



ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: ОПЫТ ФИЛИАЛА ООО «СИБНИИУГЛЕБОГАЩЕНИЕ» В Г. КРАСНОЯРСКЕ

И.О. Михалев, М.Н. Чижов (ООО «Сибнииуглеобогашение»),
С.Г. Каковина, Д.С. Шадрин (ООО «СУЭК-Хакасия»),
О.Л. Лиферова (ООО «НИП-Информатика»), С.Н. Радионов (ООО «СУЭК-Хакасия»)

Наиболее часто встречающиеся проблемы при добыче полезных ископаемых – это искаженные данные по запасам, недостаточно корректные проекты отработки, внезапные обрушения и смещения пород, травмы вспомогательного персонала при осуществлении контрольно-мониторинговых функций и некорректные расчеты на основе геолого-маркшейдерских данных, которые приводят к ошибкам в продвижении горных работ, значительным простоям производства и финансовым потерям, а иногда и к человеческим жертвам.

Понимая и учитывая это, проектный и научно-исследовательский институт ООО «Сибнииуглеобогашение» в составе Группы СУЭК, крупнейшего производителя и экспортера энергетического угля в России и одной из крупнейших угледобывающих компаний мира, реализует комплексные проекты автоматизации производственных процессов добычи полезных ископаемых, направленные на повышение качества планирования и проектирования горных работ – важнейших составляющих управления горнодобывающим предприятием.

В статье рассмотрены прикладные аспекты новых технологий проектирования и планирования открытых горных работ на основе горно-геологического трехмерного (3D) моделирования с учетом практического опыта специалистов ООО «Сибнииуглеобогашение» в области внедрения таких технологий на угледобывающих предприятиях.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, горно-геологические информационные системы, горно-геологическое 3D-моделирование, геологическая 3D-модель месторождения, цифровая модель местности, дистанционное зондирование Земли, аэрофотосъемка.

Введение

В настоящее время недропользователям (горнодобывающим предприятиям) требуется оперативно анализировать перспективы разработки того или иного месторождения, а проектным организациям – корректно обосновывать эффективность и обеспечивать высокое качество проектов разработки месторождений.

В условиях изменчивости современного рынка горнодобывающие предприятия часто оказываются не в состоянии соблюдать годовые объемы добычи в соответствии с проектами отработки месторождений. В соответствии с пунктами 9, 26.3, 34 и 35 Приказа Ростехнадзора № 401 от 29 сентября 2017 г., допускается корректировка объемов добычи при ежегодном планировании горных работ без внесения изменений в проектную документацию на пользование участком недр при условии соблюдения п. 34 вышеупомянутого приказа в части наличия обоснования соблюдения условий безопасного недропользования. План и график разработки месторождения, особенно при краткосрочном планировании, должны быть максимально точно рассчитаны. В противном случае предприятие может оказаться неэффективным и столкнуться со штрафами со стороны контролирующих органов.

Технология добычи угля открытым способом за последнее время не претерпела значительных изменений. В то же время требования к производительности предприятий, эффективности и точности инженерных решений, принимаемых ими, заметно возросли. Внедрение технологий автоматизации работы инженерно-технического персонала, обеспечивающих эффективное решение вышеперечисленных задач, является важнейшей составляющей успешного развития современного горнодобывающего предприятия.

Внедрение цифрового 3D-моделирования на горнодобывающем предприятии

В рамках вышеперечисленных тенденций для повышения качества маркшейдерских и технологических работ маркшейдерской службой АО «Разрез Березовский», входящего в Группу СУЭК, внедрена и применяется с 2010 г. система автоматизированного проектирования (САПР) CIVIL 3D [1, 2]. На выбор САПР повлияли такие факторы, как наличие широкого набора инструментов для проектирования, возможность трехмерного (3D) моделирования с использованием геопространственных данных в разных форматах, полученных из различных источников, наличие динамических связей между объектами чертежа и моделью, сравнительная универсальность программного обеспечения.

Поддержание цифровой 3D-модели поверхности разреза в актуальном состоянии обеспечивается путем ее обновления по материалам периодической тахеометрической съемки участков разреза, на которых произошли изменения. На основе 3D-модели поверхности разреза в САПР CIVIL 3D выполняются подсчеты объемов горных работ. Благодаря этому снизились затраты времени на выполнение работ маркшейдерской и технологической службой, повысилась точность и качество этих работ.

Развитие новых технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) позволило той же инициативной группе АО «Разрез Березовский» выполнить в 2015 г. научно-исследовательскую работу (НИР) по совершенствованию методики выполнения маркшейдерских работ путем сбора геопространственных данных методом цифровой аэрофотосъемки с применением БПЛА [3, 4]. Результаты НИР были согласованы с Енисейским управлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, а их внедрение на предприятии позволило:

- повысить производительность маркшейдерской службы, поднять на качественно новый технологический уровень выполнение топографо-геодезических и маркшейдерских работ;
- выполнять аэрофотосъемочные работы на необходимом участке разреза, что обеспечило возможность сбора геопространственных данных на опасных участках горных работ без опасности для персонала (дистанционно);
- получать данные ДЗЗ: ортофотопланы и цифровую модель местности (ЦММ) — с более высокой, чем по материалам наземных съемок, степенью детализации и тем самым повысить точность подсчета объемов горных работ;
- исключить ошибки субъективного характера за счет полной автоматизации аэрофотосъемки и обработки ее материалов с помощью новейшего фотограмметрического ПО;
- осуществлять дистанционный мониторинг опасных участков открытых горных работ;
- определять объемы и планировать расположение отвалов вскрышных пород;
- выполнять построение более детальных 3D-моделей разреза как основ для проектирования горных работ на последующие периоды;
- повысить качество контроля соответствия объектов разработки проектным решениям;
- улучшить контроль соблюдения техники безопасности на горнодобывающем предприятии (промышленных площадках) при отработке месторождения;
- сохранить единую графическую платформу: AutoCAD, CIVIL 3D и формат DWG;
- избежать «разношерстности» программного обеспечения.

Горно-геологические информационные системы

Для повышения эффективности комплексного управления качеством и себестоимостью продукции добывающего предприятия требуется применение технологий, позволяющих решать производственные задачи уже на стадии проектирования, планирования горных работ с учетом не только топографической, но и геологической информации о месторождении (в последнем случае особую важность приобретает также качество имеющихся результатов изыскательских работ).

В целях определения оптимальных комплексных решений, связанных с оценкой запасов, планированием и проектированием горных работ, активно используются горно-геологические информационные системы (ГГИС) [5]. Это специализированное ПО позволяет решать следующие задачи:

- объединение разрозненных горно-геологических данных, представленных в разных форматах, в единую структуру;
 - наглядное отображение информации для повышения эффективности восприятия данных;
 - повышение достоверности информации при обработке данных из нескольких источников;
 - оперативное отображение информации за счет автоматизации обработки данных;
 - комплексная оценка текущей ситуации;
 - отображение динамики развития текущей ситуации при сравнении с показателями предыдущих периодов;
 - моделирование развития событий и прогнозирование;
 - свободное перемещение в трехмерном пространстве;
 - анимация 3D-моделей (движение по маршруту);
 - просмотр территории, информации об объектах в трехмерном виде;
 - создание мультимедиа-презентаций с использованием различных траекторий облета горных работ;
 - снижение управленческих рисков при принятии решений и корректировке текущей ситуации за счет целостного (комплексного) понимания развития производственных процессов.
- ГГИС изначально предполагают создание цифровых 3D-моделей месторождений полезных ископаемых и решение комплекса взаимосвязанных задач горного производства на основе созданных моделей. Внедрение на основе ГГИС технологий, связанных с горно-геологическим 3D-моделированием, позволяет повысить точность проектирования и качество планирования работы горнодобывающего предприятия, заблаговременно получать первичную информацию о пространственном залегании полезного ископаемого, распределении значений показателей качества, включений пустых пород, геологических нарушениях, анализировать возможности увеличения/уменьшения добычи в режиме реального времени, принимать своевременные и эффективные проектные и производственные решения.

Очень важным для проектирования и ведения горных работ является *финансовый фактор*. Большинство интегрированных ГГИС позволяют решать задачи на основе геологической 3D-модели месторождения с учетом этого фактора, позволяют смоделировать любой сценарий развития горных работ и оценить его экономические параметры. Запасы полезного ископаемого и его качество рассчитываются автоматически при задании границ развития горных работ.

Перечисленные особенности ГГИС, в сущности, характеризуют современные требования к реализации автоматизированных систем проектирования и планирования в горнодобывающей отрасли. Основные параметры и определяющие факторы процесса добычи полезных ископаемых (геометрия, количество, качество) находятся в сложной взаимосвязи и в совокупности составляют для каждого объекта настолько значительный массив данных, что принятие оптимальных решений в большинстве современных задач изучения и освоения недр, проектирования и управления горным предприятием возможно лишь на основе интегрированных ГГИС, позволяющих автоматизировать процессы планирования и инженерного сопровождения горных работ.

Примером соответствующего специализированного ПО является линейка продуктов компании Carlson Software, ориентированная на решение специфических задач угольной промышленности. На взгляд авторов, данное ПО лидирует по охвату решаемых задач и одновременно по простоте использования. Для автоматизации каждого конкретного вида работ (маркшейдерия, геология, планирование) используется индивидуальный модуль ПО Carlson, функциональность которого ориентирована на решение соответствующих специализированных задач. Интегрированная ГГИС, скомпонованная модулями Carlson, позволяет создать и поддерживать в актуальном состоянии цифровую геологическую 3D-модель угольного месторождения и далее использовать ее для генерации отчетов в текстовом и графическом форматах, а также для планирования, проектирования горных работ [6, 7]. Важно отметить, что в качестве базовой платформы для ПО Carlson могут использоваться AutoCAD, CIVIL 3D или встроенный в ПО редактор DWG-файлов IntelliCAD. Это позволяет пользователям сохранять единую графическую платформу и значительно облегчает внедрение горно-геологического 3D-моделирования на угледобывающих предприятиях.

Особенности внедрения технологий горно-геологического 3D-моделирования

В современных условиях решение горнодобывающего предприятия о внедрении у себя цифровых технологий горно-геологического 3D-моделирования — это решение о переходе на более прогрессивные, передовые технологии производства работ. Практика показывает, что при внедрении таких инновацион-

ных технологий предприятиям приходится решать следующие три проблемы: финансирование, ошибки при внедрении технологии и человеческий фактор [8].

Проблема финансирования означает необходимость для предприятия самостоятельно и (или) с партнером (профильным проектным институтом) заранее разработать адекватный бюджет проекта внедрения и условия финансирования. Это позволяет оптимизировать затраты на проект уже на этапе его разработки и начать внедрение новой технологии даже с ограниченным бюджетом.

Типичная ошибка при внедрении рассматриваемой технологии, независимо от выбора графической платформы, — это лоскутная автоматизация, которая в краткосрочной перспективе обычно повышает эффективность отдельно взятого специалиста (инженера), но препятствует эффективному взаимодействию между подразделениями. Кроме того, существует ошибочное мнение, что достаточно обучить персонал пользованию новым ПО — и технология горно-геологического 3D-моделирования начнет работать. В действительности же основная проблема заключается в изменении подхода к производству работ на горнодобывающем предприятии.

Человеческий фактор подразумевает возможное сопротивление производственного персонала предприятия. Руководителями горнодобывающих предприятий автоматизация процессов выполнения работ очень часто воспринимается, прежде всего, как инструмент для оптимизации численности и экономии фонда оплаты труда, а работниками — как путь к сокращению их рабочих мест. Поэтому крайне важно своевременно урегулировать вопросы о создании рабочей группы из тех сотрудников, которым предстоит эксплуатировать внедряемую технологию, и представителей руководства предприятия, а также о порядке первоначального обучения персонала и последующего систематического повышения его квалификации. Кроме того, внедрение новой технологии не должно грубо нарушать сложившуюся практику работы персонала предприятия и текущий производственный процесс, поэтому такое внедрение следует проводить постепенно.

Необходимо подчеркнуть, что специализированное ПО само по себе не дает заметного повышения эффективности работ. Необходима его полная интеграция в рабочие процессы предприятия и организация совместной работы в нем специалистов различного профиля. Очень часто внедрение технологий горно-геологического 3D-моделирования ограничивается первичным обучением персонала работе с новым ПО, после которого специалисты, загруженные повседневной работой, или совсем не используют то, чему были обучены, или используют это не в полной мере. Только на тех горнодобывающих предприятиях, которые реализуют комплексные мероприятия по внедрению технологии горно-геологического моделирования, достигаются ожидаемые от ее использования результаты.

Практика внедрения технологий горно-геологического 3D-моделирования на добывающих предприятиях

I этап

1. Формирование корректных геологических баз данных по месторождению.
2. Построение геологических 3D-моделей.
3. Разработка программы обучения специалистов предприятия, консультационная и техническая поддержка, адаптация внедряемых технологий к условиям задач, решаемых на предприятии.

II этап

4. Обучение специалистов предприятия работе с геологическим модулем Carlson Geology.
5. Обучение специалистов предприятия работе с модулем планирования, проектирования горных работ на основе геологических 3D-моделей в Carlson Surface/Uderground Mining.
6. Оказание системной технической и консультационной поддержки специалистам предприятия.

Пример организационной схемы пилотного проекта по внедрению технологий горно-геологического 3D моделирования на добывающих предприятиях

В конечном итоге внедрение информационных технологий — это результат усилий работников самой организации при грамотной технической поддержке партнеров.

Предприятия-недропользователи должны понимать, что окупаемость затрат на внедрение технологий горно-геологического 3D-моделирования зависит в первую очередь от них самих в части умения пользоваться моделью и поддерживать ее в актуальном состоянии по мере развития горных работ. Последний вопрос должен прорабатываться уже на этапе принятия решения о внедрении на предприятиях технологий горно-геологического 3D-моделирования.

Перечисленные сложности внедрения цифровых технологий горно-геологического 3D-моделирования, с другой стороны, служат мотивирующими факторами для «переформатирования» политики отношений между проектировщиками (профильными проектными институтами) и добывающими предприятиями.

Примером такого «переформатирования» служит современный опыт взаимодействия филиала ООО «Сибниуглеобогащение» в г. Красноярске (далее — Филиал) с горнодобывающими предприятиями, заключающийся в следующем.

На этапе разработки или актуализации Филиалом проекта обработки месторождения по данным геологоразведки формируется геологическая 3D-модель месторождения. Значительное внимание при разработке технического задания на создание такой 3D-модели уделяется качеству и формату исходных данных, которые в целом ряде случаев хранятся на предприятиях еще с советских времен, не всегда выверены и требуют большого объема работ по их оцифровке.

Для действующих предприятий геологическая 3D-модель подлежит регулярной актуализации с учетом фактических данных о качестве добытого угля по данным службы контроля качества добывающе-

го предприятия и/или входного контроля качества на обогатительной фабрике, а также изменения положения горных работ по мере их развития.

На основе геологической 3D-модели само добывающее предприятие и (или) проектировщик (Филиал) уже могут формировать кратко-, средне- и долгосрочные планы развития горных работ, оптимизированные по заданным параметрам: показателям качества полезного ископаемого, себестоимости продукции, режиму

работы имеющегося оборудования и др., — то есть осуществлять собственно горно-геологическое 3D-моделирование.

По опыту авторов внедрение технологий горно-геологического 3D-моделирования на добывающих предприятиях наиболее целесообразно в формате пилотных проектов по схеме, представленной на рисунке.

В ходе реализации пилотного проекта после создания геологической 3D-модели месторождения силами профильного проектного института (Филиала) становится возможным определение наиболее эффективного способа поддержания созданной модели в актуальном состоянии: недропользователь принимает решение, будет ли он делать это собственными силами или поручит разработчику модели выполнять работу по ее актуализации и техническому сопровождению ее применения на условиях технической поддержки. При этом в зависимости от специфики конкретного добывающего предприятия возможен также вариант аутсорсинга разработки вариантов средне- и долгосрочных планов развития горных работ силами разработчика модели (профильного проектного института).

На таких предприятиях Группы СУЭК, как разрезы Бородинский, Назаровский, Березовский, Тугнуйский, для проектирования и планирования открытых горных работ уже имеются элементы технологий горно-геологического 3D-моделирования на базе ГГИС Carlson Software, полностью интегрируемой в единую платформу AutoCAD.

В настоящее время разрез Черногорский при участии специалистов Филиала внедряет на базе той же ГГИС технологию горно-геологического 3D-моделирования полного цикла, включая автоматизацию планирования горных работ.

Накопленный авторами опыт внедрения технологий горно-геологического 3D-моделирования

на угледобывающих предприятиях позволяет филиалу ООО «Сибниуглеобогащение» в г. Красноярске предложить свои услуги по реализации подобных проектов другим заинтересованным предприятиям российской угольной промышленности.

Список литературы

1. Чижов М.Н. AutoCAD CIVIL 3D для разработки угольных месторождений // AUTODESK COMMUNITY. 2012. № 1 (3). С. 98-101.
2. Чижов М.Н., Лаптева М.И., Маслянюк В.Я., Сюняев Ш.И. 3D-моделирование, проектирование открытых горных работ в среде САПР AutoCAD CIVIL 3D с использованием геопространственных данных, полученных по технологии ДЗЗ с применением беспилотных летательных аппаратов // Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ). Специальный выпуск. 2015. № 45-1. С. 339-355.
3. Чижов М.Н., Лаптева М.И., Маслянюк В.Я., Сюняев Ш.И. Опыт использования геопространственных данных при ведении открытых горных работ // Автоматизация в промышленности. 2016. № 9. С. 40-44.
4. Бровка Е.А., Ефимов С.А., Семенов А.Е., Маслянюк В.Я., Чижов М.Н. Опыт сертификации технологий создания ортофотопланов и ЦМР с помощью АФК на основе БПЛА // Геопрофи. 2017. № 1. С. 5-12.
5. Орешкин С.А., Корнилов М.Ф., Кадыров Э.Д., Данилова Н.В. Анализ интеграции информационных систем в горно-перерабатывающей промышленности // Записки горного института. 2008. Т. 177. С. 17-22.
6. Лиферова, О.Л. Геология в среде AutoCAD // CADmaster. 2006. № 3 (33). С. 67-69.
7. Лиферова, О.Л. SurvCADD: планирование горных работ // CADmaster. 2005. № 3 (28). С. 38-41.
8. Компания Autodesk. Внедрение САПР: проблемы и решения. // Автоматизация в промышленности. 2013. № 9.— С. 6-9.

Михалев Игорь Олегович — заместитель управляющего филиалом (по технологии),

Чижов Михаил Николаевич — руководитель проекта ООО «Сибниуглеобогащение» (филиал в г. Красноярске),

Каковина Светлана Георгиевна — главный геолог, Шадрин Дмитрий Сергеевич — главный маркшейдер,

Радионов Сергей Николаевич — главный инженер ООО «СУЭК-Хакасия»,

Лиферова Ольга Львовна — начальник отдела САПР ООО «НИИ-Информатика».

Контактный телефон филиала ООО «Сибниуглеобогащение» в г. Красноярске +7 (391) 211 60 30.

E-mail: ChizhovMiN@suek.ru

DOI: 10.25728/avtprom.2020.06.10

БЫСТРИНСКИЙ ГОК НА ПУТИ К ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Д.В. Пшиченко (ООО «ГРК «Быстринское»)

Описан проект внедрения системы управления производством на Быстринском горно-обогатительном комбинате. Рассмотрены функциональные возможности системы, архитектура и результаты внедрения. Отмечено, что на комбинате реализована новая технология управления производством, основанная на совместном использовании систем автоматизации уровня технологического процесса, оперативного управления производством и системы управления бизнес-процессами.

Ключевые слова: АСУТП, MES, системы управления бизнес-процессами, цифровизация, диспетчеризация, удаленный мониторинг.

Быстринский горно-обогатительный комбинат построен ПАО «ГМК «Норильский никель» в сжатые сроки (всего за 3,5 г.) в труднодоступной части Забайкальского края в конце 2017 г. Комбинат обогащает руду Быстринского месторождения золота, меди и железа. Проектная мощность комбината составляет 10 млн. т. руды в год.

В настоящий момент комбинат уже приступил к работе. Но выход на проектную мощность предусмотрен к 2021 г. К этому моменту Быстринский ГОК будет производить в год около 3 млн. т магнетитового концентрата, 260 тыс. т медного концентрата и около 270 тыс. тройских унций золота.

Проект автоматизации и цифровизации

Цифровизация — это трансформация, меняющая бизнес-процессы компании и создающая новую цен-

ность для компании. Новая ценность применительно к металлургии и добыче — это снижение человеческого фактора, оперативное получение информации и снижение аварийности. И эту ценность может обеспечить система диспетчеризации.

На Быстринском ГОКе проект по реализации системы управления производством стартовал в июле 2017 г. В настоящее время на предприятии работают 2,5 тыс. человек, по 1,2 тыс. человек в вахте. Главная особенность комбината — большая рассредоточенность объектов. Например, складской комплекс и водохранилище расположены в 15...20 км от фабрики. Система управления производством должна была охватить все объекты предприятия, в том числе рудник, обогатительную фабрику, питающие подстанции 110 кВ, 35 кВ и распределительную сеть электроснабжения ГОК, водозаборы и насосные станции, очист-