

УДК 338.45:622(575.2)  
DOI: 10.36979/1694-500X-2022-22-7-3-11

**ОСНОВЫ ПРОГРАММЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ  
ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КЫРГЫЗСТАНА**

*А.Е. Воробьев, Б.К. Кожоголов, Ян Шуай,  
А.Ж. Кожоголова, Ли Юйян, Чжан Шунь, Эрнар Белик*

*Аннотация.* Представлена программа инновационного развития горной промышленности Кыргызстана. Приведены статистические данные по состоянию добычи различных видов минерального сырья в Кыргызстане. Проанализированы основные приоритеты, способные кардинально преобразовать горнодобывающую отрасль Кыргызстана. Рассмотрены очередные шаги, необходимые для повышения эффективности развития горной промышленности Кыргызстана. Показаны первоочередные технологии и инновационные технологии ближайшего будущего, способствующие повышению эффективности недропользования.

*Ключевые слова:* Кыргызстан; горная промышленность; программа; инновационное развитие; эффективность.

---

**КЫРГЫЗСТАНДЫН ТОО-КЕН ӨНӨР ЖАЙЫН  
ИННОВАЦИЯЛЫК ӨНУКТҮРҮҮ ПРОГРАММАСЫНЫН НЕГИЗДЕРИ**

*А.Е. Воробьев, Б.К. Кожоголов, Ян Шуай,  
А.Ж. Кожоголова, Ли Юйян, Чжан Шунь, Эрнар Белик*

*Аннотация.* Макалада Кыргызстандын тоо-кен тармагын инновациялык өнүктүрүү программасы сунушталды. Кыргызстанда минералдык чийки заттын ар кандай түрлөрүн өндүрүүнүн абалы жөнүндө статистикалык маалыматтар келтирилген. Кыргызстандын тоо-кен тармагын түп-тамырынан бери өзгөртө турган негизги приоритеттерге талдоо жүргүзүлдү. Кыргызстанда тоо-кен тармагын өнүктүрүүнүн натыйжалуулугун жогорулатуу үчүн зарыл болгон кезектеги кадамдар каралды. Жер казынасын пайдалануунун натыйжалуулугун жогорулатууга өбөлгө түзө турган жакынкы келечектеги артыкчылыктуу технологиялар жана инновациялык технологиялар каралды.

*Түйүндүү сөздөр:* Кыргызстан; тоо-кен тармагы; программа; инновациялык өнүгүү; натыйжалуулук.

---

**FUNDAMENTALS OF THE INNOVATIVE DEVELOPMENT PROGRAM  
FOR MINING INDUSTRY OF KYRGYZSTAN**

*A.E. Vorobiev, B.K. Kozhogulov, Yang Shuai,  
A.Zh. Kozhogulova, Li Yuyang, Zhang Shun, Yeernaer Bielike*

*Abstract.* The program of innovative development of the mining industry in Kyrgyzstan is presented. The statistical data on the state of production of various types of mineral raw materials in Kyrgyzstan are presented. It is analyzed the main priorities that can radically transform the mining industry in Kyrgyzstan. The next steps necessary to improve the efficiency of the development of the mining industry in Kyrgyzstan were considered. Shown are the top-priority technologies and innovative technologies of the near future, contributing to an increase in the efficiency of subsoil use.

*Keywords:* Kyrgyzstan; mining industry; program; innovative development; efficiency.

Горнодобывающая промышленность Кыргызстана играет весьма важную роль в его национальной экономике, национальной безопасности и в жизни каждого гражданина страны, так как к настоящему времени в Кыргызской Республике выявлены более 18 тыс. месторождений различных полезных ископаемых: металлов (в том числе – 2500 коренных, рудных, и 170 рассыпных месторождений золота), неметаллов, горючих полезных ископаемых и минеральных вод [1]. Так, золото добывается на месторождении Кумтор (занимающее третье место по запасам золота в мире и самый высокогорный рудник), которое принадлежало канадской компании Centerra Gold Inc., с долей Кыргызстана в 33 %. Также добыча золота и цветных металлов ведется на месторождениях Джеруй, Талдыбулак Левобережный, Бозымчак, Куру Тегерек, Терек, Иштамберды, Джамгыр, Макмал, Солтон Сары и Ширальджин. Ртуть и сурьма добываются на Хайдарканском месторождении государственной компанией «Хайдарканское ртутное акционерное общество». Вольфрам в Кыргызстане добывается на месторождении «Меликсу», планируется на месторождении «Трудовое».

Производство продуктов минерального сырья в Кыргызстане приведено в таблице 1.

В этом отношении для национальной экономики Кыргызстана особо важны угольная [2–4] и золотодобывающая отрасли (таблица 2).

В качестве первоочередного критерия оценки возможных инновационных технологий целесообразно принять повышение эффективности горного производства и увеличение количества рентабельно получаемых полезных ископаемых или полезных компонентов (в настоящее время добывается лишь 17 наименований).

При этом создание эффективной и высокопроизводительной горнодобывающей промышленности требует постоянного совершенствования применяющихся на предприятиях процессов и технологий, используемых при разведке, добыче и обогащении полезных ископаемых. Для этого необходимо определить набор основных приоритетов, которые могут помочь кардинально изменить горнодобывающую отрасль Кыргызстана.

Так, в области развития и повышения эффективности менеджмента более широко должна использоваться современная технология блокчейн,

которая может принципиально изменить существующие традиционные способы работы предприятий горнодобывающей отрасли и связанных с ними цепочек поставок (логистику). В данном случае блокчейн представляет собой неизменяемый и криптографически безопасный архив специальных записей, хранящихся в распределенном реестре, в котором используются различные смарт-контракты, созданные на основе платформы Ethereum. Эта инновационная технология помогает заинтересованным сторонам (подключенным к такой цепочке) практически мгновенно и весьма безопасно обмениваться с помощью смарт-контрактов торговыми документами (такими как коносаменты и аккредитивы).

Также необходимо отметить, что лучшим способом для горнодобывающих компаний противостоять постоянно возникающим серьезным проблемам (таким, как снижение содержания полезного компонента в рудах, проблемы с технологической, экологической и социальной безопасностью [5–8] и неустойчивыми ценами на сырьевую продукцию) является возможность значительно повысить эффективность своего производства на основе использования мировых технологических достижений и инноваций.

Инновационная стратегия развития горной промышленности Кыргызстана должна быть направлена, прежде всего, на создание опережающих технологий недропользования, которые полностью удовлетворят потребности общества в образуемом полезном продукте, с учетом необходимой охраны окружающей среды.

При этом современный переход на инновационные технологии недропользования должен основываться на двух очередных шагах. В качестве первого шага необходимо принять те актуальные технологии, которые уже стоят перед горной промышленностью Кыргызстана, но пока еще не нашедшие своего эффективного решения (таблица 3).

Следующий шаг инновационного развития горной промышленности Кыргызстана представляет собой повсеместную автоматизацию горного производства и робототехнику (это, прежде всего, беспилотная горная техника и машины – автосамосвалы, экскаваторы, погрузчики и т. д.), а также его цифровизацию и интеллектуализацию (рисунок 1), относимых к так называемой «Индустрии 4.0».

Таблица 1 – Производство продуктов минерального сырья в Кыргызстане на 2006 г. [2]

Полезные ископаемые	Ед.изм.	Объем производства	Цена за единицу продукции, долл.	Оцененный доход, тыс. долл.	Фактическая занятость, чел.	Количество работающих на предприятии
Нефть	тонн	73293	145	10632	1439	2
Газ	тыс. куб. м	28169	60	1683	600	2
Уголь	тонн	495000	10	4950	2600	37
Вода мин. Для лечения	куб. м	1715007	1	1715	Н. д.	16
Вода мин. На розлив	куб. м	11675	150	1751	Н. д.	26
Золото коренное	кг	21999	13000	285987	3011	7
Золото россыпи	кг	12.6	13000	163	15	1
Золото старательское	кг	250	13000	3250	1250	
Серебро	кг	11700	230	2691	0	4
Ртуть	тонн	459	9321	4280	803	1
Сурьма	тонн	1112	750	835	1227	3
Флюорит	тонн	3038	90	273	150	1
Гипс	тонн	14000	100	1400	242	3
Цементное сырье	тонн	87000	5	435	307	2
Облицовочный камень	куб. м	10000	10	100	547	8
Кремнеземное сырье	тонн	15000	20	300	50	1
Строительные:						
Глины	куб. м	966600	4	3866	952	16
Песчано-гравийные	куб. м	491300	4	1965	1465	1474
Известняки	тонн	445050	5	2225	15	2
Строительный камень	тонн	40000	3	120	150	6
Пески	куб. м	485600	5	2428	142	2
Керамзит и аглопорит	куб. м	2000	5	10	19	1
Всего				331062	14993	145

Таблица 2 – Объем добытого минерального сырья за январь – декабрь 2020 г.

<b>Объем промышленной продукции (товаров, услуг) по видам экономической деятельности за январь-декабрь 2020г.</b>				
	Фактически произведено в действующих ценах, тыс. сомов		Индекс физического объема, %	
	за отчетный месяц	за период с начала года	отчетный месяц к соответствующему месяцу прошлого года	отчетный период к соответствующему периоду прошлого года
<b>КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА</b>	<b>29 197 247,2</b>	<b>319 380 238,3</b>	<b>86,1</b>	<b>93,4</b>
<b>Г. ДОБЫЧА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ</b>	<b>1 879 909,9</b>	<b>17 876 760,9</b>	<b>73,2</b>	<b>77,6</b>
А. ДОБЫЧА КАМЕННОГО УГЛЯ И БУРОГО УГЛЯ (ЛИГНИТА)	623 588,5	3 380 162,2	92,7	101,4
Б. ДОБЫЧА СЫРОЙ НЕФТИ И ПРИРОДНОГО ГАЗА	485 681,8	3 804 531,8	73,1	101,1
В. ДОБЫЧА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД	687 171,8	9 934 231,8	60,0	68,5
Г. ДОБЫЧА ПРОЧИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	83 467,8	757 835,1	70,2	79,1

Таблица 3 – Первый шаг перехода на инновационные технологии (решение первоочередных задач)

Проект	Инвестор	Получаемый продукт	Производительность установки	Кап. затраты, млн \$	Удельные затраты, млн \$	Получ. прибыль, млн \$/год
Разработка инновационной технологии переработки мышьяксодержащих хвостов ЗИФ и создание стартапа на хвостохранилищах КР	Российско-кыргызский фонд развития;	Au, As, Fe, строит. мат-лы, улучшение экологии	15 т/час	1,5	0,3	2,1
Разработка инновационной технологии переработки хвостов Ак-Тюзской ОФ и создание стартапа	Российский фонд прямых инвестиций;	РЗЭ, Si, оптит. кварц, строит. мат-лы, улучшение экологии	15 т/час	1,5	0,3	2,3
Разработка инновационной технологии получения сингез-нефти и создание стартапа на угольном месторождении	Азиатский банк развития	Синтетич. нефть, топливная безопасность	150 т/сутки	0,6	0,2	1,4
Разработка инновационной технологии получения строительных блоков, облицовочной плитки и арматуры, георешеток и строительных сеток на основе базальтового литья и создание стартапа		Строит. блоки, облицовочн. плитка и арматура, георешетки и строит. сетки	15000 т/год	13	3,2	5,6
Разработка инновационной технологии «умного» бетона и создание стартапа для изготовления бетонных конструкций из нанобетона для постройки Камбарата-1		Бетонные изделия улучшен. качества	900 м <sup>3</sup> /час	3	0,4	4,5
Разработка инновационной технологии воспроизводства ледников и создание стартапа р. Нарын		Запасы воды в виде льда	1000 м <sup>3</sup> /час	1,4	0,5	1,2



Рисунок 1 – Современные инновационные технологии, способные резко повлиять на горнодобывающую промышленность Кыргызстана



Рисунок 2 – Ключевые области цифровизации горной промышленности Кыргызстана

По данным Всемирного экономического форума, цифровизация в горнодобывающей промышленности может к 2025 г. принести свыше 425 млрд долларов США прибыли, большая часть которой будет обеспечена в форме операционной эффективности, повышения производительности предприятий, более быстрого принятия необходимых решений и повышенной безопасности.

Вопрос стоит в том, как лучше всего начать движение по пути цифровизации горных предприятий [9]. Так, было установлено, что цифровизация может повлиять на горнодобывающую отрасль в нескольких ключевых областях (рисунок 2).

Опираясь на многочисленные экспертные опросы и данные проведенного углубленного исследования, были определены четыре цифровые темы (рисунок 3), которые, как ожидается, будут играть решающую роль в цифровой трансформации горнодобывающей промышленности в период до 2025 г. [9].

В рамках каждой такой темы цифровые инициативы определяют базовые технологии, которые, как ожидается, окажут наибольшее влияние на производственно-сбытовую цепочку горнодобывающей отрасли, ее персонал, а также смежные отрасли, окружающую среду и общество в целом.



Рисунок 3 – Цифровые темы и инициативы в горнодобывающей отрасли

Наиболее перспективные направления и технологии, которые могут быть внедрены в горнодобывающем секторе в рамках реализации концепции «Индустрия 4.0», отражены в таблице 4.

Первый шаг на пути цифровизации горных предприятий заключается в повсеместном применении «умных» датчиков. Этому шагу способствует существенное увеличение количества разведанных низкосортных и сложных месторождений полезных ископаемых, что приводит к необходимости применения «интеллектуальных» рудников и обогатительных фабрик с весьма сложными технологическими процессами, обеспечивающими повышенную производительность, надежность и эффективность использования минерального сырья, а также постоянное снижение эксплуатационных расходов. При чем выявленная не простая минералогия таких месторождений приводит к необходимости создания весьма сложных технологических схем разработки и обогащения минерального сырья геогенных и техногенных месторождений, предназначенных для максимально эффективного

извлечения из них полезных ископаемых и полезных компонентов.

Крайне важна и автоматизация горного и обогатительного производств. Здесь необходимо отметить, что в 1970-х и 1980-х годах автоматизация была необходима, прежде всего, для поддержания непрерывного и безопасного производства на горнодобывающих предприятиях. Но этот подход принципиально изменился в 1990-х годах, когда автоматизация стала также рассматриваться как один из основных способов повышения эффективности горного и обогатительного производства и качества получаемой минеральной продукции. В дальнейшем, за последнее десятилетие, применявшиеся технологии автоматизации горного и обогатительного производства претерпели довольно значительные изменения. Так, базовые концепции, решения и технологии автоматизации горного и обогатительного производства, которые существовали ранее, но до 2000 года считавшиеся несколько рискованными или ненадежными, теперь получили всестороннее признание, так как они стали более эффективными.

Таблица 4 – Реализация концепции «Индустрия 4.0» в горнодобывающем секторе [10]

Производственные процессы	Перспективные направления и технологии
Разведка месторождений полезных ископаемых	Виртуализация процессов поиска и разведки. Дистанционное зондирование земли. Геоинформационные системы с использованием технологий трехмерного геологического моделирования.
Добыча полезных ископаемых и формирование запасов	Применение автоматизированных и роботизированных технологий на горных выработках. Технологии безлюдной выемки полезных ископаемых. Геоинформационные технологии, базирующиеся на цифровом моделировании физических процессов. Использование систем «Интеллектуальная шахта» и «Интеллектуальный разрез», основанных на технологиях интернета вещей.
Переработка полезных ископаемых и отходов	Использование технологий интернета вещей при обогащении и переработке полезных ископаемых и отходов, использование систем типа «Интеллектуальная обогатительная фабрика». Применение инновационных химических технологий для производства продукции с высокой добавленной стоимостью. Применение биотехнологий и нанотехнологий.
Транспорт	Использование автоматизированного транспорта. Использование систем типа «Интеллектуальный транспорт», основанных на технологиях интернета вещей.

Кроме того, для горнодобывающей промышленности появились новые инновационные технологии, служащие для решения многих из описанных проблем. Так, стали применяться такие технологии горного и обогатительного производства, как удаленное управление активами (структура для качественно-количественного измерения производительности, планирования и выполнения предупреждающих и корректирующих действий), удаленный мониторинг (служащий для измерения и последующего улучшения и оптимизации горных и обогатительных работ, например, для автоматического измерения производительности технологических процессов), удаленная оптимизация, удаленное проектирование и среда для совместной работы. Эти важные усовершенствования, основанные на использовании удаленных систем, обладающие возможностью доступа к горным технологиям и производствам непосредственно через Интернет, предоставляют значительные возможности для оптимальной поддержки операций по добыче и обогащению полезных ископаемых, повышения производительности всех технологических и управленческих процессов, предоставления инженерных услуг и заблаговременного прогнозирования и выполнения необходимых

услуг по техническому обслуживанию горных и обогатительных предприятий.

В последнее время рассматривается создание интеллектуальных сред совместной работы, сочетающих локальные и удаленные ресурсы и системы автоматизации и роботизации для эксплуатации интеллектуальных рудников будущего.

Для многих компаний, занимающихся добычей и переработкой полезных ископаемых, существует ситуация, когда эксплуатируемые месторождения располагаются в удаленных местах, которые могут иметь суровый климат и проблемы с технологической и террористической безопасностью [11, 12].

Существующая нехватка опытных сотрудников в сочетании с удаленным расположением новых рудников и высокой текучестью кадров создают серьезные проблемы в производственной эксплуатации и техническом обслуживании этих объектов. Одним из возможных жизнеспособных решений является использование удаленной технологии, позволяющей выполнять производственные задачи, традиционно выполняемые на руднике, из любого места, оснащенного Интернетом. В некоторых случаях системы удаленного доступа уже 5–10 лет используются

для удаленного мониторинга и базовой поддержки производственных операций.

Интеллектуальный рудник представляет собой веб-платформу, ориентированную на повышение доступности и использования, имеющихся на руднике (обоганительной фабрике) любых активов. Она обеспечивает набор ценной поддержки принятия необходимых решений для оптимальной эксплуатации и технического обслуживания горного предприятия, основанных на уникальном сочетании опережающих технологий (таких, как облачные вычисления, искусственный интеллект, онлайн-моделирование и др.) с обширным ноу-хау, сформированных в горнодобывающей промышленности.

Эта система способна выполнять комплексную аналитику текущего состояния существующих активов на критически важном горнодобывающем оборудовании (таком, как, например, мельницы и ленточные конвейеры) и заблаговременно информировать операторов о предстоящих изменениях и аномалиях в его работе, а также о возможных соответствующих контрмерах для поддержки эффективного обслуживания, которое значительно снизит сбои и предотвратит неожиданные простои.

Интеллектуальный рудник также может подключаться к современным имитационным моделям и предоставлять дополнительную рабочую информацию для оперативных групп и групп планирования. Встроенная цифровая двойная модель (например, для ленточных конвейеров) имитирует взаимодействие между механикой ленточного конвейера и электрическим приводом, что позволяет проверять логику управления, а также предварительно оценивать производительность оборудования при различных сценариях технологической загрузки.

При этом управление производственными активами, как правило, направлено на мониторинг тяжелой техники, электрического оборудования и двигателей. Управление активами средств автоматизации обычно сосредоточено на полевых измерительных устройствах, сетях, соединяющих эти устройства, и анализаторах происходящих технологических процессов.

Таким образом, современные системы управления производственной информацией

позволяют интегрировать все имеющиеся данные процесса, бизнес-данные и действия персонала, которые являются основой для измерения производительности интеллектуального рудника. Для чего система управления производственной информацией интеллектуального рудника автоматически собирает и архивирует необходимые данные, преобразуя их в служебную информацию, делая ее доступной для персонала, имеющего право доступа к ней. Такие данные собираются из разных источников (таких, как технологические процессы, производство, качество минерального сырья и выпускаемой продукции, бизнес-системы и др.).

Системы управления информацией собирают и записывают в реальном времени данные из всех различных источников и включают интерфейсы для связи с другими системами.

Инструменты анализа и отчетности используются горными инженерами, инженерами-обогапителями, инженерами-металлургами и менеджерами для анализа текущих и исторических данных для выявления возможных проблем и их первопричин. Интернет-решение, вырабатываемое на основе мониторинга производительности работы интеллектуального рудника, позволяет персоналу горного предприятия качественно-количественно оценивать показатели его производительности и подготавливать стратегические действия для устранения возникшего разрыва с проектными показателями. Одним из таких примеров стратегических действий может являться внедрение усовершенствованной системы оптимального управления процессами рудопотоков, служащих для своевременного решения проблемы нестабильности качества поступающей на обоганительную фабрику руды из месторождения.

Инструменты для преобразования собранных данных в служебную информацию, как правило, необходимы для объективного расчета производительности процесса добычи и обогащения полезных ископаемых, с применением существующих регламентов и бизнес-правил. В результате генерируются ключевые показатели эффективности работы интеллектуального рудника, которые в дальнейшем используются

для последующей оптимизации его производственного процесса.

Кроме того, по данным ежегодного аналитического отчета Gartner, к 2021 году 50 % горных предприятий будут использовать так называемые «цифровые двойники». Эти специальные программные инструменты моделирования предоставляют операторам горнодобывающей промышленности виртуальные модели как для этапов проектирования, так и для оптимизационного уточнения технологических операций. Важность цифрового двойника заключается в том, что он позволяет инженерам наблюдать за поведением физического актива, не тратя времени и средства на его реальное создание, а затем улучшать общую конструкцию, на основе различных условий эксплуатации.

Широкое внедрение таких подходов обеспечивает следующие преимущества [13]:

- максимальная доступность и использование;
- минимизация риска выхода из строя горных машин и оборудования;
- минимизация эксплуатационных расходов и затрат на текущее техническое обслуживание;
- прогнозирование выхода из строя критически важных деталей и их предотвращение;
- увеличение времени наработки на отказ;
- сокращение времени ремонта;
- снижение стоимости владения;
- максимальное снижение риска для безопасности сотрудников и населения.

Поступила: 03.03.2022;

рецензирована: 21.03.2022; принята: 25.03.2022.

#### *Литература*

1. *Хабиров В.В.* Теоретические основы развития горнодобывающих и перерабатывающих производств Кыргызстана / В.В. Хабиров, А.Е. Воробьев; под ред. акад. Н.П. Лаверова. М.: Недра, 1993.
2. *Осмонбетов К.О.* Полезные ископаемые Кыргызской Республики и проблемы их освоения / К.О. Осмонбетов. URL: <http://arch.kyrlibnet.kg/uploads/kstuosmonbetov2010-21.pdf> (дата обращения: 12.06.2022).
3. *Воробьев А.Е.* Уголь: процессы глобализации и национальная безопасность / А.Е. Воробьев, В.И. Комащенко, К. Дребенштедт, О.Ш. Шамшиев, В.Г. Зубков. М.: МИИР, 2006.
4. *Воробьев А.Е.* Угольная отрасль и национальная безопасность / А.Е. Воробьев, В.С. Побыванец, Т.В. Чекушина, В.И. Комащенко. М.: Изд-во РУДН, 2007.
5. *Воробьев А.Е.* Методология оценки степени национальной минеральной безопасности / А.Е. Воробьев, Г.А. Балыхин // Маркшейдерия и недропользование. 2005. № 3 (17).
6. *Воробьев А.Е.* Национальная минерально-сырьевая безопасность России: доктрина, принципы, критерии, обеспечение / А.Е. Воробьев, Г.А. Балыхин, В.И. Нифадьев. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2004.
7. *Воробьев А.Е.* Методологический подход к оценке степени национальной минерально-сырьевой безопасности / А.Е. Воробьев, Г.А. Балыхин, В.С. Побыванец // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия Инженерные исследования. 2004. № 3 (10).
8. *Воробьев А.Е.* Геоэкологические, экономические и технологические аспекты безопасности освоения месторождений горючих сланцев / А.Е. Воробьев, В.В. Дьяченко, Г.Ж. Молдабаева, Р.Б. Джимиева // Безопасность в техносфере. 2011. № 5.
9. Digital transformation initiative mining and metals industry // World Economic Forum. Geneva, 2017.
10. *Лютягин Д.В.* Особенности и тенденции цифровой трансформации российской горнодобывающей отрасли / Д.В. Лютягин, В.П. Яшин, Ю.В. Забайкин, М.А. Якунин // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2019. № 7-1. Т. 9.
11. *Воробьев А.Е.* Методика повышения уровня защищенности опасных объектов ТЭК от террористических атак / А.Е. Воробьев, К.А. Воробьев, Ж.С. Саламатова // Материалы Международной научно-практической конференции «Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов». Уфа: Изд-во «Восточная печать», 2018.
12. *Воробьев А.Е.* О повышении уровня защищенности потенциально опасных объектов ТЭК от террористических атак / А.Е. Воробьев, Т.А. Фральцова, М.С. Томашев // Бурение и нефть. 2017. № 6.
13. *Almond D.* The minerals plant of the future – leveraging automation and using intelligent collaborative environment / D. Almond, K. Becerra, D. Campain // The Southern African Institute of Mining and Metallurgy Platinum. 2012.