты моделирования имеют приближенный характер поэтому их целесообразно использовать для предварительной структуризации входных данных о изучаемой системе.

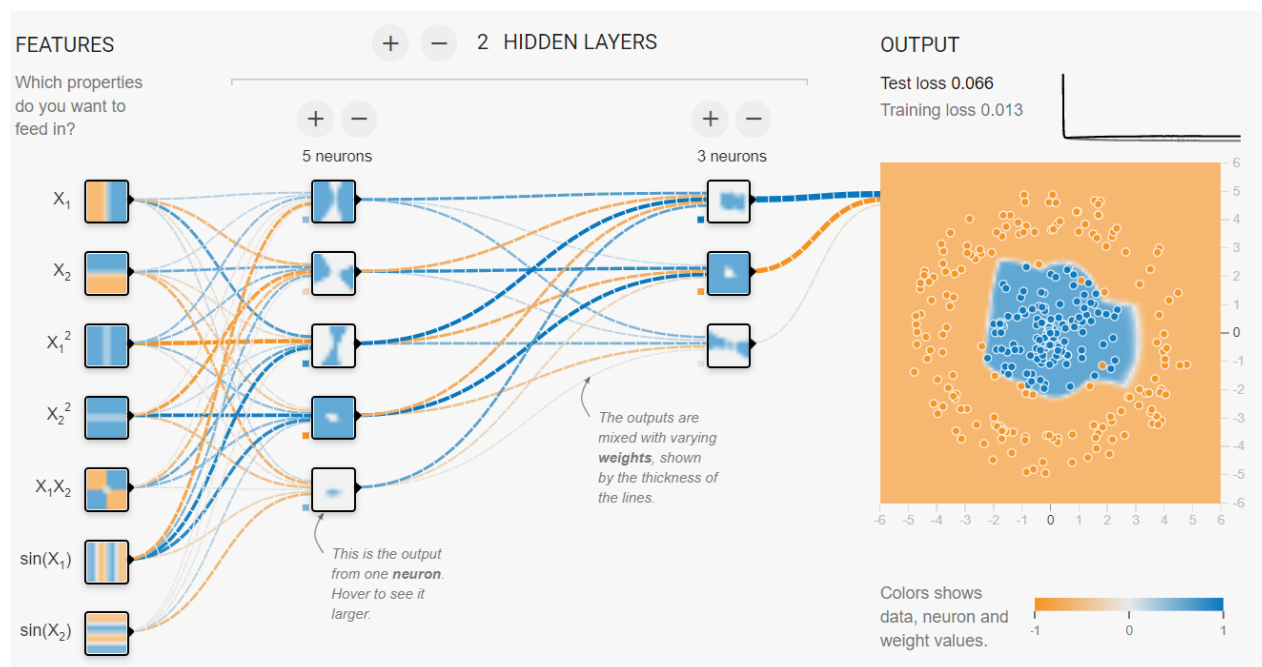


Рисунок 3.19 – Оптимизация обработки нейронной сети с учетом среднеквадратической ошибки(составлено автором)

Исследования современных и перспективных принципов и методов прогноза добычи золота определило тенденцию, которую целесообразно

использовать в качестве общей стратегии модернизации и создания подобных алгоритмов для добывающих предприятий с использованием вычислений на базе нейронной сети.

Наиболее эффективной является стратегия совершенствования концептуальной модели прогнозирования добычи золота, в алгоритмическом смысле, которая объединяет OLAP-технологии интеллектуального анализа данных; алгоритм нечеткой субтрактивной кластеризации для определения количества значений лингвистических переменных (ранга терм-множества); метод нечетких с-средних (Fuzzy C-Means) для построения функций принадлежности, а также гибридные сети, так называемые адаптивные нечеткие нейронные сети ANFIS для самонастройки нечеткого вывода на входные условия. Анализ научных работ в данной области позволяет сделать вывод о высокой эффективности именно такого комплексного применения хорошо апробированных подходов.

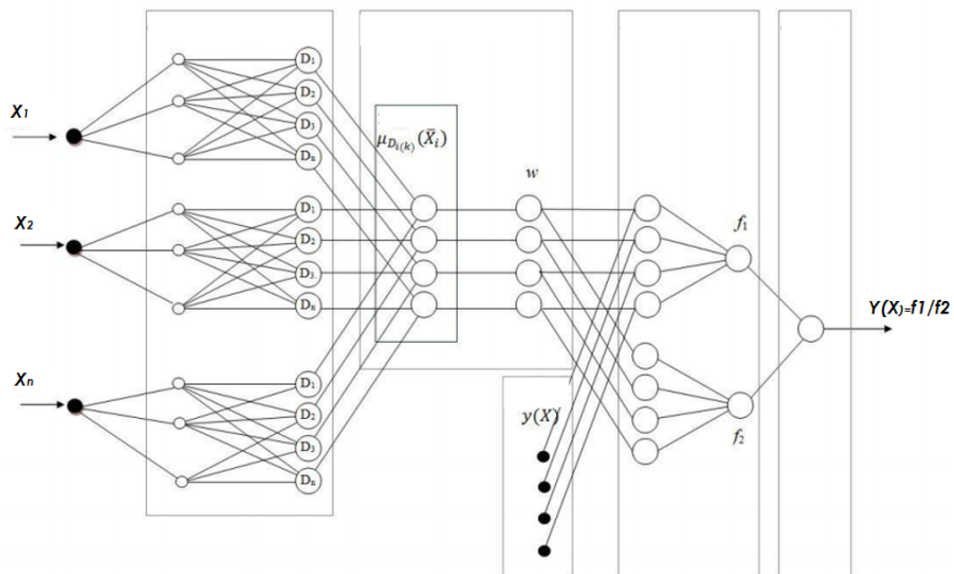


Рисунок 3.20 – Схема гибридной сети ANFIS(составлено автором)

Метод прогноза добычи золота на основе нечеткого вывода при применении гибридной сети, целесообразно строить на модели адаптивной нечеткой нейронной сетевой системы ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System), так как это предоставляет возможность одновременно использовать преимущества нечеткой логики и нейронных сетей для повышения достоверности прогнозирования [60].

Предложенная модель на основе использования нейронной сети позволила авторам спрогнозировать величину добычи золота в ПАО «Полюс» и «Цзыджин Майнинг» в зависимости от перечисленных ниже факторов (таблиц. 3.5 и 3.6).

Таблица 3.5 – Прогнозные значения объемов добычи ПАО «Полюс» и факторов оказывающих наибольшее влияние на добычу золота с помощью нейронной сети(составлено автором)

Год	Общий объем добычи золота, т	Факторы, оказывающие влияние на добычу золота						
		Себестоимость добычи, млн. долл	Инвестиции в геолого-разведочные работы, млн руб.	Запасы золота, т	Внутренняя цена золота, руб. за грамм	Коэффициент извлечения, %	Капитальные затраты, млн. долл.	Выручка от реализации, млн. долл.
	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
2023	100,1	1840,4	12454,3	1667,5	5344,6	82,4	788,5	4696
2024	105,9	1953,7	13723,0	1607,3	5627,7	85,1	823,9	3993
2025	112,1	2066,9	15097,2	1544,5	6278,9	85,3	859,4	4585
2026	118,3	2180,3	16901,5	1341,1	6991,2	89,7	894,9	4878
2027	124,7	2293,6	18444,9	1268,3	7764,5	92,4	930,3	5045

Таблица 3.6 – Прогнозные значения объемов добычи «Цзыджин Майнинг» и факторов оказывающих наибольшее влияние на добычу золота с помощью нейронной сети(составлено автором)

Год	Общий объем добычи золота, т	Факторы, оказывающие влияние на добычу золота						
		Себестоимость реализации, юани за грамм	Инвестиции в геолого-разведочные работы, млн юани.	Запасы золота, тонн	Мировой спрос на золото, тонн	Доход от операции, миллиард юани	Капитальные затраты, млн.юани	Инвестиции в социальные проекты, млн.юани.
	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
2023	66,7	191,77	22,74	2998	4899,0	293,4	3092,89	2973
2024	74,2	186,63	30,36	3380	4772,5	339,7	3324,37	3375
2025	90,8	189,3	20,51	3639	4892,3	379,5	3590,63	2684
2026	92,3	195,8	21,20	3891	5369,0	419,3	4072,50	3840
2027	98,0	201,0	34,90	4135	5726,8	459,1	4413,00	3950

На основе результатов нейронной сети можно сделать вывод, что прогнозная добыча золота во временном отрезке 2023-2027 гг. По мере

увеличения инвестиций в геологоразведочные работы ожидается разработка новых месторождений золотосодержащего сырья. При условии гарантированных запасов объем добычи золота будет расти

В заключение необходимо отметить что разработанный инструментарий построения структурного прогноза, основанного на использовании нейронных сетей, не учитывает в явном виде особенности горно-геологических и географо-экономических характеристик месторождений золота в виду их уникальности. Поэтому при определении регрессоров для модели приоритет отдан показателям, имеющимся в открытом доступе. Тем не менее, рекомендуемая прогнозная модель может быть продуктивно использована в практической деятельности золотодобывающих предприятий.

3.2 Разработка алгоритма экономической оценки уровня развития золотодобывающего предприятия

Современный подход к совершенствованию модели управления экономикой предполагает комплексное изучение любого процесса и явления, поэтому важно проводить теоретическое и практическое обоснование влияния факторов устойчивого развития на улучшение экономических показателей компании, на экологию и развитие отношений с заинтересованными сторонами, а инструментарий для оценки эффективности развития становится все более актуальным.

На современном этапе многие развитые и развивающиеся государства, а также бизнес-сфера все чаще поднимают вопрос о важности устойчивого развития и необходимости содействия этому феномену. Об устойчивом развитии принято говорить с точки зрения двух подходов. Первый подход - исключительно экономический, когда устойчивое развитие рассматривается как стабильное экономическое развитие, повышение показателей производительности, эффективности, прибыльности и т.д. И второй подход - расширенный, социальный, при котором устойчивое развитие понимается как гармоничное развитие экономики, экологии и общества, активное участие государства и бизнеса в улучшении жизни людей. Первый подход можно

встретить в более ранних научных работах. Многие ученые рассматривали устойчивое развитие как результат перехода экономики к новому технологическому укладу, при котором большое внимание должно уделяться прежде всего инновациям. Такая стратегия, по мнению этих авторов, должна привести к росту экономических показателей, повышению производительности, иными словами, к ускорению экономического роста и обеспечению эффективного функционирования производства.

Крупные национальные предприятия, в том числе компании по добыче золота, осознали важность вопроса, особенно при выходе на внешний рынок, и самостоятельно стараются строить устойчивый бизнес, уделяя должное внимание каждому из трех направлений развития – экономическое, экологическое и социальное. Иными словами, в настоящее время золотодобывающим компаниям, стремящимся к выходу на мировой рынок, необходимо придерживаться новых принципов ведения бизнеса, при которых на первый план выходит не только получение прибыли, но и удовлетворение интересов своих заинтересованных сторон.

Мировой опыт в области разработки критериев устойчивого развития показывает, что существуют два подхода к их построению: 1) построение системы индикаторов, каждый из которых отражает отдельные аспекты эффективного развития. Чаще всего в рамках общей системы выделяются следующие подсистемы показателей: экологические, экономические, социальные, институциональные. 2) построение интегрального, агрегированного индикатора, на основе которого можно судить о степени устойчивости социально-экономического развития. Агрегирование обычно осуществляется на основе трех групп показателей: эколого-экономических, эколого-социально-экономических, экологических [101].

Представляется, что разрабатываемая в рамках исследования методика должна объединять в себе особенности двух направлений, учитывая одновременно специфику деятельности предприятий сферы добычи золота, практики устойчивого развития, а также инструменты их оценки.

Для проведения анализа нами предварительно были отобраны три организации, занимающихся исследованиями в области устойчивого развития, а также шесть научных исследований российских авторов, изучены имеющиеся у них показатели и методики оценки с тем, чтобы сформировать информационную базу для анализа.

Обобщенные данные, полученные в результате анализа методик, сгруппированы и представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Особенности методик оценки устойчивого развития (авторская разработка, опубликовано в [120])

Название	Группировка показателей	Краткое содержание методики
Dow Jones Sustainability Index, [179]	по аспектам УР: 1) экономика (основа развития), 2) социальная сфера, 3) защита окружающей среды	- оценка производится по трем группам, каждая из которых занимает одинаковую долю в итоговом индексе. Производится ранжирование весовых коэффициентов в зависимости от сферы деятельности компании.
MSCI ESG Rating, [167]	по аспектам УР: 1) экономика (качество управления), 2) экология, 3) социальная сфера	– компании оцениваются по методике, которая включает в себя разделение 37 показателей на 3 группы: «Экология», «Общество» и «Управление». Каждая группа показателей оценивается от 0 до 10. Для получения окончательного буквенного рейтинга средневзвешенный показатель по группам нормализуется по отраслям.
Рейтинг ESG агентства Эксперт РА, [65]	по направлениям УР: 1) экономика (качество управления), 2) экология, 3) общество	– ESG рейтинг определяется на основе взвешенной суммы балльных оценок разделов «Окружающая среда», «Общество», «Качество управления», а также стресс-факторов и фактора поддержки. Все параметры, используемые в методологии, взвешиваются, масштабируются и оцениваются по шкале от -1 до 1.
Аксенов П.В., [12]	1) экономическая компонента, 2) социальная компонента, 3) экологическая компонента, 4) рисковая компонента.	– методика содержит 29 показателей, – модель оценки основана на расчете интегрального показателя.
Кондаурова Д.С., [47]	1) экономическая устойчивость, 2) социальная устойчивость. 3) экологическая устойчивость,	– методика содержит 44 показателя, – экспертная оценка уровня групповой устойчивости с применением весовых коэффициентов.

	4) глобальная устойчивость,	
Карпович Ю.В., [45]	1) экономическое развитие, 2) экологическое развитие, 3) социальное развитие, 4) здоровьесберегающая среда.	– методика содержит 14 показателей, – модель оценки основана на расчете общего интегрального показателя с учетом весовой значимости
Костыгова Л.А., [54]	1) экономическая сфера, 2) сфера рационального использования ресурсов, 3) экологическая сфера. 4) социальная сфера	– методика содержит 30 показателей, – методика основана на использовании показателя добавленной стоимости, структурно базирующаяся на четырех зонах ответственности.
Манайкина Е.С., [63]	1) экономические индикаторы, 2) экологические индикаторы, 3) социальные индикаторы	– методика содержит 22 показателя, – расчет общего интегрального показателя производится с учетом весовой значимости.
Сидоров В.М., [94]	1) технологическая устойчивость, 2) экономическая устойчивость, 3) технологическая устойчивость.	– методика содержит 18 показателей, модель оценки основана на балльной оценке с применением весовых коэффициентов

Самым ранним из всех рассмотренных в данной работе является показатель Dow Jones Sustainability Index, который был впервые рассчитан в 1999 году. Индекс включает набор критериев для оценки экономических, социальных и экологических воздействий компаний. Это первый индекс, который был построен на использовании данных анкетирования, документации компаний, публикаций СМИ и открытых источников, что в настоящее время, как показал анализ, является основным методом сбора информации.

При выборе компаний для включения в индекс используется принцип определения лучших в своей отрасли компаний (best-in-class approach). Оценка компаний производится по следующим направлениям:

- экономическая основа для устойчивого развития компании (не только

финансовые результаты, но и более долгосрочные характеристики, такие как организационная структура, система управления, интеллектуальный капитал, развитие инноваций);

- активность компании в социальной сфере;
- мероприятия, направленные на защиту окружающей среды.

Таким образом, еще до того, как тема устойчивого развития приняла глобальные масштабы, индекс включал оценки по таким параметрам как корпоративное управление, управление рисками, имидж, смягчение последствий изменения климата, стандарты цепочки поставок и трудовой практики [97].

Согласно методике, оценка производится по трем группам, каждая из которых занимает одинаковую долю в итоговом индексе. Кроме того, методология оценки включает в себя ранжирование весовых коэффициентов в зависимости от сферы деятельности компании. Если компания наносит значительный ущерб экологии (например, завод черной металлургии), то весовые коэффициенты в группе «Экология» будут выше. При этом 9 критериев, не зависящих от специфики деятельности, имеют постоянные коэффициенты. Индекс в области устойчивого развития определяется как среднее арифметическое значений курсов акций, котирующихся на Нью-Йоркской фондовой бирже с учетом их вида деятельности [179].

Как и Dow Jones Sustainability Index, индекс MSCI ESG Rating предназначен для того, чтобы помочь инвесторам в процессе формирования своего портфеля ценных бумаг и управления им. Различные факторы ESG могут влиять на долгосрочный риск и профиль доходности институциональных портфелей. Компании с показателями позитивного влияния на устойчивое развитие оказываются значительно более востребованными со стороны инвесторов в долгосрочной перспективе.

Индекс оценивает компании по ключевым вопросам ESG, уделяя особое внимание взаимосвязи между основным бизнесом компании и отраслевыми проблемами, которые могут создать как значительные риски, так и дополнительные возможности. Компании оцениваются по методике, которая

включает в себя разделение 37 показателей на 3 группы: «Экология», «Общество» и «Управление». Каждая группа показателей оценивается от 0 до 10 в зависимости от степени развития системы управления рисками в соответствующей группе. Для получения окончательного буквенного рейтинга средневзвешенный показатель по группам нормализуется по отраслям. Диапазон баллов для каждой отрасли устанавливается ежегодно путем получения скользящего среднего значения верхних и нижних баллов среди составляющих индекса MSCI ACWI за три года. Таким образом, компания MSCI разработала прогрессивную шкалу, учитывающую степень влияния каждого вида деятельности на тот или иной аспект аналогично индексу Dow Jones [167].

Еще один подход предложен кредитным рейтинговым агентством «Эксперт РА», которое разработало собственный рейтинг оценки с точки зрения соблюдения интересов в области устойчивого развития при принятии управленческих решений. Объектами исследования являются крупнейшие российские компании, входящие в рейтинг RAEX-600 [65]. Рейтинг ESG представляет собой мнение агентства о том, в какой степени процесс принятия ключевых решений в компании или регионе ориентирован на устойчивое развитие в экологической, социальной и экономической сферах. Рейтинг ESG складывается из оценки следующих компонентов:

- экологическая составляющая - подходы объекта рейтинга к экологической политике и фактическое воздействие на окружающую среду.
- социальная составляющая - подходы объекта рейтинга к политике в области социальной ответственности и фактическое взаимодействие с работниками, контрагентами, потребителями и обществом в целом.
- качество управления - подходы объекта рейтинга к управлению и фактическая защита прав заинтересованных сторон.

ESG рейтинг определяется на основе взвешенной суммы балльных оценок разделов «Окружающая среда», «Общество», «Качество управления», а также стресс-факторов и фактора поддержки. При этом весовые коэффициенты каждого раздела отличаются в зависимости от типа компании

(финансовые и иные) и типа объекта исследования (компания или регион). Все параметры, используемые в методологии, масштабируются и оцениваются по шкале от -1 до 1. При этом, чем более позитивно влияние фактора на рейтинг, тем ближе оценка к 1, и, наоборот, чем негативнее, тем ближе к -1 [65]. Таким образом, рейтинг ESG учитывает не только положительное влияние компаний или регионов на устойчивое развитие, но и отражает негативные факторы. Такой подход побуждает ответственных лиц устранять «слабые» стороны для получения более высокой оценки.

В работах российских авторов по исследуемой тематике кроме традиционных оценочных трех компонентов – экономическая, экологическая и социальная устойчивость рассматривались дополнительно рисковая, глобальная и технологическая устойчивость.

Обобщая обзор зарубежных и российских методик, можно выделить ряд особенностей, которые будут учтены при формировании авторской методики оценки устойчивого развития золотодобывающего предприятия.

Во-первых, очевидна необходимость группировки показателей по аспектам «Экономика», «Технологии», «Экология» и «Социальная среда», поскольку именно такое разделение предусмотрено во многих рассмотренных индексах.

Во-вторых, необходимо разработать систему весовых коэффициентов, которые позволят оценить ситуацию по каждому из четырех аспектов и объединить оценки в общий интегральный показатель.

В-третьих, важным вопросом является разработка оценочной шкалы для определения уровней эффективности развития предприятия золотодобычи.

В процессе формирования алгоритма оценки уровня развития производства использовался метод проведения аналогий с имеющимися подходами. Кроме того, принималась во внимание частота отображения соответствующей информации в финансовой, нефинансовой отчетности компаний, внутренних документах и в открытых источниках.

На рисунке 3.21 изображены основные этапы реализации разработанного алгоритма.

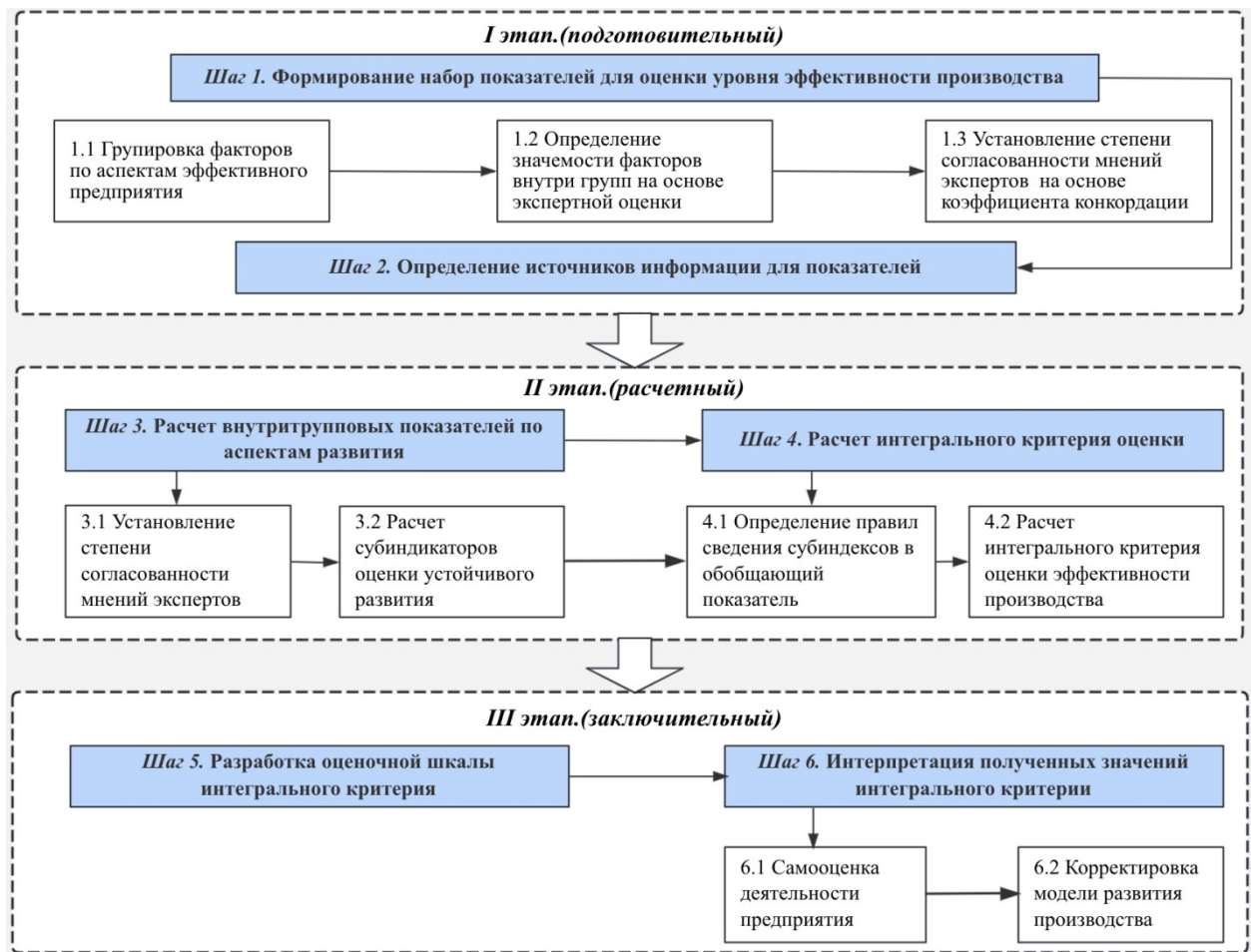


Рисунок 3.21– Этапы реализации разработанного алгоритма оценки уровня эффективности функционирования золотодобывающего предприятия

Первый этап (подготовительный) состоит из двух шагов.

Шаг 1. «Формирование набора показателей для оценки эффективности функционирования».

На данном этапе формируется набор показателей, которые будут использованы для оценки уровня развития объекта. Набор показателей, предложенный в рамках настоящего исследования, отражает специфику деятельности золотодобывающего предприятия, которые оказывают влияние на прогресс компании в области стратегии развития.

Показатели распределены на четыре группы и дополнены весовыми коэффициентами. Формирование набора показателей проводилось на основе принципа полноты и достаточности статистических данных для того, чтобы

процесс оценки не был трудозатратным, но при этом была возможность отображения реальной ситуации по каждой группе показателей.

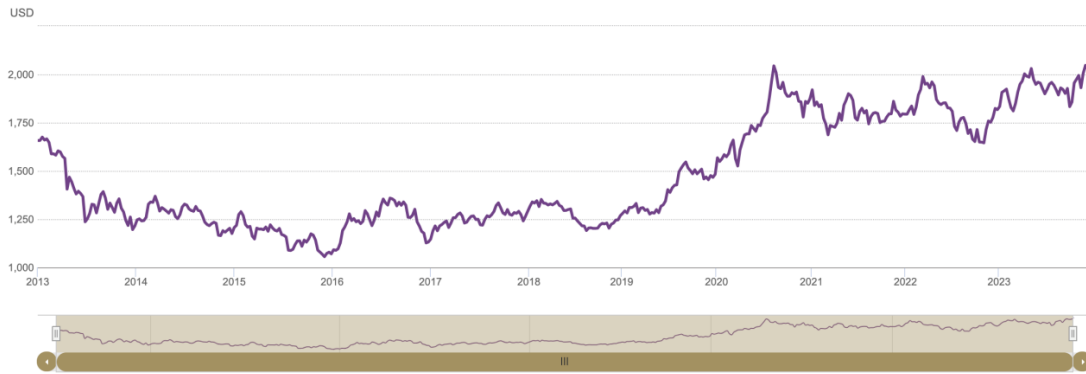
Для отражения влияния рассматриваемых показателей на развитие золотодобывающего производства предлагается использование концепции четверного итога, которая предполагает развитие в четырех направлениях: улучшение экономического положения и качество применяемых технологий, сокращение негативного воздействия на окружающую среду и участие в развитии общества. Такой подход характерен для индексов устойчивого развития и рейтингов ESG [179, 167, 65].

Таким образом, разбиение показателей проводится по четырем группам: «Экономика», «Технологии», «Экология» и «Социальная среда», что позволит получить сбалансированную оценку. Для сохранения баланса предложена система весов, учитывающая силу влияния каждого показателя в рамках отдельной группы показателей и при расчете обобщенного критерия оценки уровня развития.

Для группы «Экономика» предлагаются четыре показателя, в целом характеризующие данное направление:

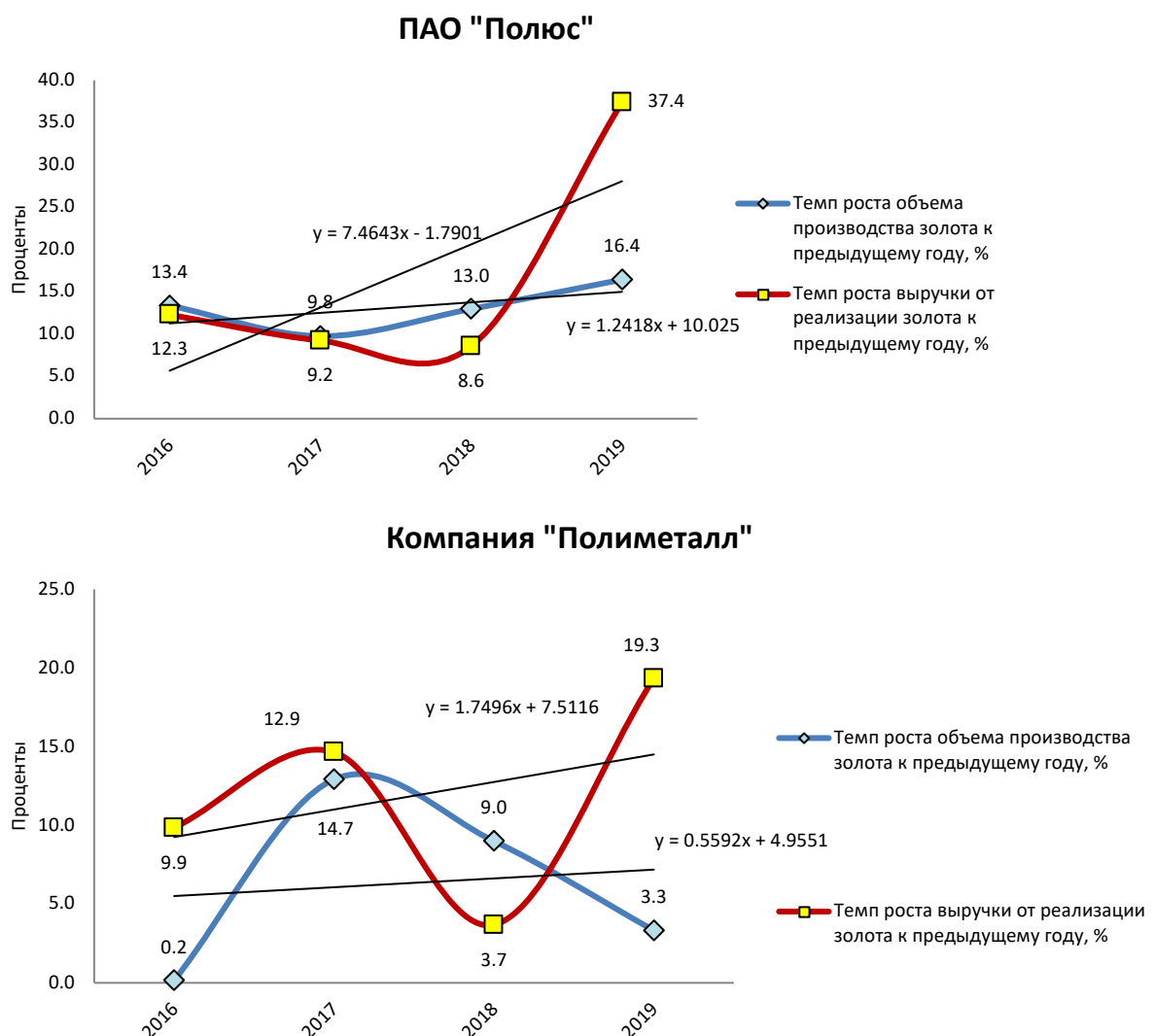
- 1) Объем производства золота,
- 2) Общие денежные затраты ТСС,
- 3) Показатель скорректированной EBITDA;
- 4). Рентабельность по скорректированной EBITDA.

Выбор показателя «Объем производства», на наш взгляд, более объективно и полно характеризует деятельность золотодобывающего предприятия, так как в отличие от показателя добавленной стоимости (выручки), учитывающего инфляцию и волатильность рынка золота (рисунок 3.22), дает возможность пользователям иметь более реальную картину. Исходя из коммерческих интересов предприятие, ориентируясь на характер изменения цен на золото, принимает решение продавать, либо «придержаться» товар.



Источник: составлено по <https://www.gold.org/goldhub/data/gold-prices>

Рисунок 3.22 – Динамика цен на золото (comex.GC, USD за тройскую унцию) январь 2013 – декабрь 2023



Источник: составлено по данным годовых отчетов ПАО «Полюс» и Компании «Полиметалл»

Рисунок 3.23 – Темпы роста объёма производства золота и выручки в компаниях Полюс и Полиметалл за 2016-2019 гг.

Показатель «Общие денежные затраты (total cash costs, TCC)» включают в себя денежные операционные издержки (прямые расходы на добычу руды с учетом вскрышных работ и подготовки месторождения к эксплуатации, оплату услуг сторонних организаций за выплавку, аффинаж и транспортировку за вычетом доходов от побочной добычи) и расходы на оплату прав пользования недрами и налогов на добычу.

Показатель скорректированной EBITDA относится к числу модифицированных показателей и может быть рассчитан по показателю EBITDA, из которого вычитается чистый убыток в связи с обесценением либо переоценкой активов, обесценением финансовых вложений. Скорректированная EBITDA представляет особый интерес для инвесторов и аналитиков, поскольку на его основе можно сравнить любые компании, находящиеся в разных странах, имеющих разную налоговую нагрузку. Этот показатель кроме этого позволяет аналитикам анализировать кредитоспособность компании, а собственникам или крупным инвесторам учитывать его, при запуске новых продуктов или при принятии решений по слиянию и поглощению.

Показатели группы «Технологии» представлены тремя индикаторами:

1) Средний коэффициент извлечения золота, 2) Уровень обновления основных средств (характеризует физический и моральный износ) и 3) Уровень цифровизации, определяемый долей бизнес-процессов предприятия, работающего на основе современных информационно-коммуникационных технологий, % [64].

Блок «Экология» представлен четырьмя показателями:

1) Средства на охрану окружающей среды;

2) Выбросы парниковых газов (ПГ), измеренных в эквиваленте CO₂. В соответствии с законодательством РФ выбросы ПГ связанные с потреблением дизельного топлива, керосина, бензина и угля (прямые выбросы), рассчитываются по утвержденным формулам. Выбросы парниковых газов, связанные с потреблением электроэнергии (непрямые выбросы), рассчитываются с использованием коэффициента Международного

энергетического агентства для РФ и измеряются в тоннах углекислого газа.

Отметим, что все источники выбросов входят в консолидированную финансовую отчетность в соответствии с требованиями законодательства. Для золотодобывающих предприятий предлагается рассматривать унцию золота как подходящую единицу для расчета удельной величины выбросов;

3) Доля многократно и повторно используемой воды;

4) Объем утилизированных отходов.

И, наконец, социальный блок «Социальная среда» предусматривает три показателя:

1) Инвестиции в социальные проекты;

2) Коэффициент частоты травм с временной потерей трудоспособности (LTIFR) - это частота зарегистрированных несчастных случаев (в том числе со смертельным исходом), которые происходят на предприятиях золотодобычи в отчетном периоде в расчете 1 случай на миллион отработанных человеко-часов. Подрядчики из расчета исключены. LTIFR (Lost Time Injury Frequency Rate) является одним из ключевых показателей, используемых для измерения эффективности охраны труда, политики и практики обеспечения производственной безопасности;

3) Стабильность кадров.

Определение весовых коэффициентов внутри групп на основе экспертной оценки.

Для отбора экспертов необходимо и достаточно выполнение хотя бы одного из следующих условий:

- деятельность в области устойчивого развития или корпоративной социальной ответственности (консультирование, проведение обучения и т.д.);

- деятельность, связанная с созданием методик оценки или расчет рейтингов в области ESG, прозрачности, кредитоспособности и т.п.;

- должность в производственной золотодобывающей компании, связанная с основной производственной деятельностью, а также подготовкой публичной годовой, экологической и социальной отчетности.

Экспертная оценка проводилась путем анкетирования восьми представителей, подходящих под обозначенные критерии. В процессе анкетирования экспертам предлагалось оценить значимость показателей внутри групп, а также предложить границы нормирования количественных показателей [112]. В первом случае предлагалось расставить весовые коэффициенты для каждого показателя внутри группы «Экономика», «Технологии», «Экология», «Социальная среда» таким образом: чем выше, по мнению эксперта, влияние аспекта на устойчивое развитие, тем выше должен быть его вес, при этом сумма весов в каждой группе должна быть равна 1. Принципы определения границ нормирования подробнее представлены дальше в соответствующем пункте методики.

Установление степени согласованности мнений экспертов основано на расчете коэффициента конкордации Кендалла W [62] по формуле :

$$W = \frac{12 \sum D_i^2}{m^2(n^3 - n) - mB}, \quad (3.6)$$

где D_i - сумма рангов, приписанных всеми экспертами каждому элементу выборки, минус среднее значение этих сумм рангов;

m - число экспертов или признаков, связь между которыми оценивается;

n - объем выборки (число показателей);

B - поправка при наличии связанных рангов, которая представляет собой:
 $B = \sum (B_k^3 - B^k)$, где B^k - число связанных рангов. Коэффициент конкордации принимает значения в интервале от 0 до 1. В случае полного совпадения коэффициентов $W = 1$, в случае полного расхождения мнений экспертов $W = 0$. Если значение коэффициента конкордации W превышает 0,40-0,50, то качество оценки считается удовлетворительным, если $W > 0,70-0,80$ - можно говорить о высокой степени согласованности мнений и хорошем качестве экспертной оценки.

Для оценки значимости коэффициента конкордации рассчитывается значение критерия Пирсона (χ^2) [112]. Если расчетное значение больше табличного, то можно говорить о том, что величина коэффициента конкордации не случайна, и мнения экспертов согласованы при заданном

уровне значимости. Если мнения экспертов не согласованы, то расчет весовых коэффициентов для показателей будет зависеть от типичности среднего, которую рекомендуется проверять при помощи коэффициента вариации (V) [112].

Описательная статистика ответов респондентов представлена в Приложении В.

Шаг 2. Определение источников информации для показателей. При определении источников информации упор сделан на публичных, открытых источниках компании (отчетность, официальный сайт, открытые внутренние документы и т.п.) с тем, чтобы расчет, с одной стороны, основывался на официальных данных компании, а с другой - был открытым и прозрачным. Следует отметить, что набор показателей, предложенный нами для оценки влияния цифровизации на устойчивое развитие компании, может рассматриваться в качестве рабочего. При его формировании учитывалась не только та информация, которую в данный момент публикуют компании, но и другие показатели, которые, с нашей точки зрения, необходимо раскрывать для оценки влияния цифровизации на устойчивое развитие. Представленный перечень может быть расширен в процессе апробации на различных предприятиях, а также по мере появления новых технологий или публикации более расширенного набора количественных показателей в области экономики, экологического воздействия и отношений с заинтересованными сторонами. За счет соблюдения баланса между тремя группами, набор показателей остается гибким, а интегральный показатель, который планируется рассчитывать на втором этапе предлагаемой методики, - устойчивым к изменениям.

Второй этап (расчетный) состоит из двух шагов. На данном этапе реализации методики предложенный выше набор индикаторов необходимо интегрировать в обобщенный показатель, который отражает степень устойчивого развития компании. Обобщающий индекс в виде интегрального показателя оценки эффективности функционирования золотодобывающего предприятия (ИЭФ) позволит оценить степень трансформации бизнес-

процессов за счет внедрения передовых технологий с их разделением по сферам устойчивого развития [112].

Индексы каждой группы показателей рассчитываются как средневзвешенное значение показателей с учетом их весовых коэффициентов по формуле (2) и обозначаются следующим образом:

$I_{\text{экон}}$ - индекс развития в области экономики;

$I_{\text{тех}}$ - индекс развития и в области технологий;

$I_{\text{экол}}$ - индекс развития и в области воздействия на окружающую среду;

$I_{\text{соц}}$ - индекс в области социального развития.

$$I_i = \sum I_{пj} \times K_{пj} \quad (3.7) [112]$$

где $I_{пj}$ - значение показателей в каждой j -ой составляющей: «Экономика»,

«Технологии», «Экология», «Социальная среда»;

$K_{пj}$ - весовой коэффициент показателя внутри j -ой группы.

Показатель ($I_{пj}$) рассчитывается по формуле (3):

$$I_{пj} = \frac{П_j^{\text{отч}}}{П_j^{\text{пред}}} \quad (3.8)$$

где $П_j^{\text{отч}}$ – показатель отчетного года;

$П_j^{\text{пред}}$ – показатель предыдущего года.

В процессе исследования для определения весовых коэффициентов показателя внутри группы был проведен опрос восьми специалистов, имеющих отношение к сфере недропользования. Степень согласованности мнений экспертов была определена на основе расчета коэффициентов конкордации Кендалла (согласованности), поскольку в ответах экспертов имелись связанные ранги, то есть одинаковые значения рангов в оценках одного эксперта (более подробно см. Приложение «Б»).

Развернутые формулы вышеуказанных индексов имеют следующий вид:

Составляющая ИЭФ «Экономика»:

$$I_{\text{экон}} = 0,22K_{\text{зап}} + 0,25K_{\text{объем пр}} + 0,2K_{TSS} + 0,18K_{EBITDA} + 0,15K_{\text{рен}} \quad (3.9)$$

где $K_{\text{зап}}$ – балансовые запасы золота;

$K_{\text{объем пр}}$ – объем производства;

K_{TSS} - общие денежные затраты (TSS);

K_{EBITDA} - прибыль до вычета процентов, налогов, износа и амортизации;

$K_{рен}$ - рентабельность по EBITDA.

Составляющая ИЭФ «Технологии»:

$$I_{тех} = 0,45K_{извл} + 0,33K_{обнов ос} + 0,22K_{циф} \quad , \quad (3.10)$$

где: $K_{извл}$ - средний коэффициент извлечения золота;

$K_{обнов ос}$ - уровень обновления основных средств;

$K_{циф}$ – уровень цифровизации.

Составляющая ИЭФ «Экология»:

$$I_{экол} = \frac{0,39}{K_{климат}} + \frac{0,3}{K_{вода}} + \frac{0,31}{K_{отходы}} \quad , \quad (3.11)$$

где: $K_{климат}$ – коэффициент воздействия на климат;

$K_{вода}$ – коэффициент оборота воды;

$K_{отходы}$ - объем утилизированных отходов.

Составляющая ИЭФ «Социальная среда»:

$$I_{соц} = 0,41K_{соц} + \frac{0,3}{K_{LTIFR}} + 0,29K_{кадры} \quad , \quad (3.12)$$

где: $K_{соц}$ - инвестиции в социальные проекты;

K_{LTIFR} - коэффициент LTIFR;

$K_{кадры}$ - стабильность кадров.

Интегральный показатель оценки эффективности функционирования золотодобывающего предприятия (ИЭФ) предлагается рассчитывать как средневзвешенное значение групповых показателей:

$$ИЭФ = \sum I_i \times K_{п_i} \quad , \quad (3.13)$$

где: I_i - значение индекса по каждой i -ой группе;

$K_{п_i}$ - весовой коэффициент i -ой группы в интегральном показателе.

Индексы каждой группы показателей (I_i) рассчитываются как средневзвешенное значение показателей с учетом их весовых коэффициентов и обозначаются следующим образом:

$I_{экон}$ - индекс развития в области экономики;

$I_{\text{тех}}$ - индекс развития и в области технологий;

$I_{\text{экол}}$ - индекс развития и в области воздействия на окружающую среду;

$I_{\text{соц}}$ - индекс в области социального развития.

$$I_i = \sum I_{\Pi_j} \times K_{\Pi_j} \quad , \quad (3.14)$$

где: I_{Π_j} - значение показателей в каждой j -ой составляющей: «Экономика»,

«Технологии», «Экология», «Социальное развитие»;

K_{Π_j} - весовой коэффициент показателя внутри j -ой группы.

Показатель I_{Π_j} рассчитывается как:

$$I_{\Pi_j} = \frac{\Pi_j^{\text{отч}}}{\Pi_j^{\text{пред}}} \quad , \quad (3.15)$$

где $\Pi_j^{\text{отч}}$ – показатель отчетного года;

$\Pi_j^{\text{пред}}$ – показатель предыдущего года.

Третьим (заключительным) этапом реализации разработанного алгоритма является присвоение рейтинга рассматриваемому золотодобывающему предприятию в зависимости от полученного значения интегрального критерия, а также интерпретация полученных значений, их анализ и сравнение, как с другими компаниями, так и в динамике внутри одного предприятия.

Оценку уровня эффективности функционирования золотодобывающего предприятия предлагается производить по разработанной шкале (табл. 5).

Таблица 5

Рейтинговая шкала значений общего интегрального показателя, определяющего уровень развития производства

Уровни развития производства	Диапазон
высокоэффективное развитие	$0,8 < \text{ИЭФ} \leq 2$
устойчивое развитие	$0,6 < \text{ИЭФ} \leq 0,8$
стагнация	$0,4 < \text{ИЭФ} \leq 0,6$
критическое положение	$0,3 < \text{ИЭФ} \leq 0,4$

Предполагается, что отнесение значения общего интегрального показателя к тому или иному уровню устойчивости поможет в первую очередь провести самооценку деятельности, станет поводом к выявлению «слабых» сторон в направлениях, где компания отстает от конкурентов.

Такой анализ позволит наглядно показать, как и с помощью каких инструментов достигается устойчивость предприятия во всех ее аспектах.

Заметим, что представленный механизм в целом характеризуется гибкостью и динамичностью, не исключается возможность его доработки с учетом практической апробации.

Сформированный алгоритм может корректироваться в соответствии с новыми реалиями.

3.3 Апробирование методики оценки уровня развития на примере ведущих предприятий золотодобывающей отрасли России и Китая

В процессе исследования была проведена апробация разработанного экономического инструментария по доступным данным в отчетности компании ПАО «Полюс» и «Цзыджин Майнинг» [59, 75, 78].

Предварительно была собрана база данных для расчета обобщенного интегрального показателя устойчивого развития. Ключевые показатели ПАО «Полюс» за 2015-2022 гг. и ключевые показатели «Цзыджин Майнинг» за 2018-2022 гг. представлены в Приложении Б.

Результаты расчета локальных показателей, объединенных в групповые блоки «Экономика», «Технологии», «Экология», «Социальная среда», а также Общий интегральный коэффициент устойчивости представлены в таблицах 3.9 и 3.10.

Информация, полученная при оценке уровня развития предприятия так или иначе будет полезна большому кругу заинтересованных сторон. Для одних стейкхолдеров информация будет полезна с точки зрения сотрудничества и финансирования, для других - послужит сигналом к совместному решению общественно значимых задач.

Таблица 3.9 – Расчет общего интегрального показателя ИУР ПАО «Полюс» за 2017-2022 гг.

Группы	Обозначение показателя	Вес показателя	2017	2018	2019	2020	2021	2022
«Экономика»	$K_{запас}$	0,22	0,24	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21
	$K_{объем пр}$	0,33	0,27	0,31	0,36	0,35	0,25	0,23
	K_{TSS}	0,21	0,22	0,21	0,31	0,35	0,17	0,26
	K_{EBITDA}	0,23	0,18	0,21	0,31	0,35	0,17	0,13
	$K_{рен}$	0,18	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,13
	$I_{экон}$	1,00	1,06	1,13	1,26	1,29	1,00	0,96
«Технологии»	$K_{извл}$	0,45	0,45	0,43	0,44	0,45	0,44	0,49
	$K_{обнов ос}$	0,33	0,44	0,31	0,26	0,27	0,48	0,21
	$K_{циф}$	0,22	0,22	0,22	0,23	0,26	0,32	0,14
	$I_{тех}$	1,00	1,11	0,97	0,93	0,98	1,24	0,84
«Экология»	$K_{климат}$	0,39	0,43	0,36	0,19	0,26	0,72	0,30
	$K_{вода}$	0,30	0,30	0,29	0,31	0,31	0,30	0,30
	$K_{отходы}$	0,31	0,28	0,35	0,59	0,44	0,33	1,02
	$I_{экол}$	1,00	1,00	1,00	1,09	1,01	1,35	1,62
«Социальная сфера»	$K_{инвест}$	0,41	0,42	0,49	0,38	0,54	0,52	0,46
	K_{LTIFR}	0,30	0,18	0,22	0,27	0,30	0,54	0,23
	$K_{кадры}$	0,29	0,24	0,33	0,26	0,36	0,31	0,29
	$I_{соц}$	1,00	0,85	1,04	0,91	1,20	1,37	0,99
Интегральный показатель	ИУР		1,00	1,03	1,05	1,12	1,22	1,07

Источник: авторская разработка, опубликовано в [120]

Таблица 3.10 – Расчет общего интегрального показателя ИУР «Цзыджин Майнинг» за 2019-2022 гг.

Группы	Обозначение показателя	Вес показателя	2019	2020	2021	2022
«Экономика»	$K_{запас}$	0.22	0.24	0.27	0.22	0.29
	$K_{объем пр}$	0.25	0.28	0.25	0.29	0.30
	K_{TSS}	0.20	0.19	0.25	0.16	0.17
	K_{EBITDA}	0.18	0.29	0.23	0.27	0.21
	$K_{рен}$	0.15	0.16	0.17	0.14	0.13
	$I_{экон}$	1.00	1,16	1,17	1.08	1.10
«Технологии»	$K_{извл}$	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
	$K_{обнов ос}$	0.33	0.37	0.42	0.38	0.43
	$K_{циф}$	0.22	0.25	0.56	0.23	0.44
	$I_{тех}$	1.00	1.08	1.43	1.06	1.32
«Экология»	$K_{климат}$	0.39	0.40	0.30	0.35	0.33
	$K_{вода}$	0.30	0.30	0.30	0.29	0.31
	$K_{отходы}$	0.31	0.36	0.34	0.36	0.40
	$I_{экол}$	1.00	1.06	0.94	1.00	1.03
«Социальная сфера»	$K_{инвест}$	0.41	0.49	0.47	0.81	0.51
	K_{LTIFR}	0.30	0.37	0.11	0.27	0.29
	$K_{кадры}$	0.29	0.30	0.31	0.30	0.29
	$I_{соц}$	1.00	1.15	0.89	1.38	1.09
Интегральный показатель	ИУР		1.11	1.14	1.12	1.15

Источник: авторская разработка

Основным пользователем информации, как было отмечено, выступает непосредственно оцениваемая компания, которая на основе полученных данных сможет скорректировать свою деятельность, привлечь инвестиции, а также реализовать свою социальную функцию.

Согласно полученным данным по шкале значений общих интегральных показателей, определяющих уровень развития производства, ПАО «Полюс» в оцениваемом периоде 2017-2022 гг. и компания «Цзыджин Майнинг» в оцениваемом периоде 2019-2022 гг. функционируют с высоким уровнем эффективности в условиях внутренней и внешней нестабильности.

Рассмотренный экономический инструментарий для оценки уровня эффективности функционирования золотодобывающего предприятия становится все более актуальным в современной нестабильной ситуации. Использование разработанных методик позволит получать комплексную оценку развития компании в целом и отслеживать динамику уровня ключевых направлений развития производства.

Предложенные инструменты по выявлению направлений повышения эффективности функционирования золотодобывающих предприятий в нестабильных экономических условиях, в целом, характеризуются гибкостью и динамичностью, способствуют оптимизации моделей горного производства и выбору траектории устойчивого развития на перспективу.

Выводы и рекомендации диссертационного исследования позволят решить многие вопросы в проблеме эффективного развития золотодобывающих предприятий в условиях нестабильности макроэкономической среды и снижения запасов разрабатываемых золоторудных месторождений, в ближайшее время «Фусинь горнодобывающая компания» будет использовать разработанный экономический инструментарий для формирования стратегии устойчивого развития на ближайшую перспективу.

Выводы по третьей главе

1) Специфика прогнозирования показателей экономического развития отрасли во многом связана с особенностями горно-геологических и

географо-экономических характеристик месторождений золота. Основные различия определяются содержанием золота в граммах на тонну породы, прогнозной величиной запасов месторождения, уровнем и структурой залегания рудного тела, качеством сырья и другими характеристиками.

2) Оценивая тенденции изменения показателей, характеризующих факторы влияния на динамику производство золота в РФ за временной отрезок с 2000 г. по 2022 г. отметим, что спрос на золото в 2000-2010 гг. существенно возрастал в сравнении с объемами добычи золота. Однако в течение следующих лет спрос сократился на 25% с 207,9 т. в 2010 г. до 157,3 т. в 2013 г. В дальнейшем наблюдалось равнонаправленное изменение показателей спроса и производства золота в сторону роста.

3) Разработана эконометрическая модель для прогнозирования добычи золота с использованием нейронных сетей на базе платформы TensorFlow.js на базе 7 показателей, оказывающих наибольшее влияние на объем добычи золота. На основе результатов нейронной сети можно сделать вывод, что добычи золота во временном отрезке 2023-2027 гг. будет увеличиваться.

4) Сформирован алгоритм интегральной оценки уровня развития золотодобывающего предприятия, учитывающий количественное влияние каждого показателя в рамках отдельных групп - «Экономика», «Технологии», «Экология» и «Социальная сфера». Заключительным этапом реализации алгоритма является предложенная шкала рейтинга полученных значений, что поможет провести самооценку деятельности предприятия, и скорректировать модель производства.

5) Выводы и рекомендации диссертационного исследования переданы «Фусинь горнодобывающая компания» для принятия решений по эффективному развитию производства в условиях нестабильности макроэкономической среды

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе на основе выполненных автором исследований осуществлено решение актуальной научной задачи по оценке

перспектив и выявлению возможностей эффективного функционирования золотодобывающих предприятий в нестабильной экономической среде, исходя из запасов разрабатываемых месторождений, цен на золото, инвестиций в геологоразведочные работы, применения новых технологий добычи, снижения нагрузки на окружающую среду и повышения уровня социальной защищенности.

Основные выводы и результаты, полученные лично автором:

1. В результате анализа и систематизации существующих подходов сформирована система критериев и индикаторов, в которых отражен характер воздействия внутренних и внешних факторов на эффективность функционирования золотодобывающих предприятий в лабильной экономической среде. При этом устойчивое развитие золотодобывающих предприятий определяется, в первую очередь, стабильным состоянием сырьевой базы, т.е. достаточной обеспеченностью добычи балансовыми запасами.
2. Определение динамики показателей по балансовым и разведенным запасам разрабатываемых месторождений, спросу и предложению золота на ближайшую перспективу целесообразно осуществлять на основе применения метода аппроксимации по рассеянным точкам, позволяющим выявить оптимальную траекторию (линию тренда), развития производства, характеризуемую наибольшим значением коэффициента детерминации.
3. Предложена процедура количественной оценки влияния отдельных факторов на конечный результат производственно-хозяйственной деятельности золотодобывающей компании, в которой на основе комбинирования методов энтропийного веса и корреляционного анализа определяется связь между независимыми переменными в каждом влияющем факторе и показателями зависимых переменных, характеризующих значимость фактора по добыче золота.
4. Доказано, что инвестиции в геологоразведку для обеспечения стабильности запасов золотосодержащего сырья являются очень значимым показателем эффективного функционирования золото-добывающих

предприятий; вторым по важности фактором для предприятий РФ, является себестоимость добычи, которая, в конечном итоге, определяет уровень технологии производства; для предприятий Китая вторым по важности фактором являются капитальные затраты.

5. На основе использования нейронных сетей с помощью платформы TensorFlow.js разработана эконометрическая модель прогнозирования объемов добычи золота в зависимости от изменения наиболее важных факторов внутренней и внешней среды, позволяющая осуществить количественный и качественный анализ тенденций развития золотодобывающих предприятий.

6. Сформирован алгоритм оценки эффективности функционирования золотодобывающего предприятия на основе определения интегрального критерия, учитывающего взаимовлияние факторов по сферам: «Экономика», «Технологии», «Экология» и «Социальная среда», что позволяет выявить перспективные направления оптимизации экономических результатов производственного цикла по добыче и переработке золотосодержащего сырья в нестабильных условиях.

7. Составлена шкала рейтинговых показателей эффективности функционирования золотодобывающих предприятий. Отнесение значения общего интегрального критерия к тому или иному рейтингу развития поможет провести самооценку деятельности, станет поводом к выявлению направлений, где компания отстает от конкурентов.

8. Предложенный экономический инструментарий характеризуется гибкостью и динамичностью, может найти применение при оптимизации моделей горного производства в лабильной среде. Разработанные в диссертации рекомендации и выводы будут использованы «Фусинь горнодобывающая компания» при принятии решений по обеспечению траектории устойчивого развития производства на перспективу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон Российской Федерации от 21.02.1992 г. N 2395-I «О недрах» (ред. от 30.09.2017): Статья 11. Лицензия на пользование недрами. [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/ (дата обращения: 15.03.2016).
2. Федеральный закон «О драгоценных металлах и драгоценных камнях») от 26.03.1998 N 41-ФЗ (ред. от 21.11.2011) // [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_132238/
3. Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года / Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2018 г. No 2914-р
4. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
5. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года"
6. Федеральный закон Российской Федерации от 13.07.2015 N 224-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182660/
7. Федеральный закон Российской Федерации от 30.12.1995 N 225-ФЗ (ред. от 05.04.2016) «О соглашениях о разделе продукции» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8816/
8. Федеральный закон Российской Федерации от 07.05.2013 г. N 103-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О концессионных соглашениях» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями внесенными Федеральным законом N 275-ФЗ от 03.07.2016). [Электронный ресурс]. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/70373198/paragraph/1:3>

9. Агошков М.И. Развитие идей и практики комплексного освоения недр / М.И. Агошков // Горный журнал. 1984. № 3. С. 3-6.
10. Айвазян С.А., Березняцкий А.Н., Бродский Б.Е. Макроэкономическое моделирование российской экономики // Прикладная эконометрика. 2017. Том 47. С. 5-27.
11. Акбердина В.В. Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики // Известия Уральского государственного экономического университета. 2018. Т.19. № 3. С. 82-99.
12. Аксенов П.В. Методика оценки влияния стратегических конкурентных преимуществ на устойчивое развитие промышленных предприятий / П.В. Аксенов // Сегодня и завтра российской экономики. 2015. №7. С. 69-76.
13. Аксенов П.В. Обеспечение устойчивого развития промышленного предприятия на основе стратегических конкурентных преимуществ: автореф. дис. канд. экон. наук: 08.00.05 / Аксенов Павел Вячеславович. Москва, 2016. 26 с
14. Алмон К. Искусство экономического моделирования. -М.: МАКС Пресс, 2012. 646 с.
15. Арефьев С.А., Кокарев К.В., Лебедев Ю.В. Устойчивое недропользование в период экологизации экономики // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2016. № 6. С. 33-40.
16. Аузина Л.И. Прогноз подпора подземных вод на территориях исторических центров городов Восточной Сибири. Науки о Земле и недропользование. 2021. Т. 44. № 1. С. 73–84.
17. Баранов Э.Ф., Елсакова А.В., Корнева Е.С., Старицына ЕА. Декомпозиционный анализ влияния спроса на экономический рост (на основе таблиц «затраты-выпуск») // Вопросы статистики. 2016. № 10. С. 44-56.
18. Белых В.В. Математическая модель выручки предприятия в условиях неопределенности спроса // Экономика и математические методы. 2020. Т.56. № 1. С. 100-103.

19. Блум Н. Изменчивость уровня неопределенности в экономике // Вопросы экономики. 2016. № 4. С. 30-55.
20. Бобылёв С.Н., Кирюшина П.А., Кудрявцева О.В. Зелёная экономика и цели устойчивого развития для России: коллективная монография. -М.: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2019. 284 с.
21. Борисович В.Т., Гараев Э.А. Источники формирования предложения на мировом рынке золота // Золото и технологии. 2015. № 1 (27). С. 16-19.
22. Борисович В.Т., Назарова З.М., Курбанов Н.Х., Маджидов Б.С. Определение стоимости золотого кредита для его использования в золотодобывающей промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 7. С. 34-44.
23. Васильев А.А. Генезис гибридных моделей прогнозирования на основе объединения прогнозов // Вестник Тверского государственного университета. Сер.: Экономика и управление. 2014. № 1. С. 316-331.
24. Вернадский, В.И. Научная мысль как планетное явление / В.И. Вернадский. - М.: Наука, 1991. 270 с.
25. Волков А. Расположение месторождений золота в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://golden-inform.ru/dobycha-zolota/mestorozhdenija-v-rossii/> (дата обращения: 05.02.2020).
26. Волков В.И. К вопросу взаимосвязи понятий и проблем экономической безопасности и устойчивого развития // Евразийское Научное Объединение. 2015. № 2(5). С. 94-97.
27. Воднева О.И., Попов С.М., Рожков А.А. Формирование организационно-экономического механизма устойчивого развития экспортно-ориентированных угольных компаний // Уголь. 2019. № 7 (1120). С. 98-102.
28. Всемирный экономический форум, 2019 г / Отчет о глобальных рисках (2019г.). [Электронный ресурс]. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2019.pdf. (дата обращения: 05.02.2020).
29. Галкин В.А., Макаров А.М., Кравчук И.Л. О теории и методологии организации безопасного производства // Уголь. 2016. № 4 (1081). С. 39-43.

30. Гапоненко, В.Ф. Экономическая безопасность предприятий. Подходы и принципы / В.Ф. Гапоненко, А.Л. Беспалько, А.С. Власков. - М.: Издательство «Ось-89», 2007. 208 с.
31. Гараев Э.А. Экономический механизм формирования предложения на российском рынке золота // диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Российский государственный геологоразведочный университет. Москва, 2016.
32. Городнова Н.В., Пешкова А.А. Содержание и методы оценки цифрового потенциала промышленного предприятия // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2019. Т.15. № 5 (374). С. 870-896.
33. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов РФ в 2020 году // Минприроды России. Москва, 2021.
34. Гязова М. Оценка точности и адекватности прогнозной модели и прогнозирование объемов авиаперевозок // Риск: ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2015. № 2. С. 91-93.
35. Душин А.В., Соколова О.Г. Институциональные изменения в мировом горнодобывающем секторе: некоторые тенденции // Известия уральского государственного горного университет. 2015. № 4 (40). С. 88-92.
36. Забайкин Ю.В., Заернюк В.М., Чжан Чи. Анализ управления рыночными рисками золотодобывающих предприятий Китая // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Том 10. № 1А. С. 22-31.
37. Заернюк В.М., Седова Е.И. Анализ нефинансовой отчетности горнодобывающих и металлургических компаний России: экологический аспект // Аудит. Изд. ООО «Аспект». 2020. № 1. С. 26-30.
38. Заернюк В.М., Харламов М.Ф., Забайкин Ю.В. Оценка экологической ответственности российских предприятий // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 8А. С. 305-315.

39. Заернюк В.М., Черникова Л.И., Забайкин Ю.В. Тенденции, проблемы и перспективы развития золотодобывающей отрасли России // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2017. Т.10. вып. 9(339). С. 972-986.
40. Ивантер В.В., Ксенофонов М.Ю. Концепция конструктивного прогноза роста российской экономики в долгосрочной перспективе // Проблемы прогнозирования. 2012. № 6. С. 4-13.
41. Иващенко С.М. Экономическая политика России: модель с дискреционной политикой или с инструментальными правилами // Вестник СПбГУ. Экономика. 2018. Т.34. Вып. 1. С.149-172.
42. Инвестиции как источник экономического роста. Аналитический доклад / ФБК, Grant Thornton. Москва, 2019. URL: https://www.fbk.ru/upload/docs/Investments_report.pdf
43. Интеграция на всех уровнях / Отчёт об устойчивом развитии 2018 год. URL: https://www.polymetalinternational.com/upload/iblock/6d8/Polymetal_Sustainability_Report_web_2018_rus.pdf
44. Каплан А.В., Баев И.А., Терешина М.А. Концепция устойчивого социально-экономического развития горнодобывающего предприятия // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2018. Т.12. № 3. С. 76-82.
45. Каплан А.В., Терешина М.А. Оценка устойчивости социально-экономического развития горнодобывающих предприятий // Уголь. 2018. № 8 (1109). С. 86-90.
46. Карпович Ю.В. Совершенствование механизма управления устойчивым развитием промышленного предприятия: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Карпович Юлия Владимировна. Пермь, 2016. 188 с.
47. Карпович Ю.В. Устойчивое развитие экономики промышленного предприятия на основе здоровьесбережения / автореферат дис. ... кандидата экономических наук / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. Пермь, 2016.

48. Кондаурова Д.С. Совершенствование механизма управления устойчивым развитием промышленного предприятия: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Кондаурова Диана Сергеевна. Самара, 2015. 26 с.
49. Кондратьев, Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения / Н.Д. Кондратьев. - М.: Экономика, 2002. 768 с.
50. Коптюг, В.А. Информационный обзор / В. А. Коптюг; Конференция ООН по окружающей среде и развитию (3-14 июня 1992 г.; Рио-де-Жанейро). Новосибирск, СО РАН, 1992. 62 с.
51. Козырев А.Н. Экономика интеллектуальной собственности: измерения, мифология, математические модели // Вестник Российской академии наук. 2015. Т.85. № 9. С. 776.
52. Костыгова Л.А. Методические аспекты формирования комплексной системы показателей оценки и управления устойчивым развитием титановой отрасли // Экономика промышленности. 2014. С.15-20.
53. Костыгова, Л.А. Территориальные инновационные кластеры - основа устойчивого развития России // Экономика и управление № 6, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский академический университет. 2016. С. 18-25.
54. Костыгова Л.А. Устойчивое развитие титановой отрасли // Экономика в промышленности. 2012. № 4. С. 20-26.
55. Костыгова Л.А. Формирование механизма устойчивого развития промышленности России на основе территориальных инновационных кластеров: дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Костыгова Людмила Александровна. Москва, 2016. 295 с.
56. Кузнецов, О.Л. Устойчивое развитие: Научные основы проектирования в системе природа-общество-человек / О.Л. Кузнецов, П.Г. Кузнецов, Б.Е. Большаков. Дубна: Международный университет природы, общества и человека "Дубна"; Государственный научный центр РФ ВНИИГеосистем, 2001. 604 с.
57. Кузнецова, О.Б. Комплексная модель взаимодействия власти, бизнеса и общественных организаций в стратегии развития региона

[Электронный ресурс] / О.Б. Кузнецова // Управление общественными и экономическими системами. 2006. № 1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: umc.gu-unpk.ru/umc/arhiv/2006/1/Kuznecova.pdf (дата обращения: 05.02.2020).

58. Кулешов В.В., Алексеев А.В., Ягольницер М.А. Методы когнитивного анализа в разработке и обосновании стратегий экономического развития // Проблемы прогнозирования. 2019. № 2 (173). С. 104-112.

59. Курс на рост / Отчёт об устойчивом развитии 2018 ПАО «Полюс». [Электронный ресурс]. URL: <http://polyus.com/ru/sustainability/> (дата обращения: 05.02.2020).

60. Курс на рост / Отчёт об устойчивом развитии 2019 ПАО «Полюс». [Электронный ресурс]. URL: <http://polyus.com/ru/sustainability/> (дата обращения: 05.02.2020).

61. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / Александр Леоненков. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 719 с.

62. Лопатников Д.Л. От алармизма к обществу экопотребления / Д.Л. Лопатников // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. 2013. Том.18. № 2. С. 519-523.

63. Лубенец Ю.В. О модифицированном коэффициенте конкордации, учитывающем в большей степени согласованность лучших альтернатив // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т.21. № 10 (129). С. 32-39.

64. Манайкина Е.С. Управление проектами в компании с учетом принципов концепции устойчивого развития: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Манайкина Екатерина Сергеевна. Москва. 2015. 196 с.

65. Мерзлов И.Ю., Шилова Е.В., Санникова Е.А., Сединин М.А. Комплексная методика оценки уровня цифровизации организаций // Экономика, предпринимательство и право. 2020. Т. 10. № 9. С. 2379-2396.

66. Методология присвоения рейтингов ESG / Рейтинговое агентство «Эксперт-РА», 2020. URL: <https://raexpert.ru/docbank//ac6/bba/b49/f02eb70e83f0d27a4c635bc.pdf> (дата обращения 08.09.2020)

67. Мировой рынок золота [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ereport.ru/articles/commod/gold.htm>. (дата обращения: 14.01.2020).
68. Мясоедов А.И. Применение математических методов в экономике: специфика, проблемы, перспективы // BENEFICIUM. 2020. № 3 (36). С. 35-47.
69. Мясоедов С.А. Анализ тенденций развития золотодобывающей промышленности России / С.А. Мясоедов // Микроэкономика. 2009. № 8. С. 193-200.
70. Мясоедов С.А. Формирование механизма и инструментов обеспечения устойчивого развития золотодобывающей отрасли промышленности: дис. ... докт. экон. наук: 08.00.05 / Мясоедов Сергей Александрович. – М.: 2010. 314 с.
71. Наше общее будущее: текст Доклада Международной комиссии по окружающей среде и развитию, 1987 г. Москва: Прогресс, 1989. 374 с.
72. Обзор золотодобывающей отрасли России по итогам 2018 года / Союз золотопромышленников, ЕУ [Электронный ресурс]. 2019. URL: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-gold-survey-2019-rus/\\$FILE/ey-gold-survey-2019-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-gold-survey-2019-rus/$FILE/ey-gold-survey-2019-rus.pdf) (дата обращения: 05.02.2020).
73. Озерова М.И. Методы и алгоритмы мониторинга и прогнозирования риска природных пожаров на объектах деревообрабатывающей промышленности // дисс. канд. тех. наук: Владимир, 2013. 150 с.
74. Основные положения стратегии устойчивого развития России /Под ред. А.М. Шелехова. М.: 2002. 161 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://www-sbras.nsc.ru/win/sbras/bef/strat.html> (дата обращения: 05.02.2020).
75. Острейковский, В.А. Анализ устойчивости и управляемости динамических систем методами теории катастроф: учебное пособие для вузов / В. А. Острейковский. - М.: Высшая школа, 2005. 326 с.
76. Отчёт об устойчивом развитии 2018 ПАО «Полюс». [Электронный ресурс]. URL: <http://polyus.com/ru/sustainability/> (дата обращения: 05.02.2020).

77. Отчёт об устойчивом развитии 2018 год Polymetal Int pic. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.polymetalinternational.com/ru/investors-and-media/news/press-releases/21-03-2019/> (дата обращения: 05.02.2020).
78. Отчет о финансовом положении (МСФО) Polymetal Int pic. URL: <https://www.conomy.ru/emitent/polymetal-international-plc/poly-ifs-fp>
79. ПАО «Полюс». Консолидированная отчетность по МСФО за год, закончившийся 31 декабря 2019. [Электронный ресурс].URL: <http://polyus.com/ru/investors/disclosure/ifs-financials/>(дата обращения: 05.02.2020).
80. Петров А.А., Поспелов И.Г. Математические модели экономики России // Вестник РАН. 2009. Т. 79. № 6. С. 492-506.
81. Полиматиди И.В. Гарантированный детерминистский подход к маржированию на срочном рынке // Экономика и математические методы. 2021. Т.57. № 2. С. 96-105.
82. Портер М. Конкуренция: Пер. с англ.: М. Издательский дом «Вильямс». 2003. 496 с.
83. Птускин А.С. Энтропийный метод анализа данных для процедуры определения НДТ // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т.11. № 3. С. 203-212.
84. Раскрывая потенциал золотодобывающей отрасли: исследование потенциального социально-экономического эффекта от повышения «стратегического» порога для месторождений золота в России / Корпорация Кинросс Голд. URL: http://kinrossgold.ru/press-relizy/kinross_ey_study/
85. Родионова, Л.Н. Устойчивое развитие промышленных предприятий: термины и определения // Нефтегазовое дело. 2007. № 1.С. 124-130.
86. Российская сеть Глобального договора ООН, 2018 г. / Устойчивое развитие. Роль России. [Электронный ресурс].URL: http://www.globalcompact.ru/upload/iblock/0dc/ltogi-oprosa_broshyura.pdf. (дата обращения: 05.02.2020).
87. Рыжикова Т.Н., Боровский В.Г. Анализ развития инструментальной промышленности в рамках концепции устойчивого развития // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2020. Т.16. № 4 (385). С. 662-677.

88. PwC. Опрос членов советов директоров российских компаний, октябрь 2019 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pwc.ru/ru/materials/pwc-board-survey-2019-russian.pdf> (дата обращения: 05.02.2020).

89. PwC, Раскрытие ЦУР в отчетности, 2018 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pwc.ru/ru/publications/pwc-sdg-reporting-challenge-2018%20web.pdf> (дата обращения: 05.02.2020).

90. PwC, Устойчивое развитие в фокусе внимания советов директоров. Опрос членов советов директоров российских компаний, 2019 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.pwc.ru/ru/publications/russian-boards-survey-2019.html>

91. PwC, 22-й Ежегодный опрос руководителей крупнейших компаний мира. Снижение уровня уверенности руководителей компаний влечет за собой проявление осторожности, 2019. URL: <https://www.b-soc.ru/wp-content/uploads/2019/11/polnyj-tekst-issledovaniya.pdf> State of Responsible Business Report 2016 / Ethical Corporation, 2016. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ethicalcorp.com/content/state-responsible-business-2016> (дата обращения: 05.02.2020).

92. Самсонов Н.Ю., Ягольницер М.А. Групповая разработка малых золоторудных месторождений / науч. Ред. В.А. Крюков. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2012. 240 с.

93. Сахаров А.Г., Колмар О.И. Перспективы реализации Целей устойчивого развития ООН в России // Вестник международных организаций. 2019. Т.14. № 1. С. 189-206.

94. Серебряков А.О. и др. Разведка, разработка и переработка отходов горного производства полезных ископаемых: монография // Астрахань: Изд-во «Астраханский университет», 2011. 204 с.

95. Сидоров В.М. Организационно-экономический механизм формирования устойчивого развития предприятия машиностроения: 08.00.05 / Сидоров Виталий Михайлович. Королев, 2015. 225 с.

96. Сидоров В.М. Оценка устойчивого развития предприятия с помощью организационно-экономического механизма // Вопросы региональной экономики. 2013. № 1(14). С. 59-62.
97. Состояние отрасли золотодобычи в России (2019 г. и 1 полугодии 2020 г.) // Союз золотопромышленников России. [Электронный ресурс]. URL: <http://goldminingunion.ru>(дата обращения: 05.02.2020).
98. Социальная ответственность бизнеса: учеб. пособие / С.В. Вершинина, Е.А. Корякина, К.С. Чумляков, Д.В. Чумлякова. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. 154 с. ISBN 978-5-9961-1101-5.
99. Субботин А.В. Моделирование волатильности: от условной гетероскедастичности к каскадам на множественных горизонтах // Прикладная эконометрика. 2009. Т.15. № 3. С. 94-138.
100. Суворов Н.В., Трещина С.В., Белецкий Ю.В., Балашова Е.Е. Балансовые и факторные модели как инструмент анализа и прогнозирования структуры экономики // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. 2017. Т.5. С. 50-75.
101. Суворов Н.В., Трещина С.В., Белецкий Ю.В. Проблемы разработки методов долгосрочного прогнозирования динамики отечественной экономики (методология и модельный инструментарий) // Проблемы прогнозирования. 2020. № 6 (183). С. 66-80.
102. Тарасова Н.П., Кручина Е. Б. Индексы и индикаторы устойчивого развития / 2019. URL: http://cawater-info.net/ecoindicators/pdf/tarasova_kruchina.pdf
103. Ускова, Т.В. Управление устойчивым развитием региона: монография / Т.В. Ускова. Вологда: ИСЭРТ РАН, 2009. 355 с.
104. Годовой отчёт ПАО «Полюс» за 2020 год. URL: file:///C:/Users/51FB~1/AppData/Local/Temp/polyus_arep_2021_rus.pdf
105. Устойчивый прогресс / Отчёт об устойчивом развитии 2018 ПАО «Полюс». [Электронный ресурс]. URL: <http://polyus.com/ru/investors/results-and-reports/>(дата обращения: 05.02.2020).

106. Ферару, Г.С. Методика оценки уровня устойчивого социально-экономического развития регионов [Электронный ресурс] / Г.С. Ферару, А.В. Орлова // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. Режим доступа: www.science-education.ru/115-12151 (дата обращения: 20.2.2014)
107. Харламов М.Ф., Заернюк В.М., Забайкин Ю.В., Богачев М.Ю. Социо-эколого-экономические условия развития и становления предприятий недропользования: монография // Research, 2019. 552 с.
108. Царьков И.Н. Операционный денежный поток в компании: планирование в условиях неопределенности // Проблемы теории и практики управления. 2011. № 10. С. 40-52.
109. Целеустремленность. Ответственность. Результат / Отчёт об устойчивом развитии 2019 год Polymetal Int pic. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.polymetalinternational.com/ru/investors-and-media/news/press-releases/21-03-2019/> (дата обращения: 05.02.2020).
110. Цели устойчивого развития ООН и Россия. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации / М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2016.
111. Чжан, Чи, Заернюк В.М., Забайкин Ю.В. Актуальные перспективы развития предприятий золотодобывающей отрасли Китая // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Том 10. № 1А. С. 11-21.
112. Чжан, Чи, Заернюк В.М., Забайкин Ю.В. Анализ управления рыночными рисками золотодобывающих предприятий Китая // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Том 10. № 1А. С. 22-31.
113. Чжан, Чи, Заернюк В.М. Анализ и прогнозирование производства золота в Российской Федерации // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2021. Т.16. № 12. С. 2303-2325.
114. Чжан Чи, Заернюк В.М. Влияние окружающей среды на экономический рост: опыт Китая // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2020. Т.16. № 6. С. 1148-1164.

115. Чжан Чи, Заернюк В.М. Теоретические аспекты устойчивого развития и «зеленой» экономики // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2020. № 9(390). С.1749-1764.

116. Чжан, Чи, Заернюк В.М. Цифровизация как новый способ трансформации традиционных мет // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2021. Т.14. № 1. С. 4-20.

117. Чжан Чи, Заернюк В.М. Экономическое обоснование подхода к формированию механизма устойчивого развития предприятий золотодобычи // Историко-экономические исследования. 2020. № 3. С.380-404.

118. Чжан Чи. Корпоративная практика золотодобывающих предприятий по достижению целей устойчивого развития: экологический аспект // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. Том 9. № 12В. С. 212-227.

119. Чжан Чи. Основные критерии, принципы и направления обеспечения устойчивого развития золотодобывающей отрасли // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2020. Том16. № 11(392). С.2142-2160.

120. Чжан Чи, Мясков А.В. Исследование эффективности функционирования китайских золотодобывающих предприятий на основе нейронных сетей // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т.6. № 8.

121. Шедько Ю.Н. Модель управления устойчивым развитием региона на основе комплексного подхода // Научный вестник Волгоградского филиала РАНХиГС. Серия: Экономика. 2017. № 1-2. С. 28-32.

122. Шедько, Ю.Н. Параллели устойчивого развития и экономического роста в регионе: влияние внутреннего спроса / Ю.Н. Шедько // Научные труды Вольного экономического общества России. 2014. Том 188. С. 68-77.

123. Шедько, Ю.Н. Региональный человеческий потенциал в глобально-информационной экономике: монография / Ю.Н. Шедько. -М.: ВГНА Минфина России, 2008. 151 с.

124. Шедько, Ю.Н. Устойчивость развития региона как социо-эколого-экономической системы / Ю.Н. Шедько // Управленческие науки в современном

мире: сборник докладов научной конференции. СПб.: Изд. ООО «Издательский дом «Реальная экономика», 2014. Т.1. С. 266-269.

125. Широ́в А.А., Саяпова А.Р., Янтовский А.А. Интегрированный межотраслевой баланс как элемент анализа и прогнозирования связей на постсоветском пространстве // Проблемы прогнозирования. 2015. № 1. С. 11-22.

126. Шкиперова Г.Т., Дружинин П.В. Оценка результативности политики в сфере обеспечения экологической безопасности регионов России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. Том.14. № 12 (369). С. 2356-2372.

127. Электронный ресурс. URL.: https://kpfu.ru/staff_files/F585815472/les_vest_1_2021.pdf

128. Электронный ресурс. URL.: <https://www.machinelearningmastery.ru/build-a-simple-neural-network-with-tensorflow-js-d434a30fcb8/>

129. Ali De Ges. Longevity Company-a way of survival in a storm of commercial competition. Economic Daily Press, Beijing, 2012.

130. Anderson. Sustainable business model. Shanghai Science Popularization Press, Shanghai, 2016.

131. Bozkurt O.O., Biricik G. and Taysi Z. C. Artificial Neural Network and Sarima Based Models for Power Load Forecasting in Turkish Electricity Market // PLOS ONE. 2017. No.12(4).

132. Cao Shixiong, Liu Wei, Zhao Maihuan, Feng Fei. An Empirical Study on the Double-Win Model of Ecological Restoration in Yan'an City. Acta Ecologica Sinica. 2018. vol. 38. no.22. pp. 7879-7885.

133. Chames A, Cooper WW, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research. 1978. no.2. pp.429-444.

134. Cui Tiejun, Ma Yundong. Research on the Importance of Influencing Factors of Roadway Roof Fall Based on Yunhua ANP. Computer Application Research. 2016. no.33(11). pp.3307-3310.

135. Dahlman C. Technology, Globalization, and International Competitiveness: Challenges for Developing Countries. In: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Ed., *Industrial Development in the 21st Century: Sustainable Development Perspectives*, United Nations, New York, 2007. pp. 29-83.

136. Deng Yan, Su Guiwu, Gao Na. Investigation and Analysis on the Importance of Influencing Factors in Earthquake Emergency Rescue. *Catastrophe*. 2016. no.31(03). pp.177-183.

137. Ding Qiguang, Xu Ming. Preliminary Study on Evaluation Indexes and Methods of Mineral Development and Utilization Efficiency. *Comprehensive Utilization of Mineral Resources*. 2012. no.01. pp.53-55.

138. Edith Brown Weiss. The Planetary Trust: Conservation and Intergenerational Equity. *Ecology Law Quarterly*. 1984. vol. 1. no.4. pp. 495.

139. Fan Fengyan, Lei Yalin. A Summary of the Research on Energy, Economy and Environment (3E) System. *Ecological Economy*. 2013. vol.12. pp. 42-48.

140. Fang Xingming, Wei Jing, Guo Lili. Reflection and Reconstruction of Sustainable Development Theory. *Economist Press*. 2017. vol. 3. no.05. pp. 24–31.

141. Farrell M.J. The measurement of production efficiency. *Journal of Royal Statistical Society. Series A: General*. 1957. no.120. pp.253-290.

142. Fu Hailian, Qiu Gengtian. The Real Dilemma of Shared Development and Its Solution. *Jiangxi Social Sciences*. 2019. vol. 39. no.11. pp. 187-195.

143. Giddings B, Hopwood B, O'Brien G. Environment, economy and society: Fitting them together into sustainable development. *Sustainable Development*. 2002. vol.10. no.4. pp. 187-196.

144. Gong Shengsheng. On the Regional Principles of Sustainable Development. *Geography and Territorial Studies*. 1999. vol. 01, pp. 2–7.

145. Grzegorz Marchasz, Bartosz Uniewski and Bartosz Wierón. On the importance of the long-term seasonal component in day-ahead electricity price forecasting with narx neural networks / *International Journal of Forecasting*. 2019. No.35(4). pp.1520 – 1532.

146. Halkos G.E., Paizanos E.A. The Effect of Government Expenditure on the Environment: An Empirical Investigation. *Ecological Economics*, 2013, vol. 91, pp. 48-56.
147. Harlamov M.F., Zaernyuk V.M., Zabajkin Yu.V. [Socio-environmental-economic conditions for the development and development of subsoil enterprises: monograph]. Moskva: National Research = Moskow: National Research, 2019. 552 p
148. Harshit Saxena, Omar Aponte, and Katie T. McConky. A hybrid machine learning model for forecasting a billing periods peak electric load days. *International Journal of Forecasting*. 2019. No.35(4). pp. 1288 – 1303.
149. Hayek, F. *New Studies in Philosophy, Politics, Economics and the History of Ideas* / F. Hayek. - Chicago: University of Chicago Press, 1978. 322 p.
150. Howard Stevenson, Crook Charlie. *Create the future with foresight, a way for a company to survive*. Renmin University of China Press, Beijing, 2012.
151. Huang Jie. The sustainable development of grassroots finance under the background of tax cuts and fee reductions: a case of Haimen, Jiangsu. *Local finance research*. 2019. vol. 11. pp. 39–45.
152. James Collins, Jerry Polas. *Undefeated business*. Xinhua Press, Beijing, 2008.
153. Jeroen C.J. Operationalizing Sustainable Development of Dynamic Ecological Economic Models. *Ecological Economics*. 1991.vol. 4.no.1. pp. 11–33.
154. Johansson A. et al. *Looking to 2060: Long-Term Global Growth Prospects: A Going for Growth Report*. OECD Publishing, 2012. № 3.
155. Ke Hong, Liu Chang. Ranking of Influencing Factors in the Choice of Engineering Project Transaction Methods. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2014. no.31(03). pp.64-68.
156. Kiryushin P. "Green Economy": Opportunities and Restrictions for Russian Business // *Russie. Nei. Visions*. Institut Franais des Relations Internationales (IFRI), Russia/ NIS Center Paris. 2014. Vol. 79. pp. 1-24.
157. Lawrence Toller. *Corporate growth strategy*. Jilin People's Publishing House, 2010.

158. Liu Ligang. On the Sustainable Development of Enterprises. Economic Management Press, Beijing, 2011.
159. Liu Yi, Huang Kaixuan, Bao Jigang, Qin Yang. Research on the Impact Mechanism of Embeddedness on the Sustainable Development of Tourism in Ancient Villages-Taking Xidi and Hongcun as examples. Geographical Science Press. 2020. vol. 02. pp. 1-9.
160. Li Yingchao. Ecological governance from the perspective of a community with a shared future for mankind. Ecological Economy. 2020. vol. 36. no.01. pp. 205-210.
161. Li Zhangmiao, Kou Xinjian, Jiang Meng, et al. Importance analysis of the influence factors of human error in the whole process of steel structure. Steel structure. 2013. no.28(11). pp.28-31.
162. Luo dejiang, Wu Shangkun, Guo Ke. Comprehensive Evaluation of Mineral Resources Development and Utilization Based on Combination Weights and Grey Relational Analysis Method. Metal Mine. 2015. no.02. pp.20-25.
163. Luodejiang, Yao Lin, Wei Youhua. Fuzzy Comprehensive Evaluation Model of Mineral Resources Development Efficiency-Taking Vanadium-titanium Magnetite in Panxi Area as an Example. Journal of Guilin University of Technology. 2014. no.04. pp.635-640.
164. Ma Huimin, Ding Yang, Yang Qing. Regional ecological-economy-society coordinated development evaluation model and its application. Statistics and Decision. 2019. vol. 35. no.21. pp. 75-79.
165. Marx and Engels, Lenin, Stalin. Selected Works of Marx and Engels (Volume 20). Beijing: People's Publishing House, 1972.
166. Marx. Manuscript of Economics and Philosophy in 1844. Translation. Beijing: People's Publishing House, 2000.
167. Meng Lingguo, Lu Xianjie. A rational view of the impact of RMB's entry into SDR on the sustainable development of my country's economy. Economist Press. 2017. vol. 07. pp. 56-62.

168. MSCI ESG Ratings Methodology / MSCI, 2019. - URL: <https://www.msci.com/documents/1296102/14524248/MSCI+ESG+Ratings+Methodology+-+Exec+Summary+2019.pdf> (дата обращения 08.09.2020).

169. Niu Wenyuan. Cognition of the Connotation of Sustainable Development Theory-Commemorating the 20th Anniversary of the United Nations Rio Conference on Environment and Development. China Population, Resources and Environment Press. 2012. vol. 22. no.05. pp. 9–14.

170. Our Common Future // United Nations World Commission on Environment and Development. Oxford, UK: Oxford University Press, 1987. pp. 57-59.

171. Page T. Conservation and Economic Efficiency: An Approach to Material Policy. Baltimore, Maryland: The Johns Hep-kin University Press, 1977.

172. Pearce D., Atkinson G. Capital Theory and the Measurement of Sustainable Development: An Indicator of «Weak» Sustainability // Ecological Economics. Vol. 8, No 2. 1993. pp. 103-108.

173. Qi Ye, Cai Qin. Three Progresses in the Theory of Sustainable Development. China Population, Resources and Environment Press. 2010. vol. 20. no.04. pp. 110–116.

174. Ree W. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. Environment Urbanization. 1992. vol. 4. no.2. pp. 121-120.

175. Ronzon T., M'Barek R. Socioeconomic Indicators to Monitor the EU's Bioeconomy in Transition // Sustainability, 2018. Vol. 10. № 6. pp. 1-22.

176. Schmalensee R. From «Green Growth» to sound policies: An overview // Energy Economics, 2012. S2-S6. Vol. 34.

177. Shashank Gupta, Shalini Gupta. Modeling economic system using fuzzy cognitive maps // International Journal of System Assurance Engineering and Management. 2017. vol. 8. Supplement 2. pp. 1472-1486.

178. Shen Muzhu. Principles of Sustainable Development and Theoretical Analysis of Coping with Global Climate Change. Shandong Social Sciences. 2013. vol. 01. pp. 164–168.

179. Soyuz zolotopromyshlennikov, EY. [Russia's gold mining industry survey for 2018]. Soyuz zolotopromyshlennikov, EY = Gold Miners Union, EY, 2019. URL: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-gold-survey-2019-rus/\\$FILE/ey-gold-survey-2019-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-gold-survey-2019-rus/$FILE/ey-gold-survey-2019-rus.pdf)

180. S&P Dow Jones Indices: Index Methodology / RobecomSAM, 2019. - URL: <https://us.spindices.com/documents/methodologies/methodology-dj-sustainability-indices.pdf> (дата обращения: 08.09.2020)

181. S. Smulders & R. Gradus. Pollution Abatement and Long-Term Growth. Political Economy. 1996. vol. 12. pp. 505-532.

182. Sun Xiaoran, Peng Jianhe, Ling Jianzhang. Evaluation of the Importance of the Factors Influencing Daxu's Working Behavior Based on Rough Set Theory. People's Pearl River. 2016. no.37(04). pp.93-96.

183. Syama Sundar Rangapuram, Matthias W Seeger, Jan Gasthaus, Lorenzo Stella, Yuyang Wang, and Tim Januschowski. Deep state space models for time series forecasting. In Advances in Neural Information Processing Systems. 2018. pp. 7785–7794.

184. Tan Feifei. Comparative Analysis of the Sustainable Development of China's Three Economic Circles. Soft science. 2016. vol. 30. no.07. pp. 40-44.

185. Tracking the trends 2018. The top 10 issues shaping mining in the year ahead. Deloitte, 2018. URL: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/energy-resources/TTT2018_Jan_18.pdf

186. Unit E. I. Long-Term Macroeconomic Forecasts: Key Trends to 2050 // Special Report, 2015.

187. Vivien F., Niedduab M., Befortc N., Debrefaf R., Giampietrode M. The Hijacking of the Bioeconomy // Ecological Economics, 2019. Vol. 159. pp. 189-197.

188. Wang B., Hao W.N., Chen G., He D.C. and Feng BA. Wavelet Neural Network Forecasting Model Based on ARIMA // *Applied Mechanics and Materials*. 2013. vol. 347-350. pp. 3013-3018.
189. Wang Binqing. Research on the Sequence of Mineral Resources Protection and Development and Utilization. *China Mining*. 2004. no.06. pp.51-55.
190. Wang Lei. The ecologicalization of resource-based industries and the sustainable development of regional economy: an empirical study based on the core area of the Silk Road Economic Belt. *Business economy*. 2018. vol. 37. no.2. pp. 42–50.
191. Wang Wencai, Liang Boshuai, Zhao Jingwen, et al. Evaluation of resource development and utilization efficiency in polymetallic mining areas based on combined weight-fuzzy mathematics. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*. 2017. no.05. pp.14-23.
192. Wang Ying. The prerequisites and characteristics of the sustainable development of enterprises. *Decision-making reference*. 2016. vol. 1, pp. 42–46.
193. Wang Zhijiang, Li Li, Liu Yachuan. Application of Superfine Grinding Technology in Refractory Gold Mines. *Gold*. 2014. no.35(06). pp.54-57.
194. Xiang Jin. Research on my country's Sustainable Development Strategy and Corporate Coping Strategies. Central South University, 2017.
195. Xu Ying. Sustainable Development and Corporate Management. Harbin Institute of Technology Press, Harbin, 2011.
196. Yang X.J., Hu H., Tan T., Li J. China's renewable energy goals by 2050 // *Environmental Development*, 2016. Vol. 20. pp. 83-90.
197. Yu Xuexia. A Spatiotemporal Analysis of the Coordinated Development of Economy-Society-Technology-Resources. *Statistics and Decision*. 2017. vol. 09. pp. 127-131.
198. Zaernyuk, V.M., Kharlamov M.F., Zabaykin Yu.V., Chang Chi. Economic growth and environmental quality: problems and ways to solve them // *Economic Annals-XXI*, 2021. Vol. 183. No. 5-6. pp. 43-50

199. Zayernyuk V.M., Mukhomorova I.V., Nazarova Z.M., Leonova V.P., Egorova E.N. Modern Banking Sector in Russia: Trends of Development, Control and Supervision // Indian Journal of Science and Technology. 2016. No 9(42).
200. Zeng Yuling. Grey Relational Analysis of the Importance of Factors Influencing Marketing Competitiveness. Modern Industrial Economy and Information Technology. 2014. no.4(11). pp.5-9.
201. Zhang Lei, Jiang Yufeng. Importance analysis of factors influencing construction safety of water conservancy and hydropower projects based on rough set. Journal of China Three Gorges University (Natural Science Edition). 2009. no.31(05). pp.7-10.
202. Zhang Lifeng. Research on the Importance of Factors Influencing Chinese Residents' Outbound Tourism Based on Random Forest Model. Resource Development and Market. 2017. no.33(06). pp.711-726.
203. Zhao Junwei, Guo Min, Zhao Hengqin. Conception on the Evaluation of Mineral Resources Development and Utilization Efficiency. China Mining Industry. 2012. no.08. pp.60-63.
204. Zhou Hong. On the Principles of Environmental Sustainable Development. Law Journal Press. 2010. vol. 11. pp. 137–140.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

В данном приложении рассмотрены наиболее распространенные сценарии создания нейронной сети, которая используется для прогнозирования временных рядов

1. Исследование тренда и тенденции добычи золота

Детерминированный тренд называют также глобальным трендом процесса. Однако, на сегодня существует тенденция к выработке более общего подхода к описанию тренда, а именно, использование локальных моделей вместо глобальных. При этом тренд рассматривают как стохастическую функцию времени. Одним из подходов к описанию локального тренда является введение зависимости коэффициентов модели от времени:

$$y(k) = a(k) + d_1(k)k \quad (\text{A.1})$$

где $a(k)$ – локальная константа $d_1(k)$ – коэффициент, который определяет локальный наклон тренда. Соответствующие результаты моделирования показывают, что уровень робастности (крепости) таких функций является более высоким, чем уровень робастности детерминированных функций полиномиального типа. Существует альтернативный подход к описанию локального тренда, который заключается в использовании рекурсивных уравнений типа $y(k) = a_0 + y(k-1)$ или в усложненном варианте:

$$y(k) = a(k) + y(k-1) + \varepsilon(k), \quad (\text{A.2})$$

где $\varepsilon(k)$ – случайная переменная, которую для упрощения анализа можно принять за последовательность белого шума с известной дисперсией. Это уравнение случайного шага с изменяемым во времени сечением $a(k)$. Сечение может иметь следующий вид $a(k) = a(k-1) + v(k)$, где $v(k)$ –

случайный процесс. Отметим, что уровень $y(k)$ и скорость роста $a(k)$ непосредственно не измеряются.

Модель случайного тренда является одной из простейших, которая позволяет описать случайный тренд в некоторых случаях. Она имеет следующий вид:

$$y(k) = y(k-1) + \varepsilon(k), \quad (\text{A.3})$$

где $\varepsilon(k)$ – белый шум с нулевым математическим ожиданием.

Приростом значения основной переменной в данной модели является случайная величина. Решение данного уравнения имеет следующий вид:

$$y(k) = y_0 + \sum_{i=1}^k \varepsilon(i). \quad (\text{A.4})$$

Уравнение (3.4) является неточным, поскольку оно содержит необоснованное суммирование случайных величин. Ниже приведены основные статистические характеристики полученной связи:

математическое ожидание: $E[y(k)] = y_0 = \text{const}$;

Условное математическое ожидание:

$$E_k[y(k+1)|y(k), y(k-1), \dots, \varepsilon(k-1, \dots)] = E[y(k) + \varepsilon(k+1)] = y(k) \quad (\text{A.5})$$

Функция прогнозирования на произвольное число шагов:

$$E_k[y(k+s)] = y(k) + E_k\left[\sum_{i=k+1}^{k+s} \varepsilon(i)\right] = y(k). \quad (\text{A.6})$$

Другие нелинейные модели

Уравнение для условной дисперсии квадратов остатков первого порядка (АРУГ(1)):

$$h^2(k) = \beta_0 + \beta_1 \varepsilon^2(k-1) + \varepsilon_1(k) \quad (\text{A.7})$$

где $h^2(k)$ – условная дисперсия процесса; $\varepsilon^2(k)$ – квадрат остатков; $\varepsilon_1(k)$ – ошибка модели в момент времени k .

Авторегрессионная условно-гетероскедастическая модель порядка p (АРУГ(p)):

$$h^2(k) = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i \varepsilon^2(k-i) + \varepsilon_1(k) \quad (\text{A.8})$$

Обобщенная авторегрессионная условно-гетероскедастична модель (УАРУГ(p, q)):

$$h^2(k) = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i \varepsilon^2(k-i) + \sum_{i=1}^q \alpha_i h^2(k-i) + \varepsilon_1(k) \quad (3.9)$$

Это уравнение показывает, что текущее значение условной дисперсии является функцией от константы, некоторых значений квадратов остатков из уравнения условного среднего и некоторых значений предыдущей условной дисперсии².

2. Нормирование данных

Распространенным методом нормирования данных является логарифмирование с последующим формированием дополнительных временных рядов из первых или вторых разностей.

Разности n -го порядка представляют собой приближенный дискретный аналог n -й производной. Использование разниц дает возможность строить модели для скорости и ускорения основной переменной. Часто из значений ряда отнимают его среднее значение для того, чтобы получить возможность работать с отклонениями. Такой подход применяют, например, при построении моделей в пространстве состояний с их последующим использованием для оптимальной фильтрации и оптимального управления процессом. Применение того или иного метода подготовки данных для моделирования определяется в каждом случае индивидуально.

Достаточно хорошие результаты нормирования при оценивании множественной регрессии:

$$y(k) = \beta_0 + \beta_1 x_1(k) + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p(k) + \varepsilon(k), \quad (A.10)$$

можно достичь благодаря одновременному нормированию и центровке данных следующим образом:

² Киселевский С.О. Моделирование процесса GARCH (1,1) для анализа волатильности при международной диверсификации портфеля акции // Сервис в России и за рубежом. 2011. № 4. С. 64-69

$$x_{iH}(k) = \frac{x_i(k) - \bar{x}_i}{\sqrt{S_i}} = \frac{x_i(k) - \bar{x}_i}{\left(\sum_{k=1}^N (x_i(k) - \bar{x}_i)^2\right)^{1/2}}, \quad k=1, \dots, N, \quad i=1, \dots, p; \quad (A.11)$$

$$y_H(k) = \frac{y(k) - \bar{y}}{\sqrt{S_y}} = \frac{y(k) - \bar{y}}{\left(\sum_{k=1}^N (y(k) - \bar{y})^2\right)^{1/2}}, \quad (A.12)$$

где $x_i(k)$ – значение i -го столбца матрицы измерений (измерение независимых переменных);

$y(k)$ – измерения зависимой переменной;

$x_{iH}(k), y(k)_H$ – нормированные значения переменных;

$\bar{x}_i, \bar{y}$ – выборочные средние значения независимых и зависимой переменных, соответственно;

N – количество измерений;

p – количество независимых переменных (регрессоров) x_i .

Если ввести обозначения для центрируемых переменных:

$$\tilde{x}_i(k) = x_i(k) - \bar{x}_i; \tilde{y}(k) = y(k) - \bar{y}, \quad (A.13)$$

то регрессия для центрируемых переменных будет иметь вид:

$$\tilde{y}(k) = \beta_1 \tilde{x}_1(k) + \beta_2 \tilde{x}_2(k) + \dots + \beta_p \tilde{x}_p(k) + \varepsilon(k). \quad (A.14)$$

Если подставить (3.10) и (3.11) в (3.14), то уравнение множественной регрессии примет вид:

$$y_H(k) S_y^{\frac{1}{2}} = \beta_1 S_1^{\frac{1}{2}} x_{1H}(k) + \beta_2 S_2^{\frac{1}{2}} x_{2H}(k) + \dots + \beta_p S_p^{\frac{1}{2}} x_{pH}(k) + \varepsilon'(k). \quad (A.15)$$

Теперь разделим левую и правую части на $S_y^{1/2}$:

$$y_H(k) = \alpha_1 x_{1H}(k) + \alpha_2 x_{2H}(k) + \dots + \alpha_p x_{pH}(k) + \varepsilon''(k), \quad (A.16)$$

где $\alpha_1 = \beta_1 (S_1 / S_y)^{1/2}, \dots, \alpha_p = \beta_p (S_p / S_y)^{1/2}$. Полученное уравнение (A.16) – это уравнение для нормированных измерений.

Благодаря центровке и нормированию улучшается степень обусловленности матрицы измерений, который измеряется отношением:

$$\eta = \left| \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} \right|, \quad (A.17)$$

где $\lambda_{max}, \lambda_{min}$ – максимальные и минимальные собственные числа матрицы измерений.

3. Фильтрация

В аналоговой обработке сигналов под фильтрами понимают устройства, которые используются для выделения желательных компонентов спектра электрического сигнала и подавления нежелательных.

В цифровой обработке сигналов под дискретными фильтрами понимают программные или аппаратные средства для любой обработки дискретных сигналов, которые имеют такие свойства, как линейность и стационарность.

Классификация фильтров

По форме амплитудно-частотной характеристики различают 4 типа фильтров:

- фильтры низких частот – это фильтры, которые пропускают частоты, меньшие частоту среза фильтра f_c (рисунок 3.1 а);
- фильтры высоких частот – это фильтры, которые пропускают частоты, превышающие частоту среза фильтра f_c (рисунок 3.1 б);
- полосовые (полосово-пропускающие) фильтры – это фильтры, которые пропускают частоты, принадлежащие диапазону частот от f_{c1} до f_{c2} (рисунок 3.1 в);
- режекторные (полосово-уменьшающие) фильтры – это фильтры, которые пропускают частоты, не принадлежащие диапазону частот от f_{c1} до f_{c2} (рисунок А.1).

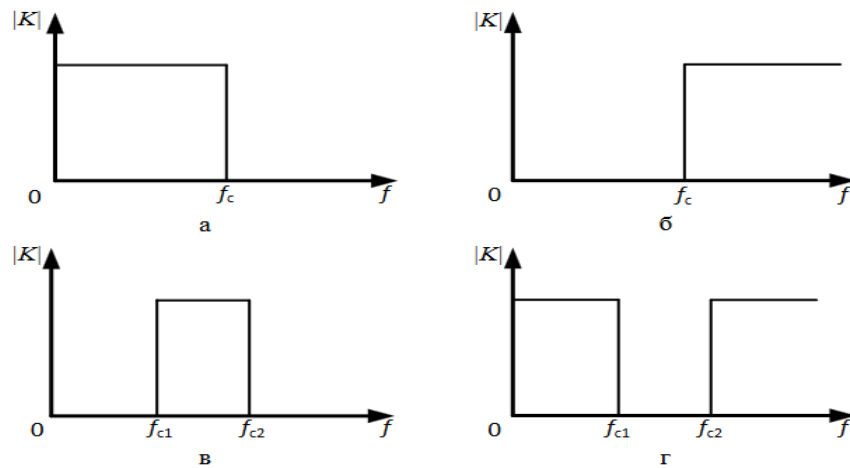


Рис. А.1. Идеальные амплитудно-частотные характеристики фильтров разных типов

Основные параметры фильтров

Частоты среза, f_c (англ., cutoff frequency) – частота выше или ниже которой мощность выходного сигнала уменьшается в два раза по сравнению с мощностью в полосе пропускания.

Передаточная функция – это отношение изображений по Лапласу выходной величины к входной:

$$K(p) = \frac{L\{U_{\text{вых}}(t)\}}{L\{U_{\text{вх}}(t)\}} = \frac{a_m p^m + a_{m-1} p^{m-1} + \dots + a_1 p + a_0}{b_n p^n + b_{n-1} p^{n-1} + \dots + b_1 p + b_0}, \quad (\text{A.18})$$

где a_i, b_i – коэффициенты дифференциального уравнения, которое описывает связь между входными и выходными параметрами системы.

4. Цифровые фильтры

Основными преимуществами цифровых фильтров перед аналоговыми являются следующие:

- высокая точность: в аналоговых фильтрах точность ограничена допусками на элементы;
- стабильность, так как отсутствует дрейф параметров в зависимости от условий внешней среды;
- гибкость в настройке и легкость изменения параметров фильтров;
- компактность.

Среди недостатков цифровых фильтров по сравнению с аналоговыми можно определить следующие:

- ограничение рабочего диапазона частот частотой Найквиста;
- проблемы с работой в режиме реального времени, так как все расчеты должны закончиться за период дискретизации;
- для высокой точности фильтра нужны АЦП и ЦАП высокой разрядности.

Процесс дискретной фильтрации заключается в суммировании некоторого количества входных та предыдущих выходных сигналов:

$$y(k) = b_0 x(k) + b_1 x(k-1) + \dots + b_m x(k-m) - a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2) - \dots - a_n y(k-n), \quad (\text{A.19})$$

где b_i – коэффициенты входных сигналов, а a_i – коэффициенты выходных сигналов.

Корреляционная матрица дает возможность установить существование связи между зависимой (эндогенной) переменной и независимыми (экзогенными) переменными в правой части. Корреляционная матрица R размерности $(m \times n)$ имеет следующий вид:

$$R = \begin{bmatrix} r_{yy} & r_{yx_1} & r_{yx_2} & \dots & r_{yx_m} \\ r_{x_1y} & r_{x_1x_1} & r_{x_1x_2} & \dots & r_{x_1x_m} \\ r_{x_2y} & r_{x_2x_1} & r_{x_2x_2} & \dots & r_{x_2x_m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{x_my} & r_{x_mx_1} & r_{x_mx_2} & \dots & r_{x_mx_m} \end{bmatrix}, \quad (\text{A.20})$$

где $r_{x_i x_j}$ – коэффициент корреляции между независимыми переменными x_i и x_j .

Коэффициент корреляции $r_{x_i x_j}$ вычисляется по следующей формуле:

$$r_{x_i x_j} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{li} - \bar{x}_l)(x_{ji} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{li} - \bar{x}_l)^2 \sum_{i=1}^n (x_{ji} - \bar{x}_j)^2}}, l, j = 1, \dots, m, \quad (\text{A.21})$$

где $\bar{x}_j$ – выборочное среднее, которое вычисляется следующим образом:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji}, \quad (\text{A.22})$$

где N – это число измерений.

Используя значения коэффициентов корреляции, можно принять решение о включении их в уравнение регрессии, которое представляется в общем виде как:

$$y(k) = a_0 + a_1x_1(k) + a_2x_2(k) + a_3x_3(k) + \dots + a_{m-1}x_{m-1}(k) + \varepsilon(k). \quad (\text{A.23})$$

Вышеуказанное уравнение представляет собой линейную регрессию, которая содержит m параметров (коэффициентов), но достаточно часто необходимо применять более сложные нелинейные модели. Характерным представителем нелинейной относительно переменных регрессии является ли полиномиальная регрессия порядка $m-1$, которая имеет следующий вид:

$$y(k) = a_0 + a_1x(k) + a_2x^2(k) + \dots + a_{m-1}x^{m-1}(k) + \varepsilon(k). \quad (\text{A.24})$$

Это уравнение содержит только одну независимую переменную $x(k)$, но оно может быть расширено другими переменными. Для определения необходимости введения в уравнения регрессии авторегрессионной составляющей необходимо вычислить и исследовать выборочную автокорреляционную функцию переменной $y(k)$ ³. Уравнение с авторегрессионной составляющей имеет вид:

$$y(k) = a_0 + a_1y(k-1) + a_2y(k-2) + b_1x(k) + b_2z(k) + \varepsilon(k), \quad (\text{A.25})$$

где $x(k)$ и $z(k)$ являются независимыми переменными. Порядок авторегрессии определяется с помощью автокорреляционной (АКФ) и частичной (ЧАКФ) функций. Количество значений автокорреляционной функции, которые отличны от нуля, и будет составлять оценку порядка авторегрессии.

АКФ и ЧАКФ используют для определения предварительной оценки порядке авторегрессионные части модели, то есть сколько задержанных во времени значений необходимо брать для описания процесса. При этом необходимо рассчитать, что АКФ дает менее статистически значимую оценку

³ Бидюк П.И., Зворыги Т.Ф. Структурный анализ методик построения регрессионных моделей по временным рядам наблюдений // [Электронный ресурс]. URL.: www.gmdh.net/articles/usim/Bidyuk.pdf

порядке процесса чем ЧАКФ, поскольку учитывает влияние промежуточных переменных.

Выборочная АКФ вычисляется следующим образом:

$$r_y(s) = r_{y(k)y(k-s)} = \frac{1}{N-1} \frac{\sum_{k=s+1}^N [y(k) - \bar{y}][y(k-s) - \bar{y}]}{\sigma_y^2}, s = 1, 2, 3, \dots, \quad (\text{A.26})$$

где σ_y^2 – выборочная дисперсия переменной $y(k)$;

$\bar{y}$ – среднзначение выборки данных.

Количество значений АКФ, отличных от нуля в статистическом смысле, указывает на порядок авторегрессионные части [4].

В отличие от АКФ, частичная АКФ (ЧАКФ) между значениями $y(k)$ и $y(k-s)$ исключает влияние величин $y(k-1), \dots, y(k-s+1)$.

Коэффициенты ЧАКФ можно вычислить с помощью коэффициентов АКФ, используя следующие формулы:

$$\Phi_{11} = r(1), \Phi_{22} = \frac{r_2 - r_1^2}{1 - r_1^2}, \quad (\text{A.27})$$

$$\Phi_{ss} = \frac{r_s - \sum_{j=1}^{s-1} \Phi_{s-1,j} r_{s-j}}{1 - \sum_{j=1}^{s-1} \Phi_{s-1,j} r_j}, \quad (\text{A.28})$$

$$\Phi_{k,j} = \Phi_{k-1,j} - \Phi_k \Phi_{k-1,k-j}, \quad (\text{A.29})$$

где r_s – значения АКФ для s -го лага.

5. Диагностика моделей

На этом этапе проводится анализ качество модели, а именно выполняется проверка оцененных кандидатов на адекватность процесса. Диагностика состоит из следующих шагов:

– визуальный анализ графика погрешностей модели $e(k) = y(k) - \hat{y}(k)$, где $\hat{y}(k)$ – оценка переменной, полученная с помощью построенной модели. На графике не должно быть значительных выбросов и

⁴ Бидюк П.И., Зворыги Т.Ф. Структурный анализ методик построения регрессионных моделей по временным рядам наблюдений // [Электронный ресурс]. URL.: www.gmdh.net/articles/usim/Bidyuk.pdf

длинных интервалов, на которых погрешность принимает большое значение.

В случае применения рекурсивных методов оценивания наибольших погрешностей будет содержать переходный процесс, когда информационная матрица еще не содержит достаточного информации о процессе;

- погрешности модели не должны быть взаимозависимыми. Для анализа наличия корреляции между значениями погрешностей целесообразно вычислить АКФ и ЧАКФ для ряда $\{e(k)\}$ и с помощью Q-статистики определить степень коррелированности;

- проверка значимости оценок параметров модели. Для этого может быть использована статистика Стьюдента или t-статистика;

- коэффициент множественной детерминации R^2 :

$$R^2 = \frac{\text{var}(\hat{y})}{\text{var}(y)}, \quad (\text{A.30})$$

где $\text{var}(\hat{y})$ – дисперсия зависимой переменной, оцененной с помощью построенной модели; $\text{var}(y)$ – дисперсия измерений зависимой переменной;

сумма квадратов погрешностей для выбранной модели должна быть минимальной, т. е.

$$\sum_{k=1}^N e^2(k) = \sum_{k=1}^N [\hat{y}(k) - y(k)]^2 \rightarrow \min_{\hat{\theta}}, \quad (\text{A.31})$$

в сравнении со всеми другими моделями;

для оценки адекватности модели также используют информационный критерий Акайке:

$$AIC = N \ln\left(\sum_{k=1}^N e^2(k)\right) + 2n. \quad (\text{A.32})$$

6. Тесты на линейность и стационарность

Сейчас существует достаточно много методов и критериев, которые позволяют определить линейность и стационарность исследуемого процесса. В этом разделе будут рассмотрены некоторые из них.

Проверка процесса на стационарность (наличие тренда) при помощи теста Дики – Фуллера.

При определении наличия нестационарности, предлагается воспользоваться тестом Дики-Фуллера, который заключается в следующем: для определения присутствия единичного корня предложено воспользоваться тремя следующими уравнениями:

$$y(k) = \gamma y(k-1) + \varepsilon(k), \quad (\text{A.33})$$

$$y(k) = a_0 + \gamma y(k-1) + \varepsilon(k), \quad (\text{A.34})$$

$$y(k) = a_0 + \gamma y(k-1) + a_0 k + \varepsilon(k), \quad (\text{A.35})$$

где k – дискретное время. Дани уравнения отличаются наличием детерминированных членов a_0 и $a_2 k$ в уравнениях (A.34) и (A.35) соответственно. Уравнение (A.33) представляет собой модель случайного шага, второе включает сдвиг в виде константы a_0 , а третье включает смещение и детерминированный линейный временной тренд.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Основные показатели ПАО «Полюс» за 2016 - 2022 гг.

Показатели	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Запасы золота, т.	1814,4	1956,1	1842,7	1791,9	1741,0	1681,0	1607,3
Добыча золота, тыс. тр. унц.	1968	2160	2436	2841	2766	2717	2541
Средний коэффициент извлечения, %	83,9	83,4	80,8	82,3	83,8	82,7	81,8
Себестоимость золота, \$/унц	1287	364	348	365	362	405	504
Выручка, млрд. руб.	161,4	156,5	184,7	257,8	364,0	365,2	288,5
EBITDA, млрд. руб.	101,0	99,2	118,4	172,2	266,8	259,3	182,9
Чистая прибыль, млрд. руб.	93,7	72,2	28,2	124,2	119,2	166,9	111,9
CAPEX, млрд руб.	26,8	50,4	53,5	51,4	56,0	83,1	90,7
FCF/акцию, руб.	385,1	266,3	327,2	575,0	1105,0	120,7	24,3
Остаточная стоимость основных средств на конец года, млрд. руб.	178,2	230,7	258,5	289,8	313,6	355,8	359,3
Поступило основных средств за год, млрд. руб.	42,7	74,2	59,0	55,7	61,2	88,0	78,1
Доля бизнес-процессов предприятия, работающего на основе современных ИКТ, %	41,4	40,6	41,2	41,5	42,0	42,1	48,3
Общие денежные затраты на унцию (TCC), \$	389	364	348	365	371	405	519
Скорректированный показатель EBITDA, \$ млрд.	1,536	1,702	1,865	2,680	3,690	3,520	2,585
Рентабельность по скорректированному EBITDA, \$ млрд.	62,0	63,0	64,0	67,0	74,0	71,0	61,0
Снижение удельных выбросов парниковых газов, %	9,78	11,67	21,70	16,10	20,0	37,0	28,0
Доля повторно и многократно использованной воды, %	90,08	89,46	93,68	93,55	93,5	93,4	93,2
Объем утилизированных отходов, млн. тонн	196	178	222	280	235	251	827
Коэффициент частоты травматизма с потерей трудоспособности (LTIFR)	0,13	0,11	0,09	0,08	0,10	0,18	0,14

Число сотрудников, прошедших обучение в % от среднесписочной численности	62	86	68	93	104	110	110
Инвестиции в социальные проекты, \$ млн	37,0	42,6	33,6	47,3	50,6	64,2	72,6

Основные показатели «Цзыджин Майнинг» за 2018 - 2022 гг.

Показатели	2018	2019	2020	2021	2022
Запасы золота, т.	1728,0	1887,0	2334,0	2373,0	3117,0
Добыча золота, т	37,0	41,0	40,5	47,5	56,4
Средний коэффициент извлечения, %	90,9	91,3	91,8	92,4	93,1
Себестоимость реализации, юани/грамм	172,99	172,69	177,38	176,22	172,85
Доход от операции, млрд. юани.	106,0	136,1	171,5	225,1	270,3
EBITDA, млрд. руб.	118,4	172,2	266,8	259,3	182,9
Чистая прибыль, млрд. руб.	28,2	124,2	119,2	166,9	111,9
Поступило основных средств за год, млрд. юани.	34,1	38,6	48,6	55,6	72,7
Общие денежные затраты на унцию (TCC), \$	387	365	452	363	307
Скорректированный показатель EBITDA, \$ млрд.	1,844	2,943	3,690	5,441	6,482
Снижение удельных выбросов парниковых газов, %	22,40	23,10	17,8	16,0	13,4
Доля повторно и многократно использованной воды, %	91,86	91,29	92,8	92,0	94,3
Объем утилизированных отходов, млн. тонн	284	329	358	412	533
Коэффициент частоты травматизма с потерей трудоспособности (LTIFR)	0,73	0,89	0,33	0,30	0,29
Число сотрудников, прошедших обучение в % от среднесписочной численности	85	88	94	97	98
Инвестиции в социальные проекты, \$ млн	229,6	272,9	310,3	612,3	758,2

ПРИЛОЖЕНИЕ В**Список экспертов**

1. Протасов В.П., Главный геолог ЗАО УГРК «Уранцветметгеологоразведка».
2. Коротков Г.А., Зам. Генерального директора по финансам ЗАО УГРК «Уранцветметгеологоразведка».
3. Лихачева А.М., ведущий специалист производственного отдела ЗАО УГРК «Уранцветметгеологоразведка».
4. Лютягин Д.В., Генеральный директор ООО «Ансгар», образование высшее, окончил Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, канд. экон. наук.
5. Зюков В.А., Научный руководитель ООО «Ансгар», образование высшее, окончил Московский политехнический университет.
6. Карелин М.В., Ведущий научный сотрудник ООО «Ансгар», образование высшее, окончил Уральский Государственный Горный Университет.
7. Талбонов Баходур Мусоевич, старший геолог СТКООО «Апрелевка», образование высшее, окончил Таджикский Государственный национальный университет по специальности геология и разведка полезных ископаемых.
8. Рузиматов Разок Абдумамадович, старший маркшейдер СТКООО «Апрелевка», образование высшее, окончил Ташкентский политехнический институт по специальности горный инженер геофизик.

Описательная статистика ответов респондентов

1. Свод опросных листов экспертов

1. Мнение экспертов о весовых коэффициентах для расчета индекса развития в области **экономики** ($I_{\text{экон}}$)

Факторы	Эксперты								Средняя	Результаты проверки согласованности мнений экспертов $I_{\text{экон}}$			
	1	2	3	4	5	6	7	8		W	χ^2	$\chi^2_{\text{табл}}$	Степень согласованности
1. Объем производства золота	0,3	0,4	0,25	0,25	0,3	0,4	0,3	0,4	0,33	0,7	16,8	7,815	средняя
2. Общие денежные затраты (TSS)	0,4	0,25	0,15	0,4	0,15	0,3	0,3	0,2	0,27				
3. Скорректированная EBITDA	0,15	0,20	0,40	0,20	0,35	0,10	0,25	0,20	0,23				
45. Рентабельность по скорректированной EBITDA	0,15	0,15	0,20	0,15	0,20	0,20	0,15	0,20	0,18				
Итого	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				

На основании переформирования рангов строится новая матрица рангов:

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8
1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
2	2	1.5	1.5	1.5	2	1.5	1.5	1.5
3	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	1.5
4	1	1.5	1.5	1.5	1	1.5	1.5	3.5

Матрица рангов:

Факторы / Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	Сумма рангов	d	d ²
X_1	3.5	4	3	2.5	3.5	3.5	4	4	28	8	64
x_2	3.5	3	4	2.5	3.5	3.5	2.5	2	24.5	4.5	20.25
X_3	1	1.5	1.5	2.5	1.5	1.5	2.5	2	14	-6	36
X_4	2	1.5	1.5	2.5	1.5	1.5	1	2	13.5	-6.5	42.25
Σ	10	10	10	10	10	10	10	10	80		162.5

Где

$$d = \sum x_{ij} - \frac{\sum \sum x_{ij}}{n} = \sum x_{ij} - 20$$

Проверка правильности составления матрицы на основе исчисления контрольной суммы:

$$\sum x_{ij} = \frac{(1+n)n}{2} = \frac{(1+4)4}{2} = 10$$

Сумма по столбцам матрицы равны между собой и контрольной суммы, значит, матрица составлена правильно.

а) Анализ значимости исследуемых факторов.

В данном примере факторы по значимости распределились следующим образом:

Расположение факторов по значимости

Факторы	Сумма рангов
x4	13.5
x3	14
x2	24.5
x1	28

б) Оценка средней степени согласованности мнений всех экспертов.

Воспользуемся коэффициентом конкордации для случая, когда имеются связанные ранги (одинаковые значения рангов в оценках одного эксперта):

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2(n^3 - n) - m \cdot \sum T_i}$$

где $S = 198$, $n = 4$, $m = 8$

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum (t_l^3 - t_l)$$

L_i - число связок (видов повторяющихся элементов) в оценках i -го эксперта, t_l - количество элементов в l -й связке для i -го эксперта (количество повторяющихся элементов).

$$T_1 = [(2^3 - 2)]/12 = 0.5$$

$$T_2 = [(2^3 - 2)]/12 = 0.5$$

$$T_3 = [(2^3 - 2)]/12 = 0.5$$

$$T_4 = [(4^3 - 4)]/12 = 5$$

$$T_5 = [(2^3 - 2) + (2^3 - 2)]/12 = 1$$

$$T_6 = [(2^3 - 2) + (2^3 - 2)]/12 = 1$$

$$T_7 = [(2^3 - 2)]/12 = 0.5$$

$$T_8 = [(3^3 - 3)]/12 = 2$$

$$\sum T_i = 0.5 + 0.5 + 0.5 + 5 + 1 + 1 + 0.5 + 2 = 11$$

$$W = \frac{162.5}{\frac{1}{12} \cdot 8^2(4^3 - 4) - 8 \cdot 11} = 0.7$$

$W = 0.7$ говорит о наличии высокой степени согласованности мнений экспертов.

с) Оценка значимости коэффициента конкордации.

Для этой цели исчислим критерий согласования Пирсона:

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot mn(n+1) + \frac{1}{n-1} \cdot \sum T_i}$$

$$\chi^2 = \frac{196}{\frac{1}{12}8 \cdot 4(4+1) + \frac{1}{4-1}11} = 16.81$$

Вычисленный χ^2 сравним с табличным значением для числа степеней свободы $K = n-1 = 4-1 = 3$ и при заданном уровне значимости $\alpha = 0.05$

Так как χ^2 расчетный $16.81 \geq$ табличного (7.81473), то $W = 0.7$ - величина не случайная, а потому полученные результаты имеют смысл и будут использованы при расчете интегрального показателя устойчивого развития ЗДП.

Аналогично были рассчитаны мнения экспертов о весовых коэффициентах для расчета индекса развития в области технологий, экологии, социального развития, результаты проверки согласованности ответов экспертов приведены в таблицах ниже.

2. Мнение экспертов о весовых коэффициентах для расчета индекса развития в области индекс развития и в области **технологий** ($I_{\text{тех}}$)

Факторы	Эксперты								Средняя	Результаты проверки согласованности мнений экспертов $I_{\text{тех}}$			
	1	2	3	4	5	6	7	8		W	χ^2	$\chi^2_{\text{та бл}}$	Степень согласованности
1. Запасы золота	0,25	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,25	0,2	0,25	0,85	13,6	5,99	высокая
2. Средний коэффициент извлечения золота (Кизвл)	0,3	0,3	0,4	0,2	0,25	0,3	0,35	0,3	0,3				
3. Уровень обновления основных средств (Кобнов ОС)	0,25	0,2	0,2	0,2	0,05	0,3	0,2	0,3	0,21				
4. Уровень цифровизации (Кцифров)	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,24				
Итого	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00					

3. Мнение экспертов о весовых коэффициентах для расчета индекса развития в области индекс развития и в области **воздействия на окружающую среду** ($I_{\text{экол}}$)

Факторы	Эксперты								Средняя	Результаты проверки согласованности мнений экспертов			
	1	2	3	4	5	6	7	8		W	χ^2	$\chi^2_{\text{табл}}$	Степень согласованности
1. Коэффициент воздействия на климат ($K_{\text{климат}}$)	0,35	0,40	0,40	0,45	0,40	0,40	0,40	0,35	0,39	0,56	8,98	5,991	средняя
2. Коэффициент оборота воды ($K_{\text{вода}}$)	0,30	0,30	0,30	0,25	0,30	0,30	0,30	0,35	0,30				
3. объем утилизированных отходов ($K_{\text{отходы}}$)	0,35	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,31				
Итого	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00					

4. Мнение экспертов о весовых коэффициентах для расчета индекса развития в области индекс развития и в области **социального развития** ($I_{\text{соц}}$)

Факторы	Эксперты								Средняя	Результаты проверки согласованности мнений экспертов			
	1	2	3	4	5	6	7	8		W	χ^2	$\chi^2_{\text{табл}}$	Степень согласованности
1. $K_{\text{соц}}$ - инвестиции в социальные проекты	0,50	0,40	0,50	0,40	0,30	0,30	0,50	0,40	0,41	0,52	8,31	5,991	средняя
2. K_{LTIFRC} - коэффициент LTIFR	0,20	0,10	0,30	0,40	0,40	0,40	0,30	0,30	0,30				
3. $K_{\text{кадры}}$ - стабильность кадров	0,30	0,50	0,20	0,20	0,30	0,30	0,20	0,30	0,29				
Итого	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00					

5. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета **общего интегрального коэффициента устойчивости** золотодобывающего предприятия (ИУР).

Факторы	Эксперты								Средняя	Результаты проверки согласованности мнений экспертов			
	1	2	3	4	5	6	7	8		W	χ^2	$\chi^2_{\text{табл}}$	Степень согласованности
И _{экон} - индекс развития в области экономики	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,75	18,0	7,815	средняя
И _{тех} - индекс развития и в области технологий	0,25	0,20	0,20	0,20	0,25	0,20	0,20	0,20	0,21				
И _{экол} - индекс развития и в области воздействия на окружающую среду	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20	0,29				
И _{соц} - индекс в области социального развития	0,15	0,20	0,20	0,20	0,15	0,20	0,20	0,30	0,20				
Итого	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00					

Источник: рассчитано автором

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ 1

7. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экономика**» ($I_{\text{экон}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Запасы золота	0,20
2. Объем производства золота	0,30
3. Общие денежные затраты (TSS)	0,20
4. Скорректированная EBITDA	0,15
5. Рентабельность по скорректированной EBITDA	0,15
Итог	1,00

9. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экология**» $I_{\text{экол}}$

Факторы	Весовой коэффициент
1. Коэффициент воздействия на климат ($K_{\text{климат}}$)	0,35
2. Коэффициент оборота воды ($K_{\text{вода}}$)	0,30
3. Объем утилизированных отходов ($K_{\text{отходы}}$)	0,35
Итог	1,00

8. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Технологии**» ($I_{\text{тех}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Средний коэффициент извлечения золота ($K_{\text{извл}}$)	0,50
2. Уровень обновления основных средств ($K_{\text{обнов ОС}}$)	0,30
3. Прирост основных средств ($K_{\text{доп}}$)	0,20
Итог	1,00

10. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Социальное развитие**» ($I_{\text{соц}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. $K_{\text{соц}}$ - инвестиции в социальные проекты	0,50
2. K_{LTIFRC} - коэффициент LTIFR	0,20
3. $K_{\text{кадры}}$ - стабильность кадров	0,30
Итог	1,00

11. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета **общего интегрального коэффициента устойчивости** золотодобывающего предприятия ($I_{\text{УР}}$).

Факторы	Весовой коэффициент
$I_{\text{экон}}$ - индекс развития в области экономики	0,30
$I_{\text{тех}}$ - индекс развития в области технологий	0,25
$I_{\text{экол}}$ - индекс развития в области воздействия на окружающую среду	0,30
$I_{\text{соц}}$ - индекс в области социального развития	0,15
Итог	1,00

Главный геолог ЗАО УГРК
«Уранцветметгеологоразведка»



Протасов В.П.

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ 2

12. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экономика**» ($I_{\text{экон}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Запасы золота	0,20
2. Объем производства золота	0,20
3. Общие денежные затраты (TSS)	0,25
4. Скорректированная EBITDA	0,20
5. Рентабельность по скорректированной EBITDA	0,15
Итог	1,00

14. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экология**» $I_{\text{экол}}$

Факторы	Весовой коэффициент
1. Коэффициент воздействия на климат ($K_{\text{климат}}$)	0,40
2. Коэффициент оборота воды ($K_{\text{вода}}$)	0,30
3. объем утилизированных отходов ($K_{\text{отходы}}$)	0,30
Итог	1,00

13. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Технологии**» ($I_{\text{тех}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Средний коэффициент извлечения золота ($K_{\text{извл}}$)	0,40
2. Уровень обновления основных средств ($K_{\text{обнов ОС}}$)	0,40
3. Прирост основных средств ($K_{\text{дос}}$)	0,20
Итог	1,00

15. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Социальное развитие**» ($I_{\text{соц}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. $K_{\text{соц}}$ - инвестиции в социальные проекты	0,40
2. K_{LTIFRc} - коэффициент LTIFR	0,10
3. $K_{\text{кадры}}$ - стабильность кадров	0,50
Итог	1,00

16. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета **общего интегрального коэффициента устойчивости** золотодобывающего предприятия (**ИУР**).

Факторы	Весовой коэффициент
$I_{\text{экон}}$ - индекс развития в области экономики	0,30
$I_{\text{тех}}$ - индекс развития в области технологий	0,20
$I_{\text{экол}}$ - индекс развития в области воздействия на окружающую среду	0,30
$I_{\text{соц}}$ - индекс в области социального развития	0,20
Итог	1,00

Зам. Генерального директора
по финансам ЗАО УГРК
«Уранцветметгеологоразведка»



Коротков Г.А.

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ 3

17. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экономика**» ($I_{\text{экон}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Запасы золота	0,20
2. Объем производства золота	0,25
3. Общие денежные затраты (TSS)	0,15
4. Скорректированная EBITDA	0,20
5. Рентабельность по скорректированной EBITDA	0,20
Итог	1,00

19. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экология**» $I_{\text{экол}}$

Факторы	Весовой коэффициент
1. Коэффициент воздействия на климат ($K_{\text{климат}}$)	0,40
2. Коэффициент оборота воды ($K_{\text{вода}}$)	0,30
3. объем утилизированных отходов ($K_{\text{отходы}}$)	0,30
Итог	1,00

18. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Технологии**» ($I_{\text{тех}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Средний коэффициент извлечения золота ($K_{\text{извл}}$)	0,60
2. Уровень обновления основных средств ($K_{\text{обнов ОС}}$)	0,20
3. Прирост основных средств ($K_{\text{дог}}$)	0,20
Итог	1,00

20. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Социальное развитие**» ($I_{\text{соц}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. $K_{\text{соц}}$ - инвестиции в социальные проекты	0,50
2. K_{LTIFRc} - коэффициент LTIFR	0,30
3. $K_{\text{кадры}}$ - стабильность кадров	0,20
Итог	1,00

21. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета **общего интегрального коэффициента устойчивости** золотодобывающего предприятия (**ИУР**).

Факторы	Весовой коэффициент
$I_{\text{экон}}$ - индекс развития в области экономики	0,30
$I_{\text{тех}}$ - индекс развития и в области технологий	0,20
$I_{\text{экол}}$ - индекс развития и в области воздействия на окружающую среду	0,30
$I_{\text{соц}}$ - индекс в области социального развития	0,20
Итог	1,00

Ведущий специалист производственного
отдела ЗАО УГРК
«Уранцветметгеологоразведка»



A. Muf

Лихачева А.М.

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ 4

1. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экономика**» ($I_{\text{экон}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Запасы золота	0,25
2. Объем производства золота	0,25
3. Общие денежные затраты (TSS)	0,15
4. Скорректированная EBITDA	0,20
5. Рентабельность по скорректированной EBITDA	0,15
Итог	1,00

2. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Технологии**» ($I_{\text{тех}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Средний коэффициент извлечения золота ($K_{\text{извл}}$)	0,40
2. Уровень обновления основных средств ($K_{\text{обнов ОС}}$)	0,40
3. Прирост основных средств ($K_{\text{доп}}$)	0,20
Итог	1,00

3. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экология**» ($I_{\text{экол}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Коэффициент воздействия на климат ($K_{\text{климат}}$)	0,45
2. Коэффициент оборота воды ($K_{\text{вода}}$)	0,25
3. Объем утилизированных отходов ($K_{\text{отходы}}$)	0,30
Итог	1,00

4. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Социальное развитие**» ($I_{\text{соц}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. $K_{\text{соц}}$ - инвестиции в социальные проекты	0,40
2. K_{LTIFRc} - коэффициент LTIFR	0,40
3. $K_{\text{кадры}}$ - стабильность кадров	0,20
Итог	1,00

5. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета **общего интегрального коэффициента устойчивости** золотодобывающего предприятия (**ИУР**).

Факторы	Весовой коэффициент
$I_{\text{экон}}$ - индекс развития в области экономики	0,30
$I_{\text{тех}}$ - индекс развития в области технологий	0,20
$I_{\text{экол}}$ - индекс развития в области воздействия на окружающую среду	0,30
$I_{\text{соц}}$ - индекс в области социального развития	0,20
Итог	1,00

Зам. Генерального директора
ООО Финпромминвент

Подпись



Долежаев Д.И.

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ 5

6. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экономика**» ($I_{\text{экон}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Запасы золота	0,30
2. Объем производства золота	0,30
3. Общие денежные затраты (TSS)	0,40
4. Скорректированная EBITDA	1,00
5. Рентабельность по скорректированной EBITDA	0,30
Итог	1,00

8. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экология**» $I_{\text{экол}}$

Факторы	Весовой коэффициент
1. Коэффициент воздействия на климат ($K_{\text{климат}}$)	0,40
2. Коэффициент оборота воды ($K_{\text{вода}}$)	0,30
3. Объем утилизированных отходов ($K_{\text{отходы}}$)	0,30
Итог	1,00

7. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Технологии**» ($I_{\text{тех}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Средний коэффициент извлечения золота ($K_{\text{извл}}$)	0,30
2. Уровень обновления основных средств ($K_{\text{обнов ОС}}$)	0,30
3. Прирост основных средств ($K_{\text{доп}}$)	0,40
Итог	1,00

9. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Социальное развитие**» ($I_{\text{соц}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. $K_{\text{соц}}$ - инвестиции в социальные проекты	0,30
2. K_{LTIFR} - коэффициент LTIFR	0,40
3. $K_{\text{кадры}}$ - стабильность кадров	0,30
Итог	1,00

10. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета **общего интегрального коэффициента устойчивости** золотодобывающего предприятия ($I_{\text{ИУР}}$).

Факторы	Весовой коэффициент
$I_{\text{экон}}$ - индекс развития в области экономики	0,30
$I_{\text{тех}}$ - индекс развития в области технологий	0,20
$I_{\text{экол}}$ - индекс развития в области воздействия на окружающую среду	0,30
$I_{\text{соц}}$ - индекс в области социального развития	0,20
Итог	1,00

Начальник аналитического
отдела ООО Финпроминвест



Чернов И.З.

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ 6

11. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экономика**» ($I_{\text{экон}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Запасы золота	0,20
2. Объем производства золота	0,30
3. Общие денежные затраты (TSS)	0,20
4. Скорректированная EBITDA	0,10
5. Рентабельность по скорректированной EBITDA	0,20
Итог	1,00

13. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экология**» $I_{\text{экол}}$

Факторы	Весовой коэффициент
1. Коэффициент воздействия на климат ($K_{\text{климат}}$)	0,40
2. Коэффициент оборота воды ($K_{\text{вода}}$)	0,30
3. объем утилизированных отходов ($K_{\text{отходы}}$)	0,30
Итог	1,00

12. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Технологии**» ($I_{\text{тех}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Средний коэффициент извлечения золота ($K_{\text{извл}}$)	0,50
2. Уровень обновления основных средств ($K_{\text{обнов ОС}}$)	0,30
3. Прирост основных средств ($K_{\text{дос}}$)	0,20
Итог	1,00

14. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Социальное развитие**» ($I_{\text{соц}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. $K_{\text{соц}}$ - инвестиции в социальные проекты	0,30
2. K_{LTIFRC} - коэффициент LTIFR	0,40
3. $K_{\text{кадры}}$ - стабильность кадров	0,30
Итог	1,00

15. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета **общего интегрального коэффициента устойчивости** золотодобывающего предприятия ($I_{\text{УР}}$).

Факторы	Весовой коэффициент
$I_{\text{экон}}$ - индекс развития в области экономики	0,30
$I_{\text{тех}}$ - индекс развития в области технологий	0,20
$I_{\text{экол}}$ - индекс развития в области воздействия на окружающую среду	0,30
$I_{\text{соц}}$ - индекс в области социального развития	0,20
Итог	1,00

Ведущий специалист
аналитического отдела
ООО Финпроминвест



Захарова К.В.

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ 7

6. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экономика**» ($I_{\text{экон}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Запасы золота	0,25
2. Объем производства золота	0,30
3. Общие денежные затраты (TSS)	0,15
4. Скорректированная EBITDA	0,15
5. Рентабельность по скорректированной EBITDA	0,15
Итог	1,00

8. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экология**» $I_{\text{экол}}$

Факторы	Весовой коэффициент
1. Коэффициент воздействия на климат ($K_{\text{климат}}$)	0,40
2. Коэффициент оборота воды ($K_{\text{вода}}$)	0,30
3. объем утилизированных отходов ($K_{\text{отходы}}$)	0,30
Итог	1,00

7. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Технологии**» ($I_{\text{тех}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Средний коэффициент извлечения золота ($K_{\text{извл}}$)	0,30
2. Уровень обновления основных средств ($K_{\text{обнов ОС}}$)	0,25
3. Прирост основных средств ($K_{\text{доп}}$)	0,25
Итог	1,00

9. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Социальное развитие**» ($I_{\text{соц}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. $K_{\text{соц}}$ - инвестиции в социальные проекты	0,50
2. K_{LTIFRC} - коэффициент LTIFR	0,30
3. $K_{\text{кадры}}$ - стабильность кадров	0,20
Итог	1,00

10. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета **общего интегрального коэффициента устойчивости** золотодобывающего предприятия (**ИУР**).

Факторы	Весовой коэффициент
$I_{\text{экон}}$ - индекс развития в области экономики	0,30
$I_{\text{тех}}$ - индекс развития в области технологий	0,20
$I_{\text{экол}}$ - индекс развития в области воздействия на окружающую среду	0,30
$I_{\text{соц}}$ - индекс в области социального развития	0,20
Итог	1,00

Старший геолог
СТКООО «Апрелевка»



Талбонов Б.Л.

ОПРОСНЫЙ ЛИСТ 8

11. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экономика**» ($I_{\text{экон}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Запасы золота	0,20
2. Объем производства золота	0,30
3. Общие денежные затраты (TSS)	0,20
4. Скорректированная EBITDA	0,10
5. Рентабельность по скорректированной EBITDA	0,20
Итог	1,00

13. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Экология**» $I_{\text{экол}}$

Факторы	Весовой коэффициент
1. Коэффициент воздействия на климат ($K_{\text{климат}}$)	0,35
2. Коэффициент оборота воды ($K_{\text{вода}}$)	0,35
3. объем утилизированных отходов ($K_{\text{отходы}}$)	0,30
Итог	1,00

12. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Технологии**» ($I_{\text{тех}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. Средний коэффициент извлечения золота ($K_{\text{извл}}$)	0,40
2. Уровень обновления основных средств ($K_{\text{обнов ОС}}$)	0,40
3. Прирост основных средств ($K_{\text{доп}}$)	0,20
Итог	1,00

14. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета индекса развития по блоку «**Социальное развитие**» ($I_{\text{соц}}$)

Факторы	Весовой коэффициент
1. $K_{\text{соц}}$ - инвестиции в социальные проекты	0,40
2. K_{LTIFRC} - коэффициент LTIFR	0,30
3. $K_{\text{кадры}}$ - стабильность кадров	0,30
Итог	1,00

15. Мнение эксперта о весовом коэффициенте для расчета **общего интегрального коэффициента устойчивости** золотодобывающего предприятия (**ИУР**).

Факторы	Весовой коэффициент
$I_{\text{экон}}$ - индекс развития в области экономики	0,30
$I_{\text{тех}}$ - индекс развития и в области технологий	0,20
$I_{\text{экол}}$ - индекс развития и в области воздействия на окружающую среду	0,20
$I_{\text{соц}}$ - индекс в области социального развития	0,30
Итог	1,00

Старший маркшейдер
СТКООО Апрельевка»

Рузматов Р.А.