

MPHTI 06.58.01

JEL Classification: D61

DOI: <https://doi.org/10.52821/2789-4401-2024-3-100-113>

АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗОЛОДОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАЗАХСТАНА: ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ МАЛОЗОЛЬНЫХ РУД

А. М. Кожекенова^{1*}, Р. К. Елшибаев¹, Г. Е. Жунисбекова¹

¹ Университет Нархоз, Алматы, Республика Казахстан

АННОТАЦИЯ

Цель исследования является анализ и определение перспектив развития золотодобывающей промышленности Республики Казахстан с акцентом на применение технологии предварительного обогащения малозольных руд, а также проведение математического моделирования для оптимизации процессов обогащения и повышения эффективности добычи.

Методологической основой настоящего исследования является проведение системного анализа с использованием теоретических и эмпирических методов, а также количественных методов исследования. Методика и методология корреляционного анализа предполагают расчет и прогнозирование не только значений коэффициентов корреляции, но и обязательную проверку их статистической значимости.

Оригинальность / ценность исследования заключаются в его методологической оценке и выявлении перспектив применения технологии предварительного обогащения руды с низким содержанием золота в сфере золотодобывающей промышленности. Акцент делается на системном анализе, использовании теоретических и эмпирических методов, а также количественных методов исследования. Все это придает исследованию значимость и практическую применимость в области развития золотодобывающей промышленности.

Результаты исследования. Проанализированы исторические изменения спроса и предложения золота в Казахстане. Рассмотрены динамика добычи золота в стране за 2022 год и изменения в добыче золотосодержащих руд. Изучены валовые международные резервы Казахстана и их связь с деятельностью золотодобывающей отрасли. Проанализирован экспорт и импорт золота в Казахстане и их влияние на баланс внешней торговли. Проведен корреляционный анализ влияющих факторов на золотодобывающую отрасль. Выбраны прямые и косвенные факторы, оказывающие влияние на золотодобывающую отрасль. Проанализированы взаимосвязи и корреляции между выбранными переменными. Предоставлены прогнозы по объемам ключевых факторов, влияющих на золотодобывающую отрасль в Казахстане. Определены потенциальные тенденции развития отрасли в будущем. Обобщенные результаты исследования предоставляют ценную информацию о состоянии и перспективах золотодобывающей отрасли в Казахстане, а также помогают сформировать основу для принятия решений в этой области.

Ключевые слова: Эффективность, золотодобывающая отрасль, обогащения руды, Казахстан, инновация, промышленность.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Рудные месторождения с низким содержанием золота представляют собой серьезные проблемы для горнодобывающих предприятий. Эффективная добыча и обогащение таких руды требуют разработки инновационных технологий и методов. В данной статье рассмотрена технологии предварительного обогащения руды с использованием различных методов в качестве обоснованного решения данной проблемы.

Как всем известно, возможности выявления месторождений золота, которые легко обнаруживаются и разведываются с низкими затратами, на сегодняшний момент ограничены. Поэтому в последние годы

в разведку были включены месторождения золотосодержащей руды и глубоко залегающие россыпи, требующие высоких затрат на разведку и значительных инвестиций для их промышленного освоения. В результате большое значение имеют начальные этапы геологоразведочного процесса – стадии предварительной геологоразведки, в ходе которых уточняются масштабы объекта, дается промышленная предварительная оценка и рекомендации относительно его детального изучения.

Цель данного исследования состоит в проведении методологической оценки эффективности и перспектив применения технологии предварительного обогащения руды с низким содержанием золота в золотодобывающей промышленности. Основной упор делается на выявление технологических, экономических и экологических преимуществ данной методики, а также анализ текущего состояния и перспектив развития золотодобывающей отрасли. В рамках исследования также проводится корреляционно-регрессионный анализ факторов, влияющих на развитие золотодобывающей отрасли в Казахстане, с акцентом на факторы, связанные с применением инновационных технологий обогащения руды.

Методологической базой исследования является проведение системного анализа, использование теоретических и эмпирических методов исследования, также количественных методов. Методика и методология корреляционного анализа рассчитывает и прогнозирует, не просто данные коэффициентов корреляции, но и обязательную проверку их значимости, в основе которой находятся принципы проверки статистических данных, построение интервальных оценок коэффициентов корреляции. Корреляционный анализ не позволяет определить форму связи между переменными и предсказывать значения одной зависимой переменной по одной или нескольким независимым. Для этого, например, для

Литературный обзор. Увеличение объемов переработки и ухудшение качества руд сопровождаются существенными изменениями в технологических процессах обогащения. Эти изменения обусловлены не только увеличением объемов, но и усложнением характеристик руды, требующей применения более сложных и эффективных методов обработки. В результате возникает необходимость в использовании более сложного оборудования и разнообразных реагентов. Несмотря на повышение единичной производительности оборудования, общая себестоимость производства концентратов неуклонно растет.

Проблемам теории методического обеспечения, процесса исследований обогатимости, а также создания усовершенствованных методов радио метрического обогащения относятся значительные усилия как отечественных, так и зарубежных ученых. Среди российских исследователей, чьи работы внесли значительный вклад в данную область, можно выделить труды следующих ученых Е. Н. Шумская, А. С. Сизых, В. Л. Яковлев, Б. В. Комогорцев, А. А. Вареничев, Е. Н. Гулина, А. А. Волкова, Г. В. Плаксина, Г. Р. Гольбека, В. Д. Горошко, В. В. Зверева, Б. С. Лагова, В. А. Лилеева, Э. Г. Литвинцева, Е. И. Крапивского, Е. П. Лемана, А. С. Петрова, В. И. Ревнивцева, О. Н. Тихонова, Т. Г. Рыбаковой, И. Н. Остроумова, А. П. Татарникова, О. А. Архипова, Ю. О. Федорова [2].

Зарубежные авторы, такие как А. Azarian [3], V. Pohrebennyk [4], D. Kaplunov [5], M. E. Wilson, E. Lee [6], также внесли значительный вклад в разработку теории и методологии процессов радиометрического обогащения. Их работы представляют собой важные научные исследования, способствующие более глубокому пониманию и совершенствованию радиометрических методов в контексте обогащения руды.

В работах выдающихся ученых, таких как Д. Р. Каплунов, М. В. Рыльникова, Д. Н. Радченко, А. М. Труфанов, С. И. Евдокимов, Т. Е. Герасименко, Б. Н. Кравец, И. М. Верховский, Б. Г. Егизаров, Ю. О. Федоров, А. В. Корончевский, В. М. Коновалов, В. А. Короткевич, Г. В. Малахов, Б. В. Невский, В. В. Новиков, А. Р. Соцкий, Л. П. Старчик, С. А. Балдин, А. П. Чернов, обширно рассмотрены вопросы, касающиеся разработки радиометрических сепараторов. В их трудах подробно рассматриваются результаты испытаний этих устройств и их практическое применение [7].

Эти исследователи внесли существенный вклад в технологическую область разработки и оптимизации радиометрических сепараторов, предоставив ценные научные данные и методологии. Их работы охватывают как теоретические аспекты функционирования сепараторов, так и результаты эмпирических испытаний, что дает полное представление о перспективах и эффективности использования данных технологий в практике обогащения руды.

Казахстанские ученые, как Б. Н. Сурымбаев [8], Г. Ж. Абдыкадырова [9], Ф. М. Исатаева, А. С. Туймебаев, К. Г. Балабекова [10] и др. известные авторы рассматривали перспективы развития и совершенствование технологий обогащения золотосодержащего рудного и техногенного сырья.

Оценка радиометрической обогатимости руд и разработка технологий, использующих радиометрическое обогащение для различных полезных ископаемых, являлись предметом исследований ряда выдающихся ученых. Среди них следует выделить Г. И. Аржанникова, В. А. Белякова, С. А. Богидаева, А. Ю. Большакова, В. А. Бочарова, А. И. Горшкова, В. И. Ершова. Однако, несмотря на значительный вклад вышеназванных ученых, они не рассмотрели аспекты, связанные с применением технологий предварительного обогащения руды с низким содержанием золота в контексте золотодобывающей промышленности Республики Казахстан. В настоящем исследовании проведен анализ и определены перспективы применения этих технологий, включая математическое моделирование для оптимизации процессов обогащения, что позволяет получить более полное представление о возможностях и эффективности данных методов в условиях казахстанских месторождений.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проблема низкого содержания золота в руде. Рудные месторождения с низким содержанием золота создают вызов для горнодобывающей промышленности, так как более высокие затраты на развитие и обогащение могут привести к снижению прибыльности проекта. Поэтому разработка методов и технологий, способных повысить эффективность и усовершенствовать такие руды, становится важной стороной.

В третьей золотодобывающей сфере Казахстана следует отметить увеличение доли коренного золота в ходе добычи металла. Это происходит на фоне истощения богатых месторождений россыпного золота, что обусловило не только изменением геологической структуры месторождений, но и значительным интересом к добычам.

Одним из перспективных направлений в области переработки минерального сырья является использование передовых технологий обогащения с применением радиометрических методов. Эти методы достигают своей эффективности уже на стадии крупного или среднего дробления, что позволяет извлекать материал со сниженным содержанием нежелательных компонентов и повышенным содержанием полезных элементов. Это обеспечивает более эффективную и экономичную переработку минерального сырья, а также сокращение отвальных отходов, что является обязательным аспектом в современной горнодобывающей промышленности.

Моделирование позволяет оценить изменение дополнительных затрат на перераспределение и влияние на показатели эффективности золотодобывающих организаций. С помощью модели «добыча – предварительное обогащение – обогатительно – металлургическое (химико – металлургическое) перераспределение» (конечный продукт «металл медведь») оценивается эффективность технологии предварительного обогащения и внедрения для отрасли цветной металлургии, перерабатывающих руды на месторождениях золота.

Добыча золоторуды в Республике Казахстан занимает особую позицию в промышленности в целом и экономики региона. В мировом рейтинге Казахстан находится на 10 месте по запасам золота, а по добыче ценных металлов на 25-ой позиций. Государственный баланс в общей сумме рассматривает ресурсы 237 объектов. По объему запаса лидируют регионы северного, восточного и центрального Казахстана [12].

Данные World Gold Council указывают на то, что с 2014 года предложение золота превышает его спрос. Ключевым фактором, влияющим на снижение спроса, стало значительное падение использования золота в 2020 году вследствие пандемии коронавируса, которая привела к приостановке деятельности многих сфер, включая ювелирную промышленность. Использование золота в этот период упало более чем на 40 %.

Однако, ситуация начала изменяться к 2022 году, когда спрос и предложение практически выровнялись. Это произошло благодаря возросшему спросу на золото со стороны центральных банков и других институтов, который увеличился в 2,4 раза. Этот показатель стал рекордным с 2010 года.

Необходимо отметить, что в последние годы наблюдается уменьшение инвестиций в горнодобывающий сектор золота в масштабах всей планеты. Это явление обусловлено отсутствием открытия новых крупных месторождений после 2017 года. Подобное сокращение инвестиций может оказать су-

щественное воздействие на перспективы предложения золота в будущем. В тоже время, в параллель с глобальным ростом ценового давления, заметно возрастает себестоимость добычи из-за постепенного истощения запасов золотых рудников. Этот процесс приводит к постепенной стагнации глобальной добычи золота, что ограничивает предложение на рынке. В случае, если в перспективе не будут обнаружены новые месторождения, а золотодобывающие предприятия не предпримут мер по повышению своей рентабельности, возможен сценарий, при котором предложение золота сохранится на ограниченном уровне. Это, в свою очередь, в условиях увеличивающегося спроса может вызвать последующий значительный рост цен.

Согласно последним данным, основная доля золота, имеющегося в странах мира, используется в следующих процентных соотношениях: 47 % направляется на производство ювелирных изделий, 25 % на изготовление монет и инвестиций, и 21 % выделяется на формирование резервов центральных банков. Значительное изменение восприятия золота произошло с началом пандемии и увеличением стоимости многих природных ископаемых. Исторические изменения спроса и предложения золота рассмотрено на рисунках 1 и 2.

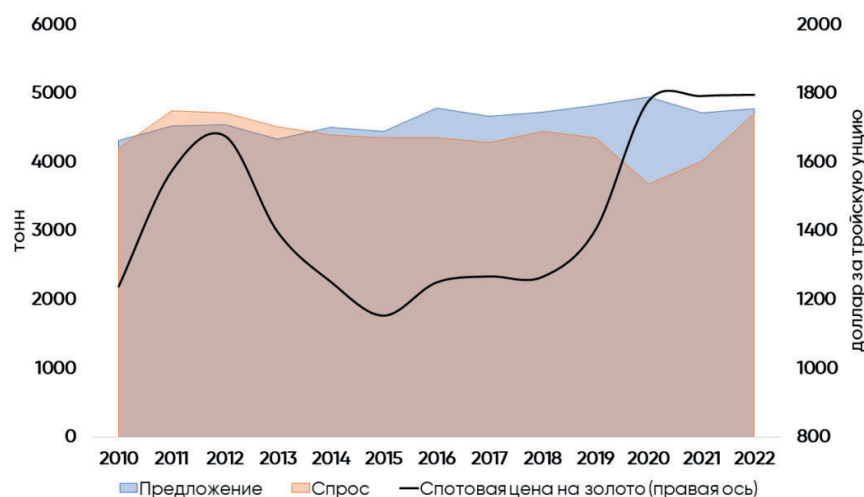


Рисунок 1 – Исторические изменения спроса и предложения золота

Примечание – источник [13].

В свете вышеизложенного мы приходим к выводу, что в текущем году мировые центральные банки будут продолжать увеличивать свои золотовалютные резервы. Это в сочетании с нарастающей инвестиционной привлекательностью золота, вероятно, приведет к ситуации, при которой спрос, по всей видимости, превысит предложение к концу года. Изображение 2 отражает мировой спрос и предложение золота по данным за первый квартал 2023 года. Согласно им, месторождения золотосодержащих руд обнаружены в 120 странах по всему миру. Среднее содержание золота в руде составляет приблизительно 3,39 грамма на тонну. Мировые запасы золота, по данным Gold Fields Mineral Services, оцениваются в 100 тысяч тонн, из которых подтверждены почти 50 тысяч тонн. Десять стран мира контролируют 70 % общемировых запасов, включая Казахстан, доля которого составляет 3 % от общего объема мировых запасов.

В контексте добычи золота следует отметить, что 80 % мирового объема этого драгоценного металла производится в 19 странах. Казахстан занимает шестое место в данном списке, при этом его вклад в общемировую добычу составляет 6 %. Лидерами в сфере добычи золота в последние годы являются Китай, Австралия и Россия. Совокупно эти страны ответственны за треть общемировой добычи, причем каждая из них превосходит Казахстан в этом аспекте более чем в 2,5 раза. На остальные страны мира приходится 20 % общего объема добычи (Рисунок 3).



Рисунок 2 – Мировой спрос и предложение золота по данным за 1 квартал 2023
Примечание – источник [14].

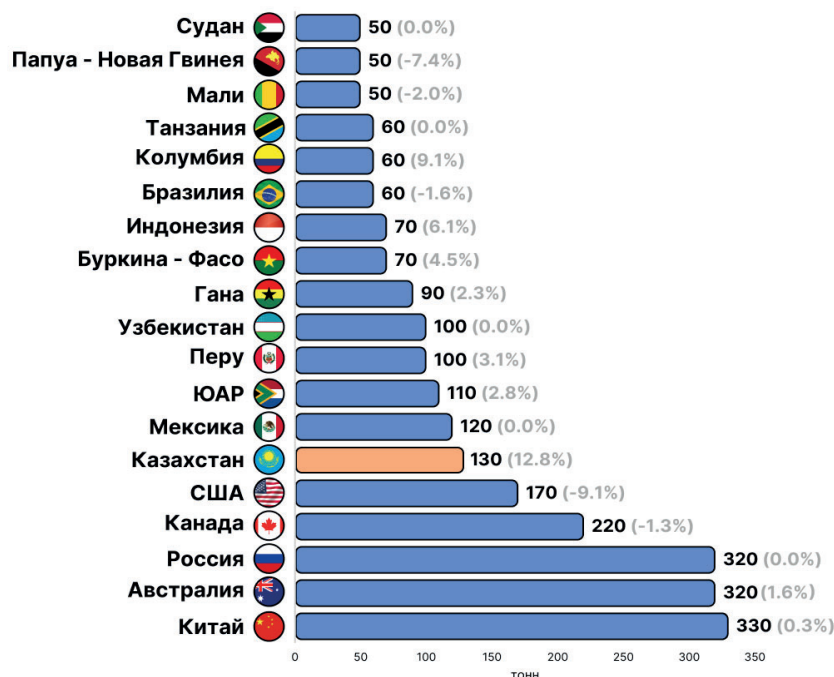


Рисунок 3 – Добыча золота в 2022 году, тонн
Примечание – источник [15].

Производство аффинированного золота в Казахстане в результате 2022 года составило более 74 тонн (+9,9 %), что представляет собой рекордный показатель за последние годы. «Polymetal», «Казцинк» и «Алтыналмас» занимают ведущие позиции среди производителей золота в Республике Казахстан, вместе они производят более 60 % общего объема драгоценного металла в стране. Согласно информации, предоставленной Министерством индустрии и инфраструктурного развития, аффинажные заводы в Казахстане имеют статус Good Delivery на Лондонской бирже металлов. Этот статус свидетельствует о высоком уровне технологического производства на соответствующих предприятиях (Рисунок 4).

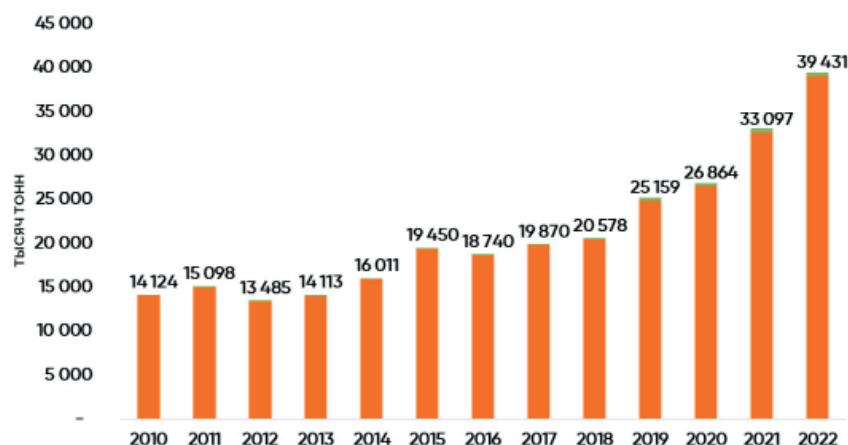


Рисунок 4 – Динамика добычи золотосодержащих руд в Казахстане

Примечание – источник [14].

Большая часть золота, полученного Казахстаном, затем использовалась в качестве резервных активов (что составляло около 90 % от общего объема). Таким образом, согласно результатам Национального банка, за первый квартал текущего года, размер золотовалютных резервов оценивается в 36,2 миллиарда долларов США (+8,1 %, по сравнению с прошлым годом), из которых золото составляет 58,3 % (68,7 % годом ранее), а сумма – 21,11 миллиарда долларов США; валютная часть резерва составляет 15,09. Снижение золотых резервов Казахстана связано с намерением регулятора продавать золото на внешних рынках для улучшения диверсификации и сбалансированности распределения золотых активов (Рисунок 5).

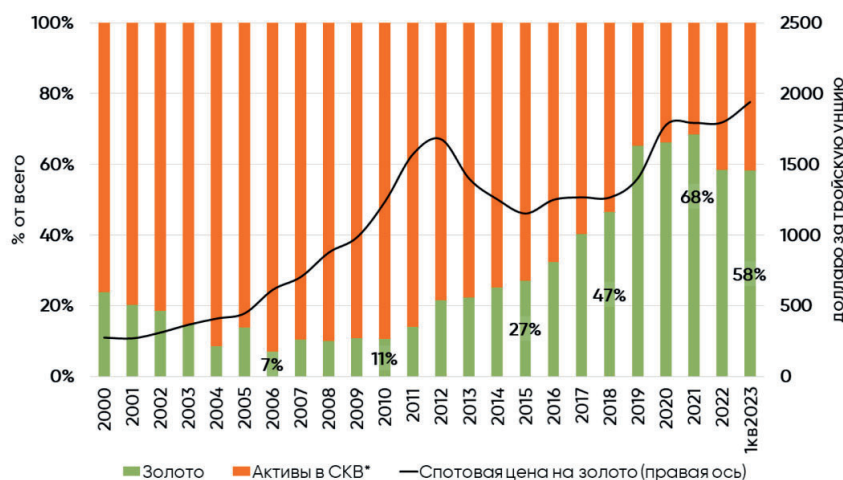


Рисунок 5 – Валовые международные резервы Казахстана

Примечание – источник [14].

Часть золота в рамках плана продажи и выкупа рафинированных золотых слитков, запущенного Национальным банком в 2017 году, покупается населением. В первом квартале граждане приобрели более 330 килограммов золотых слитков, что на 6 % больше, чем за аналогичный период прошлого года. Из них 175 килограммов было куплено в марте, что является самым высоким показателем для золотых слитков, проданных за один месяц. Одной из причин такого рекордного роста продаж стало одновременное банкротство трех крупных банков США, что вызвало панику на мировых фондовых и сырьевых рынках.

Кроме того, как видно из рисунка 6, экспорт и импорт золота в Казахстане также опережают экспорт золота: в 2022 году было продано 4,6 тонны золота (+6,1 % по сравнению с 2021 годом) на сумму 83,9 млн. тг. Казахстанское золото закупается в Кыргызстане (2,3 тонны), России (2,2 тонны), Узбекистане (0,1 тонны), Великобритании и Турции.

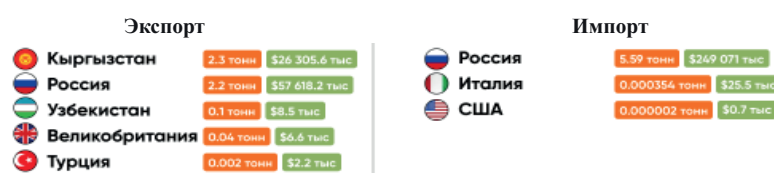


Рисунок 6 – Экспорт и импорт золота в Казахстане
Примечание – источник [14].

Для Казахстана растущие цены на золото положительно отражаются на развитии экономике за счет ускоряющейся деловой активности в золотодобывающей отрасли.

Добыча золота осуществляется как на поверхности, например, открытым способом или россыпями, так и под землей. В настоящее время существует несколько процессов извлечения золота, основными из которых являются гравитационное обогащение, флотация, пирометаллургия и гидрометаллургия (цианирование). Тем не менее, некоторые небольшие шахты в странах третьего мира используют амальгамацию с ртутью из-за ее простоты, но, поскольку это очень токсичный процесс и имеет низкую производительность, он больше не используется широко. На мировом уровне цианирование является стандартным методом, используемым для извлечения большей части добываемого сегодня золота, включая резервуарное выщелачивание с перемешиванием, кучное выщелачивание и адсорбционное извлечение углерода (углерод в пульпе, углерод в выщелачивании, углерод в колонне). Тем не менее добыча золота хоть и является не безопасным для экологии страны процессом, для развития экономики в свою очередь имеет важную и значительную роль. В ходе исследования по золотодобывающей отрасли в стране нужно определить ряд факторов, которые влияют на рост производительности золота. Для этого необходимо применить математический метод, а именно корреляционно – регрессионный анализ для выявления наиболее влияющих факторов виде переменных на развития золотодобывающей отрасли количественных переменных применяется линейный регрессионный анализ.

Для обозначений переменных корреляционного анализа было выбрано ряд прямых и косвенных факторов влияющие на золотодобывающую отрасль Казахстана.

Y – Золото в необработанном и полу обработанном или порошкообразном виде, кг.

X1 – Цена золота за грамм, тг.

X2 – Объем продукции (товаров, услуг) в действующих ценах в разрезе регионов, тыс.тг.

X3 – Затраты на инновационные продукцию промышленности, млн.тг.

X4 – Затраты на технологические инновации в обрабатывающей промышленности, млн.тг.

X5 – Уровень инновационной активности предприятий и организаций по технологическим инновациям, %.

X6 – Занятость по основным экономическим услугам, промышленность, тыс. человек.

X7 – Инвестиции в основной капитал, горнодобывающая промышленность и разработка карьеров, млн.тг.

X8 – Внешнеторговый оборот, млн. долларов США.

X9 – Налоги на использование ресурсов, тыс.тг.

Цель исследования: Определить факторы, влияющие на развитие золотодобывающей отрасли Казахстана. Результаты корреляционного исследования факторов влияния были представлены в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Результаты факторов корреляционного анализа

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
Y	1									
X1	0,9495	1								
X2	0,9083	0,9118	1							
X3	0,5694	0,5066	0,4394	1						
X4	0,4898	0,4138	0,3801	0,9891	1					
X5	0,9296	0,8617	0,8771	0,6357	0,5674	1				
X6	0,8054	0,6617	0,6889	0,6069	0,5723	0,8681	1			
X7	0,9098	0,8005	0,8157	0,4285	0,3661	0,8493	0,7031	1		
X8	-0,298	-0,2018	0,0449	-0,5425	-0,527	-0,1410	-0,2978	-0,2501	1	
X9	0,9441	0,9451	0,9838	0,4337	0,3673	0,8856	0,6949	0,8647	-0,065	1
Примечание: составлено авторами на основании источника [15]										

По результатам исследования выяснилось, что добыча золота как ценного ресурса зависит от ряд немаловажных факторов. Особую тесную связь показали переменные такие как: X1 – Цена золота за грамм (0,94), X2 – Объем продукции (товаров, услуг) в действующих ценах в разрезе регионов, (0,90), X5 – Уровень инновационной активности предприятий и организаций по технологическим инновациям (0,92), X7 – Инвестиции в основной капитал, горнодобывающая промышленность и разработка карьеров (0,90), X9 – Налоги на использование ресурсов (0,94). А такие факторы как: X4 – Затраты на технологические инновации в обрабатывающей промышленности (0,4898), X8 – Внешнеторговый оборот (-0,298) не показали связь. Переменная X4 – Затраты на технологические инновации в обрабатывающей промышленности – показывает слабую корреляцию.

От этого следует что на развитие золотодобывающую отрасль Казахстана влияет цена золота, так как чем выше цена, тем добыча золота возрастает. А также в особенности нужно отметить что уровень инновационной активности предприятий именно по технологическим процессам тесно связано с добычей золота, что в свою очередь означает то что объем добычи золота напрямую связано с инновационной активностью предприятий. Если в стране будет развиваться технологический прогресс и инновационная деятельность, то это благоприятно будет влиять на развитие золотодобывающей отрасли Казахстана. В свою очередь исследование показала, что инвестиции, вложенные в основной капитал, именно по горнодобывающей промышленности тоже тесно связано с ростом добычей золота. По этой причине выяснилось, что для развития данной отрасли необходимы вложений и инвестиций.

Далее по данным факторам можно определить прогноз по объемам рассматриваемых факторов. Прогноз факторов предоставлено в таблице 2.

Таблица 2 – Прогноз факторов в результате корреляционного анализа

Прогноз	Золото в необработанном и полуобработанном или порошкообразном виде, кг	Затраты на инновационные продукты промышленности, млн.тг	Затраты на технологические инновации в обрабатывающей промышленности, млн.тг	Занятость по основному экономическим услугам, промышленность, тыс. человек	Инвестиции в основной капитал, горнодобывающая промышленность и разработка карьеров, млн.тг.	Налоги на использование ресурсов, тыс. тг.
2023	135519	931968	733085	1148,51	5052415	501594721,5
2024	144058	989061	776751	1160,88	5348339	535278425,7
2025	152596	1046154	820417	1173,24	5644263	568962129,9

Примечание – Составлено авторами

По прогнозу рассчитанный методом корреляции можно определить, что в последующие года тенденция роста факторов, влияющие на добычу золота, положительно могут повлиять на развитие золотодобывающей отрасли страны.

Далее для уточнения данного исследования после корреляционного анализа, необходимо провести регрессионный анализ. Так как, Регрессионный анализ – это метод изучения статистической взаимосвязи между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными. Зависимая переменная в регрессионном анализе называется результатом, а переменный фактор – предиктором или объясняющей переменной. Связь между средним значением итоговой переменной и средним значением предикторной переменной выражается в виде уравнения регрессии. Уравнение регрессии – это математическая функция, которая выбирается на основе исходных статистических данных зависимой и объясняющей переменных. В большинстве случаев используется линейная функция. В этом случае мы говорим о линейном регрессионном анализе. Регрессионный анализ очень тесно связан с корреляционным анализом. Корреляционный анализ изучает направление и тесноту связи между количественными переменными. Регрессионный анализ изучает форму связи между количественными переменными. Другими словами, на практике оба метода изучают одни и те же взаимосвязи, но с разных сторон и дополняют друг друга. На практике корреляционный анализ проводится до регрессионного. После обоснования связи с помощью корреляционного анализа регрессионный анализ позволяет выразить форму этой связи.

Целью регрессионного анализа является использование уравнений регрессии для прогнозирования ожидаемого среднего значения результирующих переменных. Выводы оформлены в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Вывод итогов

Статистика регрессии	
Множественный R	0,9963
R-квадрат	0,99262
Нормированный R-квадрат	0,970505116
Стандартная ошибка	5827,696453
Наблюдения	13

Дисперсионный анализ					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	9	13715579693	1523953299	44,87225	0,004838359
Остаток	3	101886137,8	33962045,95		
Итого	12	13817465831			

Примечание – составлено авторами

По данному регрессионному анализу можно определить, что данные факторы исследующим в корреляционном анализе достоверны, так как R квадрат – показал значение – 0,992, что показывает точную взаимосвязь факторов.

Следующим методом анализа для подтверждения взаимосвязи данных факторов можно определить через R – программу. R – программа является статистическим методом для определения наиболее тесной взаимосвязи между предикторами. С помощью статистических данных, через базы данных можно определить факторы, наиболее влияющие на золотодобывающую отрасль.

По результатам исследования, представлена Модель R программы выданным с помощью количественного метода R – программы, можно определить, что наиболее высокую взаимосвязь показывает фактор «Taxes» (Рисунок 7).

```
> summary(lm5)

Call:
lm(formula = Gold ~ Industiral_innovastion_expenses + Processing_industrial +
    Main_economic_employment + Investment_on_main_capital + Taxes,
    data = Data)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-7129.7 -4296.8 -522.1  3492.5  5578.0

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    -1.041e+05  4.618e+04  -2.254  0.05884 .
Industiral_innovastion_expenses  1.180e-01  3.433e-02   3.437  0.01088 *
Processing_industrial    -1.210e-01  3.812e-02  -3.173  0.01564 *
Main_economic_employment  1.129e+02  4.768e+01   2.367  0.04982 *
Investment_on_main_capital  6.186e-03  2.565e-03   2.411  0.04668 *
Taxes           1.145e-04  2.476e-05   4.624  0.00241 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 5643 on 7 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9839,    Adjusted R-squared:  0.9723
F-statistic: 85.37 on 5 and 7 DF,  p-value: 4.063e-06
```

Рисунок 7 – Модель R программы

Примечание – Составлено авторами

То есть объем добычи золота тесно связан с фактором налогообложение за использование ресурсов. Чем больше будет добыча золота в стране, тем больше будет пополняться бюджет страны за счет налогов за использования ресурсов, что в свою очередь благоприятно повлияет на ВВП страны.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Таким образом, можно сделать вывод, что при поддержке высоких цен на золото и эффективно-го налогообложения интеграция инноваций в золотодобывающую отрасль способствует устойчивому развитию отрасли, что в свою очередь благоприятно сказывается на бюджете страны и ВВП. Развитие технологического прогресса и инновационной деятельности благоприятно влияет на добычу золота. Инновации могут повысить эффективность, снизить издержки и сделать процессы добычи более устойчивыми и экологически безопасными.

Анализ научно-технической литературы по современному состоянию золотодобывающей отрасли показывает, что почти все технологии переработки золотосодержащего сырья предполагает применение гравиметодов обогащения в целях выделения свободного мелкого, среднего и крупного золота. Одним из эффективных методов переработки золотосодержащих гравииоконцентратов является которые интенсивное цианирование, которое позволяет достигнуть большого уровня извлечения золота

за приемлемое время. Повышение эффективности цианирования путем введения в процесс реагентов - активаторов достигается по результатам растворения пленок на поверхности крупинки золота.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Комогорцев Б. В., Вареничев А. А. Совершенствование технологий флотационного обогащения тонкодисперсных сульфидных золотосодержащих руд // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2018. – № 10. – С. 180-190.
2. Шумская Е. Н., Сизых А. С. Повышение извлечения золота из полиметаллической руды Ново-Ширинского месторождения // Горный журнал. – 2014. – № 11. – С. 44-48.
3. Azarian A. A., Azarian W. A. Geophysical methods for controlling the useful component content as the basis for the quality management system at mining and processing enterprises // Journal of Geology, Geography and Geoecology. – 2020. – Т. 29. – №. 1. – Р. 3-15.
4. Pohrebennyk V., Mitryasova O., Kłos-Witkowska A., Dzhumelia E. The role of monitoring the territory of industrial mining and chemical complexes at the stage of liquidation // International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. – 2017. – Т. 17. – Р. 383-390.
5. Kaplunov D., Rylnikova M., Radchenko D. The new wave of technological innovations for sustainable development of geotechnical systems // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Т. 56. – Article 04002.
6. Wilson M. E., Lee E. Kazakhstan Gold Mining Sector and the New Regulation on Gold Sales // Alchemist. – 2012. – № 66. – Р. 12-15.
7. Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В., Радченко Д. Н. Научно методические основы проектирования экологически сбалансированного цикла комплексного освоения и сохранения недр земли // Научно технический журнал «Горный информационно-аналитический бюллетень». – 2015. – № 15. – С. 5-15.
8. Суримбаев Б. Н. Разработка технологии извлечения золота из сульфидных руд с использованием реагента-активатора при интенсивном цианировании. Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD). – Алматы, 2018. – 137 с.
9. Абдыкирова Г. Ж. Совершенствование технологий обогащения золотосодержащего упорного рудного и техногенного сырья: Монография. – Алматы, 2023. – 223 с.
10. Исатаева Ф. М. Разработка теоретических и практических аспектов геолого-экономической оценки месторождения Кусмурын: Диссертация на соискание на ученой степени доктора философии (PhD). – Караганда, 2020. – 139 с.
11. Золотой стандарт RG Gold Лидер отрасли [Электронный ресурс] // Kazakhstan Business Magazine. Mining and Metal Guide [web-сайт]. – 2017. – URL: <http://www.investkz.com/journals/116/1614.html> (Дата обращения: 14.04.2024).
12. Борисенко В. А., Дараев А. И., Усольцев И. И. Методические рекомендации по подготовке Отчетов о результатах геологоразведочных работ, Минеральных Ресурсах и Минеральных Запасах в соответствии с Кодексом KAZRC в редакции 2022 года. – KAZRC, 2022. – 122 с.
13. Верхозин С. С. Золотодобывающая промышленность Казахстана [Электронный ресурс] // Золотодобыча [web-сайт]. – 2015. – URL: <https://zolotodb.ru/article/11194/> (Дата обращения: 15.04.2024).
14. Статистика промышленного производства [Электронный ресурс] // Агентство по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан Бюро национальной статистики [web-сайт]. – 2023. – URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-industrial-production/> (Дата обращения: 15.04.2024).
15. Золотодобыча [Электронный ресурс] // Knoema [web-сайт]. - URL: <https://ru.knoema.com/atlas/Commodities/%D0%97%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BE> (Дата обращения: 19.04.2024).
16. Gold demand trends [Электронный ресурс] // World Gold Council [web-сайт]. – 2023. – URL: <https://www.gold.org/goldhub/research/gold-demand-trends/gold-demand-trends-full-year-2023> (Дата обращения: 25.04.2024).
17. Золотодобывающая компания Казахстана [Электронный ресурс] // RG Gold [web-сайт]. – н.д. – URL: www.rggold.kz (Дата обращения: 22.04.2024).

REFERENCES

1. Komogorcev, B. V., & Varenichev, A. A. (2018). Sovershenstvovanie tekhnologij flotacionnogo obogashcheniya tonkodispensernykh sul'fidnykh zolotosoderzhashchih rud. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, (10), 180-190 (In Russian).
2. Shumskaya, E. N., & Sizyh, A. S. (2014). Povyshenie izvlecheniya zolota iz polimetallicheskoy rudy Novo-Shirinskogo mestorozhdeniya. *Gornyj zhurnal*, (11), 44-48 (In Russian).
3. Azarian A. A., & Azarian W. A. (2020). Geophysical methods for controlling the useful component content as the basis for the quality management system at mining and processing enterprises. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 29(1), 3-15.
4. Pohrebennyk V., Mitryasova O., Kłos-Witkowska A., & Dzhumelia E. (2017). The role of monitoring the territory of industrial mining and chemical complexes at the stage of liquidation. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 17, 383-390.
5. Kaplunov D., Rynikova M., & Radchenko D. (2018). The new wave of technological innovations for sustainable development of geotechnical systems. *E3S Web of Conferences*, 56. EDP Sciences, 04002.
6. Wilson, M. E., & Lee, E. (2012). Kazakhstan Gold Mining Sector and the New Regulation on Gold Sales. *Alchemist*, (66), 12-15.
7. Kaplunov, D. R., Ryl'nikova, M. V., & Radchenko, D. N. (2015). Nauchno metodicheskie osnovy proektirovaniya ekologicheskoi sbalansirovannogo cikla kompleksnogo osvoeniya i sohraneniya neдр zemli. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, (15), 5-15 (In Russian).
8. Surimbaev, B. N. (2018). *Razrabotka tekhnologii izvlecheniya zolota iz sul'fidnykh rud s ispol'zovaniem reagenta-aktivatora pri intensivnom cianirovanii*. (PhD Thesis). Almaty. 137 p. (In Russian).
9. Abdykirova, G. Zh. (2023). *Sovershenstvovanie tekhnologij obogashcheniya zolotosoderzhashchego upornogo rudnogo i tekhnogennogo syr'ya*: Monography. Almaty. 223 p. (In Russian).
10. Isataeva, F. M. (2020). *Razrabotka teoreticheskikh i prakticheskikh aspektov geologo-ekonomicheskoy ocenki mestorozhdeniya Kuzmurya*: (PhD Thesis). 139 p. (In Russian).
11. Zolotoj standart RG Gold Lider otrasli. (2017). *Kazakhstan Business Magazine. Mining and Metal Guide*. Retrieved April 14, 2024, from <http://www.investkz.com/journals/116/1614.html> (In Russian).
12. Borisenko, V. A., Daraev, A. I., & Usol'cev, I. I. (2022). Metodicheskie rekomendacii po podgotovke Otchetov o rezul'tatah geologorazvedochnykh rabot, Mineral'nykh Resursakh i Mineral'nykh Zapasakh v sootvetstvii s Kodeksom KAZRC v redakcii 2022 goda. KAZRC. 122 p. (In Russian).
13. Verhozin, S. S. *Zolotodobyvayushchaya promyshlennost' Kazakhstana*. (2015). *Zolotodobycha*. Retrieved April 15, 2024, from <https://zolotodb.ru/article/11194/> (In Russian).
14. Statistika promyshlennogo proizvodstva. (2023). Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan Bureau of National Statistics. Retrieved April 15, 2024, from <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-industrial-production/> (In Russian).
15. Zolotodobycha. Knoema. Retrieved April 19, 2024, from <https://ru.knoema.com/atlas/Commodities/%D0%97%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BE> (In Russian).
16. Gold demand trends. (2023). World Gold Council. Retrieved April 25, 2024, from <https://www.gold.org/goldhub/research/gold-demand-trends/gold-demand-trends-full-year-2023>.
17. Zolotodobyvayushchaya kompaniya Kazakhstana. RG Gold. Retrieved April 22, 2024, from www.rggold.kz (In Russian).

ANALYSIS AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF THE GOLD MINING INDUSTRY OF KAZAKHSTAN: APPLICATION OF TECHNOLOGY FOR PRE-ENRICHMENT OF LOW-ASH ORES

A. M. Kozhekenova^{1*}, R. K. Yelshibayev¹, G. E. Zhunisbekova¹

¹Narxoz University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze and determine the prospects for the development of the gold mining industry of the Republic of Kazakhstan with an emphasis on the use of technology for the preliminary beneficiation of low-ash ores, as well as to conduct mathematical modeling to optimize beneficiation processes and increase mining efficiency.

Methodology. The methodological basis of this study is to conduct a systematic analysis using theoretical and empirical methods, as well as quantitative research methods. The methodology and methodology of correlation analysis involve the calculation and prediction of not only the values of correlation coefficients, but also the mandatory verification of their statistical significance.

The originality / value of the study lies in its methodological assessment and identification of prospects for the use of pre-processing technology for low-gold ore in the gold mining industry. The emphasis is on system analysis, the use of theoretical and empirical methods, as well as quantitative research methods. All this gives the study significance and practical applicability in the field of development of the gold mining industry.

Findings. The historical changes in the supply and demand of gold in Kazakhstan are analyzed. The dynamics of gold production in the country for 2022 and changes in the extraction of gold-bearing ores are considered. The gross international reserves of Kazakhstan and their connection with the activities of the gold mining industry have been studied. The export and import of gold in Kazakhstan and their impact on the balance of foreign trade are analyzed. Correlation analysis of influencing factors in the gold mining industry: The direct and indirect factors influencing the gold mining industry are selected. The relationships and correlations between the selected variables are analyzed. Forecasts on the volume of key factors affecting the gold mining industry in Kazakhstan are provided. Potential trends in the development of the industry in the future have been identified. The summarized results of the study provide valuable information about the state and prospects of the gold mining industry in Kazakhstan, as well as help form the basis for decision-making in this area.

Keywords: Efficiency, gold mining industry, ore processing, Kazakhstan, innovation, industry.

**ҚАЗАҚСТАННЫҢ АЛТЫН ӨНДІРУ САЛАСЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ДАМУ БОЛАШАҒЫ:
ТӨМЕН АЛТЫН КЕНДЕРІН АЛДЫН АЛА БАЙЫТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ**

А. М. Кожекенова^{1*}, Р. К. Елшибаев¹, Г. Е. Жунисбекова¹

¹Нархоз Университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы

АНДАТПА

Зерттеудің мақсаты – құрамында алтыны аз кенді алдын ала байыту технологиясын қолдануға баса назар аударып, Қазақстан Республикасының алтын өндіру өнеркәсібінің даму перспективаларын талдау және анықтау, сондай-ақ байыту процестерін оңтайландыру және өндіру тиімділігін арттыру үшін математикалық модельдеу жүргізу болып табылады.

Зерттеудің әдіснамалық негізі теориялық және эмпирикалық әдістерді, сондай-ақ зерттеудің сандық әдістерін пайдалана отырып, жүйелі талдау жүргізу арқылы жасалғаны ескеріледі. Корреляциялық талдаудың әдістемесі мен әдістемесі корреляция коэффициенттерінің мәндерін есептеуді және болжауды ғана емес, сонымен қатар олардың статистикалық маңыздылығын міндетті түрде тексеруді де қамтиды.

Зерттеудің бірегейлігі / құндылығы оның әдіснамалық бағалауында және алтын өндіру өнеркәсібі саласында алтыны аз кенді алдын ала байыту технологиясын қолдану перспективаларын анықтауда жатыр. Жүйелік талдауға, теориялық және эмпирикалық әдістерді, сондай-ақ сандық зерттеу әдістерін қолдануға баса назар аударылады. Мұның бәрі зерттеуге алтын өндіру өнеркәсібін дамыту саласында маңыздылық пен практикалық қолдану мүмкіндігін береді.

Зерттеу нәтижелері. Қазақстандағы алтынға сұраныс пен ұсыныстың Тарихи өзгерістері талданды. 2022 жылғы елдегі алтын өндіру динамикасы және құрамында алтын бар кендерді өндірудегі өзгерістер қарастырылды. Қазақстанның жалпы халықаралық резервтері және олардың алтын өндіру саласының қызметімен байланысы зерттелді. Қазақстандағы алтынның экспорты мен импорты және олардың сыртқы сауда балансына әсері талданды. Алтын өндіру саласына әсер ететін факторларға корреляциялық талдау жүргізілді. Алтын өндіру саласына әсер ететін тікелей және жанама факторлар таңдалды. Таңдалған айнымалылар арасындағы қатынастар мен корреляциялар талданады. Қазақстандағы алтын өндіру саласына әсер ететін негізгі факторлардың көлемі бойынша болжамдар ұсынылды. Болашақта саланы дамытудың әлеуетті үрдістері анықталды. Зерттеудің жалпыланған нәтижелері Қазақстандағы алтын өндіру саласының жай-күйі мен перспективалары туралы құнды ақпарат береді, сондай-ақ осы салада шешімдер қабылдау үшін негіз қалыптастыруға көмектеседі.

Түйін сөздер: тиімділік, алтын өндіру саласы, кен байыту, Қазақстан, инновация, өнеркәсіп

ОБ АВТОРАХ

Кожекенова Айжан Максұтхановна – Магистр экономика, старший преподаватель, Университет Нархоз, Алматы, Республика Казахстан, email: aizhan.kozhekenova@narхоз.kz, ORCID ID: 0009-0002-56664-2742*

Елшибаев Рахымжан Камытбекович – кандидат экономических наук, профессор, Университет Нархоз, Алматы, Республика Казахстан, email: rakymzhan.elshibaev@narхоз.kz, ORCID ID: 0000-0001-7119-7400.

Жунисбекова Гульфайруз Ергебековна – кандидат экономических наук, доцент, Университет Нархоз, Алматы, Республика Казахстан, email: gulfairuz.zhunisbekova@narхоз.kz, ORCID ID: 0000-0003-0712-6434.