

В.Н. Захаров, В.С. Федотенко

ИПКОН РАН, г. Москва

E-mail: victorfedotenko@xmail.ru

ПЕРЕХОД К РОБОТИЗИРОВАННЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

У Российской Федерации в силу особого геополитического положения и богатейшей минерально-сырьевой базы имеется реальная возможность значительно укрепить свои позиции в сфере технологического развития при условии достижения технологического суверенитета. При этом в сфере недропользования понятие «технологический суверенитет» включает:

а) необходимую минерально-сырьевую базу по всем видам сырья, в которую должен войти весь георесурсный потенциал недр России, включая запасы руд, относимые до настоящего времени к некондиционным и созданную мощную техногенную сырьевую базу, а также не сырьевые георесурсы недр Земли – пространственные и энергетические;

б) научно-методическую и нормативно-правовую базу проектирования горных предприятий на принципах устойчивого развития горнопромышленного комплекса;

в) производственные мощности по выпуску отечественного горного, обогатительного и металлургического оборудования и материалов;

г) собственные технологии добычи и глубокой переработки полезных ископаемых.

Устойчивые тренды изменения минерально-сырьевой базы страны в ближайшей перспективе связаны с переходом открытых и, в первую очередь, подземных горных работ на большие глубины, что будет связано с присутствием человека в крайне неблагоприятных условиях, включая факторы среды обитания, несовместимые с жизнью – это высокие температуры горного массива и рудничного воздуха, пониженная влажность и высокая запыленность, неблагоприятная радиационная обстановка, газовыделения в горные выработки.

Сегодня горнодобывающие предприятия, эксплуатирующие месторождения твердых полезных ископаемых, в России функционируют, в значительной мере опираясь на импортное оборудование, материалы и комплектующие, цифровые решения из стран ближнего и дальнего зарубежья. Технологии добычи полезных ископаемых ориентированы на извлечение из недр минерального сырья с высокой интенсивностью, при этом весьма слабо развиты технологии замкнутого цикла производства продукции высокого качества в границах горнотехнической системы¹, не решены вопросы добычи полезных ископаемых в условиях, несовместимых с пребыванием человека. Таким образом, обеспечение технологического суверенитета России связано с созданием опережающего задела в области проектирования горнотехнических систем для добычи полезных ископаемых в условиях, несовместимых с пребыванием человека, на базе установления фундаментальных закономерностей и параметров роботизированных² геотехнологических процессов.

Анализ условий эксплуатации месторождений полезных ископаемых в России свидетельствует, что в настоящее время на ряде месторождений горные работы ведутся в условиях больших глубин с высокими температурами в горных выработках, где создание условий нормальной работы персонала экономически и технически затруднительно и возникает риск отступления от требований промышленной безопасности. Это определяет необходимость рассмотрения возможности обеспечения перехода к выемке запасов твердых полезных ископаемых автономным дистанционным и роботизированным оборудованием для снижения риска аварий, исключения пребывания человека в неблагоприятных условиях, снижения простоев в работе рудников и обеспечения потребностей России на длительную перспективу.

¹Под горнотехнической системой понимается совокупность горных конструкций и технологических подсистем во взаимодействии с вмещающими их участками недр.

²Под роботизацией понимается высшая ступень автоматизации, когда горные машины без участия человека выполняют все интеллектуальные технологические операции.

В становлении робототехники как нового направления добычи полезных ископаемых можно выделить три этапа:

Роботизация повторяющихся циклов для автономных горных машин (1967–1980 гг.).
Обсуждение широких перспектив применения роботов в горном деле (1980–1990 гг.).
Формирование научных основ шахтной робототехники и переход к технологическим роботам (1990 г. – настоящее время).

Очевидно, что усложнение горно–геологических условий требует все больших затрат на процессы добычи полезных ископаемых. Вместе с тем растут и расходы по обеспечению безопасной работы человека в подземных условиях. Предпосылками применения робототехники являются:

- ограничение производительности основного оборудования из–за ручного выполнения вспомогательных операций;
- рост затрат на рабочую силу и обеспечение безопасности труда;
- повышение доли горнорабочих, занятых ручным и тяжелым физическим трудом;
- ухудшение условий труда шахтеров на больших глубинах;
- ограничение возможностей традиционной механизации и автоматизации при изменении условий добычи;
- накопление опыта роботизации в машиностроении.

Важно отметить, что технологическая среда в горнодобывающем комплексе принципиально отличается от условий любого другого производства. Это связано с перемещением рабочего места в зонах ведения горных работ и меняющимися внешними условиями: природные тектонические нарушения, обвалы горных пород, внезапные выбросы угля и газа, запыленность выработок. Рабочее пространство при этом ограничено стенками выработок, горным оборудованием и коммуникациями.

Среди очевидных преимуществ роботизации процессов:

Работа в неблагоприятных средах. Горные работы часто ведутся в суровых и отдаленных

районах. Подземные работы ведутся на большой глубине, где высокие температуры и пониженная влажность представляют риск для здоровья. Робототехника может помочь свести к минимуму потребности в инфраструктуре и физически удалить людей из неблагоприятной среды.

Нехватка рабочей силы. Во всем мире растет нехватка квалифицированной рабочей силы, и роботизация сможет привлечь новое поколение в горнодобывающую промышленность.

Безопасность. Учитывая увеличение глубины горных работ, рост интенсивности воздействия на массив горных пород и ужесточение государственного регулирования, вполне понятно, что внедрение любой новой технологии, повышающей внутреннюю безопасность горнодобывающей промышленности, будет рассматриваться положительно на всех уровнях.

Обслуживание оборудования. Затраты на техническое обслуживание и расходы на устранение неполадок в работе машин составляют значительную часть эксплуатационных расходов горного предприятия. Автоматизация (даже частичная) мобильного оборудования поможет существенно сократить время простоев и затраты на техническое обслуживание.

Операционная эффективность. С помощью робототехники можно повысить эффективность горнодобывающей промышленности. Очевидно, что время теряется во время перерывов, в результате чего время работы в режиме 24/7 оказывается меньше желаемого. Без контроля над перемещением оборудования также сложно оптимизировать производственные показатели.

Устойчивость. От современных горнодобывающих компаний и поставщиков оборудования ожидается экологическая и социальная ответственность. Сокращение выбросов газов (за счет оптимизации автопарка) или сокращение энергопотребления может быть реализовано посредством мониторинга и автоматизации оборудования.

Дистанционное управление роботизацией процессов способно осуществить возможность оборудованию функционировать в экстремальных

условиях (высокие температуры, загазованность, риск обрушений и пр.).

На открытых горных работах это:

- опасные зоны по фактору устойчивости элементов горных конструкций, где растет риск их обрушений;
- трудно проветриваемые запыленные и загазованные зоны;
- высокий радиационный фон.

Подземные горные работы характеризуются такими параметрами технологических сред, определяющими необходимость создания опережающего задела в области роботизированных геотехнологий:

- высокая температура окружающего массива горных пород;
- загазованность рудничной атмосферы;
- зоны, характеризующиеся риском газовыделений в горные выработки;
- радиационная обстановка;
- опасность обрушений горных пород;
- зоны, характеризующиеся газо–геодинамическими явлениями;
- опасность затопления горных выработок.

Постановка проблемы организации безлюдных зон в экстремальных условиях в карьере и подземных условиях требуют принципиально новых подходов к выбору параметров систем разработки и проектирования горнотехнических систем. Поэтому проблема установления фундаментальных закономерностей взаимодействия роботизированного оборудования с технологическими средами, исключая присутствие человека, и создания принципов построения горнотехнических систем для обеспечения технологического суверенитета России, стоит сегодня особенно остро.

Анализ существующей практики роботизации геотехнологических процессов применительно к освоению недр, позволяет выделить следующие особенности:

- способность функционировать без перерывов, обусловленных человеческими потребностями;
- безошибочная реализация заложенных алгоритмов, как следствие – стабильность и ритмичность работы;
- способность функционировать в экстремальных условиях.

Очевидно, до настоящего времени решение задачи функционирования роботизированного оборудования в экстремальных условиях не предусматривалось по причине функционирования горного оборудования при относительно благоприятных горно–геологических условиях.

В перспективе минерально–сырьевая база по всем видам руд будет характеризоваться набором условий, определяющих необходимость работы оборудования в условиях, не совместимых с пребыванием человека. В первую очередь – это переход на большие глубины, что подтверждается оценкой запасов полезных ископаемых на больших глубинах и открытием новых месторождений полезных ископаемых в ходе бурения сверхглубоких скважин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспектива развития (воспроизводства) минерально–сырьевой базы за счет перехода к освоению месторождений в условиях сверхглубин, в первую очередь, определяет необходимость построения горнотехнических систем с формированием в них полностью безлюдных зон. Решение сформулированной задачи должно выстраиваться в следующих направлениях:

- получение исходных данных о состоянии перспективных участков осваиваемых недр и параметрах технологических сред и определение целесообразности перехода к проектированию горнотехнических систем с роботизированными и дистанционно управляемыми процессами;
- обоснование требований к созданию роботизированного и дистанционно управляемого оборудования в зависимости от условий эксплуатации, вида и состояния технологической среды;
- разработка методики оценки состояния выработанных пространств подземных камер с применением роботизированных комплексов оборудования для выявления возможных путей миграции агрессивных растворов. Обоснование подходов к картированию пристеночного пространства и условий изоляции с учетом структуры горного, либо складочного, массива;
- исследование параметров технологии изоляции выработанных пространств подземных камер с учетом результатов картирования, путем инъектирования и/или нанесения геополимеров методом набрызга на участки с выявленными

дефектами с применением беспилотных технологий;

– обоснование принципов проектирования, условий и параметров работы горнотехнической системы с изолированными участками подземного рудника в безлюдном режиме при эксплуатации камер–реакторов после завершения отработки основной части запасов богатых руд подземным способом;

– формулирование на базе проведения опытно–промышленных испытаний требований к выемочному и закладочному роботизированному и/или дистанционно управляемому оборудованию для высокоэффективной добычи полезных ископаемых в экстремальных условиях. Оценка перспектив совмещения в одном роботизированном устройстве функций очистной выемки и закладки выработанного пространства;

– формулирование концепции горнотехнической системы при переходе к роботизированным и дистанционно управляемым процессам.

Таким образом, на сегодняшний день уровень автоматизации горного производства является недостаточным для адекватного ответа на современные вызовы, стоящие перед недропользованием, для обеспечения технологического суверенитета страны и требует приложения научного и творческого потенциала исследовательских и образовательных организаций горного профиля.

Мясков А.В.

Горный институт Университета МИСИС
E–mail: myaskov@misis.ru

СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

Современный этап развития горного образования характеризуется множеством вызовов и возможностей, продиктованных динамичными изменениями в мировой экономике, технологическом прогрессе, цифровизации горного производства. Эти факторы оказывают и значительное влияние на содержание образовательных программ и подходы к подготовке специалистов для горной отрасли.

Во–первых, одним из главных вызовов является необходимость адаптации учебных программ к требованиям быстро развивающегося сектора

экономики. С появлением новых технологий, таких как автоматизация, искусственный интеллект и цифровизация, образовательные учреждения должны оперативно обновлять свои программы, чтобы современные «цифророжденные» студенты получали актуальные знания и навыки. Ненадлежащее реагирование на эти изменения может привести к несоответствию между навыками, которые получают выпускники и требованиями работодателей, а также самих абитуриентов, выбирающих направление подготовки.

Во–вторых, экологические проблемы и устойчивое развитие становятся важными приоритетами и ограничениями в горной отрасли. Все больше внимания уделяется вопросам охраны окружающей среды, восстановлению природных ресурсов и минимизации воздействия на экосистемы. Горное образование должно включать курсы по охране окружающей среды и социальной ответственности, что позволит студентам понимать важность этих аспектов и интегрировать их в свою профессиональную деятельность.

Также стоит выделить серьезный вызов, связанный с интернационализацией образования. В условиях глобализации необходимо обеспечивать взаимосвязь между образовательными учреждениями разных стран, создавать программы обмена и совместные исследования. Это открывает для студентов новые горизонты, позволяя получать международный опыт и развивать глобальное мышление. Однако недостаток финансовых ресурсов и поддержки на местах может препятствовать реализации этих программ.

Тем не менее, современный этап предоставляет и значительные возможности для развития горного образования. Одной из таких возможностей является активное использование новых технологий в самом образовательном процессе. Платформы открытого образования, онлайн–курсы и интерактивные симуляции создают условия для более глубокого и доступного изучения предметов. Многие известные университеты делают полностью доступными собственные курсы, что позволяет людям из разных регионов получать качественное образование, независимо от их физического местоположения. В инженерных, особенно горных,