

УДК 622.01

## МАЙНИНГ 5.0 И ПОСТМАЙНИНГ

Есин Д.Д., студент гр. ГО-191, V курс

Научный руководитель: Жиронкин С.А, д.э.н., профессор  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Развития Майнинга 5.0 как самой передовой технологической платформы добычи твердых полезных ископаемых связано с Индустрией 5.0 – новейшему этапу научно-технической революции [1], с переходом от цифровых к конвергентным технологиям в добыче полезных ископаемых объединенных общей идеей человеко-ориентированной добычи полезных ископаемых. Она характеризуется приоритетом безопасности труда и опережающего восстановления нарушенных природных экосистем. Переход от Майнинга 4.0 к Майнингу 5.0 будет представлять собой синхронное развитие геотехнологии и конвергентных нано-, биохимических, информационно-когнитивных технологий [2].

Человеко-ориентированное развитие добычи твердых полезных ископаемых в системе Майнинга 5.0 во второй половине 21 в. будет следовать национальным стратегиям инновационного развития промышленности, аналогично принятых к настоящему времени программ перехода к Индустрии 5.0 «Сделано в Китае 2025» и «Общество 5.0» (Япония) [3]. В сегменте открытых горных материальную основу цифровой платформы Майнинг 5.0 составляют коллаборативные роботы – «умные» машины с искусственным интеллектом и машинным зрением, внедрение которых позволит людям не только защититься от вредного и нетворческого труда, но и гарантировать устойчивое развитие добычи при любых ценах на сырье на внутреннем и внешнем рынках, за счет возможности снижать объемы производства в кризисные периоды до сравнительно низких значений.

Главным отличием Майнинга 5.0 от 4.0, применительно к открытым горным работам, является акцент на развитии постмайнинга – переход от простого восстановления природных экосистем в процессе рекультивации к новому процветанию ресурсных кластеров. Передовые цифровые технологии, такие как нейросети, играют важную роль в развитии постмайнинга [4]. В частности, самообучающиеся нейросети позволяют создавать комплексные решения экологических проблем в горнодобывающих кластерах на основе анализа многочисленных изменений в окружающей среде, вызванных повышением интенсивности открытых горных работ в последнюю декаду.

Важное место в постмайнинге занимает восстановление биоразнообразия и экономической деятельности в местах интенсивной добычи полезных ископаемых после закрытия предприятий. В частности, успешной ожидается конвергенция геотехнологии и микробиологии, применяемая для ускоренного

восстановления лесного покрова на землях, занятых карьерными полями и отвалами. Это касается прогнозирования выживания растительных культур в сложных физико-химических условиях зон интенсивной открытой добычи полезных ископаемых и подбора биохимических составов в зонах интенсивной рекультивации для ускоренного восстановления экосистемы.

Развитие экологической инженерии в системе постмайнинга связано с переходом от простой рекультивации к комплексной ревитализации горнопромышленных районов для формирования новой природной экосистемы и реструктуризации экономики по окончании добычных работ (например, за счет развития туризма). В частности, зарубежный опыт ревитализации отработанных месторождений в системе постмайнинга говорит о позитивном эффекте производства энергии из отходов добычи и первичной переработки полезных ископаемых, реализации альтернативных сценариев землепользования, в проектировании и управлении которыми широко используются виртуальные цифровые технологии [5].

Особое место в постмайнинге занимает применение искусственного интеллекта для анализа спутниковых ландшафта и инфраструктуры, лесных и водных ресурсов с целью оптимального планирования комплексной ревитализации, а также для анализа факторов перехода от производства энергии из ископаемых источников в возобновляемым в бывших горнодобывающих территориях. Нейросети также используются для прогнозирования и моделирования образования водоемов в законсервированных карьерных полях и участках карста на отработанных шахтных полях для формирования там рекреационных и туристических центров [6].

Наряду с человеко-ориентированным развитием открытой и подземной добычи полезных ископаемых, комплексной ревитализацией и постмайнингом, в систему Майнинга 5.0 входит т.н. «зеленый» майнинг, который меняет экологическую и экономическую среду горнодобывающей отрасли новому «золотому стандарту» устойчивого развития [7]. Например, при системной организации комплекса рекультивационных работ после окончания разработки месторождения, появляется возможность дополнительного вовлечения сельскохозяйственных и промышленных земель, что будет содействовать развитию горнодобывающего региона, такого как Кузбасс.

Цифровые технологии Майнинга 4.0, критически важные для перехода к Майнингу 5.0, такие как «Интернет Всего», коллаборативные роботы и пр., в обозримом будущем будут определять перспективы полного извлечения и глубокой переработки полезных ископаемых, бережного использования ископаемого топлива, окончательного вывода людей из опасных и вредных производственных зон путем замены их машинами, а также полного восстановления биоразнообразия. К примеру, переход от Интернета Вещей (технология Индустрии 4.0) к Интернету Всего (часть Индустрии 5.0) позволит повысить уровень цифровой зрелости всего минерально-ресурсного комплекса – непреложное условие реализации концепции человекоцентричного и бережливого гор-

нодобывающего производства, а также обеспечения рентабельной добычи полезных ископаемых при любых кризисных процессах на мировых рынках сырья.

К существующим ограничениям перехода к Майнингу 5.0 относятся, прежде всего, наблюдаемая недостаточная цифровая зрелость – сосуществование цифровых технологий разных поколений как в целых горнодобывающих отраслях, так и в отдельных компаниях, инерция сохранения достигнутого уровня безопасности труда и экологичности добывающих производств, медленный прогресс объединения биохимических, информационных и когнитивных технологий в добыче угля и руды.

### Список литературы:

1. Федоров А.А., Либерман И.В., Корягин С.И., Ключек П.М. Технология проектирования нейро-цифровых экосистем для реализации концепции Индустрия 5.0 // *π-Economy*. 2021. №3. С. 19-39.
2. Zhironkin S., Ezdina N. Review of Transition from Mining 4.0 to Mining 5.0 Innovative Technologies // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13(8). pp. 4917.
3. Ху Тинтин. Обзор национальных стратегий перехода к Индустрии 5.0 // *Экономика и управление инновациями*. 2022. № 3 (22). С. 28-38.
4. Шубин А.А. Задачи постмайнинга в период активизации техногенных процессов // *ГИАБ*. 2006. №3. С. 115-117.
5. Пивняк Г.Г., Шашенко А.Н., Пилов П.И., Пашкевич М.С. Post mining: технологический аспект решения проблемы // *ГИАБ*. 2012. №1. С. 5-17.
6. Чхотуа И.З., Власюк Л.И., Задорожная Г.В. Развитие промышленного туризма в регионах России: стратегический анализ // *ЭВР*. 2021. №4 (70). С. 156-175.
7. Ганиева И.А., Шепелев Г.В., Бобылев П.М., Петрик Н.А. Опыт и уроки подготовки комплексного научно-технического проекта «Чистый уголь – зеленый Кузбасс» // *Уголь*. 2022. №11 (1161). С. 17-25.