

УДК 622.221:622.341.1

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД В СССР



E. V. МИНИНА,
зам. директора по научной работе,
канд. ист. наук, minina@ihst.ru



M. X. ЗАКИРОВА,
научный сотрудник, канд. ист. наук

Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН,
Москва, Россия

Проанализировано развитие открытого способа добычи полезных ископаемых в СССР в 1950–1960-е гг., с акцентом на добычу железных руд. Представлена характеристика основных направлений развития техники и технологии открытой добычи железной руды: буровзрывных и экскаваторных работ, карьерного транспорта, поточных технологий, в том числе гидромеханизации. На примере освоения Курской магнитной аномалии, ставшей своеобразным полигоном внедрения новой карьерной техники, освещены вопросы взаимодействия науки и производства. Важным источником информации стали публикации «Горного журнала», посвященные различным научным и технологическим аспектам открытых горных работ.

Ключевые слова: открытая добыча полезных ископаемых, технологии добычи, карьерная техника, КМА, история техники горного дела, «Горный журнал»

DOI: 10.17580/gzh.2025.07.23

Введение

Начиная с периода индустриализации основой развития народного хозяйства нашей страны являлась тяжелая промышленность, при этом важной ее частью была и остается горнорудная отрасль. Постоянный рост производства черных металлов в СССР требовал большого внимания к железорудной базе и развитию технологий добычи этого стратегического сырья.

В 1913 г. Российская империя на месторождениях Урала, Европейской части (Тульское, Липецкое), Криворожского и Керченского бассейнов добывала подземным способом 9,2 млн т железной руды. В период Первой мировой войны этот показатель снизился до 5,3 млн т, а добыча руды в 1920–1921 гг. упала до 160 тыс. т. Согласно плану ГОЭЛРО, принятого VIII Всероссийским съездом советов в декабре 1920 г. добыча железной руды за 10–15 лет должна была вырасти до 19,6 млн т как за счет восстановления и реконструкции рудников Кривого Рога и Урала, так и за счет введения в строй новых горнорудных предприятий [1].

Развитие железорудной промышленности стало важнейшей составляющей индустриализации страны. В годы первой пятилетки (1928–1932) были реконструированы рудники Урала, Криворожского и Керченского бассейнов, началось создание новой металлургической базы на востоке СССР. Основной задачей второй пятилетки (1933–1937) в области черной металлургии стало завершение реконструкции предприятий отрасли, развертывание производства специальных сталей

и совершенствование технологий обогащения руд. Задача наращивания добычи железной руды приобрела чрезвычайную актуальность в период третьей пятилетки (1938–1942), когда перед страной встали задачи технического перевооружения армии. В результате за три предвоенные пятилетки добыча железной руды в СССР выросла в 2,8 раза (рис. 1).

Говоря о советской горной промышленности до 1940-х гг. важно отметить, что в технологическом отношении она преимущественно была ориентирована на подземный способ добычи. В 1940 г. в стране действовали 39 железорудных шахт, 26 из них имели ежегодную производительность до 500 тыс. т. Шахты «Гигант», имени Серго Орджоникидзе, имени С. М. Кирова, имени Коминтерна и другие, построенные в годы первых пятилеток в Кривом Роге, давали до 1,5–2 млн т железной руды и относились к крупнейшим

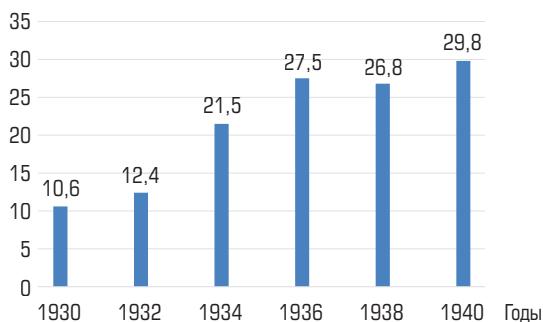


Рис. 1. Динамика производства товарной железной руды, млн т



в мире. На шахтах были механизированы бурение шпуров, рудничный транспорт (электровозы, конвейеры, подвесные канатные дороги, скиповый подъем и др.), внедрены новые системы разработки (с магазинированием руды, слоевое и подэтажное обрушение и др.). Осуществлялось внедрение технологии отбойки глубокими скважинами, которая впервые в мировой практике была применена в Криворожском бассейне в 1935 г. В послевоенный период эту технологию успешно внедряли во всех железорудных бассейнах страны. Шахты оборудовали компрессорными и водоотливными установками, резко увеличивали их энерговооруженность. В 1930 г. подземным способом добывали 65,6 % железной руды, к 1940 г. этот показатель несколько снизился и составил 62,8 % [1].

При этом в предвоенных США и Германии постоянно росла доля открытой разработки полезных ископаемых, преимущественно угля. Этому способствовало наличие мощных пластовых месторождений, пригодных для разработки открытым способом, развитая машиностроительная промышленность, выпускающая необходимое оборудование для карьеров, а также наличие квалифицированных кадров. Буровзрывные работы осуществляли ударно-канатным бурением, с одновременным взрыванием колонковых зарядов в 40–60 скважинах. На погрузке породы работали электрические экскаваторы с ковшом вместимостью 3,4–3,8 м³. На буровальных карьерах Германии с 1916 г. начали применять многочерпаковые цепные и роторные экскаваторы. Основным видом транспорта был железнодорожный. Первоначально применяли электровозы троллейного типа, дизельные локомотивы и паровозы, которые затем заменили на комбинированные троллейно-аккумуляторные электровозы и дизель-электрические локомотивы. Вместе с тем в США в железорудных карьерах района Великих озер 60 % руды перевозили автотранспортом в сочетании с конвейерами. В целом же по железорудной отрасли доля автомобильного транспорта составляла 58 %. В 1943 г. в США открытым способом было добыто более 60 млн т медной руды (67,4 %) и 96,5 млн т железной руды (74 %), он же применялся и для добычи угля, флюсов, благородных и редких металлов. При этом производительность горных предприятий составляла от 5–20 до 110 тыс. т/сут [2].

В СССР еще в 1920-е гг. И. Л. Соколиным был выполнен проект открытой добычи для Златоустовского карьера, который предусматривал бестранспортную систему разработки с использованием на вскрышных работах парового экскаватора. Проект М. М. Протодьяконова для Черемховского угольного бассейна основывался на транспортно-отвальной системе разработки. В годы предвоенных пятилеток были введены в строй Магнитогорский железорудный, Коунрадский медно-молибденовый и Саткинский магнетитовый карьеры, Вахрушевский и Коркинский угольные разрезы, в основном оснащенные американской техникой [3, с. 50].

Передовым в технологическом отношении стал запущенный в мае 1931 г. Магнитогорский рудник, которому было

присвоено имя первого секретаря Уральского обкома ВКП(б) Ивана Дмитриевича Кабакова. Богатые железные руды залегали практически на поверхности, соотношение руды к горной массе составляло 1:0,5, что и позволило вести добычу открытым способом путем строительства карьера (используя американский опыт организации и ведения открытых горных работ). На руднике работала новейшая по тем временам иностранная техника: бурильные станки, добычные экскаваторы, паровозы, думпкары-самосвалы, дробилки. Была создана собственная железнодорожная сеть, хотя погрузку горной массы долгое время осуществляли вручную тачками. Согласно планам партии и правительства «добыча мощного американизированного рудника, заложенного на горе Магнитной, уже в 1933 г. превысит на 50 % добычу всех старых уральских рудников» [4]. К 1936 г. на руднике добывали 5,5 млн т руды, что составляло 20 % всей железной руды в стране. В 1940 г. этот показатель достиг 9,9 млн т и превысил отметку в 33 % [5].

В годы Великой Отечественной войны железорудной промышленности был нанесен огромный ущерб. Была оккупирована и выведена из строя крупнейшая рудная база на юге страны (Кривой Рог, Керчь), дававшая в годы первых пятилеток более 60 % железной руды. Металлургические предприятия были частично перебазированы на восток страны. Для обеспечения их сырьем проводили интенсивные геологоразведочные работы, и к концу 1943 г. в СССР насчитывалось 534 разведанных месторождения. Вводились в строй новые крупные рудники на Бакальском, Гороблагодатском, Высокогорском месторождениях, в Горной Шории (Западная Сибирь). Почти вся потребность уральской промышленности в энергетических углях удовлетворялась за счет открытых работ на Коркинском и Богословском угольных разрезах, темпы развития которых в военное время были самыми высокими в мировой практике. В 1942 г. в СССР было добыто 9,7 тыс. т железной руды, в 1944 г. – 11,7 тыс. т, в 1945 г. – 15,9 тыс. т. Однако несмотря на высокие темпы роста добычи железной руды, показатель 1945 г. составлял около 53 % от уровня 1940 г. [6, с. 115].

Именно в военное время, когда потребовалось увеличить добычу в новых районах в короткие сроки, специалисты начали переоценку возможностей использования открытых работ.

Восстановление разрушенного войной промышленного потенциала страны также требовало колоссальных ресурсов, нарастить добычу которых можно было, в том числе, за счет более широкого использования открытой технологии добычи полезных ископаемых. Первые проекты открытой разработки угольных месторождений с применением многочерпаковых экскаваторов были разработаны в 1946–1949 гг. для угольных разрезов Южного Урала, Райчихинского буровугольного месторождения и Днепровского буровугольного бассейна. Сдерживающим фактором для внедрения открытой технологии для других полезных ископаемых, в том числе и железной руды, служила острая нехватка мощной карьерной техники.

Послевоенный период характеризовался быстрым ростом производства черных металлов, которое к 1950 г. по сравнению с 1940 г. выросло на 35 %, а добыча железной руды достигла показателя в 39,6 млн т [1]. Наиболее высокие темпы развития железорудной промышленности пришлись на 1950–1966 гг., объемы добычи выросли на 120,6 млн т, существенно превышая темпы роста в других странах. Во многом такой значительный рост стал результатом увеличения доли добычи открытого способом (рис. 2), что нашло отражение и на страницах «Горного журнала». В 1956 г. в журнале появилась отдельная тематическая рубрика «Открытые горные работы», в которой в дальнейшем публиковались статьи ведущих специалистов в этой области.

Более быстрые темпы развития открытого способа добычи руд сравнительно с подземным наблюдались и за рубежом. Причиной этого стали, в том числе, большие сдвиги в технике открытых работ, произошедшие в этот период, основой для которых в нашей стране стало плодотворное взаимодействие науки и производства.

Перед Академией наук СССР была поставлена задача по исследованию возможностей развития горной промышленности на ближайшие 10–15 лет за счет преимущественного роста добычи угля, руд черных и цветных металлов, а также других полезных ископаемых открытыми горными работами.

Большую роль в решении этой проблемы сыграл Институт горного дела АН СССР, где в 1954 г. была организована Лаборатория открытых работ. Научно-исследовательские и проектные работы по открытому способу добычи полезных ископаемых стали систематически проводить в Институте горного дела АН Казахской ССР, Горно-геологическом институте УФАН, Центргипрошахте, Южгипроруде.

Проблематика открытой разработки полезных ископаемых постоянно присутствовала в работах ведущих ученых-горняков Л. Д. Шевякова, Н. В. Мельникова, Б. А. Симкина, М. Г. Ново-жилова, Г. И. Маньковского и других. В 1954–1957 гг. был выполнен большой объем научно-исследовательских работ (34 темы) согласно разработанному ИГД АН СССР единому плану по теме «Расширение области применения открытого способа добычи полезных ископаемых», в реализации которого принимали участие 8 институтов АН СССР и союзных республик, 13 отраслевых НИИ и 9 профильных вузов [3, с. 145].

В результате проведенных исследований принципиально изменилось представление о возможности применения открытого способа разработки. Была доказана целесообразность проведения масштабных открытых работ в Кузнецком и Подмосковном угольных бассейнах, где до этого шахтная добыча считалась единственной возможной. Перспективные месторождения для открытой разработки были выявлены в Казахстане, Восточной Сибири, Средней Азии, на правобережной Украине. Была обоснована возможность открытой разработки Курской магнитной аномалии и никопольских марганцевых руд. В качестве результата проведенных работ были

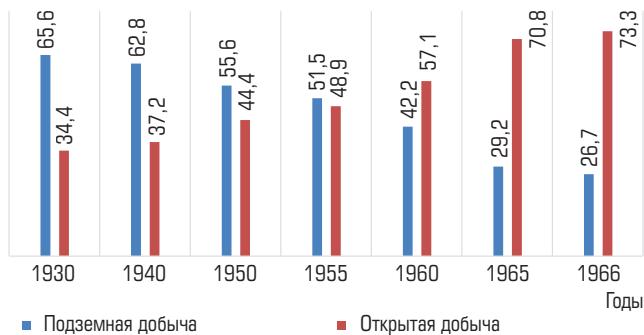


Рис. 2. Соотношение подземной и открытой добычи железной руды, %

представлены основные характеристики нескольких комплексов горнотранспортного оборудования для различных горно-геологических условий, на основании которых был сформирован государственный заказ для машиностроительных заводов. В 1958–1959 гг. эту технику стали внедрять на карьерах.

Прошедший в феврале 1956 г. ХХ съезд КПСС провозгласил курс на повышение технического уровня производства, широкое развитие комплексной механизации, автоматизацию производственных процессов и улучшение их организации. Планировали значительно повысить удельный вес непрерывных и поточных технологий с целью снижения трудоемкости работ и роста производительности труда. Действительно технология открытой разработки была более перспективной в плане комплексной механизации, автоматизации и поточности по сравнению с подземной добычей. Кроме того, обеспечивала лучшие условия труда, что было немаловажно в свете провозглашенных на съезде лозунгов заботы о «человеке труда».

Следует отметить, что в середине 1950-х гг. был в целом преодолен сдерживающий широкое распространение открытых работ фактор недостаточной технической оснащенности карьеров. В стране была создана машиностроительная база с высокой локализацией производства, и объем машиностроительной продукции в 1955 г. увеличился по сравнению с 1940 г. в 4,7 раза. Это обеспечивало необходимые условия для налаживания производства новой мощной техники и создания крупных горных предприятий по открытой добыче полезных ископаемых. В последующее десятилетие доля открытой добычи по важнейшим полезным ископаемым неуклонно увеличивалась (табл. 1), росла и мощность горных предприятий (табл. 2).

Основные направления развития техники и технологии открытой добычи железной руды в СССР

Широкое внедрение технологии открытых работ при ориентации на создание горнодобывающих предприятий большой мощности требовало решения ряда научно-технических проблем, среди которых:

**Таблица 1. Развитие добычи полезных ископаемых открытым способом [7, л. 6, 7]**

Полезные ископаемые	Год				Перспективные возможности, млн т/год
	1950	1955	1957	1965	
Уголь: млн т % от общей добычи	27,1 11	64,9 17	88,5 19	134,3 22	610
Железная руда (товарная): млн т % от общей добычи	17,5 44	36 50	45,1 55	109,4 69	
Руды цветных металлов: млн т % от общей добычи	20,1 46	23,5 48	30,7 50	98,4 65	180–200
Строительные материалы (бутовый камень, щебень, гравий, песок): млн м ³ % от общей добычи	61,6 100	173,5 100	204 100	409 100	

- совершенствование буровзрывных работ, включающее создание более эффективного бурового оборудования и взрывчатых веществ;
- разработка научных подходов к проектированию мощной техники для экскаваторных работ;
- решение задачи создания оптимальных систем транспортирования в карьерах;
- разработка теории и практики комплексной механизации и поточных технологий ведения работ (в том числе гидромеханизации) применительно к различным горно-геологическим условиям.

В результате сложились два направления развития технологии открытых горных работ.

Первое, связанное с созданием и применением одноковшовых экскаваторов и соответствующего комплекта транспортного и горного оборудования, наиболее распространенное в СССР и США на месторождениях пластового типа, отличающихся повышенной крепостью вскрышных пород и полезного ископаемого.

Второе направление было основано на применении техники непрерывного действия – многочерпаковых и роторных экскаваторов, конвейеров и отвалообразователей. В этом направлении развивалась механизация открытых работ в СССР, Болгарии, ГДР, Польше и Чехословакии.

Развитие каждого из направлений сопровождалось большим объемом исследовательских и конструкторских работ, налаживанием производства необходимой техники, обеспечения рациональных условий ее эксплуатации.

Буровзрывные работы

Бурение – наиболее трудоемкий процесс, занимающий около 40 % трудозатрат при добыче полезных ископаемых открытым способом. Широкое применение на открытых работах экскаваторов привело к изменению методов взрывных

Таблица 2. Мощность железнорудных предприятий, разрабатываемых месторождения открытым способом [3, с. 8]

Горнообогатительный комбинат	Годовой объем, млрд т
Кривой Рог:	
Южный	9
Ново-Криворожский	15
Южный (второй)	20
Центральный	24
Кременчугский	15
Качканарский (Свердловский совнархоз)	40

работ, когда вместо шпурового способа было введено серийное взрывание колонковых зарядов в скважинах ударно-канатного бурения. Наряду с совершенствованием технологии ударно-канатного бурения, наиболее подходящего для проходки скважин в породах невысокой твердости, необходимо было решить задачу буровзрывных работ в скальных породах. С 1956 г. специалистами Московского горного института на вскрышных разрезах трестов «Вахрушевуголь» и «Коркинуголь» в крепких и средней крепости известняках и песчаниках были проведены экспериментальные работы по шарошечному бурению с продувкой скважин сжатым воздухом [7, л. 20]. По результатам бурения более 1000 км скважин было установлено, что скорость шарошечного бурения в 2,4–3 раза больше, чем на станках ударно-канатного бурения. В дальнейшем в ИГД АН СССР было проведено исследование по определению целесообразных параметров буровых станков шарошечного бурения для горнорудной промышленности СССР, при котором диаметр скважин и величину осевого сжатия определяли как функцию крепости пород и вместимости ковша экскаватора. Было установлено, что целесообразно выпускать три типа буровых станков для скважин диаметров 225, 250 и 300 мм. В 1967 г.

на карьерах эксплуатировали более 1300 станков шарошечного бурения и, хотя на их долю приходилось 44 % всего парка буровых станков, производительность труда в бурении выросла в 3–4 раза [8].

В свою очередь, ИГД АН СССР и ВНИИБТ было выдвинуто предложение об объединении двух видов бурения (шарошечного и ударного) в одном агрегате [7, л. 25]. В таком станке сжатый воздух использовали не только для охлаждения шаршек и очистки скважины, но и для бурения долотчатой коронкой. Н. В. Мельников подчеркивал, что объединение двух видов бурения значительно увеличит передаваемую мощность на забой скважины и повысит скорость бурения.

Следует отметить, что в США при бурении скважин в твердых и плотных породах с конца 1950-х гг. проводили опыты по термическому (огневому) бурению, давшие хорошие результаты по скорости бурения. Это направление развивалось и в нашей стране. Первые опыты термического бурения в крепких породах относят к началу XX в., однако эффективное применение этой технологии стало возможным, когда для термобуров стали использовать горелки, сконструированные по типу реактивного двигателя, что позволило достичь скорости бурения до 10 м/ч.

Существовали два способа термического бурения: путем расплавления и частичного выжигания породы и более распространенный – путем разрушения породы за счет растрескивания вследствие высоких термических напряжений. Для исследования возможности термического бурения различных пород в МВТУ им. Н. Э. Баумана были спроектированы и изготовлены термобуры двух типоразмеров с реактивными горелками на керосине или спирте с газообразным кислородом в качестве окислителя [9]. После успешных испытаний на Бузулукском заводе тяжелого машиностроения был наложен серийный выпуск станка огневого бурения СБО-160/20, который использовали в Криворожском бассейне и на Оленегорском месторождении [10].

В результате большой научно-исследовательской и конструкторской работы были созданы буровые станки новой конструкции для пневмоударного, шарошечного и огневого бурения, а также буровое оборудование с комбинированным разрушающим инструментом. Большое внимание уделяли разработке теории взрыва в твердой среде, а также улучшению качества взрывчатых веществ.

Экскаваторные работы

Широкое распространение открытых разработок привело к постоянно растущему объему вскрышных и добычных работ, что, в свою очередь, потребовало увеличения мощности и грузоподъемности техники для экскаваторных работ. В то же время разнообразие горно-геологических условий требовало выработки оптимального числа выпускаемых моделей экскаваторов. В разработке научных подходов к проектированию мощной техники для экскаваторных работ в этот период можно выделить следующие направления:

- разработку основ конструирования экскаваторов;
- создание методов расчета элементов конструкций и улучшение этих конструкций;
- рациональное использование экскаваторов и повышение их производительности.

Следует отметить, что за рубежом практически не уделялось внимания изучению физических основ резания и разрушения грунтов, в то время как в ИГД АН СССР была организована Лаборатория разрушения горных пород, разработавшая теорию резания и разрушения грунтов. Результаты теоретических изысканий дали возможность определить усилия, необходимые рабочим органам экскаватора, и обоснованно подойти к определению формы и размера его ковша. К числу важнейших работ по этому направлению следует отнести разработку теории конструирования экскаваторов, а также рабочих органов новой геометрической формы [11].

К концу 1950-х гг. в СССР серийно выпускали три основных типа одноковшовых экскаваторов: карьерные, вскрышные и шагающие. Карьерные экскаваторы типа ЭКГ выпускались с ковшами вместимостью 3, 4, 5 и 8 м³. Вскрышные экскаваторы типа ЭВГ представляли собой тяжелые экскаваторы с ковшом объемом 4 и 6 м³ для работы с разгрузкой породы в выработанное пространство или в транспортные средства. Были также созданы уникальные образцы одноковшовых экскаваторов-гигантов с ковшами 15 и 35 м³. Экскаватор ЭВГ-35/65 с ковшом вместимостью 35 м³ и радиусом разгрузки 65 м Новокраматорского машиностроительного завода по радиусу разгрузки был самым крупным экскаватором в мире. Известный экскаватор компании «Марион» (США) с ковшом 46 м³ имел радиус разгрузки 42 м.

Следует отметить, что на техническое развитие открытых работ огромное влияние оказали шагающие драглайны Уральского (УЗТМ) и Новокраматорского машиностроительных заводов (НКМЗ). НКМЗ с 1950 г. выпускал драглайн ЭШ-6/60, в котором была применена новая система механизма шагания, которую затем использовали и в других моделях [7, л. 41]. Шагающие драглайны ЭШ-14/75 и ЭШ-20/65 были оборудованы гидравлическим шагающим механизмом и вантовой стрелой, вместо менее надежных в работе механического шагающего хода и решетчатой стрелы у драглайнов этого класса за рубежом. УЗТМ также был изготовлен новый тип шагающего драглайна экскаватор ЭШ-25/100 [12]. В целом к концу 1950-х гг. отечественное машиностроение удовлетворило потребность горных предприятий в одноковшовых экскаваторах и сопутствующем оборудовании.

С конца 1950-х гг. на открытых разработках стали внедрять поточный метод, основанный на применении горнотранспортного оборудования непрерывного действия, в первую очередь роторных экскаваторов. Для выявления перспектив применения роторных экскаваторов и решения ряда научно-технических проблем, связанных с их внедрением, Государственным научно-техническим комитетом СССР была организована

**Таблица 3. Ряд роторных экскаваторов для открытых горных разработок СССР**

Номер типа	Техническая производительность, м ³ /ч (в платном теле)	Условия резания, кг/см	Высота черпания, м	Возможные районы применения
1	100–300	60–80 120–220	10–15	Днепровский буроугольный бассейн, месторождения глин, известняков
2	500	120–220	15	
3	800–1000	80 120–220	15–20	Угольные месторождения восточных районов, месторождения меди, мергеля, известняка, оgneупорных глин и каолина
4	1500	80 120–220	15–30	Подмосковный, Южно-Уральский, Канско-Ачинский угольные бассейны
5	2000–2500	60–80 120	30–40	То же, и рудные месторождения Кустанайской области и КМА
6	3000–3500	60–80 и более	40	Никопольский марганцевый бассейн, Днепровский и Южно-Уральский угольные бассейны, месторождения Средней Азии
7	4500–5500	60–80	50	Канско-Ачинский, Днепровский, Орский и Турагайский угольные бассейны

комиссия под руководством Н. В. Мельникова из числа ведущих работников промышленности, НИИ, проектно-конструкторских бюро и вузов*. Комиссией был проанализирован опыт применения роторных экскаваторов в разных странах и в СССР. Были установлены группы месторождений и бассейнов, родственных по горнотехническим условиям и технологии добычи, и для них обоснован ряд типоразмеров роторных экскаваторов для серийного производства. Комиссия пришла к выводу, что на базе выявленных месторождений с применением поточного технологического можно в сравнительно короткие сроки построить пять карьеров общей производительностью до 20 млн т в год [13].

Комиссией были определены также основные проблемы, требующие теоретических и экспериментальных исследований для создания рациональной конструкции роторных экскаваторов:

- разработка технологических схем при использовании горнотранспортного оборудования непрерывного действия;
- определение сфер применения оборудования непрерывного действия на открытых разработках;
- определение усилий резания различных по крепости пород рабочим органом экскаватора непрерывного действия;
- автоматизация работ на карьерах, оборудованных машинами непрерывного действия.

Лаборатория открытых горных работ ИГД АН СССР выполнила экспериментальные работы по установлению сопротивления разрушению угля и пород вскрыши, результаты которых легли в основу создания роторных экскаваторов с повышенными усилиями резания для круглогодичной выемки крепких бурых углей и плотных песчано-глинистых вскрышных пород производительностью 2000, 1100 и 600 м³/ч. Их изготовление было налажено на Машиностроительном заводе им. 15-летия ЛКСМ (Донецк).

В результате для машиностроения был обоснован ряд отечественных роторных экскаваторов из машин семи типоразмеров производительностью от 100 до 6000–7000 м³/ч с обычным и повышенным усилием резания (для твердых пород без предварительного буровзрывного рыхления), из которых три роторных экскаватора 500, 1000 и 3000 м³ были запущены в серию [14] (табл. 3).

Промышленное производство роторных экскаваторов началось в 1959 г. с модели ЭРГ-350/1000, созданной на Донецком машиностроительном заводе (по совместному проекту с НКМЗ). Роторный экскаватор ЭРГ-1600 был выпущен в 1960 г. на НКМЗ. В 1967 г. этот же завод выпустил мощный роторный экскаватор ЭРГ-1600 с выдвижной стрелой производительностью 3000 м³/ч, а в 1973 г., впервые в мировой практике, – ЭРШРД-5000 на шагающе-рельсовом ходу (рис. 3). На карьерах использовали также роторные экскаваторы производства ГДР и ЧССР.

В связи с внедрением на карьерах мощных роторных экскаваторов резко возросло значение транспортно-отвальных систем разработки. Исследования в этой области проводили в ИГД АН СССР, ВУГИ, ИГД УССР и других организациях. В основу работ были положены установленные функциональные зависимости весовых и энергетических показателей основных видов оборудования от элементов систем разработки. Полученные результаты показали, что для разработки многих месторождений целесообразно ориентироваться не на применение транспортно-отвальных мостов, что было принято в большинстве стран, а на использование отвалообразователей на шагающем и шагающе-рельсовом ходу. Таким образом, в СССР был впервые применен опыт совместной работы роторных экскаваторов и шагающих отвалообразователей [15]. В результате были рекомендованы к изготовлению

* В состав комиссии вошли: Н. В. Мельников (рук.), В. П. Аксенов, Ю. К. Бугуславский, К. Е. Виницкий, Н. Г. Домбровский, А. И. Ястребов и др.

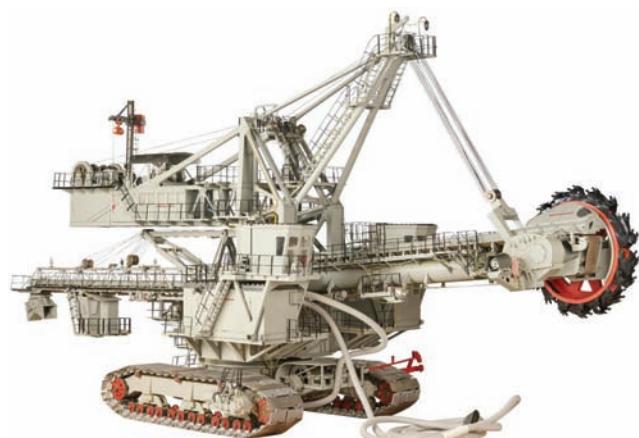


Рис. 3. Действующая модель роторного экскаватора ЭР-1250 16/1,5-Д. Масштаб 1:14 СССР, г. Харьков, 1970–1971 гг.

(Фото предоставлено Политехническим музеем, г. Москва)

отвалообразователь с консолью 180 м, комплектный к роторному экскаватору ЭРГ-1600, и отвалообразователь с консолью 220 м к роторному экскаватору ЭРШР-2600. В дальнейшем был спроектирован технологический комплекс, состоящий из роторного экскаватора производительностью 7000 м³/ч и соответствующего отвалообразователя. Производство техники было налажено на НКМЗ.

Карьерный транспорт

Важнейшей технологической задачей при открытой разработке месторождений полезных ископаемых является транспортирование горной массы. Первоначально в качестве основного вида рассматривали железнодорожный электрифицированный транспорт. В послевоенные годы было налажено производство 80-тонных электровозов и 50-тонных думпкаров, которые очень скоро перестали соответствовать постоянно растущим объемам транспортирования в карьерах. В 1955–1960 гг. на Новочеркасском заводе был наложен выпуск электровозов мощностью до 150 т, на Калининградском заводе – думпкаров грузоподъемностью 60, 80 и 90 т, что позволило перевести все карьеры на электрическую тягу. С 1957 г. на карьеры стали поступать электровозы производства ГДР серии EL-1 со сцепным весом 150 т и серии EL-2 со сцепным весом 100 т [10].

Аналогичная ситуация складывалась и с карьерным автомобильным транспортом, грузоподъемность которого в послевоенный период составляла 5, 10 и 25 т. В связи с увеличением мощности экскаваторов нужны были самосвалы грузоподъемностью 40 и 50 т, кроме того, работавшие на карьерах самосвалы МАЗ и ЯАЗ имели ряд конструктивных недостатков, препятствующих работе с большими нагрузками.

Первоначально считалось, что автомобильный транспорт по причине небольшой грузоподъемности более эффективен при разработке небольших месторождений в сложных



Рис. 4. В Музее трудовой славы Белорусского автомобильного завода. Пионеры с масштабными моделями самосвалов БелАЗ-540, -548, -549

горно-геологических условиях. Средняя грузоподъемность автомобилей на карьерах СССР в 1964 г. составляла 14,5 т, в то время как в США она превышала 32 т. Вместе с тем произошли существенные изменения в характере открытых работ, связанные с вводом в действие крупных карьеров с объемами перевозок до 12–15 млн т в год и увеличением их дальности до 5–7 км; с созданием новых мощных экскаваторов с ковшами вместимостью от 6–8 до 12,5 м³; возрастающими требованиями к качеству руд, необходимостью их селективной разработки с гибким маневренным транспортом. Поэтому увеличение грузоподъемности стало ведущей тенденцией в разработке карьерного автотранспорта. Требовалось также существенно повысить надежность двигателей для карьерного транспорта и решить вопрос по уменьшению загазованности карьеров при его использовании. Проблема была решена после создания большегрузных самосвалов, оборудованных электрическими трансмиссиями, так называемых дизель-электрических самосвалов со встроенными в колеса электродвигателями. В качестве двигателей наиболее перспективными были признаны газовые турбины, отличающиеся небольшими размерами, весом, легкостью ремонта и обслуживания, небольшой требовательностью к топливу. Увеличение грузоподъемности предъявило новые требования к материалу кузова и шин, которые должны были обладать высокими прочностными показателями. Эффективным техническим решением стало применение сменных кузовов из легированных сталей и легких сплавов, что дало возможность перевозить различные объемы горной массы на одних и тех же самосвалах [16].

Основным производителем карьерных самосвалов стал Белорусский автомобильный завод, созданный в 1958 г. на



базе завода торфяного машиностроения «Дормаш». Об истории этого прославленного предприятия рассказывает экспозиция Музея трудовой славы, где представлены модели выпускавшейся техники, фотографии, документы, награды, образцы полезных ископаемых, которые были добыты в результате работы техники БелАЗ (рис. 4).

На открытых работах использовали БелАЗ-540 грузоподъемностью 27 т (рис. 5, а–д), БелАЗ-548 – 40 т (рис. 6), БелАЗ-549 со встроенными в колеса электродвигателями – 75 т (см. рис. 5, д, рис. 7, а–д), автопоезд БелАЗ-549В-5275 грузоподъемностью 120 т с мощностью двигателя

Рис. 5. Карьерный самосвал БелАЗ-540:

а – первый опытный образец 27-тонного самосвала БелАЗ-540 (21 сентября 1961 г.); б – БелАЗ-540 на ВДНХ в Москве (12 ноября 1961 г.); в – продукция Белорусского автозавода – БелАЗ-540 (6 октября 1964 г.); г – 27-тонные БелАЗ-540 на привокзальной площади Гомеля перед отправкой в места эксплуатации (11 августа 1970 г.); д – БелАЗ-540 и БелАЗ-549 под загрузкой (1 марта 1971 г.) (фото предоставлено Пресс-центром БЕЛАЗ)



Рис. 6. Опытный образец самосвала БелАЗ-548 грузоподъемностью 40 т (12 декабря 1962 г.) (фото предоставлено Пресс-центром БЕЛАЗ)



Рис. 7. Карьерный самосвал БелАЗ-549:

а – сборка первого опытного образца самосвала БелАЗ-549 грузоподъемностью 75 т (октябрь 1967 г.); б, в – первый 75-тонный самосвал БелАЗ-549, сошедший с конвейера Белорусского автомобильного завода к 50-летию БССР и КПБ (20 декабря 1968 г.); г – 75-тонный БелАЗ-549 на испытаниях (1 марта 1971 г.); д – выставочный экспонат БелАЗ-549 на ВДНХ (1977 г.)

(фото предоставлено Пресс-центром БЕЛАЗ)

1000–1100 л. с. (рис. 8). Скорость движения карьерных самосвалов составляла 50–60 км/ч (рис. 9). В 1965 г. на железорудных карьерах автомобильным транспортом было перевезено 36,8 % горной массы. При этом среднее расстояние транспортирования составило около 2 км. Автомобильный

транспорт активно использовали: в случае селективной выемки руды, при доработке нижних горизонтов, имеющих небольшие размеры и для обеспечения скоростной проходки разрезных траншей [17].

В 1949 г. в ИГД АН УССР были начаты работы по переводу карьерных самосвалов на питание от контактной сети. В 1952–1959 гг. троллейвозы, созданные на базе самосвалов

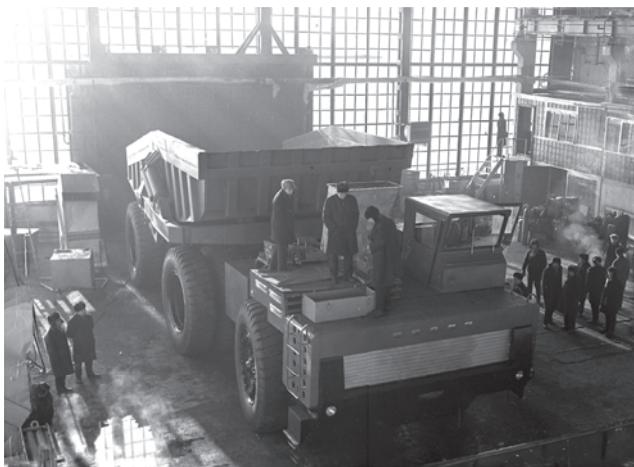


Рис. 8. Новый 120-тонный автопоезд БелАЗ-549В, сделанный коллективом Белорусского автомобильного завода (30 декабря 1969 г.).

(фото предоставлено Пресс-центром БЕЛАЗ)



Рис. 9. Колонна из самосвалов БелАЗ грузоподъемностью 75, 40, 27 т (едет последний) и 65-тонного автопоезда БелАЗ-5488 на обкатке (1970 г.)

(фото предоставлено Пресс-центром БЕЛАЗ)

МАЗ-205 и МАЗ-210В грузоподъемностью 5 и 10 т, проходили промышленные испытания на Богураевском известняковом карьере, показав снижение себестоимости транспортирования на 25–30 % по сравнению с автоперевозками. В результате испытаний были выявлены и весьма серьезные проблемы: необходимость строительства контактной сети на всем протяжении откаточных путей, сложные устройства электросетей в местах маневров на погрузке и разгрузке, наличие большого числа тяговых подстанций [18]. Минским автозаводом в 1964 г. был изготовлен опытный образец автопоезда-троллейбуса БелАЗ-7524-792 грузоподъемностью 65 т, прошедший успешные испытания. В дальнейшем грузоподъемность дизель-троллейбусов БелАЗ была доведена до 110 т [19].

Увеличение масштабов производства, рост объемов скальных пород и руд, ухудшение горнотехнических условий, вызванное увеличением глубины карьеров, потребовало более интенсивной разработки месторождений с понижением горных работ на 1–12 м в год, что, в свою очередь, привело к очень быстрому разносу бортов карьеров и увеличению их площади. В этих условиях при использовании железнодорожного и автомобильного транспорта вскрышные работы отставали от обычных, что делало актуальным более широкое применение конвейерного транспорта, обладающего рядом существенных преимуществ, таких как

- высокая производительность и низкая стоимость транспортирования;
- сокращение численности обслуживающего персонала;
- снижение металлоемкости оборудования;
- улучшение атмосферы карьера при работе на глубоких горизонтах.

Для широкого внедрения конвейеров нужно обеспечить дробление горных пород в забое до величины фракций, пригодных для транспортирования ленточными конвейерами. В основном эту задачу решили за счет совершенствования буровзрывных работ (сгущения и изменения сетки скважин, применения более эффективных взрывчатых веществ), а также путем использования передвижного дробильного оборудования.

Еще одним фактором, сдерживающим применение конвейерного транспорта, стало отсутствие высокопрочных конвейерных лент на синтетической основе и резинотрассовых, а также мощного механического оборудования (приводных барабанов, роликов-опор, редукторов).

Дальнейшее развитие конвейерного транспорта было направлено на увеличение длины транспортирования одним ставом за счет увеличения прочности и ширины конвейерной ленты, увеличения скорости транспортирования, повышения износостойкости лент и всего оборудования.

Разработка и внедрение поточных технологий

Создание крупных, хорошо технически оснащенных предприятий существенно улучшило технико-экономические показатели открытых работ. Однако темпы роста этих показателей в середине 1960-х гг. начали постепенно снижаться, что свидетельствовало о том, что по весу, размерам, мощности и стоимости техника для открытых работ приблизилась к целесообразным и эффективным пределам. Выходом из сложившейся ситуации стало применение поточных технологий. В результате проведенных исследований ИГД Минчермет СССР, ИГД АН СССР, Гипроруды, ДГИ, ДФИМ АН СССР были разработаны основные условия и характеристики схем поточно-циклического производства.

Таблица 4. Технологические схемы циклично-поточного производства при открытой разработке скальных пород и руд

Группа схемы	Принцип подготовки горной массы для потока	Номер технологической схемы	Принцип создания и формирования потока	Технологическая последовательность основного оборудования
I	Рыхлые породы в массиве и грохочение на полустационарных установках	1	Непрерывное транспортирование с промежуточным транспортным звеном цикличного действия	Экскаватор + автомобиль (железнодорожный состав) + полустационарная (стационарная) грохотильная установка + конвейеры + отвальная машина
	Рыхлые породы в массиве и дробление на полустационарных и стационарных установках	2		Экскаватор + автомобиль (железнодорожный состав) + полустационарная (стационарная) дробильная установка + конвейеры + отвальная машина
II	Рыхление в массиве и грохочение на передвижных (самоходных) агрегатах	1	Непрерывное транспортирование без промежуточного транспортного звена цикличного действия	Экскаватор + перегружатель + передвижной (самоходный) грохотильный агрегат + конвейеры + отвальная машина
	Рыхление в массиве и дробление на передвижных (самоходных) агрегатах	2		Экскаватор + перегружатель + передвижной (самоходный) дробильный агрегат + конвейеры + отвальная машина

Технологические схемы I группы с промежуточным циклическим транспортом рекомендовалось применять в сложных горнотехнических условиях при больших масштабах и значительной площади работ в плане; сложных условиях залегания и необходимости селективной выемки горной массы; начальной глубине свыше 50–80 м (в отдельных случаях 100–150); производительности карьера свыше 15–20 млн т в год; протяженности транспортирования до 5–7 км; значительном сроке эксплуатации месторождения в 20–25 лет [20].

Технологические схемы II группы, в которых отсутствуют промежуточные транспортные звенья циклического действия, применяли при несложных условиях залегания, большой протяженности карьера и большом прямолинейном фронте работ; небольшом числе экскаваторов; малом числе уступов; глубине 10–25 м; производительности 3–3,5 млн т в год; протяженности транспортирования до 3 км (табл. 4).

Разработанные технологические схемы прошли успешные испытания на опытных участках на Сарбайском, Николаевском, Гайском и Качканарском карьерах и были рекомендованы к внедрению.

В качестве перспективной поточной технологии рассматривалась и гидромеханизация – разрушение и транспортирование горной массы с помощью специального оборудования потоком жидкости. В начале 1960-х гг. способом гидромеханизации ежегодно разрабатывали до 30 млн т горной массы на угольных карьерах и до 15 млн т на рудных. Применение гидромеханизации на открытых работах давало значительный экономический эффект, так как стоимость разработки и транспортирования 1 м³ породы гидравлическим способом в 1,5–2 раза меньше, чем при использовании экскаваторов и железнодорожного транспорта. Внедрение гидромеханизации открывало широкие возможности для автоматизации производственных процессов. Для решения этих задач требовалась более тщательная проработка ее теории, а также основ конструирования необходимого оборудования [21].

Лаборатории гидромеханизации были организованы в Московском горном институте (руководитель Г. А. Нурок) и в ИГД АН СССР (руководитель Г. П. Никонов). Их исследования были направлены на создание теории гидравлического разрушения пород и перемещения взвесенесущих потоков, разработку основ конструирования гидромониторов и гидротранспорта, а также технологических схем разработки месторождений с использованием гидромеханизации. Одним из результатов проведенных исследований стало предложение в качестве транспортирующей среды использовать жидкости большего удельного веса, чем вода (органические жидкости, растворы минеральных солей, суспензии) [22]. Важными для проектирования гидромеханического оборудования стали экспериментальные и теоретические исследования по гидравлике, выполненные в ИГД АН СССР [23].

Вместе с тем одним из факторов, ограничивающих более широкое использование гидромеханизации, стало несоответствие используемого полустационарного оборудования сложившемуся комплексу открытых работ, предусматривающему высокую мобильность и приспособленность к различным горнотехническим условиям. В качестве перспективного направления рассматривалось создание самоходных установок. Так, институтом «Гипроруда» были сконструированы: самоходные гидромониторы с дистанционным управлением, шагающая землесосная установка и самоходный гидромониторный комбайн, совмещавший операции гидоразмыва, сгущения и транспортирования пульпы [24].

Месторождения Курской магнитной аномалии – научно-технический полигон для разработки и внедрения технологий открытой добычи железной руды (1950–1960 гг.)

Свообразным научно-техническим полигоном для испытаний и совершенствования техники и технологии открытой

разработки железорудных месторождений стала Курская магнитная аномалия (КМА).

Основные этапы изучения и освоения КМА

Курская магнитная аномалия – один из крупнейших железорудных бассейнов в мире. Первые сведения о КМА относятся к XVIII в., когда академик П. Б. Иноходцев обнаружил в районе Белгорода сильную магнитную аномалию. В дальнейшем работы здесь проводили доцент Харьковского университета Н. Д. Пильчиков и профессор Московского университета З. Е. Лейст. Планомерные работы по изучению КМА начались после Октябрьской революции. В 1921 г. начато разведочное бурение, результаты которого привели в 1923 г. к пересечению скважиной в районе г. Щигры на глубине 167 м железной руды. После этого началось углубленное геологическое изучение КМА, нацеленное на решение следующих вопросов:

- выявление площадей распространения железистых кварцитов и выбор наиболее перспективных участков для промышленного освоения;
- исследование вещественного состава железных руд КМА, оценка их пригодности в качестве металлургического сырья, разработка технологии обогащения руд.

В апреле 1930 г. при Совете труда и обороны (СТО) был создан Наблюдательный совет по КМА под руководством И. М. Губкина, разработавший программу геофизических и геологоразведочных работ на территории КМА. Уже к концу 1931 г. на небольшой площади были выявлены запасы железистых кварцитов в размере более 11 млн т и установлено наличие богатых руд в размере около 30 млн т. Наблюдательный совет принял решение заложить первую шахту в с. Коробково. 25 апреля 1933 г. шахтный ствол № 1 Коробковского участка был доведен до 96-метровой отметки и пересек рудный горизонт; 27 апреля в торжественной обстановке была поднята на гора первая бадья с рудой, а в ноябре 1935 г. состоялась пробная плавка курской руды на липецком заводе «Свободный сокол». На начальном этапе не были учтены в полной мере сложные гидрогеологические условия КМА, в результате чего в июне 1936 г. после пересечения южным штреком юрских песчано-глинистых пород произошел прорыв воды и затопление рудника, полное восстановление которого из-за технических и финансовых трудностей затянулось на несколько лет, и было прервано начавшейся войной [25]. В целом в предвоенный период на территории КМА было открыто шесть рудничных участков: Лебединский, Коробковский, Салтыковский, Волоконовский, Стойленский и Новооскольский с запасами около 346 млн т. При этом более 144 млн т приходилось на Лебединское месторождение, для разработки которого были начаты проектные работы [26].

В ходе восстановительных работ на руднике, начавшихся после освобождения региона от немецких захватчиков, были выявлены значительные технические сложности в борьбе с шахтными водами. В результате было принято решение о разработке с оставлением пласта богатых руд и 100-метровой



Рис. 10. Схема железорудного бассейна КМА [27, с. 1]

толщи железистых кварцитов для защиты рудника от затопления грунтовыми водами из перекрывающей осадочной толщи. В 1952 г. был введен в строй опытный рудник мощностью 500 тыс. т кварцитов, обогатительный комплекс и агломерационная фабрика. В 1959 г. былпущен Южно-Коробковский рудник, объединенный с действующей шахтой в единый рудник им. И. М. Губкина.

Для активизации изучения и освоения железорудных месторождений бассейна в 1951 г. в пос. Губкин была открыта горно-геологическая станция АН СССР. Дальнейшие геологические исследования показали, что границы железорудного бассейна простираются далеко за пределы Курской области и охватывают территорию пяти соседних областей. В 1953 г. на территории Белгородского района КМА было открыто Яковлевское, а в 1955 г. – Гостищевское месторождения с огромными запасами богатых железных руд (рис. 10).

Вместе с тем активно обсуждалась проблема открытой разработки выявленных участков богатых руд. В то время только небольшая часть специалистов видела возможность применения открытого способа разработки как более масштабного и прогрессивного. Многие ученые и инженеры оценивали открытую добычу руды как нерациональную, а первоочередной задачей считали строительство на КМА крупной шахты.



Основная проблема заключалась в сильной обводненности. Так, на Лебединском участке пласт богатой железной руды лежал под покровом сильно обводненной толщи пород мощностью 80–100 м, что при разработке могло вызывать оползни уступов и бортов карьера [28, л. 1]. Еще в 1947 г. Госпланом СССР была создана экспертная комиссия под руководством ведущего специалиста в области открытой разработки полезных ископаемых Н. В. Мельникова. Цель комиссии заключалась в том, чтобы достоверно установить, возможно ли в столь сложных гидрогеологических условиях проведение открытых горных работ. Комиссия обосновала возможность открытой разработки Лебединского месторождения, посчитав, что при условии применения крупного горнотранспортного оборудования можно будет добывать до 6 млн т руды в год [28, л. 2].

В 1956 г. Госпланом СССР была образована экспертная комиссия по вопросу о направлении и очередности промышленного освоения железорудных месторождений Курской магнитной аномалии под председательством Г. А. Маньковского. По результатам поисковых и геологоразведочных работ в районах КМА экспертной комиссией было отмечено, что общее количество разведанных запасов по всем известным месторождениям КМА определялось [по состоянию на 1 января 1957 г.] – 1,2 млрд т богатых руд по категориям В+С₁, общие же перспективные геологические запасы богатых руд оценивали в 8–10 млрд т, в том числе 7–9 млрд т приходилось на Белгородский железорудный район. Экспертной комиссией были отмечены также факторы, осложняющие разработку месторождений, такие как

- сильная обводненность надрудной толщи осадочных пород;
- наличие среди осадочных пород покровной толщи плытунных разностей на отдельных участках разведенных месторождений;
- высокие гидростатические напоры подземных вод;
- обводненность самих рудных залежей при напорном характере содержащихся в них вод, при наличии в составе этих залежей значительного количества рыхлых и неустойчивых руд;
- сложная гипсометрия подошвы и кровли рудных тел [29, с. 335].

В 1958 г. при ИГД АН СССР был образован научный совет по проблемам Курской магнитной аномалии, который возглавил Л. Д. Шевяков [30, с. 378]. В состав научного совета вошли 37 специалистов различного профиля:

геологи, физики, техники и административные сотрудники*. Группой научных сотрудников ИГД АН СССР в качестве основного направления первоочередных работ на КМА на ближайшую перспективу была обоснована разработка открытым способом Лебединского (I и II очереди), Стойленского и Михайловского месторождений [28, л. 2, 3].

Начался период масштабного освоения КМА, в котором основную роль играла добыча железной руды открытым способом. Запасы богатых железных руд КМА оценивали в 15–17 млрд т, что в 10 раз больше запасов Криворожского бассейна и в 13–14 раз больше запасов месторождений района озера Верхнего в США [31]. Еще одна особенность КМА состояла в том, что месторождения располагались группами, поэтому при строительстве и эксплуатации карьеров была возможна организация объединенных строительных и ремонтных баз, что значительно снижало капиталовложения.

Началось строительство Лебединского, затем Михайловского и Стойленского карьеров, дальнейшая работа которых подтвердила правильность выбранной стратегии освоения КМА. По словам Н. В. Мельникова «рудники КМА, являясь как бы опытным полигоном, помогали советской горной науке выполнить ее главную задачу – обеспечить своими исследованиями экономическое развитие горной промышленности» [28, л. 3].

В связи с ростом объемов исследований решением президиума АН СССР в 1958 г. на базе Горно-геологической станции АН СССР был организован филиал ИГД, который в 1962 г. был преобразован в самостоятельный Научно-исследовательский институт по проблемам КМА (НИИКМА) с филиалом в Железногорске. В 1959 г. в Белгороде был организован Центральный научно-исследовательский и проектный институт ЦНИИгорсушение (с 1967 г. – Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, специальным горным породам, рудничной геологии, гидрогеологии и маркшейдерскому делу – ВИОГЕМ). В 1960 г. был создан институт по проектированию горнорудных предприятий КМА «Центрогипроруда». Таким образом, КМА стала площадкой для совместной работы ученых и производственников по развитию и совершенствованию технологии открытой разработки железных руд. Многие разработки, опробованные на КМА, успешно использовали на других горнорудных предприятиях страны.

* В состав научного совета вошли: И. П. Бардин, Д. С. Коржинский, В. С. Немчинов, А. М. Терпигорев, Д. И. Щербаков, М. И. Агошков, Г. Н. Каменский, Н. В. Мельников, И. Н. Плаксин, В. А. Глембоцкий, А. Г. Калашников, К. К. Карус (Институт физики Земли АН СССР); Г. И. Маньковский, Н. В. Попов (Лаборатория гидрогеологических проблем им. Ф. Н. Саваренского АН СССР); В. А. Приклонский, Г. А. Соколов, Н. А. Еникеев, М. И. Калганов (Институт геологии рудных месторождений петрографии, минералогии и геохимии АН СССР); Д. И. Щеголев (Московский институт цветных металлов и золота им. Калинина); В. И. Терентьев, З. А. Терпоголосов, С. Ф. Борисов, В. М. Кислов, И. И. Шифрин (Комбинат «КМАруд»); Б. Г. Вайнштейн (Курский совнархоз); Д. И. Витрик (ВНИИ организации и механизации шахтного строительства); И. Г. Грищук (Институт «Южгипроруда»); Г. П. Емельянов, К. В. Кудряшев (Белгородский совнархоз); Г. И. Луговой (Геологическое управление Центральных районов); Е. Ф. Мосальков (Госплан СССР); А. А. Саар, С. И. Чайкин (Белгородская железорудная экспедиция); Н. Ф. Унковская (ИГД АН СССР); Н. Г. Шмидт (Главгеология РСФСР); Н. Н. Патрикеев (инженер).



Деятельность по освоению КМА в этот период получила высокую государственную оценку. В 1957 г. Белгородский совнархоз представил в Комитет по Ленинским премиям работу «Открытие и разведка месторождений богатых железных руд в Белгородском районе Курской магнитной аномалии в 1953–1957 гг.». Первоначально в газете «Известия» от 18 декабря 1957 г. по этой работе был объявлен следующий список исполнителей: П. Я. Антропов, А. Т. Бобрышев, И. С. Бурдюгов, М. Н. Доброхотов, А. А. Дубянский, Н. И. Иванченко, Г. И. Луговой, А. А. Саар, Д. Ф. Тарасюк, С. Н. Чайкин, Н. Г. Шмидт. В последующей публикации в газете «Известия» от 15 февраля 1958 г. исключены из числа исполнителей П. Я. Антропов, И. С. Бурдюгов, А. Т. Бобрышев, Г. И. Луговой. 26 февраля 1958 г. на заседание Ученого совета ИГД АН СССР по вопросу присуждения Ленинской премии было принято ходатайство в Комитет по Ленинским премиям с просьбой отметить заслуги П. Я. Антропова и И. С. Бурдюгова в развитии КМА [32, л. 2]. В частности, подчеркивалось, что «П. Я. Антропов и И. С. Бурдюгов обеспечили правильное направление геологоразведочных работ, принимали непосредственное участие в организации, разработке методики и техническом оснащении этих работ, вместе с руководимым им коллективом геологов обеспечили в короткие сроки детальное изучение Яковлевского месторождения...» [32, л. 3]. В итоге в 1959 г. Комитет по Ленинским премиям в области науки и техники постановил присудить Ленинские премии за наиболее выдающиеся работы в области техники А. А. Дубянскому, доктору геолого-минералогических наук; М. И. Калганову, старшему научному сотруднику Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР; С. И. Чайкину, главному геологу Белгородской железорудной экспедиции; М. Н. Доброхотову, начальнику партии; И. А. Русиновичу, старшему геологу партии; Н. Г. Шмидту, инженеру Курской геофизической экспедиции; М. И. Яковлеву, бывшему геологу треста «Курскгеология» за открытие и разведку богатых железорудных месторождений Белгородского района Курской магнитной аномалии (газета «Правда», 21 апреля 1959 г., № 112) [33].

Системы разработки железных руд открытым способом в горно-геологических условиях КМА

Как было отмечено выше, месторождения КМА характеризовались сложными гидрогеологическими условиями: надрудная толща была сложена неустойчивыми и плытвунными породами и содержала водоносные горизонты. Их недооценка на первом этапе освоения месторождений привела к затоплению шахты. В связи с этим важнейшей задачей стала разработка методов и техники водопонижения и осушения месторождений. С другой стороны, гидрогеологические, горно-геологические и климатические условия КМА существенно повысили эффективность применения на вскрышных работах гидромеханизации. Так, на Лебединском карьере

из общего объема вскрышных пород в 46 млн м³ с помощью гидромеханизации было извлечено 25 млн м³. Всего же на КМА за период 1957–1964 гг. с этим способом извлечено 36,9 млн м³ горной массы, в основном рыхлых сыпучих пород (песков и суглинков) [34].

На месторождениях КМА гидромеханизация была впервые применена для разрушения более твердых меломергельных пород, слагающих надрудную толщу и составляющих 50–70 % вскрышных пород. Первоначально эти породы планировали разрабатывать экскаваторами ЭКГ-4 с погрузкой на автотранспорт, однако из-за отставания вскрышных работ от утвержденного графика было принято решение об использовании на Лебединском карьере технологии гидромеханизации с предварительным рыхлением буровзрывным способом. При этом более 95 % взорванных пород не требовали вторичного дробления. В ходе работ использовали гидромониторы ГМДУЭГ-250 с дистанционным управлением и напором воды 16–19 атм. (1 атм. = 0,1 МПа). Обрушенную массу размывали струей, и пульпа по трубам с помощью землесосной установки 16Р-9 и земснарядами 500-60 поступала в гидроотвал, расположенный на расстоянии 2,5 км. Осветленная вода с гидроотвала опять поступала на гидромонитор [35]. Опыт гидромеханизации вскрышных работ на КМА способствовал совершенствованию оборудования, водопонижению и осушению карьеров, подтвердил техническую возможность и экономическую целесообразность использования гидромеханизации при разработке плотных меломергельных пород, что позволило более широко применять гидромеханизацию и на других месторождениях.

Разработка и внедрение новой техники для открытых работ на КМА

Для Михайловского карьера КМА характерна частая перемежаемость пород с различными физико-механическими свойствами, для бурения в которых необходимо было использовать станки ударного и шарошечного бурения. Выходом стало бурение комбинированным ударно-шарошечным инструментом. Идея о совместном использовании ударных и шарошечных долот, когда первые разрушают породу в центральной части забоя, а вторые – в удаленных от центра участках, была воплощена в ударно-шарошечном буровом инструменте УШ-214, разработанном в ИГД АН СССР под руководством Н. В. Мельникова. Комбинированный инструмент УШ-214 – это пневмоударник специальной конструкции, к корпусу которого жестко прикреплены две секции шарошечного долота. Сочетание пневмоударного и шарошечного способов бурения в одном станке способствовало более эффективному разрушению породы и снижению износа разрушающего инструмента. После опытного бурения на Михайловском карьере в конструкцию инструмента были внесены изменения, и он был запущен в малосерийное производство как КПШ-1 для проведения опытно-промышленных испытаний [36].

Таблица 5. Основные параметры оборудования и технологических схем для действующих и проектируемых роторных комплексов на карьерах КМА

Наименование комплексов и намечаемый год ввода (для новых комплексов)	Экскаваторы			Конвейеры		Отвалообразователи		Параметры технологической схемы
	Тип (число)	Теоретическая производительность в плотном теле, м ³ /ч	Максимальное усилие резания, кгс/см ²	Тип	Теоретическая производительность в рыхлом теле, м ³ /ч			
Михайловский карьер								
КГТО-2 №10	ЭРГ-400 (1)	1000	80	1500	ОШ-105	1500		Мягкий суглинок
ЭРГ-400 № 5 (с железнодорожным транспортом)	ЭРГ-400 (1)	1000	80		Железнодорожный транспорт			То же
Михайловка-1 (1970–1971 гг.)	ШРС-2400 (2)	4400	120	8800	АРС-8800	8800		Суглинок
Михайловка-2 (1971–1972 гг.)	ШРС-2400 (1) ЭРГ-400 (4)	4400	120	8800	АРС-8800	8800		То же
Михайловка-3 (1972–1973 гг.)	ЭШ-10/60 (2) ЭШ-15/190 (1)	До 5500	–	8800	АРС-8800	8800		– » –
Лебединский карьер								
ЭРГ-400 № 3 с конвейерно-гидравлическим транспортом	ЭРГ-400 (1)	1000	80	1500	Гидротранспорт			Слабый мел
ЭРГ-400 № 23, то же	ЭРГ-400 (1)	1000	80	1500	Гидротранспорт			То же
Стойленский карьер								
K-300 действующий	K-300 (2)	520–730	80	1000	P-1500	1500		Мел
K-300 № 1 (1969 г.)	K-300 (1)	870	80	1500	Гидротранспорт			Мягкие пески
K-300 № 2 (1970 г.)	K-300 (1)	870	80	1000	Гидротранспорт			То же
КУ-600 № 1 (1970–1971 гг.)	КУ-800 (1)	4700	170	9000	P-5500	5500		Мел
КУ-800 № 2 (1971–1972 гг.)	КУ-800 (1)	4700	170	9000	P-5500	5500		То же

Месторождения КМА стали также полигоном для использования роторных комплексов. Этому способствовали благоприятные горно-геологические условия: мощность мягких вскрышных пород (суглинки, пески, меломергели) составляла от 70 до 200 м, залегание их выдержанное, близкое к горизонтальному. Первый роторный экскаватор РВ-1 и отвалообразователь ОШ-1 были изготовлены в 1959 г. в рудничных механических мастерских. Один из первых роторных комплексов КГТО-2 Машиностроительного завода им. 15-летия ЛКСМ, был установлен в 1961 г. В последующие годы на Лебединском, Михайловском и Стойленском карьерах началось широкое внедрение роторных комплексов отечественного и зарубежного производства (**табл. 5**).

Производительность труда при использовании роторных комплексов значительно выше, чем при проведении вскрышных работ с использованием железнодорожного и гидротранспорта (в 3,5 и 2 раза соответственно). Тем не менее на КМА они играли второстепенную роль в общем объеме вскрышных работ и использовались в основном на верхних уступах карьеров. Эффективность применения роторных комплексов

снижала повышенная влажность и наличие в ряде карьеров прослойков более твердых пород. Отрицательно сказывалась недостаточная мощность ремонтной базы, недостаток запчастей, невысокое качество конвейерных лент, что являлось частой причиной аварий и простоев.

Опыт внедрения и работы роторных комплексов на карьерах КМА подтвердил необходимость глубокого предварительного изучения горно-геологических условий и физико-механических свойств пород (повышенная влажность, слипаемость). Стало ясно, что геологическая разведка перспективных для поточной технологии месторождений должна проводиться более детально с отбором достаточного количества керна для исследований, фиксацией положения скальных включений [37].

Так, на Лебединском карьере в 1961 г. был запущен роторный комплекс КГТО-2 Завода им. 15-летия ЛКСМ, разрабатывающий меловые породы влажностью 32–40 %. Мел, представляющий в естественном состоянии крепкую скальную породу, при транспортировании разжижался и интенсивно налипал на конвейерные ленты и механизмы, быстро



заполняя все пространство под перегрузочными узлами и секциями конвейеров. Простои от налипания достигали 60 %, в 2,5 раза уменьшилась производительность труда. Проведенные НИИКМА исследования показали, что переувлажненный мел является типичной тиксотропной породой, переходящей в пластичное пастообразное состояние под влиянием ударов, вибраций и других внешних нагрузок. После снятия нагрузок через некоторое время происходил обратный процесс затвердевания. НИИКМА, комбинат «КМАГипроруда» и трест «Гидромеханизация» разработали и внедрили схему конвейерно-гидравлического транспортирования переувлажненного мела от роторного экскаватора. Вместо пяти конвейеров по новой схеме работали только два с двумя перегрузочными станциями. Породу, разработанную роторным экскаватором, двумя конвейерами (забойным длиной 1000 м и бортовым длиной 300 м) подавали в бункер пункта перегрузки (открытую выемку), затем разрабатывали гидромониторами и по пульнопроводу транспортировали в гидроотвал. После внедрения конвейерно-гидравлического транспорта показатели работы роторного экскаватора резко увеличились.

Второй такой комплекс был запущен в 1968 г. Опыт эксплуатации роторно-гидравлических транспортных установок на Лебединском карьере показал надежность и работоспособность новой технологии, позволяющей с достаточно высокой производительностью разрабатывать и транспортировать на значительные расстояния тиксотропные породы. На роторном экскаваторе было установлено модернизированное роторное колесо с промежуточными режущими кромками для уменьшения кусковатости разрабатываемых меловых толщ [38].

Конвейерный транспорт применяли для транспортирования мягких вскрышных пород на Лебединском, Михайловском и Стойленском карьерах КМА. С 1967 г. доля его составляла 17 % общего объема вскрышных работ. Конвейерные установки входили в состав комплексов непрерывного действия, работавших по схеме «роторный экскаватор – конвейерная линия – ленточный отвалообразователь». В ходе применения данной поточной технологии было установлено, что аварии ленточных конвейеров являются основной причиной простоев роторных комплексов. Основными причинами остановок конвейеров были просыпание породы, налипание ее на ленту, неисправность тянувших механизмов, ремонт и замена лент. В дальнейшем, наряду с переводом всей технологии разработки мягких вскрышных работ на конвейерный транспорт, на месторождениях КМА было освоено перемещение конвейерами скальных пород и железистых кварцитов с применением предварительного дробления на передвижных дробильных установках [39]. Эту технологию в дальнейшем успешно применяли на других месторождениях.

Комплексное освоение минерально-сырьевого потенциала КМА

На месторождениях КМА богатые железные руды залегали в виде своеобразных «карманов» в железистых кварцитах, содержащих 35–45 % железа. При этом на первом этапе освоения месторождений карьеры проектировали и строили для отработки богатых железных руд, а добычу железистых кварцитов предусматривали только в проектных контурах карьеров. Вместе с тем толщи железистых кварцитов занимали гораздо большие площади и уходили на значительную глубину. Кафедра открытых горных работ Московского горного института, выполняя исследования по заказу «КМАГипроруда» на Михайловском месторождении, доказала целесообразность его комплексного освоения и предложила схему разработки, при которой наряду с максимальным объемом добычи богатых руд будет экономически эффективна и добыча кварцитов. Предложенная схема предусматривала разработку вскрышных пород двумя комплексами роторных экскаваторов с ленточными конвейерами и добычу путем одновременного использования 8–10 экскаваторов ЭКГ-8 в сочетании с автомобильным карьерным транспортом [40]. В дальнейшем проектная разработка подтвердила высокую экономическую эффективность комплексного освоения Лебединского, Михайловского, Стойленского, Чернянского и других месторождений, что существенно повысило перспективные цифры добычи железной руды на КМА [41].

Успешное освоение технологии открытых работ на месторождениях КМА позволило поставить вопрос о разработке открытым способом месторождений богатых руд под толщей осадочных пород мощностью 500–700 м, что также значительно повышало сырьевую потенциал бассейна [42].

Освоение месторождений КМА стало примером эффективного взаимодействия науки и производства в решении сложного комплекса технологических задач. Эффективность и результативность такого взаимодействия была обеспечена за счет формирования своеобразного регионального центра, объединяющего научные, проектно-конструкторские и производственные организации. Большую роль в освоении КМА сыграла академическая и вузовская наука, осуществляющая координацию исследований и обеспечивающая решение наиболее сложных задач. Следует отметить, что успешное взаимодействие науки и практики на КМА нашло отражение и в статьях по данной тематике в «Горном журнале», которые часто писались в соавторстве учеными и производственниками. Эта практика стала традицией – до настоящего времени выходят специальные номера «Горного журнала», посвященные развитию ГОКов КМА*.

* См. подробнее: «Горный журнал» № 9 1998 г. («НИИКМА им. Л. Д. Шевякова – 35 лет»), № 1 2004 г. («Регион КМА – центр черной металлургии России»), № 6 2011 г. («Стойленскому ГОКу – 50 лет»), № 6 2021 г. («Стойленскому ГОКу – 60 лет»), № 5 2017 г. («Лебединскому ГОКу – 50 лет»), № 6 2022 г. («Лебединскому ГОКу – 55 лет»).

Заключение

В 1950–1960-х гг. наша страна достигла значительных успехов в освоении технологии открытой добычи полезных ископаемых, в том числе и железной руды. Важнейшей составляющей этого успеха стало реализованное при поддержке государства тесное сотрудничество науки и производства. Как отмечал академик А. А. Скочинский, «горная наука создается как теоретически обоснованная база для наилучшего использования и коренного усовершенствования средств и методов современной техники, а также для изыскания и разработки принципов новой технологии горного дела» [43]. Такое сотрудничество воплотилось:

- в создании новых систем разработки месторождений в различных горно-геологических условиях с применением поточных технологий;
- в формировании научных основ для проектирования мощной карьерной техники и выработке научных подходов к выбору ее рациональных характеристик;
- в развитии горного машиностроения и экономики горных работ.

Четко выстроенная система взаимодействия науки и практики включала академические и отраслевые научные организации, профильные вузы, различные производственные предприятия вплоть до конкретных инженеров и специалистов на местах. Ярким примером такого подхода стало освоение одного из крупнейших в мире железорудных бассейнов – Курской магнитной аномалии. Прогрессивный открытый способ разработки позволил в короткие сроки добиться значительного увеличения добычи важнейших минеральных ресурсов, а доля открытой добычи в СССР неуклонно росла и в 1970 г. составила, %: 70 – железной руды; 75 – руды цветных металлов; 75 – марганцевых руд; 72 – горно-химического сырья [44].

1950–1960-е гг. – это время активного освоения атомной энергии, покорения космического пространства, интенсивного развития кибернетики и вычислительной техники. В те годы казалось, что вооруженной современными достижениями науки и техники стране, стране, победившей в тяжелейшей войне, доступно решение самых масштабных и сложных

задач. Одна из таких задач в области горного дела – создание автоматизированного карьера, в котором горняки, избавленные от тяжелого труда, выполняют работу операторов, обсуждалась на страницах «Горного журнала». Ведь внедрение технологии открытой добычи полезных ископаемых на базе современной техники позволило не только практически полностью механизировать трудоемкие технологические процессы, но и создало благоприятные условия для их последующей автоматизации.

В 1965 г. отмечалось 140-летие «Горного журнала», в преддверии которого редакция обратилась к читателям с просьбой рассказать о том, какие материалы, опубликованные на страницах журнала, были ими использованы на практике и что, по мнению работников, нужно сделать для его улучшения. Ответы, поступившие в редакцию, в том числе от руководителей крупнейших горных предприятий страны, свидетельствуют о большой популярности «Горного журнала», о его важной роли в формировании основных направлений научно-технического развития горной промышленности, о существенной помощи в пополнении знаний и расширении кругозора горняков.

«Горный журнал» стал реальной площадкой для обмена передовым опытом, его публикации способствовали внедрению в производство новой техники и совершенствованию технологии горных работ, что приводило к значительному экономическому эффекту [45]. С 1945 по 1965 г. в «Горном журнале» было опубликовано более 6200 статей 11000 авторов, проведено около 30 дискуссий по важнейшим научно-техническим вопросам с участием более 350 специалистов [46]. Эти традиции, заложенные в «Горном журнале» его основателями, выдающимися деятелями горного дела П. П. Аносовым, Д. И. Соколовым, Е. В. Карнеевым, В. В. Любарским и другими, сохраняются и сегодня, спустя 200 лет с основания журнала.

Авторский коллектив статьи и редакция «Горного журнала» выражают благодарность Политехническому музею (Москва, Россия) и Пресс-центру БЕЛАЗ (Жодино, Белоруссия) за предоставление архивных фотоматериалов, опубликованных в настоящей статье.

Библиографический список

1. Казанец И. П. Железорудная промышленность СССР за 50 лет Советской власти // Горный журнал. 1967. № 11. С. 3–8.
2. Бунин А. И. Открытые горные работы на карьерах США // Горный журнал. 1947. № 7. С. 10–16.
3. Мельников Н. В. Развитие горной науки в области открытой разработки месторождений в СССР. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Госгортехиздат, 1961. – 180 с.
4. Итоги выполнения первого пятилетнего плана развития народного хозяйства Союза СССР. Черная металлургия. – Л.–М. : Стандартизация и рационализация, 1933. – 280 с.
5. Погорельцев Г. Рудник имени Кабакова // Магнитогорский рабочий. 2011. 17 февраля.
6. Промышленность СССР : статистический сборник / под ред. К. Г. Ивановой. – М. : Статиздат, 1957. – 447 с.
7. Мельников Николай Васильевич. Направление в техническом развитии открытых разработок. Доклад на Свердловской конференции по карьерному транспорту (2–5 февраля 1959 г.) // Архив Российской академии наук (РАН). Ф. 1795. Оп. 1. Д. 3.
8. Каплунов Р. П., Следзюк П. Е., Мариненко М. П. Задачи дальнейшего технического прогресса горнорудной промышленности черной металлургии СССР // Горный журнал. 1968. № 10. С. 7–13.
9. Васильев А. П. Обоснование эффективности термического способа бурения скважин с применением реактивных горелок // Горный журнал. 1955. № 8. С. 24–31.



10. Жигалин В. Ф. Горное машиностроение к пятидесятилетию Великого Октября // Горный журнал. 1967. № 11. С. 14–32.
11. Петерс Е. Р. Основы теории одноковшовых экскаваторов. – М. : Mashgiz, 1955. – 260 с.
12. Сатовский Б. И., Рудоискатель В. В. Экскаваторы Уралмашзавода для горных работ // Горный журнал. 1955. № 11. С. 29–35.
13. Виницкий К. Е., Потапов М. Г. Перспективы применения роторных экскаваторов на открытых разработках СССР. – М. : Углехиздат, 1959. – 176 с.
14. Мельников Н. В., Виницкий К. Е., Потапов М. Г. Роторные экскаваторы для открытых горных разработок // Горный журнал. 1959. № 6. С. 7–9.
15. Обоснование параметров горного и транспортного оборудования непрерывного действия: Краткий научный отчет. – М. : Углехиздат, 1958. – 36 с.
16. Майминд В. Я. Возможности применения автомобильного транспорта на карьерах большой производительности // Горный журнал. 1967. № 1. С. 28–30.
17. Васильев М. В., Сироткин З. Л. Основные направления в создании и развитии в СССР карьерных автомобилей особо большой грузоподъемности // Горный журнал. 1967. № 1. С. 52–56.
18. Фиделев А. С., Могилевский С. М., Стыренко К. К. Троллейвозный карьерный транспорт. – Киев : Изд-во Академии наук УССР, 1956. – 107 с.
19. Горшков Э. В., Тарасов А. П. Совершенствование и развитие отечественного дизель-троллейвозного транспорта // ГИАБ. 2008. Отдельный выпуск 8. С. 307–318.
20. Васильев М. В. О циклически-поточной технологии на рудных карьерах // Горный журнал. 1968. № 8. С. 12–18.
21. Нурук Г. А. Неотложные задачи развития теории и технологии гидромеханизации открытых разработок // Горный журнал. 1964. № 5. С. 6–10.
22. Нурук Г. А., Гришко А. П. Карьерный гидротранспорт полускальных пород в тяжелых несущих средах // Горный журнал. 1965. № 7. С. 23–27.
23. Теоретические и экспериментальные исследования процесса движения и распада водяной струи : краткий научный отчет. – М., 1963. – 53 с.
24. Давидянц Г. П. Самоходное оборудование для механизации // Горный журнал. 1965. № 3. С. 42–45.
25. Пешехонова О. В. Освоение Курской магнитной аномалии за 1931–1945 гг. // Ученые записки. 2011. № 3-2. С. 226–230.
26. Шифрин И. И., Терентьев В. И., Терещенко Ю. В. Освоение богатств Курской магнитной аномалии // Горный журнал. 1967. № 4. С. 3–9.
27. Агошков М. И., Еникеев Н. Б. Горнотехнические проблемы разработки белгородских месторождений КМА. – М., 1958. – 15 с.
28. Мельников Николай Васильевич. Наука и КМА. Статья. Машинопись // АРАН. Ф. 1795. Оп. 1.1. Д. 13.
29. Постановление Совета технико-экономической экспертизы Госплана СССР по вопросу о направлении и очередности промышленного освоения железорудных месторождений Курской магнитной аномалии. 2 февраля 1957 г. // Курская магнитная аномалия: история открытия исследований и промышленного освоения железорудных месторождений : сб. документов и матер. 1742–1962. – Белгород : Книжное изд-во, 1962. Т. 2. С. 333–335.
30. Приказ по Институту горного дела Академии наук СССР № 138-а о составе научного Совета по проблемам Курской магнитной аномалии. 31 июля 1958 г. // Курская магнитная аномалия: история открытия исследований и промышленного освоения железорудных месторождений : сб. документов и матер. 1742–1962. – Белгород : Книжное изд-во, 1962. Т. 2. С. 376–378.
31. Мельников Н. В., Маньковский Г. И., Афендиев Н. Н., Симкин Б. А. Задачи развития железорудной промышленности на Курской магнитной аномалии // Горный журнал. 1959. № 2. С. 3–5.
32. Переписка с Комитетом по Ленинским премиям в области науки и техники при СМ СССР о выдвижении работ сотрудников Института на соискание премий // АРАН. Ф. 481. Оп. 1. Д. 689.
33. Из Постановления комитета по Ленинским премиям «О присуждении Ленинских премий за наиболее выдающиеся работы в области науки и техники» 21 апреля 1959 г. // Курская магнитная аномалия: история открытия исследований и промышленного освоения железорудных месторождений : сб. документов и матер. 1742–1962. – Белгород : Книжное изд-во, 1962. Т. 2. С. 430.
34. Объедков Н. Г., Хузин Ю. Ш. Разработка мело-мергельных пород КМА с помощью гидромеханизации // Горный журнал. 1967. № 6. С. 15–18.
35. Писанец Е. П., Мироненко В. А. Развитие технологии и техники осушения месторождений КМА // Горный журнал. 1969. № 4. С. 38–40.
36. Терентьев В. И., Неред Н. Т., Шаповалов А. В., Оксанич И. Ф. Бурение сложноструктурных пород комбинированным ударно-шарошечным инструментом // Горный журнал. 1969. № 4. С. 58–60.
37. Чураков А. И., Иванов Н. Н., Кушнеренко К. Н., Пugo А. M. Опыт и перспективы применения роторных комплексов на железорудных карьерах КМА // Горный журнал. 1969. № 4. С. 44–49.
38. Кушнеренко К. Н., Пugo А. M., Романенко В. А., Муриков Д. В., Рачинский Ф. А. и др. Разработка вскрытых пород роторными экскаваторами на конвейерно-гиравлический транспорт на Лебединском карьере // Горный журнал. 1969. № 4. С. 53–58.
39. Васильев М. В., Виноградов В. А., Сухин А. В. Конвейерный транспорт на железорудных карьерах КМА // Горный журнал. 1969. № 4. С. 49–53.
40. Ржевский В. В. О разработке железистых кварцитов на Михайловском месторождении КМА // Горный журнал. 1961. № 1. С. 18–22.
41. Мельников Н. В., Симкин Б. А., Пахомов Е. М. О возможности открытой добычи богатых руд и железистых кварцитов КМА // Горный журнал. 1961. № 1. С. 22–25.
42. Лосицкий В. В., Коротаев Г. В., Терещенко Ю. В., Римша Г. Б. Перспективы открытой разработки железных руд КМА // Горный журнал. 1969. № 4. С. 36–38.
43. Скочинский А. А. Горная наука в СССР // Уголь. 1947. № 11. С. 24–26.
44. Мельников Н. В., Ржевский В. В. За дальнейший прогресс открытых работ // Горный журнал. 1965. № 7. С. 19–22.
45. «Горный журнал» – производству // Горный журнал. 1965. № 7. С. 9–13.
46. «Горному журналу» – 140 лет // Горный журнал. 1965. № 7. С. 3–8. 

«GORNYI ZHURNAL», 2025, № 7, pp. 186–204
DOI: 10.17580/gzh.2025.07.23

Origin and development of technology and equipment of open pit iron ore mining in the USSR

Information about authors

E. V. Minina¹, Deputy Director of Science, Candidate of Historical Sciences, minina@ihst.ru
M. Kh. Zakirova¹, Researcher, Candidate of Historical Sciences

¹Vavilov Institute for the History of Science and Technology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract

The article reviews development of the open pit method of mineral mining in the USSR in the 1950s–1960s with a spotlight put on iron ore production. The main trends of technology and equipment of open pit iron ore mining are characterized, namely: drilling and blasting, excavation, transport, continuous flow processes, including hydraulic mining. The science and technology interaction is discussed as a case-study of the Kursk Magnetic Anomaly as a peculiar testing area of a novel open pit equipment. An important source of information were the publications of Gornyi Zhurnal addressing various scientific and technological aspects of open pit mining.

Keywords: open pit mineral mining, mining technologies, open pit equipment, Kursk Magnetic Anomaly, mining equipment history, *Gornyi Zhurnal*.

References

1. Kazanets I. P. Iron ore industry of the USSR 50 years into the Soviet system. *Gornyi Zhurnal*. 1967. No. 11. pp. 3–8.
2. Bunin A. I. Open pit mining in the USA. *Gornyi Zhurnal*. 1947. No. 7. pp. 10–16.
3. Melnikov N. V. Development of Mining Science in the Sphere of Open Pit Mining in the USSR. 2nd revised and enlarged edition. Moscow : Gosgortekhizdat, 1961. 180 p.
4. Resume of Efficiency of Five Year Plan of National Economy in the USSR. Ferrous Metallurgy. Leningrad–Moscow : Standartizatsiya i ratsionalizatsiya, 1933. 280 p.
5. Pogoreltsev G. The Kabakov Mine. *Magnitogorskij rabochiy*. 2011. 17 February.
6. Ivanova K. G. (Ed.). The Industry in the USSR: Statistical Digest. Moscow : Statizdat, 1957. 447 p.
7. Nikolai V. Melnikov. A Line of Technical Development of Open Pit Mining. Presentation at the Sverdlovsk Conference on Open Pit Transport, February 2–5, 1959. Archive of the Russian Academy of Sciences. Fund 1795. Inventory 1. File 3.
8. Kaplunov R. P., Sledzyuk P. E., Marinenko M. P. Objectives of further technological advance of the ferrous metallurgy industry in the USSR. *Gornyi Zhurnal*. 1968. No. 10. pp. 7–13.
9. Vasilev A. P. Validation of thermic boring efficiency using flame jet nozzles. *Gornyi Zhurnal*. 1955. No. 8. pp. 24–31.
10. Zhigalin V. F. Mining machinery manufacturing toward the 50th anniversary of the Great October. *Gornyi Zhurnal*. 1967. No. 11. pp. 14–32.
11. Peters E. R. Theory of Single-Bucket Excavators. Moscow : Mashgiz, 1955. 260 p.
12. Satovskiy B. I., Rudoiskatel V. V. Uralmash excavators for mining operations. *Gornyi Zhurnal*. 1955. No. 11. pp. 29–35.
13. Vinitksiy K. E., Potapov M. G. Prospects for Rotary Excavators in Open Pit Mining in the USSR. Moscow : Ugletekhnizdat, 1959. 176 p.
14. Melnikov N. V., Vinitksiy K. E., Potapov M. G. Rotary excavators for open pit mining. *Gornyi Zhurnal*. 1959. No. 6. pp. 7–9.
15. Validation of Continuous Mining and Transport Equipment Parameters. Moscow : Ugletekhnizdat, 1958. 36 p.
16. Maymind V. Ya. Usability of dump trucks at high-capacity surface mines. *Gornyi Zhurnal*. 1967. No. 1. pp. 28–317. Vasilev M. V., Sirotkin Z. L. Main trends of engineering and development of very high capacity dump trucks for surface mines in the USSR. *Gornyi Zhurnal*. 1967. No. 1. pp. 52–56.
18. Fidelev A. S., Mogilevskiy S. M., Styrenko K. K. Trolley Open Pit Transport. Kiev : Izdatelstvo Akademii nauk USSR, 1956. 107 p.
19. Gorshkov E. V., Tarasov A. P. Development and improvement of home-manufactured diesel-trolley transport. *MIAB*. 2008. Special issue 8. pp. 307–318.
20. Vasilev M. V. Cyclic-and-continuous technology at open pit mines. *Gornyi Zhurnal*. 1968. No. 8. pp. 12–18.
21. Nurok G. A. Urgent tasks of theory and technology of hydraulic open pit mining. *Gornyi Zhurnal*. 1964. No. 5. pp. 6–10.
22. Nurok G. A., Grishko A. P. Hydraulic open pit transport of half-hard rocks in dense medium flow. *Gornyi Zhurnal*. 1965. No. 7. pp. 23–27.
23. Theoretical and Experimental Research of Water Jet Flow and Disintegration: A Brief Scientific Report. Moscow, 1963. 53 p.
24. Davidyants G. P. Self-propelling equipment for bringing mechanization. *Gornyi Zhurnal*. 1965. No. 3. pp. 42–45.
25. Peshekhanova O. V. Development of the Kursk Magnetic Anomaly in 1931–1945. *Gornyi Zhurnal*. 2011. No. 3-2. pp. 226–230.
26. Shifrin I. I., Terentev V. I., Tereshchenko Yu. V. Development of wealth of the Kursk Magnetic Anomaly. *Gornyi Zhurnal*. 1967. No. 4. pp. 3–9.
27. Agoshkov M. I., Enikeev N. B. Geotechnical problems of development of the Belgorod deposits in the Kursk Magnetic Anomaly. Moscow, 1958. 15 p.
28. Nikolai V. Melnikov. Science and the Kursk Magnetic Anomaly. Paper. Typewriting. Archive of the Russian Academy of Sciences. Fund 1795. Inventory 1.1. File 13.
29. Resolution of the Technical and Economic Expertise Council of the USSR Gosplan on Matters of the Coarse and Sequencing of Commercial Iron Ore Mining in the Kursk Magnetic Anomaly. February 2, 1957. *Kursk Magnetic Anomaly: History of Research and Commercial Development of Iron Ore Deposits : Collected Documents and Materials. 1742–1962*. Belgorod : Knizhnoe izdatelstvo, 1962. Vol. 2. pp. 333–335.
30. No. 138-a Directive for the Institute of Mining of the USSR Academy of Sciences on Composition of Scientific Council on the Kursk Magnetic Anomaly, July 31, 1958. *Kursk Magnetic Anomaly: History of Research and Commercial Development of Iron Ore Deposits : Collected Documents and Materials. 1742–1962*. Belgorod : Knizhnoe izdatelstvo, 1962. Vol. 2. pp. 376–378.
31. Melnikov N. V., Mankovskiy G. I., Afendikov N. N., Simkin B. A. Objectives of iron industry development in the Kursk Magnetic Anomaly. *Gornyi Zhurnal*. 1959. No. 2. pp. 3–5.
32. Correspondence with the Committee for the Lenin Prize in Science and Technology at the USSR Council of Ministers on the Topic of Nomination of the Members of the Institute. Archive of the Russian Academy of Sciences. Fund 481. Inventory 1. File 689.
33. Extract of Resolution of the Committee for the Lenin Prize on Awarding the Lenin Prize for Technological Breakthroughs, April 21, 1959. *Kursk Magnetic Anomaly: History of Research and Commercial Development of Iron Ore Deposits: Collected Documents and Materials. 1742–1962*. Belgorod : Knizhnoe izdatelstvo, 1962. Vol. 2. p. 430.
34. Obedkov N. G., Khuzin Yu. Sh. Hydraulic mining of chalk and marl in the Kursk Magnetic Anomaly. *Gornyi Zhurnal*. 1967. No. 6. pp. 15–18.
35. Pisanets E. P., Mironenko V. A. Development of drainage technology and equipment for mineral deposits in the Kursk Magnetic Anomaly. *Gornyi Zhurnal*. 1969. No. 4. pp. 38–40.
36. Terentev V. I., Nered N. T., Shapovalov A. V., Oksanich I. F. Mixed-type rotary percussion drilling of structurally complex rocks. *Gornyi Zhurnal*. 1969. No. 4. pp. 58–60.
37. Churakov A. I., Ivanov N. N., Kushnerenko K. N., Pugo A. M. Experience and prospects of rotary machinery at iron ore deposits in the Kursk Magnetic Anomaly. *Gornyi Zhurnal*. 1969. No. 4. pp. 44–49.
38. Kushnerenko K. N., Pugo A. M., Romanenko V. A., Murikov D. V., Rachinskiy F. A. et al. Stripping of overburden by rotary excavations for conveying and hydraulic transport at the Lebedinsky Open Pit Mine. *Gornyi Zhurnal*. 1969. No. 4. pp. 53–58.
39. Vasilev M. V., Vinogradov V. A., Siukhin A. V. Conveyor transport at open pit iron mines in the Kursk Magnetic Anomaly. *Gornyi Zhurnal*. 1969. No. 4. pp. 49–53.
40. Rzhevskiy V. V. Mining ferruginous quartzite at the Mikhailovsky deposit in the Kursk Magnetic Anomaly. *Gornyi Zhurnal*. 1961. No. 1. pp. 18–22.
41. Melnikov N. V., Simkin B. A., Pakhomov E. M. Capabilities of open pit mining of high-grade ore and ferruginous quartzite in the Kursk Magnetic Anomaly. *Gornyi Zhurnal*. 1961. No. 1. pp. 22–25.
42. Lositskiy V. V., Korotaev G. V., Tereshchenko Yu. V., Rimsha G. B. Prospects for open pit mining of iron ore in the Kursk Magnetic Anomaly. *Gornyi Zhurnal*. 1969. No. 4. pp. 36–38.
43. Skochinskiy A. A. Mining science in the USSR. *Ugol*. 1947. No. 11. pp. 24–26.
44. Melnikov N. V., Rzhevskiy V. V. Toward further progression of open pit mining. *Gornyi Zhurnal*. 1965. No. 7. pp. 19–22.
45. *Gornyi Zhurnal* to the industry. *Gornyi Zhurnal*. 1965. No. 7. pp. 9–13.
46. *Gornyi Zhurnal*'s 145th Anniversary. *Gornyi Zhurnal*. 1965. No. 7. pp. 3–8.