

УДК 622:061.62

ИНСТИТУТ «ЯКУТНИПРОАЛМАЗ»: РЕЗУЛЬТАТЫ, ДОСТИЖЕНИЯ, ПЛАНЫ



Е. Н. ГЕРАСИМОВ,
директор института



И. В. ЗЫРЯНОВ,
зам. директора по научной
работе, д-р техн. наук,
ZyryanovIV@alrosa.ru



Е. Г. КОВАЛЕНКО,
первый заместитель
директора – главный
инженер, канд. техн. наук

Институт «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА» (ПАО), Мирный, Россия

Введение

Научно-исследовательский и проектный институт «Якутнипроалмаз» с более чем полувековым опытом проектирования объектов на многолетней мерзлоте выполняет весь комплекс работ по научному и проектному направлению для обеспечения добычи алмазов и строительства сопутствующей инфраструктуры. Проводит мерзлотные наблюдения за состоянием грунтов оснований зданий и сооружений. Институт является структурным подразделением лидера алмазодобывающей отрасли мира – акционерной компании «АЛРОСА» (далее – Компания), а также основным поставщиком научно-исследовательских и проектно-изыскательских услуг для Компании.

С момента своего создания 22 февраля 1961 г. Якутнипроалмаз известен как «мозговой» центр Компании, обеспечивающий поступательное развитие своей головной организации. Мощные производственные комплексы, построенные по его проектам, изменили Западную Якутию, превратив ее в один из мощнейших промышленных центров Северо-Западной Сибири и Дальнего Востока. В настоящее время институт выполняет основной объем научных исследований и технических разработок в области минерально-сырьевой базы не только в Якутии, но и в Архангельской области, а также в Анголе.

Институт «Якутнипроалмаз» представляет собой комплекс научно-исследовательских лабораторий, проектных отделов и подразделений, которые специализируются на пяти ключевых направлениях деятельности: разработке и внедрении технологий освоения месторождений открытым и подземным способами; разработке и внедрении технологий обогащения алмазосодержащих руд; проведении технико-экономических исследований с успешной защитой в ЦКР и ГКЗ; комплексном проектировании общепромышленных и социальных объектов – от инженерных изысканий до ввода объектов в эксплуатацию; проектировании фундаментов на вечной мерзлоте, а также мерзлотному надзору.

© Герасимов Е. Н., Зырянов И. В., Коваленко Е. Г., 2021

Описана деятельность института «Якутнипроалмаз» за более чем полувековой период. Отмечено, что институт представляет собой комплекс научно-исследовательских лабораторий, которые осуществляют работу по нескольким ключевым направлениям: разработка и внедрение технологий по открытому и подземному способам добычи; разработка и внедрение технологий обогащения алмазосодержащих руд; проведение технико-экономических исследований; проектирование общепромышленных и социальных объектов, проектирование фундаментов на многолетнемерзлых грунтах, а также мерзлотному надзору и нормированию трудовых ресурсов.

Ключевые слова: институт «Якутнипроалмаз», комплекс лабораторий, направления деятельности, технологии открытой и подземной добычи, обогащение алмазосодержащих руд, технико-экономические исследования, общепромышленные и социальные объекты, фундаменты, проектирование.

Основные направления деятельности

Объемы научных исследований института «Якутнипроалмаз» за последние 10 лет варьировались от 187 до 731 млн руб. в год. Собственными силами выполнены от 60 до 80 % объемов финансирования. Показатель окупаемости НИР за указанный период составил от 0,4 до 3,1 руб. на 1 руб. затрат.

В области открытых горных работ за последние годы на карьерах АК «АЛРОСА» (ПАО) разработан и реализован ряд оптимизационных решений, направленных на повышение эффективности открытых горных работ. В частности, в карьерах «Удачный», «Комсомольский», «Юбилейный» благодаря внедрению крутонаклонных схем вскрытия и высоких нерабочих уступов удалось отстроить нижние участки нерабочих бортов под углами 60–73° и по сравнению с традиционной схемой вскрытия увеличить его на 6–12°. Внедрен промежуточный контур в карьере «Комсомольский», обеспечивающий снижение расходов на транспортирование горной массы с применением шарнирно-сочлененных самосвалов. Также на снижение транспортных расходов была направлена оптимизация расположения внешних отвалов карьера «Юбилейный» и высоты отвала карьера «Ботубинский», формируемого в один ярус. Для условий карьера «Зарница» разработана безбермовая конструкция борта, применение которой в перспективе обеспечит увеличение результирующего угла формируемого уступа и борта в среднем на 4–6° и, как следствие, сократит объемы вскрышных работ на 20–25 % при достаточном уровне безопасности горных работ.

По разработанным проектам, получившим положительное заключение Главгосэкспертизы России, построены карьеры (проведены горно-капитальные работы) на трубках «Ботубинская» и «Заря», обеспечившие вскрытие и дальнейшую успешную эксплуатацию месторождений. В 2020 г. начато аналогичное строительство на трубке «Майская». Проекты отработки месторождений



Дворец культуры «Алмаз»

Верхне-Мунского рудного поля позволили вовлечь в эксплуатацию пять кимберлитовых трубок, восполнивших минерально-сырьевую базу Компании, и внедрить автопоезда грузоподъемностью 90–95 т, транспортирующие руду на расстояние 180 км до обогатительной фабрики. Также необходимо отметить проекты для кимберлитовой трубки «Лузле» – нового алмазородного месторождения, недавно открытого в Анголе. Это уникальное алмазное месторождение, по предварительным оценкам, обладает значительными запасами алмазоносной руды, и в перспективе его отработка будет осуществляться до 2070–2080-х годов. Предложенные в проектах института решения реализованы в геологическом карьере крупнообъемного опробования, а затем и при эксплуатации самой трубки.

Современные тенденции развития алмазодобычи в Компании связаны с текущим состоянием сырьевой базы, которая характеризуется закономерным снижением запасов, осложнением условий их дальнейшей отработки при ведении работ на глубоких горизонтах. Разрабатываемый комбинированный способ вскрытия с изменяемой геометрией профиля борта карьера позволит осуществлять выемку запасов глубоких горизонтов месторождения открытым способом с применением буровзрывного метода отбойки горной массы и последующим транспортированием карьерными самосвалами по имеющим выход с борта карьера подземным выработкам, обеспечивающим внутрикарьерную транспортную связь. К примеру, на месторождении трубки «Нюрбинская» для выемки запасов до абс. отм. –750 м при внедрении комбинированного способа отработки коэффициент вскрыши снизится с 14,2 до 4,7 м³/м³ в сравнении с традиционными схемой вскрытия и конструкцией борта карьера. Предлагаемая геотехнология стимулирует внедрение новых решений и современного горнотранспортного оборудования, систем мониторинга состояния массива, искусственного укрепления откосов массива, применения систем дистанционного управления, обеспечивающих для

Компании технологическое лидерство в области открытых горных работ, повышение безопасности и эффективности отработки месторождений.

Следует отметить, что институтом «Якутипроалмаз» с привлечением ряда профильных институтов и организаций впервые в РФ разработан ГОСТ Р 58148–2018 «Разработка алмазородных месторождений открытым способом в криолитозоне. Требования к проектированию». Стандарт распространяется на коренные месторождения алмазов и пространственно связанные с ними россыпи, залегающие в криолитозоне и подлежащие разработке открытым способом. В нем отражены теоретические и практические результаты исследований и производственный опыт. Установлены требования к проектной документации на строительство, реконструкцию, расширение или техническое перевооружение алмазодобывающих предприятий с открытым способом разработки, направленные на повышение эффективности отработки алмазородных месторождений при обеспечении безопасности горных работ.

Институтом выполнен большой цикл исследований по вовлечению в разработку беднотоварных месторождений для восполнения минерально-сырьевой базы. Одним из существенных достижений явилось внедрение для транспортирования рудной массы в качестве транспортных средств многозвенных автопоездов грузоподъемностью 95 т. В рамках работы также выполнено обоснование их рациональной конфигурации и предельного преодолеваемого уклона дорог в зимний период (до 60 ‰). В настоящее время годовая грузооборот составляет 600 млн т·км.

В области подземных горных работ в активе Компании имеются три подземных рудника: «Интернациональный» (введен в 1999 г.), «Айхал» (2003 г.) и «Удачный» (2013 г.). Рассматривают строительство рудника «Юбилейный» и возобновление работ на руднике «Мир».

Рудник «Интернациональный» обрабатывается по слоевой системе с нисходящим порядком отработки с последующей

закладкой выработанного пространства твердеющей закладочной смесью. Глубина отработки превышает 1 км, что предъявляет особые требования к креплению подземных горных выработок и закладке выработанного пространства. Опираясь на многолетний опыт эксплуатации этого месторождения и отработанные технологии, удалось снизить показатели потерь при выемке запасов до рекордных 0,8 %. Для восполнения выбывающих мощностей «глубоких» горизонтов по проектным решениям института выполняют строительство и подготовку верхних горизонтов эксплуатационных блоков 2-4. Данные работы сопряжены с трудностями, обусловленными необходимостью ликвидации водного объекта в чаше отработанного карьера.

Рудник «Айхал» обрабатывался с использованием словесной системы с закладкой выработанного пространства; с 2015 г. переведен на камерную систему разработки, конструктивной особенностью которой являются камеры ромбовидного сечения в шахматном расположении относительно друг друга, что обеспечивает увеличенные параметры элементарной выемочной единицы и позволяет снизить себестоимость добычи. Отработка камер ведется в нисходящем порядке под закладочным массивом, сформированным при отработке вышележащих запасов. Решение о переходе на данную систему обусловлено экономической целесообразностью. Для обеспечения стабильной проектной производительности рудника при отработке «глубоких» горизонтов предстоит решить ряд задач, рассматривается возможность осуществления перехода на систему с принудительным обрушением. Аналогично руднику «Интернациональный» крайне важной инженерной задачей является доработка запасов предохранительного целика и ликвидация водного объекта в карьере.

Рудник «Удачный» согласно проекту обрабатывается с применением этажного принудительного обрушения с площадным (донным) выпуском, однако из-за имеющихся горно-геологических осложнений выполняется переход на подэтажную систему с торцовым выпуском руды. В настоящее время выполнено теоретическое обоснование конструктивных элементов системы с самообрушением, параметры которой рассмотрены, в том числе, с привлечением зарубежных экспертных организаций. Для ее полномасштабного внедрения требуется выполнить большой объем геологоразведочных, строительных и подготовительных работ.

Для возобновления добычных работ на **месторождении трубки «Мир»** выполняют комплекс научных исследований и предпроектных проработок с целью определения целесообразности дальнейшей отработки месторождения и строительства нового рудника. В настоящее время осуществляют комплекс геологоразведочных работ для подтверждения объема запасов руды и определения экономической эффективности отработки нового «глубокого» рудника с учетом оставления предохранительного целика для исключения опасного прорыва воды от ранее затопленных подземных горных выработок. По предварительным оценкам, строительство нового рудника полностью оправданно, выбраны места заложения новых вскрывающих вертикальных стволов, в период 2019–2020 гг. проведены буровые работы по проходке контрольно-стволовых скважин. Для отработки запасов рассматривают варианты применения камерных систем

с закладкой выработанного пространства. Предполагается восходящий порядок отработки месторождения.

Перспективным для освоения подземным способом является коренное **месторождение трубки «Юбилейная»**, которую отработывают в настоящее время открытым способом. По завершении открытых горных работ в недрах остается около 99 млн т руды. Для обеспечения эффективности освоения месторождения подземным способом институтом рассмотрены несколько вариантов вскрытия, в том числе ускоренного с применением тоннелепроходческого щита, позволяющего вести проходку наклонных и горизонтальных выработок со скоростью 300 м в месяц. В качестве систем разработки рассмотрены варианты схем с обрушением: принудительное с торцовым выпуском и самообрушение. Отработка месторождения может быть эффективной при устойчивом спросе и высокой стоимости алмазов.

Как показала практика, отработка рудных залежей по системам разработки с закладкой выработанного пространства является одним из перспективных способов обеспечения полноты выемки полезных ископаемых. Однако этот способ ресурсоемкий ввиду необходимости учета затрат на технологию приготовления **закладочных смесей** (значительные объемы дорогостоящих материалов). Поэтому систематическое снижение материальных и трудовых затрат, обеспечивающее удешевление закладочных работ, — необходимое условие широкого развития данного направления. Поскольку самым дорогостоящим компонентом в закладочной смеси является портландцементный клинкер, сокращение его доли в составе закладочного материала весьма актуально. С учетом этого институтом «Якутипроалмаз» детально проработаны варианты сокращения себестоимости закладочных работ, в том числе за счет снижения потребления привозного портландцемента путем производства малоклинкерных закладочных смесей на основе местных материалов. По простоте технологии, степени замещения привозного цемента, затратам топлива, электроэнергии, труда, а также по инвестициям в новое производство данный тип вяжущего, разработанного специалистами лаборатории технологий закладки института, является наиболее целесообразным в применении.

Методика и технология возведения закладочных массивов на основе малоклинкерной закладочной смеси прошли опытно-промышленную апробацию в условиях действующих рудников «Интернациональный» и «Айхал», успешно внедрены в производственный цикл Компании.

Вопросы безопасности ведения горных работ на карьерах и рудниках непосредственным образом связаны с вопросами **геомеханики**. Основными направлениями геомеханических исследований являются: определение физико-механических свойств пород и массива; обоснование параметров бортов, уступов и отвалов при открытых горных работах; обоснование видов и параметров крепей подземных выработок; прогноз и инструментальные наблюдения за сдвижением поверхности и массива при открытых и подземных работах; управление горным давлением и прогноз горных ударов.

Так, за последние годы выполнено более 20 тыс. лабораторных определений физико-механических показателей и более 120



Лаборатория анализа состояния окружающей среды

натурных испытаний в бортах карьеров и подземных выработок на всех алмазных месторождениях, осуществлен сравнительный анализ прочностных характеристик горных пород в талом и мерзлом состояниях на месторождениях АК «АЛРОСА» (ПАО).

На базе этих данных разработана методика определения геомеханической устойчивости карьеров в условиях криолитозоны. Обоснованы параметры всех действующих карьеров, добывающих алмазосодержащее сырье, и их отвалов, включая расчет допустимой высоты одноярусных отвалов. Внедрение рекомендаций позволило уменьшить объем вскрыши по сравнению с ранее принятыми проектами более чем на 200 млн м³.

Разработанная методология проектирования геомеханического мониторинга, положенная в основу безопасности при отработке запасов на подземных рудниках АК «АЛРОСА», включает: формирование состава наблюдений и критериев безопасности; геомеханическое обоснование отработки месторождений АК «АЛРОСА» подземным и открытым способами; определение зон сдвига при отработке алмазосодержащих месторождений Якутии с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями; рейтинговую систему определения категории устойчивости массива вмещающих пород и руд.

Гидрогеологическое обеспечение добычных работ — это также одна из составляющих безопасности производства.

За последнее десятилетие основные направления работ в области гидрогеологии оставались неизменными — это изучение гидрогеологических, газодинамических и инженерно-геологических условий обрабатываемых месторождений на территории Западной Якутии, Архангельской области и Республики Ангола; разработка технических решений по защите рудников и карьеров от притока подземных вод и природных пластовых газов; реализация экологически безопасного обращения с дренажными рассолами. В рамках реализации упомянутых направлений специалистами института «Якутипроалмаз» в прошедшее десятилетие были реализованы не имеющие аналогов в мировой практике проекты:

- строительство узлов обратной закачки, которые с использованием результатов исследований структурно-тектонического строения территории позволили выполнять экологически безопасную утилизацию дренажных рассолов путем их закачки в осушаемый водоносный комплекс, что, в свою очередь, существенно (в десятки раз) уменьшило техногенную нагрузку, оказываемую объектами Мирнинского ГОКа на окружающую среду;

- строительство узлов закачки дренажных рассолов, ориентированных на эксплуатацию толщи многолетнемерзлых пород; реализация данного решения позволила организовать экологически безопасную утилизацию дренажных вод с месторождений, обрабатываемых Айхальским, Нюрбинским и Удачинским ГОКами;

- строительство в сложных и крайне сложных горно-геологических условиях подземных горных выработок рудников «Интернациональный» и «Удачный».

Уникальность всех перечисленных работ связана прежде всего с нестандартностью горно-геологических условий обрабатываемых месторождений, а именно: их нахождением в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород, значительной обводненностью природными рассолами, минерализация которых достигает 500–520 г/л, а также с наличием газонасыщенных карбонатных коллекторов, смешанной генерации пластовых газов.

Дальнейшее развитие работ в данном направлении связано с разработкой и внедрением технологий по опережающему осушению и водопонижению месторождений; безопасной утилизацией слабоминерализованных дренажных и оборотных вод, высокоминерализованных дренажных рассолов; формированием принципов гидрогеоэкологического изучения техногенной нагрузки на геологическую среду в зонах деятельности добычных активов Компании.

С начала развития алмазодобывающей отрасли в институте создавали **технологии обогащения** алмазосодержащих руд и песков, характерной особенностью которых всегда был поиск новых методов обогащения кимберлитовых руд, основанных на ранее не известных или малоизученных свойствах сырья, а также ставших реализуемыми благодаря развитию науки и техники.



Сектор гидрохимических исследований

Создание обогатительного модуля для отработки удаленных месторождений с невысокими содержаниями алмазов, отработка которых традиционными способами нерентабельна, остается на сегодняшний день нерешенной задачей. Однако эффективность ее решения во многом будет определена результатами научной проработки и выполняемых исследований по проникающим методам излучения регистрации алмазов.

Важным направлением повышения эффективности обогащения алмазов является контроль техногенной повреждаемости товарной продукции с целью оперативного исключения факторов повышенного ударного воздействия, возникающего в технологическом процессе. До недавнего времени для этих целей применяли метод с использованием окрашенных алмазов-индикаторов, главный недостаток которого заключается во влиянии человеческого фактора на результаты оценки. В 2016 г. была создана система инструментального контроля сохранности алмазов-индикаторов на базе рентгеновского томографа CT-Portable, что позволяет сократить сроки контрольных операций, исключить субъективизм оценки минералогов и оперативно планировать мероприятия, направленные на сохранение природного качества алмазов.

На основе результатов научных исследований реализован проект рудоподготовки на фабрике № 3 Мирнинского ГОКа с применением валково-зубчатой дробилки, скруббера для растепления руды и пресса высокого давления для додробливания циркулирующих продуктов. Отступление от традиционной технологии самоизмельчения алмазосодержащей руды стало вынужденной мерой, связанной с переходом на подземный способ добычи руды посредством комбайновой отбойки. Отсутствие крупного куска руды, являющегося мелющей средой, снижает эффективность процесса самоизмельчения. Проведенные исследования показали, что в сложившихся условиях разрушение руды в дробилках имеет преимущества как по степени сохранности алмаза, так и по энергоемкости процесса. В течение нескольких последних лет выполняют исследования, направленные на разработку новой технологии рентгенографической сепарации алмазосодержащих руд, позволяющей решить проблему извлечения слаболюминесцирующих алмазов и алмазов с нехарактерной кинетикой люминесценции, которые не идентифицируются рентгенолюминесцентным методом обогащения. Целью исследований являлось определение возможности и целесообразности извлечения этих алмазов с применением технологии двухэнергетической рентгеноабсорбционной сепарации. По результатам выполненных исследований были разработаны и внедрены в производство рентгенографические сепараторы РГС-1М, РГС-2, РГС-ОД-3 для обработки алмазосодержащих продуктов класса крупности $-6+3$ и $-3+1$ мм. При этом на сепараторе РГС-ОД-3 применена не имеющая мировых аналогов рентгенолазерная система регистрации, позволившая получить высокие показатели извлечения всех типов алмазов крупностью более 0,5 мм (на уровне 97–98 %) и достичь кондиции концентрата 67–69 %. Совершенствование технологии радиометрического обогащения с применением рентгеноабсорбционной сепарации позволило получить дополнительный прирост товарной продукции на фабриках Компании.



Награды и подарки институту

На основе проведенных исследований осуществлена технологическая модернизация действующего производства на обогатительных фабриках № 3, 12, 14 с внедрением технологии тяжелосредного обогащения взамен отсадки, что позволило получить дополнительный прирост товарной продукции на уровне 1,31–5,93 долл/т исходной руды в зависимости от перерабатываемого сырья месторождения.

На заключительной стадии доводки алмазосодержащих концентратов на Мирнинском ГОКе внедрена и эффективно используется технология глубокой термохимической очистки алмазов в автоклавных системах с микроволновым нагревом. Очистка алмазов в данных системах осуществляется в несколько стадий в кислотных смесях, в газообразной среде при температурах и давлении, не превышающих 250 °С и 100 бар. Наряду с автоматизацией процесса заключительной стадии очистки алмазов использование системы позволяет улучшить цветовые характеристики кристаллов с трещинами, выходящими на поверхность, за счет удаления находящихся в них примесей. Разработанные для данной технологии составы реагентов и режимы обработки позволяют очищать кристаллы практически со 100%-ной эффективностью.

Разработанные специалистами института методы положены в основу приборов для идентификации бриллиантов: стационарного (с автоматической подачей кристаллов) и портативного.

В числе приоритетных задач в обогащении алмазосодержащего сырья на будущий период определены следующие:

- совершенствование технологии рудоподготовки для минимизации разрушающего воздействия на кристаллы; решение данной задачи особенно важно для дорогих крупных кристаллов;
- совершенствование технологии попутного извлечения алмазов типа IIA;
- разработка высокопроизводительного сепаратора нового поколения, способного извлекать алмазы любых типов крупностью от 1 мм, включая раскрытые и скрытые в кусках кимберлита;



Заседание научно-технического совета института

- повышение эффективности осветления оборотной воды, используемой для обогащения;
- внедрение операций сгущения отвальных продуктов обогатительных фабрик для решения проблем, связанных с наполнением хвостохранилищ;
- повышение селективности обогащения алмазов с низкой флотуемостью для обеспечения работы передела пенной сепарации в открытом цикле;
- создание обогатительного модуля для отработки запасов удаленных месторождений с невысокими содержаниями алмазов, отработка которых традиционными способами нерентабельна.

Автоматизация технологических процессов, учитывающих особенности добычи и обогащения сырья в условиях Крайнего Севера, является существенным элементом роста эффективности производства.

В настоящее время на всех основных объектах алмазодобычи (карьерах, подземных рудниках, обогатительных фабриках, энергообъектах и др.) АК «АЛРОСА», ГРО «Каток», ПАО «Севералмаз» разработаны и внедрены современные многоуровневые автоматизированные системы управления технологическими и производственными процессами. Разработки выполнены на высоком научно-техническом уровне при техническом руководстве и непосредственном участии специалистов института.

Все системы построены на основе базовых программно-технических комплексов, которые выбраны в результате исследований и сравнительных испытаний как наиболее эффективные для реализации функций управления различными переделами алмазодобычи.

Особенности технологических процессов обогащения в АК «АЛРОСА» определили необходимость поиска и разработки нестандартных технических решений для систем управления. Так, разработаны и внедрены поисковые системы оптимального управления процессами измельчения в мельницах мокрого самоизмельчения (ММС), которые позволяют решить основную задачу эффективного управления этими процессами – поиск и поддержание максимальной производительности мельниц по готовому классу, что обеспечивает минимизацию энергоёмкости

процесса измельчения и повышение степени сохранности (природной целостности) кристаллов. Осуществляются максимальная загрузка ММС по степени заполнения барабана рудой и регулирование водного режима для оптимизации величины циркуляционной нагрузки обогатительного цикла.

Для переделов рентгенолюминесцентной сепарации (РЛС) разработаны интегрированные системы оптимального управления парком РЛС, обеспечивающие функции управления загрузкой сепараторов, индикаторного контроля извлечения, регулирования интенсивности отсечек, контроля и учета режимных параметров сепараторов.

В настоящее время прорабатывается вариант еще более эффективной технологии – метода РЛС-ТВ, основанного на использовании высока контрастных спектральных разделительных признаков – различии цветовых характеристик рентгенолюминесценции алмазов и минералов. Метод РЛС-ТВ реализован в составе инновационного высокотехнологичного программно-технического комплекса многоканальной системы регистрации и избирательной отсечки на основе цветных высокочувствительных скоростных видеокамер высокого разрешения и многоканальных пневмоотсекателей для сепараторов типа ЛС-20-05Н.

Использование метода РЛС-ТВ обеспечит оптимизацию технологических схем переделов РЛС за счет резкого снижения выхода концентрата сепараторов, что позволит сократить парк сепараторов на стадиях перечистки концентратов, снизить повреждаемость алмазов и повысить извлечение переделов РЛС. Метод РЛС-ТВ обеспечивает также возможность извлечения ценных алмазов типа IIa за счет использования нового спектрального разделительного признака.

Разработан и внедрен также ряд оригинальных систем оптимального управления гравитационными процессами, в частности система регулирования параметров отсадочных машин (цикла пульсаций, расхода воды и воздуха) на основе показаний специально разработанных датчиков толщины слоя и степени разрыхления минеральной постели, системы измерения и регулирования плотности суспензии тяжелосредных установок, контроля извлечения отсадочных машин по магнитной фракции.

Для контроля технологических схем и анализа производственных процессов разработаны нестандартные специализированные решения: система контроля извлечения алмазов и их сохранности в технологических процессах с использованием алмазов-индикаторов; система «Учет ТЭП» для обеспечения контроля и учета технико-экономических показателей производства, оценки наработки и простоя оборудования.

Внедрение автоматизированных систем значительно повысило уровень и культуру управления технологическими и производственными процессами на алмазодобывающих предприятиях, что позволило существенно улучшить технологические показатели, в частности повысить извлечение и сохранность кристаллов, снизить удельный расход энергоносителей и реагентов, повысить стабильность и качество ведения процессов добычи и обогащения, увеличить коэффициенты загрузки и использования оборудования, уменьшить время простоев и число аварийных ситуаций.

Дальнейшее развитие работ по автоматизации предусматривает:

- модернизацию существующих систем в направлении разработки безлюдных технологий, новых архитектур беспроводных сетей, применения новых средств и методов контроля и управления процессами, развития систем оптимального управления технологическими процессами, повышения уровня цифровизации рудников, фабрик, энергообъектов;
- разработку автоматизированных систем централизованного мониторинга и прогнозирования состояния горных массивов, бортов, сооружений, парагазовой и гидрогеологической обстановки;
- создание систем контроля параметров открытых рудных потоков на основе технологий машинного зрения – видеонализаторов параметров пенного слоя процесса пневмофлотации, granulометрического состава руды, наличия нерудных предметов на конвейерах и др.;
- развитие и внедрение технологий РПС-ТВ.

Являясь **экологически ответственным предприятием**, АК «АЛРОСА» большое внимание уделяет вопросам сохранения устойчивости экосистем и биоразнообразия в зоне ее присутствия и производственной деятельности. Осуществляя контроль за состоянием окружающей среды, Компания ежегодно проводит масштабные исследования всех природных сред: воды, донных отложений, почв, атмосферного воздуха, отходов. Значительный вклад в проведение данных исследований вносит лаборатория анализа окружающей среды института, аккредитованная Федеральной службой по аккредитации. Область аккредитации лаборатории охраны окружающей среды включает 178 методик отбора проб и определения показателей состава объектов окружающей среды, что позволяет осуществлять производственный экологический контроль в соответствии с требованиями Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ.

За последние годы лабораторией выполнен ряд исследований, направленных на обеспечение экологически безопасного производства. К наиболее значимым и актуальным работам относятся: варианты очистки оборотных вод хвостохранилищ фабрик; оценка возможности повторного использования отработанных масел на горно-обогатительных комбинатах АК «АЛРОСА»; определение количественных характеристик сероводорода, выделяющегося в атмосферный воздух в результате отработки месторождения алмазов трубки «Мир» после вскрытия подмерзлотного надсолевого Метегеро-Ичерского водоносного комплекса, содержащего рассолы с высокой концентрацией растворенных газов; количественная оценка выбросов углекислого газа передвижными и стационарными источниками в результате производственной деятельности предприятий Компании; разработка методических указаний для расчета выброса иных парниковых газов (в эквиваленте CO₂) производственными источниками структурных подразделений АК «АЛРОСА»; исследование современного состояния растительности и животного мира в зоне промышленной деятельности четырех промышленных площадок; оценка целесообразности организации производства лития и других ценных компонентов путем переработки раскислов рудника «Удачный».



Дворец спорта «Кимберлит» и стадион «Триумф» в г. Мирном

Специалисты института «Якутипроалмаз» осуществляют **геолого-экономическое сопровождение** поисково-разведочных работ всех месторождений группы «АЛРОСА».

В периметр задач института входит выполнение технико-экономических обоснований разведочных и эксплуатационных кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых, проведение экономической диагностики технических решений, оценка эффективности инвестиционных вложений в создание новых и реконструкцию действующих промышленных объектов, а также в модернизацию производственных процессов и технологических цепочек с учетом внедрения инновационных научно-технических разработок.

С целью оценки производственного потенциала, обеспечения финансовой устойчивости и инвестиционной привлекательности группы «АЛРОСА» в условиях современной экономики, существующих технологий и способов отработки алмазоносных месторождений разрабатываются долгосрочные планы развития АК «АЛРОСА» и ее дочерних алмазодобывающих предприятий, в том числе «Севералмаз» и «Алмазы-Анабара». Полученные результаты используют при подготовке и принятии управленческих решений как в рамках среднесрочного и годового (бюджетного), так и стратегического планирования.

За последние годы разработаны и прошли успешную защиту в ФБУ «ГКЗ» и ЦКР-ТПИ «Роснедра» более 100 технико-экономических обоснований инвестиционных вложений в рамках освоения минерально-сырьевой базы группы «АЛРОСА», обеспечивающих выполнение требований законодательства в сфере недропользования (в том числе, полноты выемки запасов из недр) и необходимую рентабельность отработки месторождений. По мнению экспертов, работы, выполняемые институтом «Якутипроалмаз», отличает глубина проработки инвестиционных решений, широта и системность экономической диагностики, достоверность технико-экономических расчетов и обоснованность выводов.

Оценка доходности инвестиций и анализ экономического потенциала актива находятся в основе подготовки и принятия

любого управленческого решения, независимо от того, связано это с его приобретением, ликвидацией или эксплуатацией.

В период с 2011 по 2020 г. в рамках экономической оценки инвестиционных проектов и разработки эффективных управленческих технологий специалистами института проведены объемные аналитические проработки в области:

- целесообразности вовлечения в эксплуатацию новых рудных и россыпных месторождений твердых полезных ископаемых (алмазы, золото, редкоземельные металлы, железная руда) и месторождений углеводородного сырья, в том числе железорудных месторождений Таежное, Десовское, Тарыннахское и Горкитское; газоконденсатных месторождения Береговое и Уренгойское; редкоземельно-редкометалльного месторождения Томтор;
- достижения безубыточного уровня отработки беднотоварных и удаленных сырьевых объектов.

В составе института находится и Центр нормирования труда, деятельность которого направлена на создание современной нормативной базы трудовых ресурсов, ее обновление и совершенствование, оптимизацию затрат труда на производство продукции, измерение и оценку трудового вклада каждого работника в результате деятельности коллективов подразделений Компании.

Значимым экономическим результатом деятельности института являются построенные объекты. Объемы **проектирования** за последние 10 лет варьировались от 642 млн руб. до 1,7 млрд руб. в год. Собственными силами выполняли от 40 до 87 % объемов финансирования. Наиболее значимые объекты, которые спроектированы институтом «Якутнипроалмаз»: 17 карьеров (2 в Африке и 15 в Якутии); 5 обогатительных фабрик производительностью от 1,4 до 10,5 млн т/год; 4 рудника с поверхностными комплексами производительностью от 0,5 до 4 млн т/год. Кроме того, только за последние 5 лет спроектированы более 250 общепромышленных и социальных объектов (нефтебазы, компрессорные, КОС, ВОС, АБК, дома, общежития, детские сады, топливно-заправочные пункты и т. д.).

Проектировщики института с 2013 г. ведут работы, направленные на внедрение в проектных отделах программного средства AutoCAD и освоение новых BIM-технологий проектирования. Данные работы позволили перейти с 2016 г. на полномасштабное проектирование с использованием BIM-технологий. Однако сегодня переход на BIM – это уже обязательное требование, ведь в ближайшем будущем Главгосэкспертиза будет принимать проекты с разработанной цифровой моделью объекта в связи с тем, что Федеральным законом № 151 от 27 июня 2019 г. понятие «Информационная модель объекта капитального строительства» введено в Градостроительный кодекс.

Полномасштабный переход на работу с созданием информационных моделей объектов (BIM-технология) дает возможность повысить качество проектных работ и снизить стоимость реализации объекта в целом. Объекты, спроектированные по новым технологиям, позволяют исключить огромное число ошибок, которые можно допустить при плоском проектировании.

Кроме того, институт «Якутнипроалмаз» осуществляет контроль за соблюдением правил безопасной эксплуатации зданий и сооружений, возведенных в условиях многолетнемерзлых

грунтов. Данные, получаемые в процессе многолетних мерзлотных наблюдений, позволяют своевременно выявлять возникающие в результате техногенных воздействий нарушения температурного режима в грунтах оснований и таким образом обеспечивать безопасную эксплуатацию зданий и сооружений, предотвращая возникновение аварийных ситуаций.

Новое направление, в рамках которого институт развивается – это создание **Центра цифровых моделей**. Главной функцией Центра является сбор и анализ всех возможных данных, на основании которых будет сформирована базовая модель для проработки различных сценариев развития событий при изменении тех или иных входных параметров. Центр цифровых моделей должен стать мощным инструментом оценки, прогнозирования и предупреждения горно-геологических, технологических, экономических рисков.

Вышеперечисленные направления являются фундаментальными для развития всего проекта цифровизации в компании «АЛРОСА».

С целью сохранения и развития интеллектуального актива института в условиях нестабильности объема работ планируется решить задачу оптимизации работы на разных площадках, в частности путем создания отделения Института в г. Новосибирске. Это позволит обеспечить привлечение квалифицированных и высококвалифицированных кадров на месте нового размещения, нивелирование спадов объема работ за счет внешнего рынка, цифровизацию проектирования, сохранение блока научно-исследовательских работ в г. Мирном.

Для реализации этих задач не случайно был выбран именно Новосибирск. В первую очередь – это минимальная часовая разница с Мирнинской и Айхало-Удачнинской производственными площадками, но также учитывали и то обстоятельство, что это крупнейший научный центр Сибири, где возможно привлечь квалифицированных специалистов, повысить качество проектных работ и конкурентоспособность института.

Как известно, важным фактором устойчивости и развития любого научно-исследовательского института является повышение интеллектуальной активности сотрудников. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы являются показателем эффективности развития организации в целом. При этом инновации в союзе с интеллектуальной деятельностью влияют, в том числе, и на приток инвестиций. Значительная роль в этом принадлежит интеллектуальной собственности.

Защита интеллектуальной собственности и последующая работа с ней, включая сопровождение интеллектуальной собственности как нематериальных активов Компании, – одно из направлений работы института. Она проводится и в отношении создаваемых в других подразделениях Компании объектов как в процессе проводимых исследований, так и непосредственно в процессе производства потенциально охраноспособных результатов интеллектуальной деятельности.

За последние десять лет всего было получено более 100 охранных документов РФ на результаты интеллектуальной деятельности (РИД): патентов на изобретения и полезные модели, свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и баз данных.

Приоритетной является часть патентного портфеля, включающая объекты промышленной собственности: в настоящее время поддерживаются в силе 79 патентов на изобретения и полезные модели РФ. Следует отметить, что в последние годы в связи с цифровизацией увеличилось число защищенных свидетельствами РФ программ для ЭВМ и баз данных, особенно это касается программ, обеспечивающих работу геологоразведочного комплекса Компании.

Одним из побудительных мотивов защиты РИД является коммерческий интерес, т. е. получение экономической выгоды, причем как непосредственно от внедрения РИД в производство, так и от заключения лицензионных договоров. Начиная с 2016 г. проводится работа по международному патентованию разработок, перспективных для внешнего рынка. Так, изобретение «Устройство для идентификации бриллиантов» с потенциально высокой оценкой будущей коммерциализации патентуется по процедуре международного патентования РСТ в 14 странах. В настоящее время получен патент по процедуре Евразийского патентного ведомства, имеются решения о выдаче патентов Австралии, Канады, США, ЮАР.

Актуальным является также получение налоговых преференций. Поэтому все внедренные в производственную и научную деятельность РИД ставят на бухгалтерский учет в качестве нематериальных активов, пополняя имущественный комплекс Компании. В настоящее время используют около 50 РИД. Общая первоначальная стоимость всех поставленных на учет в качестве нематериальных активов РИД составляет 11,5 млн руб.

В основе научно-технического творчества лежат ум и инициатива изобретателей. Институт все годы своей работы был богат такими людьми. Их творческий вклад в «интеллектуальный багаж» Компании всегда был очень весом. Звание «Лучший изобретатель Компании» получали в последнее время сотрудники института А. Н. Акишев, С. Л. Бабаскин, И. Ф. Бондаренко, И. В. Макаровский, Л. Г. Тарасова. Разработки Компании и института постоянно представляют на выставках, организуемых по линии Московского международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед» как в России, так и за рубежом, и удостоиваются различных наград. В 2020 г. три разработки с участием авторов – работников института вошли в число 100 лучших изобретений России.

АК «АЛРОСА» (ПАО) в лице института «Якутнипроалмаз» с 2009 г. является членом Ассоциации саморегулируемых организаций. Качество работ обеспечивается подтвержденной французским органом по сертификации ООО «АФНОР Рус» системой менеджмента качества (далее – СМК). Неформальное внедрение СМК обуславливает курс на модернизацию системы управления с использованием современных стандартов в области менеджмента ISO 9001:2015 (ГОСТ Р ИСО 9001–2015). Проект внедрения международного и национального стандарта был реализован за год, и уже в 2008 г. СМК сертифицирована. Специалисты института стремятся к тому, чтобы система менеджмента действовала не ради красивых графиков и получения сертификатов. Для руководства СМК – это в первую очередь оперативный инструмент, с использованием которого удастся выявить слабые стороны в деятельности института,



Памятник первопроходцам

наладить взаимодействие между основными процессами, упорядочить документооборот, прописать необходимые требования и получить обратную связь от заказчиков по средствам опроса в форме анкетирования.

О высоком качестве оказываемых институтом услуг свидетельствуют сертификаты соответствия в системах добровольной сертификации Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии: «Лидер отрасли» и «100 лучших предприятий России». За выдающиеся достижения в области добычи полезных ископаемых институт получил статус «Золото» в Глобальном индексе совершенства (Global Excellence Index) EFQM.

Заключение

Основные результаты деятельности института «Якутнипроалмаз» достаточно широко представлены в открытой печати – 1945 статей и 57 монографий.

За все время существования институт провел ряд форумов – в 1991, 2001 и 2011 гг., на которых отечественные и зарубежные ученые и специалисты обсудили вопросы вовлечения в разработку нижележащих запасов месторождений, эффективной разработки запасов беднотоварных руд, проблемы создания кристаллосберегающих технологий добычи алмазосодержащего сырья. В сентябре 2021 г. институт «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА» (ПАО) планирует провести в г. Мирном (Республика Саха (Якутия)) международную научно-практическую конференцию «Горнодобывающая промышленность в 21 веке: вызовы и реальность», посвященную 60-летию его образования. Сотрудники института представят перспективные разработки, а обмен мнениями ведущих ученых и специалистов позволит более уверенно определить актуальные направления исследований, которые могут быть полезны и для других отраслей горнодобывающей промышленности! **Ж**