

REVIEW

Цифровое будущее горнорудного предприятия

Nordgold: цифровое золото — залог конкурентоспособности

Цифровое обогащение

Насущная потребность в технологии «цифровых двойников»

Аналитическая революция

BCG — международная компания, специализирующаяся на управленческом консалтинге, ведущий консультант по вопросам стратегии бизнеса. Нашими партнерами являются частные, государственные и некоммерческие организации во всех отраслях и регионах мира. Вместе мы работаем над тем, чтобы выявить наилучшие возможности создания стоимости, найти оптимальные решения важнейших задач и преобразовать бизнес. Наш подход индивидуален: глубокий анализ динамики развития компаний и рынков сочетается с тесным сотрудничеством на всех уровнях управления компании клиента. Такой подход обеспечивает нашим клиентам устойчивое конкурентное преимущество, эффективность организации и долгосрочные результаты. Созданная в 1963 году, сегодня компания BCG имеет глобальную сеть из более чем 90 офисов в 50 странах.

В России BCG работает с 1990 года, офис в Москве был открыт в 1994 году. Компания BCG в России сотрудничает с крупнейшими организациями во всех отраслях экономики страны. Дополнительную информацию можно найти на нашем сайте bcg.com.

BCG REVIEW

Сентябрь 2020

МИХАИЛ ВОЛКОВ

РОБИН ВУД

ДМИТРИЙ ГОЛОВИНСКИЙ

ОЛЕГ МАКСИМОВ

ИЛЬЯ МАЛИНОВСКИЙ

МИХАИЛ МОГУЧЕВ

ГРИГОРИЙ РУБИН

КРЕЙГ СТЮАРТ

АНДРЕЙ ТИМОФЕЕВ

РАЙНЕР ШУСТЕР

СЕМЁН ЩЕТИНИН



СОДЕРЖАНИЕ

08	Цифровое будущее горнорудного предприятия
26	Nordgold: цифровое золото — залог конкурентоспособности Интервью с заместителем операционного директора компании Nordgold Олегом Максимовым
34	Цифровое обогащение
42	Насущная потребность в технологии «цифровых двойников»
50	Аналитическая революция Построение клиентоориентированной цепочки поставок в металлургической компании

ОБРАЩЕНИЕ К ЧИТАТЕЛЮ



Уважаемые друзья!

Многие компании горно-металлургической промышленности за прошедшие годы уже сделали первые шаги в области цифровизации, однако большинство все еще сильно полагается на традиционные рычаги повышения эффективности. Однако потенциал таких привычных методов начинает иссякать. Сегодня, когда мировая экономика и потребление оказались под беспрецедентным давлением, цифровизация становится не только важным фактором развития компаний, но и обязательным условием жизнеспособности бизнеса. Компании, которые совершат рывок в области цифровизации, могут рассчитывать на устойчивое конкурентное преимущество на годы вперед, тогда как отстающим придется бежать за ушедшим далеко вперед поездом инноваций.

Этот выпуск BCG Review подготовлен партнерами практики Metals & Mining (горно-металлургическая практика) московского офиса BCG. Основная задача выпуска — попытаться ответить на актуальные для российских компаний вопросы и поделиться лучшей практикой, локальной и международной.

В статье «**Цифровое будущее горнорудного предприятия**» авторы сформулировали основные направления комплексной цифровизации, которые позволят создать горнорудное предприятие будущего, в том числе привели практические рекомендации, типичные ошибки и пути решения сложностей масштабного внедрения цифровых инструментов по всей производственной цепочке.

В интервью с **заместителем операционного директора компании Nordgold Олегом Максимовым** мы поговорили о возрастающей ценности цифрового золота: данных, получаемых компанией на каждом этапе — от взрывных работ до отливки слитка. Мы также обсудили ключевые преграды на пути к полностью цифровизированному предприятию, такие как отсутствие необходимых навыков у сотрудников, недоверие к ИИ со стороны рабочих и многое другое.

Быстрые и яркие результаты — это главный критерий при отборе проектов для реализации на производстве, также позволяющий эффективно бороться с цифровым скептицизмом и создавать спрос на цифровые решения со стороны самих производителей. В статье **«Цифровое обогащение»** мы рассматриваем пример такого пилота на флотационных машинах обогатительной фабрики. В ходе этого проекта специалисты BCG получили доступ к огромному массиву данных, снятых тысячами датчиков с оборудования, а также вместе с командой клиента провели тесты более 40 версий алгоритма. Итогом данной работы стали значительное снижение производственных потерь и дополнительные десятки миллионов прибыли для предприятия с каждой флотационной машины.

Оптимизировать производственные операции позволяет также технология «цифровых двойников» — виртуального представления физического оборудования или процессов, происходящих в реальном мире. В некоторых случаях они используются для улучшения показателей отдельных производственных объектов, другие модели сложнее и охватывают всю цепочку снабжения. В целом их задача — помогать горнопромышленникам принимать грамотные решения. В статье **«Насущная потребность в технологии „цифровых двойников“»** мы рассматриваем три способа применения этой технологии на производстве, а также рассказываем о способах максимизации извлекаемой из нее выгоды.

О том, как другой цифровой инструмент — продвинутая аналитика — помог крупной металлургической компании решить нетривиальную задачу оптимизации цепочки поставок и роста клиентоориентированности, читайте в статье **«Аналитическая революция»**. Двухлетняя программа цифровой трансформации цепочки поставок, реализованная совместно с BCG, позволила организации получить дополнительное конкурентное преимущество и увеличить показатели EBITDA на 2–4 пункта при одновременном снижении уровней запасов.

Приятного чтения!

Андрей Тимофеев

Старший партнер

и управляющий директор,

глава BCG в России и СНГ



ЦИФРОВОЕ БУДУЩЕЕ ГОРНОРУДНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

КАК ПРОВЕСТИ КОМПЛЕКСНУЮ ЦИФРОВИЗАЦИЮ ПОЛНОГО ЦИКЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГОРНОРУДНОЙ ОТРАСЛИ: ВАЖНЕЙШИЕ НАПРАВЛЕНИЯ, ОПАСНЫЕ ОШИБКИ И КЛЮЧЕВЫЕ ВЫЗОВЫ

Андрей Тимофеев, старший партнер и управляющий директор, глава BCG в России и СНГ

Михаил Волков, управляющий директор и партнер BCG

Михаил Могучев, управляющий директор и партнер BCG

Семён Щетинин, управляющий директор и партнер BCG

НЕСМОТЯ НА НАЛИЧИЕ УСПЕШНЫХ примеров, в целом горно-металлургический сектор движется в вопросах цифровизации несколько медленнее других отраслей. Однако такой временной разрыв следует воспринимать скорее как хорошую возможность, нежели как системное ограничение. Тем более что в настоящий момент многие компании отрасли уже сделали первые шаги, извлекли уроки, получили первый опыт и результаты. В целом есть основания говорить, что цифровизация в секторе встала на рельсы и даже набирает обороты. В качестве ключевых направлений данного процесса в горно-металлургических компаниях можно выделить следующие:

- Проектирование и долгосрочное планирование на основе «цифровых двойников»;
- Среднесрочное и краткосрочное планирование на основе цифровых инструментов;
- Геометаллургия;

- Интегрированные центры управления операциями;
- Роботизация и удаленное управление;
- Цифровизация ТОиР;
- Экспертные системы на базе искусственного интеллекта (ИИ) и продвинутой аналитики (ПА);
- Интеллектуальные системы безопасности.

При реализации этих направлений компаниям важно учиться на опыте друг друга и стараться избегать критических ошибок, допущенных предшественниками. Так, многие в процессе внедрения сталкиваются с рядом требующих особого внимания вопросов: нередко цифровые решения остаются лишь данью моде, не принося реального эффекта или не используя (а значит, не окупая затраты на приобретение), в других случаях фокус делается только на технологии, а изменению

бизнес-процессов и управлению изменениями не уделяется должного внимания. В результате вместо популяризации, развития инструментария и подходов можно получить отторжение, которое в конечном итоге ведет к отсутствию необходимого прогресса. Следует помнить, что построение цифровой организации полного цикла требует четкой стратегии, кардинального изменения бизнес-процессов, развития компетенций, совершенствования ИТ-инфраструктуры, а также выстраивания работы с внешней экосистемой.

Цифровизация в горнорудной отрасли

Число компаний и отраслей, в которых в последние годы идет активная цифровая трансформация, стремительно растет. Традиционно тяжелые индустрии реализуют эти процессы медленнее индустрий с большим фокусом на клиента, таких как банковский бизнес, телеком или ритейл. Тому есть несколько причин: с одной стороны, данные отрасли являются более подготовленными с точки зрения ИТ-инфраструктуры, с другой — они обладают меньшей инертностью. Говорит ли это об отсутствии значимого потенциала у горно-металлургического сектора? Конечно же, нет. Скорее, наоборот.

Использование современных цифровых технологий позволяет вывести эффективность на совершенно другой уровень, в то время как набор привычных рычагов для улучшений зачастую уже исчерпан или значительно ограничен.

Несмотря на наличие отдельных примеров успешных цифровых компаний (см. врезку «Технологии на службе горнодобывающих компаний»), в целом индустрия находится на ранних этапах цифровизации, а значит,

у лидеров есть шанс получить больше преимуществ за счет использования цифровых инноваций.

Использование современных цифровых технологий позволяет вывести эффективность на совершенно другой уровень, в то время как набор привычных рычагов для улучшений зачастую уже исчерпан или значительно ограничен.

Компании внедряют разные подходы и технологии с учетом специфики, имеющейся проблематики и приоритетов в цепочке создания ценности: кто-то фокусируется на удаленном управлении техникой и процессами, кто-то делает ставку на внедрение инструментария искусственного интеллекта, другие целятся на удаленное управление целым подземным рудником.

Однако в целом отрасль, как уже говорилось выше, движется относительно медленно по пути цифровизации, что обусловлено целым рядом факторов:

- Неумением извлекать ценность из цифровых решений.
- Низким уровнем базовой автоматизации процессов и требуемыми относительно высокими инфраструктурными инвестициями.

ТЕХНОЛОГИИ НА СЛУЖБЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ

Горно-металлургический сектор в целом еще не в полной мере использует преимущества цифровых инструментов, однако в мире есть примеры успешного их применения, демонстрирующие впечатляющие результаты.

Так, одна крупная горнодобывающая компания, занимающаяся добычей железной руды, в качестве основных направлений цифровизации сосредоточилась на создании полностью интегрированной цепочки поставок на базе удаленных центров операций (включая добычу, переработку, блендинг и складирование, внутреннюю и внешнюю логистику). Она также внедрила автономные технологии добычи (самосвалы и буровые установки), став одним из пионеров в этой области, применила продвинутую аналитику для повышения эффективности всего цикла работ по добыче и всерьез занялась построением культуры инноваций за счет изменения процессов и вовлечения сотрудников. Результатом этой деятельности стали лидерство по затратам благодаря значительному увеличению производительности и эффективности основных процессов (себестоимость производства составила менее \$ 13 на тонну) и существенное повышение безаварийности при эксплуатации беспилотной техники. Удачный первый опыт дал толчок будущим преобразованиям — в фокусе компании теперь использование больших данных для дальнейшего повышения производительности парка за счет анализа скорости движения, состояния дорог и доступности техники.

Другой пример совместного с производителями оборудования внедрения

инноваций продемонстрировала одна из ведущих европейских добывающих компаний. Она сконцентрировалась на реализации программы, направленной на развитие комплексной автоматизации, и развертывании беспроводных сетей. Так, уже в 2012 году 100% инфраструктуры одного из подземных рудников компании были покрыты связью, IP-телефонией и системой подземного позиционирования. Целью данных инициатив, с одной стороны, является повышение производительности за счет возможности оперативно управлять производственным процессом, с другой — обеспечение безопасности, в том числе за счет возможности удаленного управления оборудованием. Как итог — подземные рудники компании являются мировыми лидерами по производительности труда, в том числе за счет внедрения технических и цифровых ноу-хау. Кроме того, за счет разработки и внедрения подобных проектов удалось добиться снижения энергопотребления, оптимизации эксплуатационных затрат, появилась возможность оптимизировать и капитальные затраты.

Третий показательный образец внедрения «цифры» продемонстрировала одна из крупнейших в мире горнодобывающих компаний, обозначив стратегию построения полностью интегрированной горно-рудной компании с высоким уровнем автоматизации к 2025 году. В рамках этой работы она внедрила удаленные центры, отслеживающие в реальном времени данные, получаемые с автономного оборудования в крупном регионе добычи, а также реализовала ряд инициатив на пути полной реорганизации работ

по принципу «индустрия 4.0», где работники, оборудование, операционные центры и даже клиенты могут быть беспрепятственно подключены через интернет для повышения эффективности. Эффектом стало сокращение расходов на одном из месторождений на 20% благодаря полной автоматизации оборудования,

а автономные буровые установки компании теперь демонстрируют на 10–20% большую продуктивность, чем управляемые человеком машины.

Данные примеры дают представление о потенциале инструментов и систем, внедрение которых возможно в секторе.

- Низким качеством или доступностью данных.
- Ограниченным доступом к инновационному сообществу горно-металлургических компаний.
- Отсутствием компетенций и опыта внедрения инноваций.

Несмотря на наличие этих препятствий, в последние годы сделаны заметные шаги в сторону их преодоления, так что можно говорить о том, что цифровизация в российской горнорудной промышленности началась. Вызовом ближайшего будущего станет ее системное внедрение в полный производственный цикл.

Основные направления цифровизации горнорудных предприятий

Мы выделяем восемь основных направлений, которые характеризуют горнорудное предприятие будущего (см. рис. 1). Они в первую очередь ориентированы на устранение ключевых «болевых точек» предприятия и извлечение стоимости. При этом внедрение даже части из них — наиболее актуальных, имеющих значительный потенциальный эффект в текущих реалиях — может улучшить показатели компании.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ДОЛГОСРОЧНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ «ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ»

На текущий момент в отрасли преобладает традиционный фрагментированный подход к проектированию месторождений и формированию долгосрочных планов развития активов (от Life-of-mine¹ до годового планирования), который имеет ряд неэффективных элементов:

- Отсутствие сквозного кросс-функционального проектирования с вовлечением проектных институтов, технических подрядчиков, эксплуатации, а также низкое качество взаимодействия всех участников процесса.
- Отсутствие единой информационной платформы разработки с большим количеством разрозненных оценок и вычислений, несвязанных моделей (геологических, геотехнических, гидрогеологических, ресурсных и пр.), с разрывами в информационных потоках.
- Недостаточный фокус на оптимизации экономики проекта на протяжении всего жизненного цикла, а также практически полное отсутствие сценарного планирования.

1. Планирование жизненного цикла.

Рис. 1 | Ключевые направления цифровизации горно-металлургического сектора



Такие недостатки приводят к просчетам в проектировании, например: выбору неоптимального метода отработки, неверному определению конфигурации камер и горных выработок, ошибкам в вентиляции или формированию избыточного парка техники. Они, в свою очередь, становятся причиной неоптимальных сценариев отработки месторождений и сокращения NPV² проектов.

Всех этих ошибок можно избежать, однако для этого следует внедрить три элемента в проектирование и долгосрочное планирование:

1. Создать *единую интеграционную платформу* с комплексом моделей: геологической, геомеханической, гидрогеологической, маркшейдерской, вентиляционной (для подземных горных работ), ресурсной.
2. Внедрить *проектный подход* для проектирования и долгосрочного планирования с формированием кросс-функциональных команд из представителей проектных институтов, технических подрядчиков, служб эксплуатации.

2. Показатель NPV представляет собой разницу между всеми денежными притоками и оттоками, приведенными к текущему моменту времени (моменту оценки инвестиционного проекта).

3. Выстроить *сценарное планирование* с фокусом на оптимизацию экономических показателей.

СРЕДНЕСРОЧНОЕ И КРАТКОСРОЧНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

На многих горнорудных предприятиях планирование на горизонте от месяца и меньше носит достаточно формальный характер: как правило, параметры пропорционально усредняются без учета объективных факторов влияния (например, доступности техники в конкретную смену). Тогда как качество составления планов и на среднесрочный (год-месяц), и на краткосрочный (неделя-сутки-смена с расстановкой и индивидуальной производительностью техники) горизонты обладает потенциалом улучшений при применении соответствующих аналитических инструментов, обеспечении качественных данных и устранении разрывов на различных временных отрезках (например, за счет обеспечения связи между месячным и недельным/ декадным планированием, интеграции планирования горных работ и ТООР, учета актуальных горно-геологических условий и т. д.).

Учет актуальных параметров при планировании позволяет избежать потерь технической готовности оборудования, повысить эффективность его использования и производительность за счет обеспечения скоординированности. В случае отдельных методов обработки при проведении подземных горных работ (ПГР) возможно также снизить операционные затраты, возникающие

из-за разубоживания³. Особенно критичными перечисленные выше потери являются при ПГР, поскольку они характеризуются короткими циклами и требуют четкого соблюдения оптимальной последовательности отработки блоков.

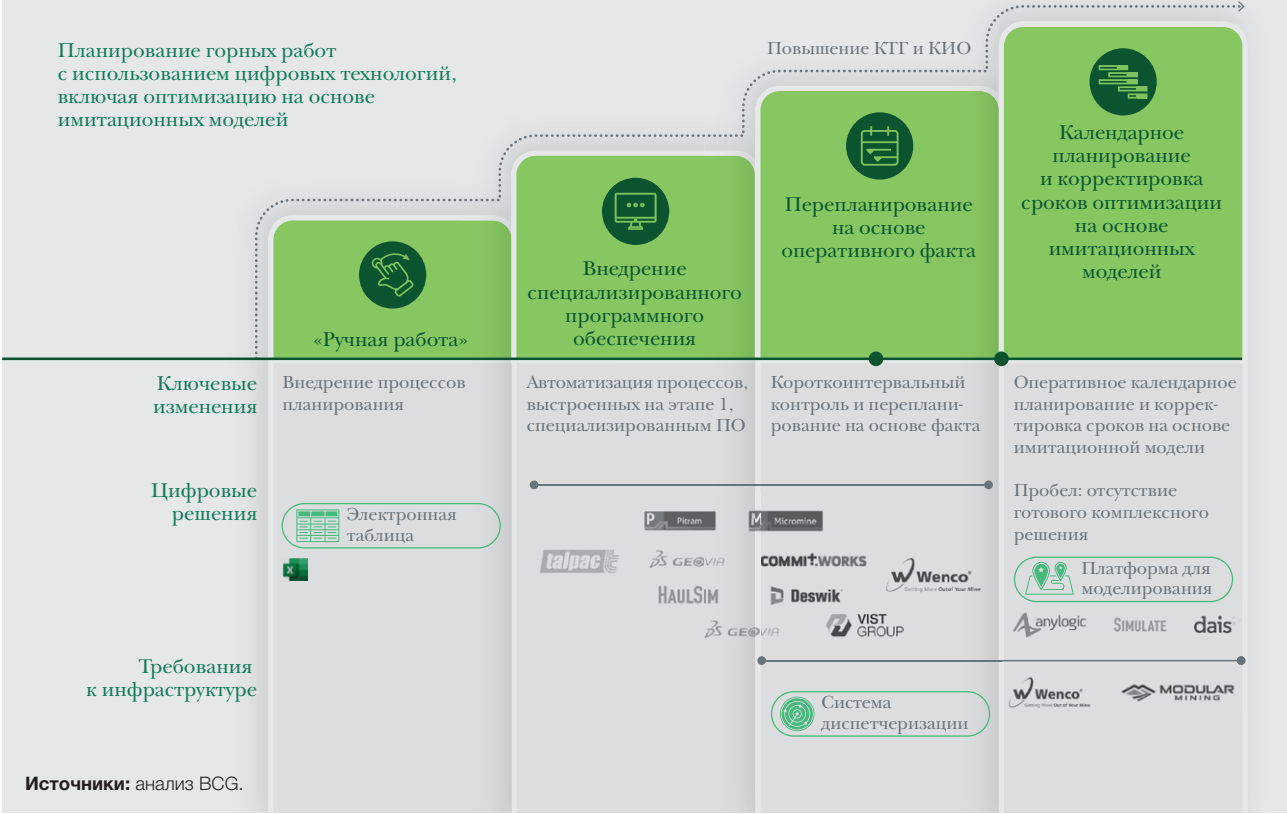
При этом на рынке присутствуют цифровые инструменты среднесрочного и краткосрочного планирования, которые позволяют устранить многие недостатки: существует класс систем среднесрочного планирования, достаточно специализированных инструментов для отдельных методов отработки, также представлены технологии для краткосрочного планирования.

Как правило, в процессе развития систем среднесрочного и краткосрочного планирования лидеры отрасли проходят через четыре этапа:

1. Выстраивание процессов планирования без специализированного ПО.
2. Внедрение ПО среднесрочного и краткосрочного планирования без функции оперативного перепланирования.
3. Интеграция систем диспетчеризации (факт выполнения горных работ) и систем планирования с реализацией оперативного перепланирования.
4. Внедрение элементов оптимизационного планирования, в частности на базе систем имитационного моделирования.

3. Разубоживание — потери качества полезного ископаемого в процессе добычи. Выражается в снижении содержания полезного компонента или полезной составляющей в добытом полезном ископаемом по сравнению с содержанием их в массиве полезных ископаемых (балансовых запасах) вследствие примешивания к нему пустых пород или некондиционного полезного ископаемого, а также потерь части полезного компонента или полезной составляющей.

Рис. 2 | Среднесрочное и краткосрочное планирование на базе цифровых технологий: 4 основных этапа



Наиболее серьезным вызовом для индустрии в настоящий момент является последний, четвертый этап (см. рис. 2). Несмотря на то что сейчас некоторые компании внедряют инструменты имитационного моделирования для решения точечных задач, действительно готовые решения, которые можно было бы интегрировать с существующими программными продуктами, на рынке отсутствуют.

ГЕОМЕТАЛЛУРГИЯ

Традиционно процессы большинства горнорудных предприятий сосредоточены в первую очередь на максимизации добычи, а переработке уделяется значительно меньше внимания. Тогда как она, произведенная на обогачительных мощностях эффективным методом, позволяет повысить производительность и извлечение. Тем не менее

ГЕОМЕТАЛЛУРГИЯ

Геометаллургия — это процесс, строящийся на глубоком понимании характеристик руды и их влиянии на производительность фабрики и предполагающий выстраивание работы горно-обогачительного комбината от оптимальных требуемых для фабрики характеристик шихты с учетом ограничений, имеющих при добыче.

во многих случаях именно обогатительная фабрика становится узким местом комбината — как с точки зрения ограниченной гибкости по увеличению мощностей, так и с точки зрения возможностей повышения среднечасовой производительности, оптимизации качества или параметров извлечения.

Почему это происходит? Дело в том, что обогатительные фабрики находятся в конце производственной цепочки и принимают на себя всю предыдущую неэффективность — говоря простым языком, перерабатывают все то, что поставляет горный передел, с ограниченными возможностями по шихтованию⁴ или приоритетами по последовательности переработки.

Изменить это положение можно, внедрив на производстве такое направление, как геометаллургия.

Подобным образом на одном из ГОКов, сотрудничавшем с BCG, фабрика являлась узким местом производственного процесса. В данном случае на результаты работы различных переделов влияло пять показателей, в том числе крепость⁵, шламистость⁶, фрагментационный состав⁷ и др. Все процессы на ГОКе были выстроены «от горы», шихтование осуществлялось только на основании содержания, при этом, в зависимости от шихты, узкие места на фабрике постоянно перемещались. В этих условиях руководством компании была поставлена задача повысить производительность фабрики. Для достижения этой цели

совместной командой были реализованы мероприятия, позволившие внедрить принципы геометаллургии в управление ГОКом:

- Определены характеристики руды, критичные для производительности фабрики, рудные тела были зонированы по этим характеристикам, а склады реорганизованы по критическим характеристикам;
- Создан цифровой инструмент для планирования оптимальной шихты для фабрики на горизонтах: год, месяц, неделя, смена — на базе «цифрового двойника»;
- Создан цифровой инструмент — подсказчик операторам фабрики, формирующий прогноз по производительности различных переделов и позволяющий стандартизировать реакции человека на изменения в технологическом процессе;
- Выстроен процесс мониторинга и оперативного контроля за соблюдением шихты со сквозным прослеживанием характеристик «рудное тело — склад — питание фабрики»;
- В рамках дальнейшего развития внедряется цифровой инструмент оптимизации буровзрывных работ для управления фрагментацией руды.

В итоге реализация этих шагов позволила повысить производительность фабрики на 10%.

4. Шихтование — процесс смешивания ископаемого сырья разных сортов или с разным содержанием ценного компонента для придания смеси определенных технологических свойств, улучшающих процесс обогащения.

5. Крепость — комплексная характеристика породы, определяемая целым рядом ее физико-механических свойств, оказывающих влияние на процесс ее разрушения.

6. Шламистость — показатель, характеризующий долю присутствия мелкодисперсных частиц.

7. Фрагментационный состав — показатель доли различных классов крупности элементов в составе руды.

Опыт других ГОКов по внедрению принципов геометаллургии свидетельствует о возможности достижения и более высоких результатов — до +30% к производительности. Однако получить такие показатели традиционными методами практически невозможно, здесь необходима реализация цифровых решений с одновременной перестройкой бизнес-процессов, причем львиная доля успеха здесь зависит от грамотной стыковки технических цифровых и организационных решений — только в этом случае можно достичь стабильного результата. При этом соответствующие цифровые решения нужно применять на каждом этапе управления от обогатительной фабрики (см. рис. 3).

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ЦЕНТРЫ УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАЦИЯМИ (ИЦУО)

На многих ГОКах координация и диспетчеризация транспортного оборудования осуществляются горными мастерами, на которых, помимо этого, также лежат обязанности по контролю и обеспечению соблюдения технологии производства и стандартов безопасности. В то же время диспетчерские во многом несут учетную функцию и наделены ограниченными полномочиями по управлению горно-транспортным переделом. В подобной модели существует большой потенциал повышения качества оперативных решений, так как многие из них имеют низкую аналитическую проработку

Рис. 3 | Геометаллургия

Сквозная оптимизация системы «рудник — фабрика» за счет глубокого понимания характеристик руды и внедрения цифровых инструментов



в условиях ограниченной информации. Все это приводит к раскоординации различных типов оборудования и участников процессов и влечет за собой простои и потери в производительности техники.

Данную проблему позволяют решать интегрированные центры операций, реализовать которые можно в нескольких форматах:

- Локальные центры управления операциями:
 - диспетчеризация основного и вспомогательного оборудования;
 - интегрированный центр управления активом с функциями диспетчеризации основного и вспомогательного оборудования, мониторингом состояния техники, управлением сквозной цепочкой «фабрика — склад — гора»;
- Удаленные интегрированные центры операций:
 - центры мониторинга и многофункциональной экспертной поддержки;
 - центры диспетчеризации и удаленного управления частью парка техники (в основном маломобильное или стационарное оборудование); классический пример подобных центров — это удаленные центры управления в регионе Pilbara в Австралии;
- Полное удаленное управление всей техникой и оборудованием на активе.

Создание подобных центров — сложный процесс, подразумевающий

значительную цифровую и инфраструктурную составляющую, но еще более трудоемкий с организационной точки зрения, поскольку подразумевает значительное перераспределение полномочий и ответственности. Он может проходить в несколько этапов, стартовав с локальных центров с постепенным переводом на полностью дистанционную работу (см. рис. 4).

Центры управления показывают безусловную эффективность за счет выстраивания короткоинтервального контроля, повышения качества принятия операционных решений ввиду их аналитической проработки и концентрации компетенций. ЦУО позволяют повысить производительность контролируемых операций на 5–10%, а по отдельным видам техники — вплоть до 25%.

Значительных результатов возможно добиться не только в модели удаленных интегрированных центров, но и в модели локальных центров. Так, BCG на одном из проектов оказывала поддержку при формировании локального центра управления операциями для одного из ГОКов. В рамках данной работы была выстроена система динамической диспетчеризации горной техники, сформированы системы короткоинтервального контроля с оперативным контролем и управлением скоростными режимами и восстановлением дорожного полотна, а также реализован оперативный контроль буровых работ. Создание центра позволило повысить коэффициент использования большегрузных автосамосвалов свыше 85% от доступного времени.

РОБОТИЗАЦИЯ И УДАЛЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Данное направление является одним из наиболее перспективных в вопросах

Рис. 4 | Создание интегрированных центров управления операциями может проходить в несколько этапов



Источники: анализ BCG.

¹ ЦУО — центр управления операциями.

цифровизации отрасли, однако подходы к его применению в случае открытых и закрытых горных работ будут различаться.

По открытым горным работам наибольшее распространение роботизация получила в Австралии, где на месторождениях применяются роботизированные большегрузные автосамосвалы, буровые с удаленным управлением, роботизированные поезда и портовые терминалы. Одним из ключевых драйверов экономической эффективности роботизированных решений стала оптимизация затрат на персонал (зарплата

водителя большегрузного автосамосвала может превышать 150 тыс. долл. в год). Для примера, приведенная стоимость эксплуатации управляемого человеком самосвала и роботизированного самосвала может различаться более чем на 20% с учетом всех инвестиций в инфраструктуру и разницы в стоимости оборудования, при этом экономия на персонале достигает 80% от этого эффекта. Однако в регионах, где стоимость труда значительно ниже, бизнес-кейс роботизированной техники в условиях ОГР (открытых горных работ) не столь очевиден. Помимо этого, повышение эффективности автономной техники

достигается за счет более стандартизированной работы в цикле, увеличения объема перевозимой горной массы благодаря отказу от части оборудования, необходимого для управления человеком (защитный козырек над кабиной водителя, сама кабина и ее элементы и т. д.). Не стоит сбрасывать со счетов и безопасность. В большинстве случаев при применении автономной техники показатели в этом направлении улучшаются и стабилизируются на приемлемом уровне в течение продолжительного периода времени.

В части подземных горных работ бизнес-кейс роботизированной техники и удаленного управления более нагляден и строится на максимизации полезного времени использования забоев за счет оптимизации потерь времени на перемены, прочие организационные простои и взрывные работы, а также за счет повышения качества операций (например, качества автоматического бурения). Однако при подземных горных работах еще более остро, чем при открытых, встает вопрос безопасного сосуществования автономной и управляемой людьми техники, а также масштабных инвестиций в инфраструктуру для обеспечения высококачественной передачи данных.

ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА (ИИ) И ПРОДВИНУТОЙ АНАЛИТИКИ (ПА)

Решения с применением искусственного интеллекта и продвинутой аналитики сегодня очень активно развиваются во многих отраслях, в том числе в горнодобывающей промышленности. На рынке появляется большое количество инструментов внедрения ИИ и ПА во все элементы цепочки создания стоимости. В частности, с их помощью можно повысить эффективность

геолого-разведочных работ (снижение затрат и повышение точности прогнозирования), оптимизировать паспорта буровзрывных работ (снижение затрат и управление фрагментацией), улучшить экспертные системы для обогатительных фабрик и металлургических производств (оптимизация работы ключевых установок). (См. врезку «Системы-советчики на службе у пердела».)

Исходя из нашего опыта, ИИ и ПА позволяют получить несколько эффектов:

- Повысить качество принятия решений за счет глубоко аналитических методов и постоянного дообучения: экспертная система позволяет управлять процессом с учетом накопленного опыта всех операторов;
- Стандартизировать подход к управлению технологическим процессом, который может сильно различаться между операторами отдельных установок и базироваться на личном опыте;
- Создать дополнительный эффект прозрачности и ответственности при управлении процессом: оператор понимает, что его действия записываются и могут быть сравнены с рекомендацией экспертной системы.

При этом экспертные системы не заменяют собой человека (как того опасаются работники), а позволяют ему более качественно управлять процессом.

На текущем этапе зрелости экспертных систем, качества используемых данных и уровня автоматизации еще очень преждевременно говорить о полной автоматизации и об отказе от участия

СИСТЕМЫ-СОВЕТЧИКИ НА СЛУЖБЕ У ПЕРЕДЕЛА

В 2019 году одна крупная российская компания сформулировала видение цифровой трансформации, определив в качестве флагманского направления в 2020 году продвинутую аналитику. При содействии BCG в работу было запущено шесть пилотных проектов, которые отобрали на основании четырех критериев: ожидаемого экономического эффекта, качества данных для анализа, опыта аналогичных проектов у BCG и поддержки руководства цехов. Практически все пилоты — это экспертные системы, или системы-советчики. Они в режиме реального времени формируют подсказки операторам/технологам о том, как правильнее вести производственный процесс и получать лучшие результаты.

В результате внедрения пилотов компании удалось получить экономический эффект. По пилотам, направленным на повышение выпуска продукции, он составил 3–5%, а по пилотам, направленным на снижение расходов, — 1–3% от всей базы.

Важным условием для компании было выстраивание внутренних компетенций для самостоятельной разработки и поддержки подобных решений. Поэтому параллельно с созданием инструментов реализовывалась масштабная программа обучения и развития для формирования внутренних компетенций по Data Science, разработке продуктов в Agile и других навыков.

Системы-советчики на службе у передела



Источник: анализ BCG.

человека в управлении производственным процессом.

На текущем этапе зрелости экспертных систем, качества используемых данных и уровня автоматизации еще очень преждевременно говорить о полной автоматизации и об отказе от участия человека в управлении производственным процессом.

Важно также отметить, что внедрение подобных продуктов требует от многих компаний выстраивания совершенно новых внутренних компетенций для разработки, поддержания работоспособности и развития инструментов ПА и ИИ.

Как избежать традиционных ошибок?

Многие компании за последние годы получили важный опыт первых шагов по цифровизации, а также столкнулись с первыми сложностями. По опыту клиентов BCG, наиболее часто приходится отвечать на следующие вызовы.

Фокус на «технологический хайп», а не на создаваемую ценность.

Цифровой мир предлагает компаниям много интересных решений — дроны, экзоскелеты, роботизированную технику, «цифровых двойников»,

системы распознавания образов и многое другое. Предложения разрабатывают уже работающие на рынке поставщики — стартапы, а также другие представители инновационного сообщества, и все они не только интересны с технологической точки зрения, но и производят сильное впечатление.

Однако не стоит забывать, что цифровизация — это в первую очередь один из инструментов создания ценности, причем очень мощный. За каждым решением должен стоять конкретный бизнес-кейс, необходимо фокусироваться на узких местах и четко определять, «где болит» и какую бизнес-задачу тот или иной инструмент решает.

Внедрение систем без встраивания их в процессы и без обучения работников. Следует помнить, что сосредоточенности на одних только технологиях недостаточно. Так, один из клиентов BCG развернул систему диспетчеризации с расширенным функционалом на открытых горных работах, однако ее использование не превышало 20% имеющихся возможностей. Техническое внедрение было произведено качественно, но бизнес-процессы под нее настроены не были, а пользователи не получили знаний о том, как применять ее для оптимизации. Совместная работа команды BCG и клиента была направлена на изменение бизнес-процессов для эффективного использования системы, на снятие инфраструктурных ограничений, обучение менеджмента и специалистов диспетчерского центра. В результате этих изменений удалось снизить простой самосвалов под погрузкой в два раза.

По нашему опыту, при внедрении любых цифровых решений надо помнить, что успешная цифровизация

лишь на 30% зависит от данных и технологий, а на 70% — от качественного управления изменениями (см. рис. 5). Последнее подразумевает не только непосредственно изменение процессов, но и комплексное обучение и вовлечение персонала.

Инициатором цифровизации выступает ИТ-подразделение без вовлечения бизнес-заказчика. По понятным причинам передовые идеи в области цифровизации часто зарождаются и продвигаются со стороны ИТ-блока компании. При этом в значительной части случаев производство достаточно скептически оценивает потенциал цифровых решений. В итоге это может привести к тому, что даже в случае их внедрения использование будет производиться не в полную силу из-за отсутствия поддержки со стороны непосредственных пользователей.

Таким образом, важно понимать, что спрос со стороны бизнес-заказчиков критичен и его необходимо создавать. Для этого требуется много усилий по разъяснению выгод от использования систем, пилотирование, вовлечение сотрудников от производства и реализация инициатив по управлению изменениями.

Вызовы будущего

Даже те компании, которые сейчас успешно пилотируют цифровые инструменты, сталкиваются или через некоторое время столкнутся с проблемой их системного распространения на полный цикл, которая возникает по целому ряду причин.

Несовершенство традиционных бюрократических бизнес-процессов.

Цифровизация и в целом инновации требуют принципиально нового подхода

Рис. 5 | Три элемента успешных программ цифровизации

Бизнес-процессы

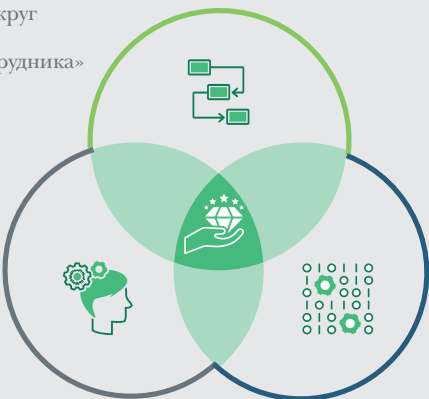
Системная оптимизация бизнес-процессов вокруг цифровых решений «интеллектуального рудника»

ПО и инфраструктура

ПО и инфраструктура для автоматизации выстроенных процессов и их интеграция через «цифровой двойник»

Компетенции

Построение компетенции внутри компании для полноценного использования ПО и создание цифровой культуры



Источники: анализ BCG.

к внедрению. Он должен базироваться на нескольких ключевых принципах:

- кросс-функциональности,
- высокой скорости принятия решений,
- готовности к возможным неудачам.

Однако традиционные корпоративные процессы характеризуются сложностью согласований, требуют большого количества времени на реализацию и стремятся к обозначению и достижению конкретных, закладываемых изначально результатов. Будущим лидерам цифровизации необходимо частично перенять подход стартапов и перестроить собственные бизнес-процессы для обеспечения конкурентного преимущества.

Недостаток навыков и компетенций.

Это одно из фундаментальных ограничений цифровизации полного цикла для горно-металлургических компаний: найти специалиста по Data Science для организации с удаленными активами и тяжелыми условиями труда нередко оказывается невероятно сложной задачей. Кроме того, цифровая трансформация требует как формирования внутренних компетенций в новых пластах знаний у профильных специалистов, так и масштабного обучения широкого круга сотрудников в первую очередь для борьбы с «цифровым скептицизмом». Решение этой задачи должно быть комплексным: с одной стороны, следует обратить внимание на плановое обучение работе с цифровыми инструментами, основанное на долгосрочной стратегии, с другой (в отношении специалистов по Data Science) — на создание централизованных хабов в больших городах, где имеется широкий доступ к необходимым

компетенциям; кроме того, в целом следует организовать информирование сотрудников о реализуемых компанией проектах и их результатах для преодоления сомнений в эффективности цифровых инструментов.

Сформированная «лоскутная»

ИТ-архитектура. Исторически горно-металлургические компании не относятся к так называемым ИТ-интенсивным и не вкладывают существенные средства в ИТ и автоматизацию — как правило, соотношение затрат на ИТ к выручке у компаний этого сектора не превышает 1%. Поэтому обычно имеет место достаточно фрагментарная, «лоскутная» автоматизация, зачастую не на современных, лучших в классе решениях. В контексте цифрового развития это выступает существенным ограничивающим фактором, так как для многих цифровых задач (например, продвинутой аналитики и искусственного интеллекта) ключевыми являются качественные данные — а в условиях «лоскутной» автоматизации это становится серьезной проблемой. Именно в связи с этим у многих компаний в «фоновом» режиме цифровой повестки сейчас развернуты достаточно масштабные программы по повышению уровня базовой автоматизации производства — своего рода попытка наверстать упущенное в этой области. Так или иначе, компании могут для начала запускать эксперименты с цифровыми технологиями там, где есть минимально достаточный уровень автоматизации и оцифрованных данных, а более масштабные задачи следует оставлять в планах на будущее, синхронизируя их с действиями по автоматизации.

Отсутствие систематического подхода к работе с инновационным сообществом и экосистемы. Цифровизация полного цикла требует систематической работы

с инновационным сообществом, вендорами, стартапами и профильными высшими учебными заведениями. Большинство передовых технологических решений отличаются стремительным жизненным циклом от идеи до создания продукта, с последующим итеративным развитием функционала. Для того чтобы успевать за развитием технологий, компаниям необходимо перестраиваться. В качестве возможных решений, реализуемых в индустрии уже сейчас, выступает развитие собственных венчурных фондов посредством заключения стратегических партнерских соглашений с вузами и центрами инноваций.

Цифровизация захлестнула практически все сферы человеческой деятельности, и даже такие традиционные отрасли, как горная промышленность, набирают обороты на пути внедрения инноваций. Медленный

относительно таких передовых индустрий, как телеком и банковское дело, темп открывает для горно-металлургического сектора много возможностей, позволяет учиться на ошибках и отбирать лишь лучшие практики. Ключевым вызовом будущего станет системная цифровизация полного цикла, которой можно добиться, перестроив бизнес-процессы, получив новые навыки, проведя реновацию ИТ-архитектуры и на постоянной основе работая с инновационным сообществом. Сплав новых компетенций и передовых технологий позволит вывести организацию на другой уровень эффективности — задача, особенно актуальная при достижении потолка улучшений традиционными инструментами. Такой технологический виток в модернизации производственных процессов окажет широкое воздействие на все переделы: от роста производительности техники до повышения безопасности работы людей.



NORDGOLD: ЦИФРОВОЕ ЗОЛОТО — ЗАЛОГ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

Интервью с заместителем операционного директора, директором проектного офиса компании Nordgold Олегом Максимовым

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ОПЕРАЦИОННОГО ДИРЕКТОРА, директор проектного офиса компании Nordgold Олег Максимов, возглавляющий производственные площадки компании в Африке, рассказал управляющему директору и партнеру BCG Михаилу Могучеву о программах цифровизации в компании, приоритетных направлениях работы и трудностях, с которыми приходится сталкиваться на пути их внедрения.

Михаил Могучев: Как вы смотрите на цифровизацию с точки зрения прикладных шагов, насколько это приоритет и почему?

Олег Максимов: Для нас это приоритет, причем достаточно прикладной. С точки зрения добычи мы рассматриваем цифровизацию как возможность повысить внутреннюю эффективность и конкурентоспособность на рынке. Цифровизация для нас базируется на трех элементах. Первый — это сами идеи и концепции, которые могут позволить повысить эффективность компании. Второй — это внедрение системных цифровых помощников в каждое подразделение: от геологии, горной добычи и процессинга до вспомогательных функций. И третий — это улучшение корпоративной культуры и развитие цифровых навыков персонала. Здесь хочется заострить внимание

на том, что, к сожалению, те выгоды, которые предлагает цифровизация, пока еще не в полной мере поддерживаются навыками, которые есть у персонала у нас на активах. Более того, они не поддерживаются даже фундаментально институтами, университетами, то есть всей системой подготовки сотрудников и перепрофилирования в нашей отрасли. Нам требуются новые знания и необходима кросс-функциональность, которая сейчас недостаточно развита, и это одна из основных проблем.

Основной приоритет был в том, чтобы обеспечить сбор тех данных, которые потом можно было бы обрабатывать.

Михаил Могучев: Какие у вас основные направления по цифровизации и как построена логика их развития?

Олег Максимов: В первую очередь нужно разграничить понятия «цифровизация» и «автоматизация», потому что они очень близки друг к другу и одно может вытекать из другого.

ОБРАЗОВАНИЕ

- Закончил УрГЮА
- В 2016–2018 годах получил степень MBA в Школе бизнеса им. Бута при Чикагском университете

ЭТАПЫ КАРЬЕРЫ

- 2004–2008 Booz Allen Hamilton, консультант
- 2008–2012 Roland Berger Strategy Consultants, проектный менеджер
- 2012 — настоящее время Заместитель исполнительного директора компании Nordgold, директор рудников Bissa и Bouly

Уже в самом начале работы мы поняли, что нам не хватает базы с точки зрения автоматизации, в частности сбора информации. Так что первый приоритет был в том, чтобы обеспечить сбор тех данных, которые потом можно было бы обрабатывать.

Для этого на уровне корпоративного центра мы внедрили решения по всем основным функциям: SAP, Wenco, Scada, Mine Life и прочим, а также настроили систему сбора данных на рудниках по ключевым переделам.

Если брать всю цепочку создания стоимости, мы в каждом ее элементе выделили базовую систему по автоматизации, которая может поддерживать нашу дальнейшую цифровизацию. Приведу пример геологии: здесь мы наладили сбор информации и занесение ее в геологические модели, а также внедрили дополнительные цифровые инструменты, например IMAGO, который помогает нам формировать цифровую базу фотографий всех наших кернов. Если говорить о самой добыче, то это базовые системы диспетчеризации, которые дают потоковую информацию. А далее уже по переделам: ремонт — сбор информации с оборудования, фабрика — SCADA и другие. Тот же процесс идет и по подфункциям: буровзрывные работы, управление

топливом и так далее. Каждая функция и подфункция у нас имеет базовую систему сбора информации и может быть полностью или частично автоматизирована. Это была ключевая задача первого этапа цифровизации, выполнение которой позволяет собрать весь процесс воедино.

Каждая функция и подфункция у нас имеет базовую систему сбора информации и может быть полностью или частично автоматизирована.

На следующем этапе мы начали смотреть на цифровизацию как на возможность обрабатывать информацию и строить на ее базе серьезные кросс-функциональные модели. Этот подход — когда отдельные функциональные блоки сводятся воедино и цифровыми инструментами обеспечивается кросс-функциональное взаимодействие — можно применять достаточно широко. Например, базовая вещь, которая у нас сейчас активно цифровизируется, — это процесс

reconciliation (процесс балансировки всех переделов по объемам и качеству). Данные обо всем нашем производственном процессе — от начала на горном переделе и до финальной стадии в виде слитка золота — с помощью цифровых инструментов сводятся в единый аналитический центр, который помогает нам на еженедельной и ежемесячной основе выявлять проблемы и работать с ними. Кроме того, мы визуализируем эти данные в Power BI, что позволяет находить дополнительные возможности для повышения внутренней эффективности на ежедневной основе.

Михаил Могучев: *И как цифровизация отражается на эффективности производства?*

Олег Максимов: Как ни банально, одна из ключевых предпосылок для цифровизации — это необходимость избавления от Excel. Мы начали с заводов, ведь там вся базовая аналитика зачастую ведется посредством ручного ввода в таблицы. На самом деле ситуация вовсе не уникальная — очень редкие заводы в мире работают без Excel. Однако нерациональность этого метода очевидна: ручной ввод информации генерирует огромное количество ошибок и задержек. Условия, в которых работают наши предприятия, да и вообще отрасль, настолько изменчивы, что даже самый умный и талантливый человек не может успешно и своевременно на них реагировать. Вариативность процессов велика даже в базовом состоянии, что уже говорить о непредвиденных событиях. Причем это касается не только производства, но и продаж, изменения ассортимента и так далее. В нашей работе может измениться один или несколько параметров, и каждый из них дает на следующий передел гигантскую

амплитуду. Таким образом, ручной ввод данных создает определенный объем ежедневных операционных недочетов, которые хотя и могут казаться незначительными, всего 3–5%, все же приводят к серьезным издержкам и потерям. Наша задача — максимально снизить человеческий фактор, начиная со сбора информации и заканчивая ее обработкой и принятием решений. Ведь когда в дело включается человек, пусть даже большой профессионал, приходится закладывать риск потенциальной ошибки.

Сквозная цифровизация помогает нам более эффективно определять, в какой момент происходят потери золота.

Сквозная цифровизация помогает нам более эффективно определять, в какой момент происходят потери золота. Настроив ежесуточную, еженедельную и ежемесячную отчетность, мы можем обнаруживать потери и неточности в получаемой информации — это мы и называем reconciliation-процессом. Мы сразу видим, что где-то есть нестыковки, задаемся вопросом «Почему?», а затем копаем глубже и находим суть проблемы. Важно, что это происходит не в рамках одного функционала, а распространено по всему предприятию, от геологии до финального передела.

Приведу реальный пример, который имел место совсем недавно. Мы планировали расчетный показатель

по производству, но по факту получили на 5% меньше. Что произошло? Как оказалось, работник не отследил физическое изменение на одном из переделов и не изменил алгоритм работы оборудования — в итоге получили выработку ниже ожидавшейся. И это еще одно доказательство в пользу еще более глубокой цифровизации. Это не значит, что человек полностью исключается из процесса. Есть вещи, которые хорошо может делать только он, например развивать команду, набирать таланты, поддерживать высокий уровень вовлеченности на предприятиях. Все это нужно полностью доверять людям, но вот отслеживание и ввод параметров производства, принятие решений на основе алгоритмов, анализ рынка и данных — за это пусть лучше отвечают программные продукты.

Михаил Могучев: *А если говорить об экономике внедрения цифровых инициатив, какие у вас ожидания? Где вы видите возможный эффект в первую очередь?*

Олег Максимов: У нас есть два направления по цифровизации. Первое — это инструменты, которые приносят прямой измеримый эффект. Один из таких — OrePro 3D. Он позволяет вносить данные запланированных нами взрывов, сопоставлять их с сотнями тысяч других, имеющихся в базе, и точно определять, куда будет двигаться руда. Таким образом, мы достоверно знаем, где будет золото, а значит, исключаем вероятность потерь и получаем быстрый реальный экономический эффект. Вторая группа — это то, что, на наш взгляд, должно в целом привести к более эффективному, рациональному принятию решений. Инструменты такого рода — это

технологии, которые позволят избавиться от ручного ввода информации, бумажных носителей. Сюда же мы относим кросс-функциональную цифровизацию, которая дает возможность выйти на следующий уровень аналитики благодаря совместной оценке нескольких источников данных. Здесь мы в целом приняли решение двигаться в эту сторону, а экономический эффект ожидаем получить структурно, в том числе за счет увеличения качества принятия решений, управления и в экономике предприятия в целом.

Михаил Могучев: *Возникают ли какие-то сложности в процессе внедрения инноваций и цифровых инструментов и как вы их преодолеваете?*

Олег Максимов: На самом деле цифровизация в сравнении с другими инновациями воспринимается лучше. Если говорить об инновационных проектах, то основная сложность заключается в их неочевидности. Далеко не каждый из инновационных проектов себя окупает: из 50–100 проектов, которые мы просматриваем, только один-два могут принести значительный экономический результат. И хотя принятие цифровых проектов идет легче, так как они приносят очевидную пользу компании — снижают нагрузку на персонал, помогают в принятии решений, — но и тут иногда приходится преодолевать разные преграды.

Первая — это «цифровой скептицизм». Нужно понимать, что действующие механизмы принятия решений складывались десятилетиями. Люди привыкли, что, условно, если дан параметр А, то нужно принимать решение В. И когда цифровой инструмент говорит, что нужно принимать решение С, то отказаться от накопленного опыта и знаний,

в том числе полученных в университете или на практике, доверившись алгоритму и машине, очень тяжело. Поэтому при внедрении таких решений мы вводим их постепенно, зачастую не сразу достигая рекомендованного параметра. Выстроить доверие к системе непросто, впрочем, это свойственно человеку — всегда требуется какое-то время, чтобы привыкнуть к новому. Думаю, эту проблему можно считать временной.

Выстроить доверие к системе непросто, впрочем, это свойственно человеку — всегда требуется какое-то время, чтобы привыкнуть к новому.

Так что если говорить о новых инструментах, то они проходят адаптацию от 12 до 18 месяцев. Еще один источник неприятия — это боязнь потерять работу, ведь система не может нести ответственность, виноват всегда человек. Из-за этого страха люди готовы скорее работать неэффективно, но выдерживать нужный показатель, нежели, как им кажется, рисковать.

Вторая преграда — это неповоротливость и сложность самих цифровых инструментов, которую мы иногда видим. Если нужно что-то изменить, то требуются значительные затраты — как временные, так и финансовые. А люди на производстве заняты все 100% своего времени, у них нет возможности ждать или разбираться в новых «игрушках». Поэтому тут важно случайно не создать цифрового

монстра, который либо будет бесконечно долго внедряться, либо вовсе не будет принят командой. Человеку от цифрового инструмента нужны понятные сигналы и четкий ответ на вопрос «Делать это или нет?».

Например, одно из цифровых решений, которое мы применяем, — это алгоритм, который анализирует множество вводных, начиная с расходов за прошлый период, прогноза на будущее и бюджета, заканчивая объемами и сроками доставки. В результате он выдает минимальное и максимальное значения по складским запасам. И хотя сам алгоритм сложный, он дает очень простую рекомендацию, условно «нужно докупить от 2 до 4 единиц товара X, больше не надо, меньше — рискованно». Поэтому мы отбираем цифровые инструменты, у которых длинный алгоритмический «хвост», а на выходе человек видит простые и понятные выводы, позволяющие принять правильное решение.

Мы отбираем цифровые инструменты, у которых длинный алгоритмический «хвост», а на выходе человек видит простые и понятные выводы, позволяющие принять правильное решение.

Михаил Могучев: Существует множество способов внедрения цифровизации в компании: кто-то отдает ее на откуп ИТ, кто-то создает отдельные подразделения,

где-то это происходит на уровне производства, а где-то реализуется через бизнес-заказчиков. Как это происходит в вашей компании?

Олег Максимов: Саму цифровизацию должен инициировать CEO или руководитель предприятия. Если есть корпоративный центр, тогда ведение процессов может также инициироваться со стороны центров инноваций и улучшений (Centers of Technical Excellence). У нас есть подобные структуры, в их задачи в том числе входят инновации и цифровизация. В целом стратегия нашей компании предполагает минимальное вовлечение собственного персонала и активное использование аутсорса. Цифровизацией в прикладном формате у нас занимается небольшая группа экспертов, которая вместе с центрами совершенствования разрабатывает разные стратегии, а затем задача уже спускается поставщику или отдается на фриланс.

Конечно, существуют такие инструменты, которые нужно не только внедрять, но и потом поддерживать, особенно когда речь идет об установке датчиков и сенсоров, требующих замены и калибровки. Поэтому в некоторых крупных цифровых проектах, например в проекте по контролю за топливом, возможен дополнительный набор персонала. Для нас топливо — это очень большая статья затрат, так что, отдав разработку системы вендору, мы также получили от него человека на год, который полностью занимался внедрением и обучением уже наших собственных, специально нанятых под это направление работы сотрудников. Всего мы взяли двух-трех человек, которые отвечают за обслуживание датчиков, их работоспособность, отчеты, сбор данных,

дашборды и модификацию, то есть работают в полном цикле с одним конкретным инструментом. Но если такой поддержки не требуется, мы обходимся посещением представителя разработчиков предприятия раз в год для калибровки.

Я бы рекомендовал начать с не очень большого, но самого сложного участка, который при этом приносит максимальную ценность. Важно, чтобы решалась реальная проблема и появился заметный эффект.

Михаил Могучев: С чего бы вы рекомендовали начать компаниям индустрии, только приступившим к цифровизации?

Олег Максимов: Сама по себе цифровизация — недешевый и достаточно сложный процесс, так что для нее нужно подобрать соответствующую по важности и трудоемкости задачу. Я бы рекомендовал начать с не очень большого, но самого сложного участка, который при этом приносит максимальную ценность. Важно, чтобы решалась реальная проблема и появился заметный эффект.

В нашем случае мы начали с завода, так как здесь рождается наш продукт, золото из породы преобразуется в слиток, при этом исторически все работает на ручном вводе в таблицы.

После пилота уже можно использовать полученный опыт в других сегментах производства. Следует также учесть, что на многих переделах уже существуют те или иные цифровые инструменты, генерирующие данные, так что там новые методы прорывного эффекта могут и не дать. Стоит также обратить

внимание на то, что важно для предприятия, но по-прежнему выполняется вручную, и здесь важно решать основную проблему компании. Тогда цифровизация будет восприниматься как инструмент, помогающий в достижении целей и действительно приносящий ценность.



ЦИФРОВОЕ ОБОГАЩЕНИЕ

Илья Малиновский, партнер офиса BCG в Москве

Дмитрий Головинский, управляющий директор и партнер московского офиса BCG

ИДЕЯ КОРОТКО

ПРОБЛЕМА

На разных этапах горнорудного производства теряется до 20% металлов. Многие производственные процессы требуют постоянной тонкой настройки, но практически не автоматизированы. При этом на обогатительных фабриках сохраняются тяжелые, вредные для здоровья условия.

Причины

Производственные процессы в горнорудной промышленности очень сложны, а системы, основанные на искусственном интеллекте, пока не пользуются доверием менеджмента и не получили широкого распространения. Хотя автоматические помощники способны принести огромную выгоду, подобные проекты кажутся компаниям слишком дорогими и трудоемкими.

РЕШЕНИЕ

Команда отраслевых экспертов, консультантов BCG и специалистов по анализу больших данных BCG Gamma, работая в тесном контакте с операторами и инженерами обогатительной фабрики, создала и внедрила цифровой подсказчик для управления флотационными машинами, позволяющий извлекать больше металла и минимизировать его потери в хвостах.

Постановка задачи

К возможностям цифровизации сегодня присматриваются даже самые традиционные отрасли, и горнодобывающая промышленность не исключение. В художественной литературе ее образ неразрывно связан с тяжелым ручным трудом. Воображение рисует нам огромный карьер, со дна которого по серпантину тянутся вверх вереницы груженных самосвалов. Однако в действительности добыча цветных металлов предполагает широкое использование высоких технологий.

В условиях работы в металлургической и горнодобывающей отраслях, где потери на разных этапах производства и добычи металлов могут достигать 20%, тот, кто умеет их минимизировать, получает заметное конкурентное преимущество. По этой причине один из российских клиентов BCG дал добро на поиск инновационного решения, ограничив, однако, исполнителя сроком в полгода. Сама задача была поставлена широкими мазками: ориентируясь на имеющиеся массивы данных, предложить работающие цифровые инструменты.

Таким образом, первой задачей для совместной команды из 5 аналитиков BCG и специалистов по большим данным BCG Gamma, использующих передовые методы исследования и углубленного анализа, стал выбор пилотного проекта, для которого можно быстро создать работающий алгоритм и показать его эффективность.

В качестве основного пилотного проекта была выбрана оптимизация работы процесса флотации. Флотационные установки — это десятки машин с сотнями взаимосвязанных параметров, которые управляются несколькими специалистами. При этом даже у самих производителей флотационного оборудования есть неудачный опыт автоматизации собственной техники.

Разработчики получили доступ к наборам данных, которые с разной степенью точности снимались с оборудования множеством датчиков, однако качество этих данных во многом оставляло желать лучшего. Первым приоритетом команды стал сбор уточняющей информации, для чего, в частности, на клиентском оборудовании были

ФЛОТАЦИЯ

Флотация (фр. flottation, от flotter — «плавать») — один из методов обогащения, в ходе которого металл отделяется от руды за счет различных физических и химических характеристик ее компонентов. В горнодобывающей промышленности флотации подвергается предварительно измельченное и разведенное жидкостью сырье, из которого необходимо извлечь металл. При флотации пузырьки воздуха прилипают

к частицам металлов и поднимают их к поверхности, отделяя от других компонентов породы. Наверху оказывается металлургический концентрат — основной продукт обогащения руды, а внизу так называемые хвосты с остаточным содержанием металла. Эффективность флотации зависит от своевременной и согласованной подачи реагентов, управления уровнями отбора концентрата и других технологических параметров.

установлены дополнительные измерительные приборы.

Самая сложная задача — это ответить на базовые вопросы. Именно по ним мы формировали гипотезы и тестировали их с клиентом.

Как разрабатывали алгоритм

Собрав достаточное количество качественных данных, разработчики приступили к их анализу. Первым делом надо было научиться отбирать значимые параметры и понять, как их верно интерпретировать. А поскольку ответить на этот вопрос можно, только выстроив тесную коммуникацию с заказчиком, команде пришлось буквально обосноваться в операторской на обогатительной фабрике. Только наблюдая, как операторы действуют на рабочем месте, как принимают решения, каким данным придают значение, а какие отбрасывают, можно было выделить переменные, которые необходимо оптимизировать.

Самая сложная задача — это ответить на базовые вопросы: что является целевой переменной? Что в действительности означают данные, которые мы используем? Правильно ли мы их интерпретируем? За счет чего мы повышаем качество принятия решений? Какие решения приносят реальную пользу? По всем этим вопросам мы формировали гипотезы и тестировали их с клиентом.

В результате команда разработала набор алгоритмов, необходимый для демонстрации работоспособности продукта. При этом в ходе проекта специалисты по анализу больших данных BCG Gamma выпустили более 40 версий алгоритмов, в тестировании которых в течение двух месяцев участвовали более 50 сотрудников фабрики.

Флотация — сложный процесс с большим количеством переменных и высокой ценой ошибки. Если со стороны технологов и операторов, которые управляют оборудованием, нет понимания, как работают алгоритмы оптимизации, то, с одной стороны, они не смогут их прокомментировать и дать вводные, чтобы их улучшить, а с другой — не будут ими пользоваться, потому что рекомендации алгоритма не будут вызывать у них доверия.

Если со стороны технологов и операторов нет понимания, как работают алгоритмы оптимизации, то, с одной стороны, они не смогут их прокомментировать и дать вводные, чтобы их улучшить, а с другой — не будут ими пользоваться.

С участием отраслевых экспертов консультанты и аналитики выявили ключевые с точки зрения эффективности производства закономерности и сформулировали описывающие эти процессы уравнения. Коэффициенты уравнений отражали физический процесс, который происходит внутри флотационной машины. Технологи отлично понимали, что это не случайный набор чисел, что он коррелирует с данными, которые они наблюдают в своей повседневной практике, управляя технологическими процессами. Поэтому команда консультантов получила полное одобрение и вместе с потенциальными пользователями продукта перешла к следующему этапу — поиску решения по оптимизации алгоритмов управления флотомашинами.

В результате усилиями команды был создан цифровой подсказчик. Это система, которая в режиме

реального времени анализирует параметры поступающего во флотомашину сырья и получаемых на выходе концентрата и хвостов. Она рекомендует операторам оптимальные управляющие параметры (см. рис. 1). Кроме того, алгоритмы подсказчика предполагают его постоянное самообучение на основе вновь получаемых данных.

Главным вызовом оказалось не создать оптимизатор, а доказать его эффективность. Было необходимо заручиться доверием инженеров и технологов.

Рис. 1 | Итеративная схема работы подсказчика-оптимизатора

- 1 Загружаются актуальные данные (сырье, концентрат, хвост, пеносъем) из производственных ИТ-систем.
- 2 Модель машинного обучения прогнозирует содержание металлов в хвосте и концентрате.
- 3 Подсказчик-оптимизатор находит наилучшие управления для максимизации извлечения при сохранении качества концентрата и выдает их оператору.
- 4 Модель постоянно самообучается на новых данных.



★ Контроль расхода, плотности, содержания металлов

Источник: анализ BCG.

Человек vs машина

Разработка и тестирование опытного образца (MVP) заняли около двух месяцев. Но главным вызовом оказалось не создать оптимизатор, а доказать его эффективность. Было необходимо заручиться доверием инженеров и технологов. Для этого 15 смен сотрудников, управляющих флотомашинами, начали работать с цифровым подсказчиком. На основе рекомендаций оптимизатора ими было проведено более 600 производственных циклов.

Тестирование выглядело так: было устроено соревнование двух флотационных машин, одна из которых управлялась человеком, другая — подсказчиком. За десять дней у флотационной машины, которой фактически управлял цифровой подсказчик, коэффициент извлечения металла оказался выше, чем у аналогичной машины, работающей на том же сырье и управляемой опытным специалистом.

Для чистоты эксперимента цифровой подсказчик и человек поменялись флотомашинами, однако подсказчик снова показал результат лучше, чем оператор (см. рис. 2).

Каждый день мы убеждались, что принципы, заложенные в алгоритм, срабатывают правильно и мы стабильно обыгрываем соседнюю флотомашину, которой управлял оператор.

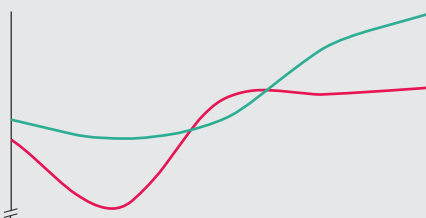
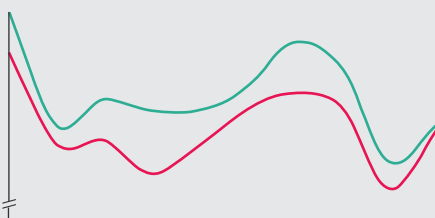
Каждый день мы обсуждали, как идет тестирование, и убеждались в том, что принципы, заложенные в алгоритм, срабатывают правильно и мы стабильно

Рис. 2 | Испытания показали, что цифровой подсказчик убедительно выигрывает соревнование с оператором

У флотомашины, которой управлял цифровой подсказчик, коэффициент извлечения металла выше, чем у машины, управляемой оператором в течение всего времени испытаний.

Подсказчик снова показал результаты лучше оператора после обмена флотомашинами между оператором и подсказчиком.

Извлечение металла



— Цифровой подсказчик — Оператор

Источник: анализ BCG.

обыгрываем соседнюю флотомашину, которой управлял оператор. Это подтверждало, что мы приняли верные решения и интуиция нас не подвела.

В ходе тестирования произошел эпизод, который в том числе помог переломить настрой особо скептических производственников. В какой-то момент подсказчик зафиксировал нарушение ритмичности подачи сырья и предсказал выход ряда технологических параметров за рамки допустимых значений. Технологи предприятия усомнились в корректности этого прогноза — по их данным, все было в норме. Однако через полчаса из цеха позвонили и сообщили, что целевые показатели действительно упали из-за перебоев с подачей — операторы флотомашин не сразу это заметили, поскольку такие изменения проявляются с некоторой задержкой. Так тестируемая модель наглядно продемонстрировала свою адекватность и полезность. Другой показательный случай произошел непосредственно во время соревнования оператора с подсказчиком — от смены к смене в какой-то момент персонал по собственной инициативе начал копировать решения подсказчика, поскольку убеждался, что так процесс флотации протекает более эффективно за счет более точных и своевременных управлений.

Какие преимущества дает цифровой подсказчик?

Инструмент выступает эффективным ассистентом оператора: он рассчитывает и выдает рекомендации, позволяющие поддерживать производственный процесс в оптимальном режиме. Менеджеры и технологи

получили большую прозрачность в отношении решений, принимаемых операторами: подсказчик формирует базовую логику производственных решений, оператор может не следовать рекомендациям, но должен обосновать свое мнение. При этом программное обеспечение производит тонкую настройку процесса в 1,5–4 раза чаще, чем это делает оператор в обычных условиях работы.

Программное обеспечение производит тонкую настройку процесса в 1,5–4 раза чаще, чем это делает оператор в обычных условиях работы.

Как результат, цифровой подсказчик помогает снизить производственные потери на 10%. Аналитики BCG оценивают потенциал дополнительной прибыли от использования данного инструмента в \$3,5 млрд в целом для мировой отрасли цветной металлургии. Более того, это цифровое решение применимо и за пределами данной отрасли, например в угольной промышленности или производстве удобрений, поскольку все они придерживаются одних и тех же фундаментальных принципов переработки минералов.

Однако выгоды от использования цифрового подсказчика исчисляются не только в деньгах. Работники металлургических предприятий имеют повышенные риски, связанные с профессиональными заболеваниями.

Цифровизация позволит минимизировать присутствие людей на вредном производстве, предоставив эффективный инструмент для дистанционного управления процессами. Таким образом, цифровой оптимизатор — это еще один шаг в сторону безопасного производства.

Конечно, внедрение нового инструмента в крупнейшей отраслевой компании — непростой процесс, сопряженный с немалыми трудностями. Однако выгоды от подобного шага могут потенциально стать важным конкурентным преимуществом для компании в быстро меняющемся мире.



НАСУЩНАЯ ПОТРЕБНОСТЬ В ТЕХНОЛОГИИ «ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ»

С ПОМОЩЬЮ «ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ» ГОРНО-
ПРОМЫШЛЕННИКИ МОГУТ ДОБИТЬСЯ ИЗМЕРИМЫХ
И ПОВТОРЯЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Робин Вуд (Robin Wood), управляющий директор и партнер BCG

Крейг Стюарт (Craig Stewart), заместитель директора по анализу и обработке данных в BCG

«ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ» ВСЕ ЧАЩЕ МЕЛЬКАют в разговорах руководителей самых разных отраслей экономики. Однако что же такое «цифровые двойники»? И почему горнопромышленным компаниям должно быть до них дело?

Попросту говоря, «цифровой двойник» — это модель, виртуальное представление физического оборудования или процессов, происходящих в реальном мире.

Ответственные за принятие решений могут использовать модель для симуляции производственных операций, тестируя потенциальные последствия тех или иных решений в рамках ряда возможных будущих сценариев. Полученные результаты руководство может использовать при принятии важных решений, например, следует ли осуществить или отсрочить капиталовложения и какие методы управления производством позволят им достичь большей эффективности.

Для горнопромышленников потребность в технологии «цифровых двойников» сегодня, возможно, актуальна как никогда. Почему? Участники отрасли испытывают все большую потребность в сокращении издержек и увеличении прибылей при одновременной необходимости справляться с усиливающейся неопределенностью в отношении цен на их продукцию.

Месторождений становится все меньше, вновь открываемые, как правило, более низкого качества и залегают все глубже, что осложняет процесс добычи.

Более того, их успех зависит от их способности находить руду и получать в собственность лучшие месторождения.

Статья впервые опубликована в Mining Journal (mining-journal.com) от 29 ноября — 12 декабря 2019 г.

«ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ» ДЛЯ СИСТЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Михаил Волков, управляющий директор и партнер, глава экспертной практики BCG по операционным улучшениям в России и СНГ

В статье «Насущная потребность в технологии „цифровых двойников“» авторы поднимают вопросы применения технологии «цифровых двойников» для решения производственных задач разного уровня сложности. Данный инструмент может быть использован достаточно широко на разных переделах. Одно из наиболее перспективных применений «цифровых двойников» на горнорудных предприятиях — это использование в системах планирования (годового, месячного, недельного/ декадного и сменно-суточного) для симуляции различных планов и последствий их реализации с точки зрения выполнения основных производственных показателей.

На рынке сейчас существует достаточно большое количество программных решений для планирования на разных горизонтах, которые активно используются в горнорудной промышленности, однако все они, представляя собой программную среду для планировщиков, не дают оптимального решения. Это во многих случаях приводит к относительно невысокому качеству планов ввиду высокой возможной вариативности ведения горных работ.

Встраивание и интеграция технологии «цифровых двойников» с существующими решениями открывают большие возможности для формирования оптимизированных планов на различных временных горизонтах, которые приводят к максимально эффективной загрузке техники.

«Цифровые двойники», работающие в системах оперативного планирования, также позволяют решать очень важную задачу оперативного перепланирования. Любой рудник или карьер — сложный организм, в котором очень многие вещи идут не по плану, что в конечном итоге влечет за собой снижение эффективности использования оборудования. Есть два пути решения этой проблемы — оперативное управление отклонениями силами диспетчерского центра или центра управления операциями и оперативное перепланирование. Оперативное перепланирование достаточно трудоемкий процесс даже при наличии программной среды, поэтому его зачастую не выполняют при накоплении критического набора отклонений от плана и рудники/ карьеры «доживают» остаток периода «на ощущениях». «Цифровой двойник» позволяет решить эту проблему, выстроив очень быстрый процесс оперативного перепланирования.

Важно отметить, что при всех плюсах этой технологии использование «цифровых двойников» без перестройки бизнес-процессов не дает эффекта. Например, интеграция «цифрового двойника» и систем планирования потребует стандартизации процесса планирования и правил, применяемых в планировании. Только в этом случае возможно извлечение ценности из технологии «цифрового двойника».

Однако эксплуатировать эти ресурсы становится все труднее. Месторождений становится все меньше, вновь открываемые, как правило, более низкого качества и залегают все глубже, что осложняет процесс добычи. Те горнопромышленные компании, которые в состоянии эксплуатировать рудные месторождения эффективнее своих конкурентов, имеют максимальные шансы справиться с двойной задачей — сократить издержки и улучшить итоговый финансовый результат.

Для этого необходимо максимально оптимизировать производственные операции, и именно здесь «цифровые двойники» могут проявить себя во всей красе (см. рис. 1).

У некоторых горнопромышленников есть богатый опыт применения технологии «цифровых двойников», выводя ее в разряд базовых условий для достижения успеха в этой отрасли. Другие

игроки пока еще не освоили потенциал этой технологии. При этом компании из обоих лагерей могут использовать «цифровых двойников» с выгодой в качестве основы для принятия самых разнообразных решений, а также применяя передовые практики и опыт для извлечения максимальной ценности из технологии.

Учитывая эти соображения, мы рассмотрим три особенно полезных способа применения технологии «цифровых двойников» в горном деле, а затем подскажем, как извлечь максимум из нее.

«Цифровые двойники»: три способа применения

Работая с клиентами в горной промышленности, мы помогали создавать «цифровые двойники» для решения задач разного уровня сложности. В некоторых случаях они используются для улучшения показателей отдельных



производственных объектов; другие модели сложнее и охватывают всю цепочку поставок. Эти модели помогают горнопромышленникам принимать грамотные решения в трех областях: оптимизация инвестиционных проектов, реализуемых с нуля («гринфилды»), проекты, реализуемые на освоенных участках («браунфилды»), а также совершенствование процессов оперативного планирования и операционной деятельности.

В рамках проектов, реализуемых с нуля, горнопромышленным компаниям приходится принимать решения о капиталовложениях в условиях крайней неопределенности. Такие проекты обладают наибольшим потенциалом полезного использования «цифровых двойников». Это объясняется тем, что, применяя эту технологию с умом, горнопромышленники имеют возможность достигать значительной экономии капиталовложений, а также определять наиболее технически надежный способ ввода нового процесса в эксплуатацию.

В рамках проектов, реализуемых с нуля, горнопромышленным компаниям приходится принимать решения о капиталовложениях в условиях крайней неопределенности.

Вот показательный пример. Крупный оператор грузовых ж/д перевозок приобрел права на эксплуатацию железной дороги и порта в связи

с масштабным проектом по добыче железной руды. Компания обладала глубоким опытом транспортировки угля и железной руды, но у нее не было опыта эксплуатации порта. На фоне падающих цен на сырье руководство поняло, что новое направление деятельности должно быть бережливым и малозатратным.

Сочетая технологию «цифровых двойников» со сценарным планированием и бенчмаркингом, компания выстроила динамическую модель-симулятор, которая позволила ей проигрывать будущую эксплуатацию в динамике и предсказывать показатели актива.

Такая заранее выполненная работа помогла компании выявить возможности экономии капитальных затрат на сумму более 150 млн фунтов стерлингов путем тестирования альтернативных вариантов инвестиций и сравнения их между собой с последующим выбором сценария, предполагающего наименьший объем капиталовложений, при этом обеспечивающего требуемую производительность.

Кроме того, руководство эвристически подошло к планированию расписания и сетевых операций порта с целью минимизации перевалочных операций. В итоге руководство заключило, что может отказаться от портового склада и демонтировать один из подъездных путей, что сделало новый объект еще в большей степени соответствующим принципам бережливости.

Проекты, реализуемые на освоенных участках

В рамках реализуемых на освоенных участках долгосрочных проектов, предполагающих капитальное

планирование, технология «цифровых двойников» помогает горнопромышленным предприятиям принимать правильные решения по поддержанию и наращиванию капитальных ресурсов. Примерами могут служить решения о конкретном участке наращивания мощностей (например, нужно ли увеличивать количество вагонов или количество железнодорожных разъездов) и о том, какие активы следует оставить как есть, а какие — модернизировать (например, посредством автоматизации отдельных процессов).

В качестве иллюстрации: координатор цепочки поставок угля наряду с несколькими железнодорожными операторами и сетевым оператором обслуживал множество рудников и горнопромышленных компаний. Компания хотела преодолеть «бункерное мышление» различных подразделений и организаций, создававшее такие проблемы, как задержки судов в очереди и возникновение соответствующих штрафных санкций, а также недостаточная загруженность активов, ограничивавшая экспорт.

Чтобы использовать весь потенциал цепочки поставок, компания применила технологию «цифровых двойников» для симуляции результатов усиления интеграции всей цепочки поставок и связанных с этим решений в сферах капиталовложений и организационной деятельности.

Реальные результаты были впечатляющими. Очереди судов уменьшились, пропускная способность активов возросла. Затраты на демередж сократились в десять раз. В целом совокупный латентный потенциал, высвобожденный в результате применения выводов, полученных в ходе изучения модели

«цифрового двойника», составил 20 млн тонн угля в год.

Совершенствование процессов оперативного планирования и операционной деятельности

Горнопромышленные предприятия, занимающиеся совершенствованием производственных операций, могут использовать «цифровых двойников» для тестирования тактических шагов или инициатив, направленных на максимизацию эффективности существующих производств. Примеры включают моделирование перемещений самосвалов в карьере для формирования представления о сложности транспортной обстановки и оценки изменения продолжительности циклов работы техники в зависимости от размера парка.

Горнопромышленные предприятия могут вживлять «цифровых двойников» в свои программные комплексы для использования данных в реальном времени.

Горнопромышленные предприятия могут вживлять «цифровых двойников» в свои программные комплексы для использования данных в реальном времени или для «обратной перемотки» симуляции с целью анализа событий, не согласующихся с поставленными целями. Этот процесс позволяет им изучать, что можно было бы сделать по-другому и как именно. Затем они могут разработать типовой регламент

действий для быстрого восстановления в случае повторения этих событий или же для достижения целевых показателей через альтернативные решения.

Взять, к примеру, одного из крупнейших производителей энергетического угля, с которым нам довелось работать. Столкнувшись с ухудшением конъюнктуры рынка своей продукции и ростом производственных издержек до уровней, превышающих рыночные, руководство поняло, что затраты нужно сокращать, не снижая при этом объемы реализации угля.

Создав «цифрового двойника», компания смоделировала варианты сокращения затрат, включая сокращение парка самосвалов и экскаваторов на угольных разрезах компании. Модель помогла им оценить потери из-за изменения плотности трафика и прирост эффективности за счет оптимизации продолжительности цикла в результате отказа от самосвалов. Она также позволила компании оценить возможности более быстрого восстановления после сильных осадков и повышения эффективности работы бригад.

В конечном итоге выводы моделирования привели к сокращению на 10% самосвального парка, что позволило значительно сократить издержки — без снижения объемов производства.

Извлечение максимальной ценности

Хотя описанные выше достижения впечатляют, для получения максимально ценных результатов горно-промышленным предприятиям необходимо грамотно использовать технологию «цифровых двойников». Работая с клиентами, мы выявили ряд

приемов, которые позволят это сделать. Вот несколько примеров:

- **Главное — ценность, не технология.** Определите, какую проблему вы хотите решить. Приоритет должны иметь такие способы использования технологии «цифровых двойников», которые в случае их применения для решения выявленной вами проблемы обеспечат максимальную ценность для бизнеса, например через сокращение капитальных затрат, повышение производительности или новые особенности производственной деятельности, позволяющие сокращать издержки.
- **Нужно понимать, что технология «цифровых двойников» не панацея.** Не следует чрезмерно соблазняться идеей о том, что «цифровые двойники» являются идеальным представлением вашего настоящего бизнеса. Это всего лишь модели, а всем моделям присущи ограничения, поскольку они основываются на допущениях, которые делают люди. Поэтому не следует относиться к результатам «цифрового двойника» как к откровению. Вместо этого повышайте «цифровой IQ» в вашей организации, чтобы все понимали ограничения данной технологии. Вооруженные пониманием этого, вы с большей вероятностью создадите модели, позволяющие тестировать конкретные виды операций, которые вы хотите улучшить, — вместо построения чрезмерно сложной модели, которая пытается воспроизвести все аспекты вашего бизнеса.
- **Выбор правильной технологии «цифровых двойников».** Используйте для симулирования платформы, которые позволят вам создавать

«цифровых двойников» быстро и эффективно. Для симуляции многолетних периодов деятельности могут потребоваться значительные вычислительные мощности, обеспечить которые за разумную цену способны облачные решения.

- **Начинать лучше с малого и постепенно наращивать модель.** Начиная со сравнительно простых симуляций, позволяющих исследовать сценарии, касающиеся конкретного решения, которое вы хотите принять. Не только для создания «цифрового двойника», но и для его последующего ведения нужны компетентные люди с необходимыми навыками. Например, модели необходимо постоянно обновлять по мере появления новых операционных данных. Чем больше данных используется в моделях, тем они

ближе к реальности и, соответственно, полезнее. В идеале сотрудники, ведущие модели и управляющие ими, должны в полной мере понимать концепцию изменчивости и динамику цепочки поставок, а также обладать богатым опытом работы в горной промышленности.

Сегодня, когда «цифровые двойники» все шире используются в самых различных отраслях, горняки не могут позволить себе игнорировать эту технологию. Те, кто уже давно имеет с ней дело, могут извлечь выгоду из повышения своего «цифрового IQ» и применения технологии к еще более широкому диапазону бизнес-решений. Компании, для которых «цифровые двойники» в новинку, могут прямо сейчас начать изучать возможные способы применения технологии и стратегии, позволяющие избегать общих ошибок.



АНАЛИТИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

ПОСТРОЕНИЕ КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОЙ ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ

Райнер Шустер, партнер-эксперт мюнхенского офиса BCG, руководитель Центра цифровых технологий в металлургической промышленности BCG

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ОТРАСЛЬ МАЛО изменилась за последние 100 лет. Организация в этой капиталоемкой индустрии традиционно ориентируется на сокращение издержек и максимизацию объемов. При этом зачастую компании в погоне за рентабельностью часто с трудом могут удержать в фокусе внимания потребности своих клиентов.

Поэтому, когда одна крупная интегрированная металлургическая компания (MetalCo) обратилась к BCG за помощью в кардинальной переориентации своей деятельности с фокусом на клиента, было принято решение выйти за рамки традиционной модели и не ограничиваться типичными корректировками, ориентированными на снижение издержек.

BCG увидела возможность сформировать устойчивое преимущество, построив органичную цепочку поставок, в которой цифровые инструменты и продвинутая аналитика использовались бы для слома характерных для отрасли компромиссных решений. Команда запустила трехлетнюю программу цифровой трансформации, направленную на выведение цепочки поставок MetalCo из состояния неопределенности, волатильности и сложности, в котором она увязала все глубже на протяжении почти столетия.

BCG увидела возможность сформировать устойчивое преимущество, построив органичную цепочку поставок, в которой цифровые инструменты и продвинутая аналитика использовались бы для слома характерных для отрасли компромиссных решений.

Цели трансформации цепочки поставок на основе данных

BCG и MetalCo решили поместить в центр преобразований прогнозирование и гибкость с целью создания необходимых для формирования клиентоориентированного бизнеса условий, где финансовый результат будет определяться цепочкой поставок. Сама цифровая трансформация была организована таким образом, чтобы обеспечить прозрачность бизнес-процессов

10+

Уровень сервиса улучшился более чем на 10 пунктов

2–4

Маржа EBITDA выросла на 2–4 пункта

4–10

Уровни запасов сократились на 4–10 дней

и процессов взаимодействия с клиентами, точнее предсказывать и прогнозировать потребности и требования клиентов и, соответственно, обеспечить более быстрое и гибкое принятие решений.

В конечном итоге проведенная работа помогла повысить уровень сервиса и нарастить прибыль — и одновременно высвободить денежные средства за счет оптимизации складских запасов.

Команда

Чтобы в полной мере использовать преимущества продвинутой аналитики и больших данных как движущей силы трансформации, BCG вложила в проект все внутренние цифровые экспертные ресурсы, а также привлекла внешних партнеров. Помимо собственных экспертов BCG из экспертной группы по технологическим преимуществам

и тематической практики по цепочке поставок, BCG подключила к работе:

- **BCG Gamma** — структуру, сочетающую профессиональные навыки в сферах искусственного интеллекта, статистики и машинного обучения с глубоким знанием отрасли.
- **BCG Digital Ventures** — цифровой инкубатор BCG, помогающий создавать совместно с клиентами новые бизнесы.
- Специализированные подразделения, обеспечивающие аналитическую поддержку принятия решений.

Трансформационный подход

Для начала BCG и MetalCo провели диагностику, в ходе которой совместно определили потенциальные области

улучшений и выявили возможности применения продвинутой аналитики и структурных изменений — одновременно добившись быстрых побед.

Затем была выстроена комплексная программа преобразований на трех основополагающих принципах.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ

BCG и MetalCo изучили, каким образом продвинутая аналитика может изменить всю цепочку поставок — от более совершенного планирования, которое позволило бы оптимизировать систему снабжения, до повышения эффективности исполнения планов. Совместно была определена совокупность всех взаимосвязанных потенциальных решений продвинутой аналитики.

Такой подход позволил команде быстро добиться результатов через последовательную разработку, реализацию

пилотов и масштабирование сразу нескольких решений (см. рис. 1). Так, как только были сформулированы первые решения — такие как прогнозирование спроса, — команда смогла провести их пилотное внедрение и впоследствии масштабировать, одновременно разрабатывая следующие.

ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТОДОВ РАБОТЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ НОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Для применения выводов, полученных при использовании предиктивной аналитики, на всех звеньях цепочки поставок MetalCo необходимо было трансформировать внутренние методы работы — организацию существующих процессов нужно было преобразовать, чтобы значительно повысить эффективность. В частности, компании потребовалось изменить модель коллективной работы, внедрив такие платформы, как Yammer, для обеспечения быстрого и прозрачного обмена информацией.

Рис. 1 | Реализованные с применением продвинутой аналитики решения (отдельные примеры)



Источник: анализ BCG.

ФИНАНСИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСФОРМАЦИИ

Сосредоточившись на повышении рентабельности как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе — и обеспечивая нетто-положительный результат уже с первого года преобразований, — BCG обеспечила MetalCo возможность получения быстрых результатов, которые помогли финансировать более длительный процесс полной трансформации.

Например, команда использовала собственные данные компании для создания специального торгового отдела, задачей которого стала реализация легкодостижимых усовершенствований операционной деятельности. Денежные средства и дополнительный доход, обеспеченные такими быстрыми победами, немедленно инвестировались в более масштабные и долгосрочные работы. Служба продаж MetalCo продолжает применять эти новые, гибкие подходы для выявления и минимизации рисков в цепочке поставок — а также для оценки и реализации новых возможностей.

Пример решения ПА № 1: прогнозирование спроса

В целях повышения качества прогнозирования спроса BCG и MetalCo сосредоточились на использовании исторических данных с применением совершенных алгоритмов. Команда разрабатывала выявляющие закономерности предиктивные модели (с точки зрения объемов и сезонности), которые в конечном итоге позволили формировать прогнозы с высокой степенью точности.

Автоматизированные прогнозы, созданные на основе продвинутой

аналитики, затем были встроены в специальный инструмент для менеджеров, который обеспечил новый уровень прозрачности исторических данных и закономерностей, поддерживая идеальное взаимодействие человека и машины (см. рис. 2). Как следствие, точность формируемых прогнозов спроса повысилась на 20 процентных пунктов.

Этот новый инструмент затем был предоставлен в пользование более чем 200 обученным сотрудникам. Сегодня прогнозирование спроса в компании осуществляется в облаке, обладает высокой предсказательной способностью и в точности отражает реальный спрос. Благодаря более надежным предсказаниям спроса MetalCo теперь может оптимально распределять производственные мощности и производить материалы в нужных для клиента объемах.

Пример решения ПА № 2: прогнозирование мощностей и организация потоков

В целях улучшения подхода к разработке производственных планов BCG помогла сформировать точные, основанные на вероятности прогнозы загрузки производственных активов. Проведя миллионы симуляций, команда также смоделировала взаимодействия между производственными активами для оценки потенциала системы активов в целом.

Используя как доступные ранее данные, так и основанные на вероятностях допущения, команда смогла оптимизировать параметры буферных мощностей в отношении отдельных активов и стран в системе MetalCo. Кроме того, в целях обеспечения устойчивости BCG подготовила сборник типовых

Рис. 2 | Трансформация процесса прогнозирования спроса с помощью продвинутой аналитики



Источник: анализ BCG.

инструкций, упрощающий использование этих инструментов заинтересованными сторонами и позволяющий принимать правильные решения в самых разных ситуациях.

Используя как доступные ранее данные, так и основанные на вероятностях допущения, команда смогла оптимизировать параметры буферных мощностей в отношении отдельных активов и стран.

Придерживаясь такого подхода, MetalCo может устанавливать корректные резервы, на 50% сокращая ошибки планирования, и обеспечивать двузначное улучшение уровня сервиса (показатель OTIF — on time in full), а также предотвращать производственные сбои, которые обходятся в миллионы евро. В то же время компания достигает этих целей, постепенно сокращая запасы готовой продукции и развивая систему мульти-эшелонных запасов.

Результаты

BCG и MetalCo внедряют продвинутую аналитику для выстраивания клиенто-ориентированной цепочки поставок. Такой гибкий и адаптивный подход обеспечивает прозрачность процессов

внутри компании и на стороне ее клиентов и уже позволил повысить уровень информированности и скорость принятия решений.

Цифровая трансформация также способна повысить качество производственного планирования и показатели

исполнения, а также совершенствовать процесс управления оборотным капиталом. Все это привело к устойчивому улучшению уровней обслуживания более чем на 10 пунктов и повышению маржинальности EBITDA на 2–4 пункта при одновременном снижении уровней запасов на 4–10 дней.

© **BCG**, Inc. 2020. Все права защищены.

По вопросам перепечатки обращайтесь в BCG по электронной почте:
MOSMarketingTeam@bcg.com



BCG
125047, Россия, Москва,
Дукат Плейс III, ул. Гашека, д. 6
www.bcg.com