

ЖИЗНЕННЫЕ ЦИКЛЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ХИБИНСКИХ РУДНИКОВ

Жизненный цикл – это оптимизационная модель функционирования горного предприятия, обеспечивающая достижение оптимального сочетания экономических интересов недропользователя, состояния и перспектив развития рудно-сырьевой базы, сохранения рудного потенциала для будущих поколений, уровня использования технической базы при соблюдении природоохранных требований. Моделирование жизнедеятельности рудного предприятия осуществляется с целью принятия оптимального решения при разработке вариантов технических проектов строительства (реконструкции) рудников с учётом изменения рыночной конъюнктуры.

На продолжительность функционирования горнорудного предприятия оказывает совокупное влияние ряд факторов: обеспеченность рентабельными запасами, потребность общества в продуктах переработки минерального сырья, горно-геологические, экономические и экологические ограничения. Обеспеченность предприятия подготовленной рудно-сырьевой базой является функцией масштабов и тенденций воспроизводства запасов месторождения в системе “прирост – добыча” и среднегодовой мощности предприятия. Потребность в продукции минерально-сырьевого комплекса определяется уровнем развития производительных сил страны, геополитической обстановкой на конкретном этапе исторического развития и, в конечном счёте, конъюнктурой мирового сырьевого рынка.

Жизненный цикл охватывает период времени от подготовки рудной базы, эксплуатации до полной доработки запасов и ликвидации рудника.

Подготовительный период включает этапы: а) геологической разведки по подготовке рудной базы как первоначального вклада в создание горного предприятия; б) проектирования и строительства рудника, обогатительного и обслуживающих производств, технологически связанных с добычей, переработкой и транспортировкой минерального сырья. Длительность подготовительного периода зависит от востребованности продуктов переработки минерального сырья: чем она больше, тем короче отрезки времени от подготовки запасов до начала их разработки.

Период эксплуатации рудного объекта охватывает этапы: а) освоения и развития (от ввода рудника до достижения проектной мощности); б) стабилизации на уровне проектной производительности; в) интенсивного развития в результате реконструкции предприятия; г) сокращения объёмов добычи в связи с истощением запасов или по другим причинам.

Период ликвидации (консервации) предприятия включает этапы: а) доработки и списания остаточных запасов; б) рекультивации территории.

Периоды, этапы	Годы	Т	Д	О/П	С	ΔМ	±М
Строительство, освоение	1930 – 41	12	15,2	60 / 40	26,8	1,3	+0,25
Восстановление, развитие	1945 – 55	11	31,7	30 / 70	18,4	2,9	+0,50
Стабилизация	1956 – 70	15	96,5	32 / 68	18,0	6,4	+1,0
Интенсивное развитие	1971 – 76	6	48,0	36 / 64	16,9	8,0	+0,70
Стабилизация	1977 – 82	6	70,1	41 / 59	16,1	11,7	+0,70
Спад	1983 – 94	12	96,8	24 / 76	14,1	8,0	-0,70
Восстановление	1995 – 2005	11	89,1	8 / 92	14,9	8,1	-
Стабилизация добычи до 14 млн. т. в год (проект)	2006 – 25	20	240	0 / 100	14,0	12	-

Табл. 1. Этапы освоения Кукисвумчоррского месторождения.

Для длительно функционирующих предприятий, разрабатывающих крупные месторождения (или их группы) с долгосрочной обеспеченностью подготовленными запасами, приведенная последовательность освоения предстаёт в усложнённом виде: геолого-разведочные работы (ГРР) могут выполняться поэтапно и одновременно с эксплуатацией для обеспечения предприятия рудной базой на долгосрочный период; стабильная добыча также может неоднократно сменяться фазами роста и спада производства.

Разработка имитационной модели жизненного цикла демонстрируется на примере 75-летней деятельности треста, комбината, производственного объединения, ныне – ОАО “Апатит”, в составе которого функционируют четыре рудника, две обогатительные фабрики (АНОФ), транспортный цех и другие цехи вспомогательного назначения.

Рудно-сырьевая база представлена десятью месторождениями, из них 6 эксплуатируются. В резерве находятся 4 разведанных месторождения. Одновременная отработка нескольких месторождений, различающихся масштабами запасов (от средних до уникальных), качеством руд и условиями добычи при долгосрочной обеспеченности подготовленными запасами создает благоприятные условия для устойчивого развития предприятия, маневрирования и стратегического управления производственным процессом.

Периоды, этапы	Показатели						
	Годы	Т	Д	О/П	С	ΔМ	±М
Строительство, освоение, развитие	1951 – 53						
	1954 – 65	12	21,2	9 / 91	19,2	1,8	+0,35
Стабилизация	1966 – 91	26	128,9	12 / 88	15,9	4,9	+0,90
	1992 – 95	4	13,8	1 / 99	14,8	3,5	-0,45
Объединение с Кировским рудником (1990 г.)							

Табл. 2. Этапы освоения Юкспорского месторождения.

В качестве критериев для выделения периодов и этапов жизненных циклов рудников и предприятия в целом принимались фактические показатели добычи по отношению к проектной производительности. Для каждого этапа определены параметры: а) продолжительность (Т, годы); б) объёмы добычи руды (Д, млн. т); в) соотношение объёмов открытой и подземной добычи (О/П, %); г) содержание P₂O₅ в добытой руде (С, %); д) годовая мощность (ΔМ, млн. т/год); е) темпы роста (спада) производства на протяжении соответствующего этапа (±М, млн. т); ж) показатель превышения уровня среднегодовой добычи по отношению к проектной мощности (ΔМ).

Освоение Кировским рудником месторождения Кукисвумчорр предшествовало геологической разведке, что является беспрецедентным случаем в горно-геологической

практике. ГРР осуществлялись одновременно с развитием добычи: “промышленная разведка” по обеспечению запасами текущей добычи (1930 – 40), разведка верхних (1946 – 50) и глубоких горизонтов (1968 – 72) и коренная комплексная переоценка месторождения по новым кондициям (1986 – 90). Начальные запасы руды складываются из погашенных при добыче и остаточных в недрах. Для месторождения Кукисвумчорр они составляли 840 млн. т со средним содержанием P_2O_5 17,8 %, которые отработаны на 45 % по руде или более 50 % по P_2O_5 . Остаточные запасы для подземной отработки составляют 445 млн.т с содержанием P_2O_5 14,5 %. Перспективы для наращивания запасов исчерпаны.

С 1990 г. действует Объединённый Кировский рудник мощностью 9,9 млн.т/год по разработке месторождений Кукисвумчорр и Юкспор. Для поддержания выбывающих мощностей в 2002 г. сдан в эксплуатацию горизонт +170 м, ведётся строительство горизонтов +90 м Кукисвумчоррского крыла и +170 на Юкспоре, что обеспечит увеличение объемов добычи руды до 12 – 14 млн. т. и поддержание на этом уровне до 2025 г. за счёт полного перехода рудника на отработку обоих месторождений системой поэтажного обрушения с торцевым выпуском и доставкой руды самоходной техникой.

Периоды, этапы	Годы	Т	Д	О/П	С	ΔМ	±М
Строительство, Освоение, развитие	1955 – 63	9	5,1	96 / 4	20,9	0,6	+0,30
Стабилизация	1964 – 91	29	130,0	26 / 74	15,5	4,5	+1,20
Спад	1992 – 94	3	7,7	13 / 87	12,0	2,6	-0,95
Восстановление, развитие	1995 – 2005	11	20,0	11 / 89	12,3	1,8	-1,50

Табл. 3. Этапы освоения месторождения Апатитовый Цирк.

ГРР на месторождении Юкспор выполнялись поэтапно: «промышленная разведка», соответствующая стадии оценочных работ (1930 – 40), предварительная и детальная разведка I шахтного поля (1950 – 54) и детальная разведка II шахтного поля (1978 – 83). Дважды (1965 и 1983) производилась переоценка запасов по эксплуатационным кондициям с учётом снижения бортовых содержаний P_2O_5 от 12 до 8 – 6 – 4 %. Начальные запасы месторождения оценены в 765 млн. т. со средним содержанием 15,1 % P_2O_5 , отработано 28 % запасов, из них 2 % открытым способом. Остаток запасов в границах I-го шахтного поля составляет 325 млн. т. с содержанием 15,6 %, в контурах II-го шахтного поля сохранилось не затронутой отработкой 225 млн. т. относительно бедных руд (12,6 % P_2O_5).

Подземный рудник введён в эксплуатацию в 1954 г. С 1964 г. началась одновременная отработка месторождения подземным и открытым способами с годовой мощностью по руде 4 млн. т. Этап стабильной работы рудника со средней производительностью 4,9 млн. т. продолжался до 1990 г. вплоть до объединения с Кировским рудником.

До начала освоения Расвумчоррского карьера на месторождении Апатитовый Цирк выполнены комплекс ГРР (1949 – 1954), доразведка глубоких горизонтов и два этапа переоценки по эксплуатационным кондициям (1965 и 1983). Проектная мощность в 3,4 млн.т. достигнута за 9 лет от

Периоды, этапы	Годы	Т	Д	О/П	С	ΔМ	±М
Строительство, освоение, развитие	1964 – 70	7	45,4	100 / 0	18,9	6,5	+1,50
Интенсивное развитие	1971 – 85	15	301,1	100 / 0	7,5	20,2	+1,15
Стабилизация	1986 – 90	5	134,7	100 / 0	16,6	26,9	+1,9
Спад	1991 – 96	6	70,3	100 / 0	14,5	11,7	-3,20
Восстановление.	1997 – 2000	4	43,3	100 / 0	14,7	10,8	+0,60
Стабилизация	2001 – 2005	5	52,4	90 / 10	14,0	10,5	-
Доработка запасов	2006 – 2013	8	35,0	90 / 10	13,5	4,5	-

Табл. 4. Этапы освоения месторождения Плато Расвумчорр.

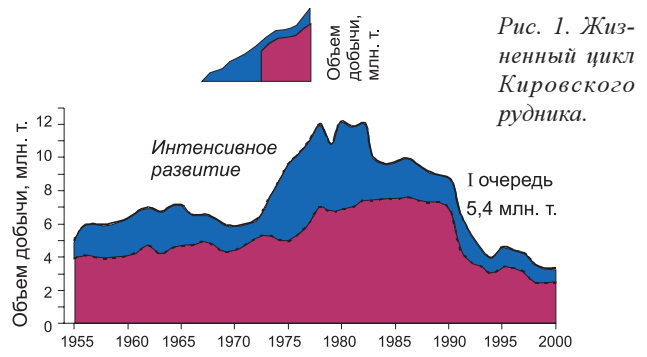


Рис. 1. Жизненный цикл Кировского рудника.

начала освоения; за этап стабилизации добыто 130 млн.т., из них открытым способом 26 % и средней производительностью 4,5 млн.т. В настоящее время рудник отрабо-

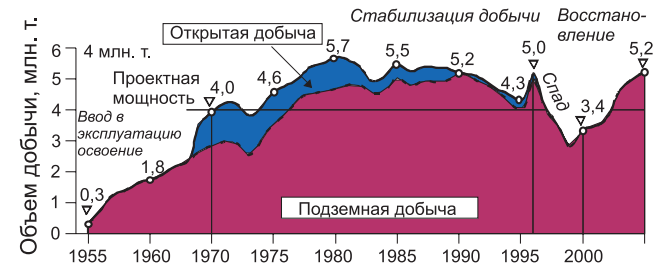


Рис. 2. Жизненный цикл Юкспорского рудника.

тывает подземные горизонты месторождений Апатитовый Цирк и Плато Расвумчорр с суммарными остаточными запасами 500 млн.т. сравнительно бедных руд (13,6 – 14,7 % P_2O_5). Добыча ведётся на горизонтах +600, +530 и +470 м, которые будут отработаны до 2017 г. В стадии подготовки

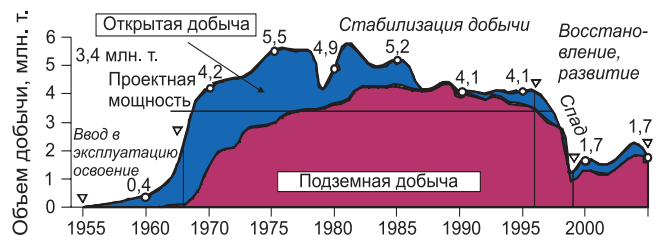


Рис. 3. Жизненный цикл Расвумчоррского рудника.

находятся горизонты +450 и +310 м со сроками передачи в эксплуатацию в 2004 – 2014 г. Графиком развития намечается вывод рудника на проектную производительность 4 млн.т. к 2015 г. и поддержание на этом уровне на протяжении 10 лет, для чего необходимо перейти на добычу руды самоходной техникой. Остаток запасов на глубоких горизонтах обеспечивает работу рудника на длительную перспективу.

Высокогорный Центральный рудник в 1964 г. приступил к разработке открытым способом месторождения Плато Расвумчорр (абс. отм. +1050 м) после разведки, затронувшей только нагорную часть рудного тела. Работы сопровождались эксплуатационной разведкой. Начальные запасы в контуре карьера составляют 680 млн.т. с содержанием 17 % P_2O_5 . За время эксплуатации годовая мощность по руде непрерывно увеличивалась от 5 до 12, 18 – 22 и 25 млн.т.

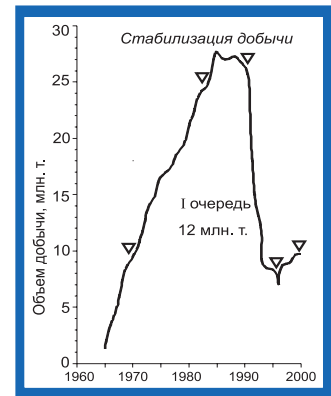


Рис. 4. Жизненный цикл Центрального рудника.

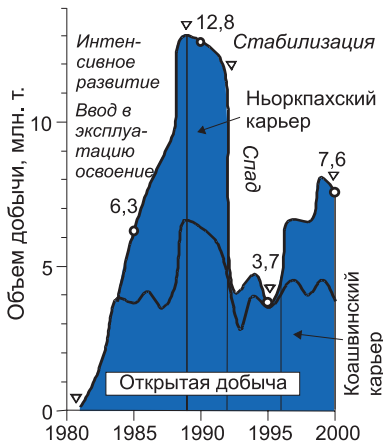


Рис. 5. Жизненный цикл Восточного рудника.

Период интенсивного развития завершился стабилизацией добычи на уровне 26-28 млн.т., который сменился к 1996 г. резким (в 4 раза) падением объемов добычи до 7 млн.т. Мощность карьера (8,5 млн.т) ограничивается истощением сырьевой базы, обводненностью рудоспусков, дальностью транспортировки пород вскрыши до отвалов.

Кошвинский и Ньоркпахский карьеры Восточного рудника введены в эксплуатацию в 1981 г. для разработки одноименных месторождений, разведанных в 1960 – 86 г. и в 1972 – 75 г. Оба месторождения отличаются весьма сложными горно-геологическими условиями: каждое из них представлено серией различных по размерам, форме апатитовыми залежами с неравномерным распределением руд разного качества. Рудные залежи разобцены прослоями вмещающих пород. Кошвинский карьер, кроме того, характеризуется сильной обводненностью и большим коэф-

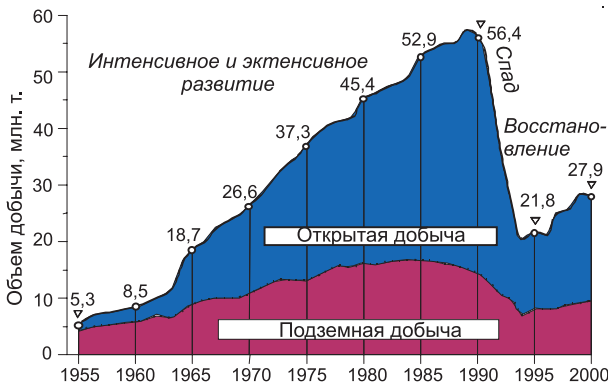


Рис. 6. Интегральный эффект жизненных циклов ОАО «Апатит».

фициентом вскрыши. Его контуры неоднократно перестраивались (отметки дна изменялись от –290 м до –80 м).

К началу 2004 г. из карьеров извлечено 160 млн.т руды. Запасы, подлежащие открытой отработке в Ньоркпахском карьере, будут погашены к 2020 г. Для замены выбывающих мощностей необходимо ускорить ввод в эксплуатацию карьера на соседнем месторождении Олений Ручей, имеющим еще более сложные горно-геологические условия,

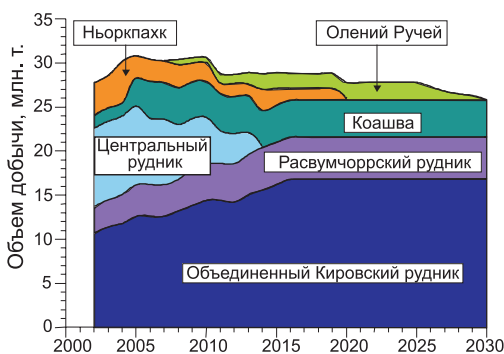


Рис. 7. Перспективное развитие рудников ОАО «Апатит» (прогноз).

ограниченными запасами и сроками обеспеченности (до 20 лет). Ресурсы глубокозалегающих руд, которые могут быть добыты только подземным

способом, составляют сотни млн. т, однако вопросы, связанные со сроками строительства, ввода в эксплуатацию и обеспечения эффективности работы подземных рудников, требуют экономического обоснования.

Наложение жизненных циклов одновременно действующих рудников формирует иной сценарий развития предприятия в целом. В 75-летнем цикле функционирования ОАО «Апатит» отчетливо выделяются продолжительные периоды разработки Хибинских месторождений: освоения (1930 – 1955), интенсивного развития (1956 – 1990), этапы резкого спада производства (1991 – 1995), восстановления (1996 – 2000) и стабилизации (2001 – 2004).

Периоды, этапы	Годы	Т	Д	О / П	С	ΔМ	± М
Строительство, освоение Кошвинского карьера	1981 – 88	8	23,5	100 / 0	13,1	3,0	-
Строительство, освоение Ньоркпахского карьера	1985 – 88	4	9,6	100 / 0	15,1	2,4	-
Стабилизация	1989 – 91	3	38,3	100 / 0	12,7	12,8	+1,0
Спад	1992 – 95	4	21,1	100 / 0	13,4	5,3	-2,15
Восстановление, Стабилизация	1996 – 2005	10	66,4	100 / 0	14,0	6,6	+0,75

Табл. 5. Этапы освоения месторождений Коашва и Ньоркпах.

Освоение Хибин началось без подготовительного периода: прогнозные ресурсы открытых накануне апатитовых залежей были оценены только на поисковой стадии, не была создана социальная и производственная инфраструктура будущего предприятия. Добыча руды в карьере опережала рудничное, транспортное и гражданское строительство, геологическую разведку. Добыча руды для нужд фронта не прекращалась и в годы Великой Отечественной войны. На этапе восстановления и технического перевооружения (1945 – 55 г.) добыча руды на Кировском руднике достигла проектной мощности. Одновременно проводилась разведка месторождений Кукисвумчорр, Юкспор, Апатитовый Цирк и Плато Расвумчорр, строительство и ввод в действие Юкспорского и Расвумчоррского рудников. Разведанные запасы этих месторождений увеличились до 1 млрд. т руды с содержанием P₂O₅ более 20 %.

Период интенсивного развития (1956 – 1990) характеризуется ускоренными темпами роста объемов добычи за счёт ввода в эксплуатацию новых мощностей на Центральном, Восточном рудниках и строительства обогатительных фабрик. В 1990 г. мощности предприятия по добыче руды превысили 60 млн. т, а выпуск апатитового концентрата достиг 20 млн.т. ГРП были ориентированы на поиски руд, на подготовку новых месторождений, разведку глубоких горизонтов освоенных рудных объектов и их переоценку. За эти годы, несмотря на ускоренные темпы погашения запасов, обеспечено расширенное воспроизводство сырьевой базы действующих рудников. Запасы резервных месторождений со сложными условиями разработки также увеличились до 1,5 млрд. т. Долгосрочная обеспеченность запасами

Периоды, этапы	Годы	Т	Д	О / П	С	ΔМ	± М
Строительство, освоение, развитие	1930 – 41	11	11,9	40 / 60	25,8	1,1	+0,1
	1945 – 55	11	35,5	38 / 82	23,9	3,2	+0,2
Интенсивное и экстенсивное развитие	1956 – 60	5	38,4	30 / 70	19,6	7,65	+0,65
	1961 – 65	5	65,3	44 / 56	18,3	13,1	+2,05
	1966 – 70	5	117,0	57 / 43	17,7	23,4	+1,55
	1971 – 75	5	164,7	61 / 39	17,4	32,9	+2,15
	1976 – 80	5	208,9	63 / 37	16,8	41,8	+1,65
	1981 – 85	5	243,6	66 / 34	16,0	48,7	+1,50
Спад	1991 – 95	5	154,8	69 / 31	13,7	31,0	-6,95
Восстановление, стабилизация	1996 – 2005	10	266,1	65 / 35	13,4	26,6	+1,60

Табл. 6. Интегральный эффект жизненных циклов рудников ОАО «Апатит» (по 5-летним периодам).

Михаил Данилович Белонин

(29.08.1937 – 12.09.2006)

12 сентября 2006 г. на 70-м году жизни скончался выдающийся ученый и организатор науки член-корреспондент РАН, заслуженный геолог РФ, лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники, лауреат премии АН СССР им. И.М. Губкина директор Всероссийского нефтяного Научно-Исследовательского Геологоразведочного Института (ВНИГРИ) Михаил Данилович Белонин.

М.Д. Белонин был одним из крупнейших ученых с мировым именем в области нефтяной геологии. Он родился в Ленинграде 29 августа 1937 г. В 1959 г. после окончания с отличием Ленинградского Горного Института М.Д. Белонин был направлен на работу в Северо-Западное Геологическое управление, а в 1960 г. был переведен во ВНИГРИ, где прошел путь от геолога до директора.

М.Д. Белонин является пионером внедрения математических методов и ЭВМ в нефтяную геологию. Понимая важность и перспективность этого направления, он поступает в 1962 г. на заочное отделение математико-механического факультета Ленинградского государственного университета, который успешно оканчивает в 1969 г.

Научная деятельность М.Д. Белонина на начальном этапе была сконцентрирована на проблемах оценки ресурсов углеводородов больших глубин и разработке математических методов и человеко-машинных технологий решения широкого класса геологических задач. В последующие годы его внимание было обращено на совершенствование теоретических основ, методологии и системы методов количественного прогноза нефтегазоносности. Продолжительный этап научной деятельности его был посвящен развитию систем геолого-экономического прогноза нефтегазоносности и долгосрочного планирования работ на нефть и газ, учитывающих складывающуюся в стране систему рыночных отношений. Под его руководством и непосредственном участии выполнялись исследования, направленные на решение проблемы разработки месторождений тяжелых металлосодержащих нефтей и природных битумов.

Для М.Д. Белонина было характерно умение находить новые нетривиальные пути решения задач отрасли, сис-

темный подход к стоящим перед возглавляемым им коллективом проблемам и стремление довести результаты работы до практического применения. М.Д. Белонин – автор более 300 работ, в том числе 30 монографий, получивших широкое признание как в нашей стране, так и за рубежом.

М.Д. Белонин был замечательным организатором науки, его отличало умение выделять узловые, наиболее важные задачи, создавать для их решения творческие коллективы, привлекая к участию одаренных исследователей.

Одной из последних крупных работ, выполненных под его руководством и при непосредственном участии, был «Атлас карт нефтегазоносности России», за создание которого М.Д. Белонин вместе с коллективом был удостоен в 1996 г. премии Правительства Российской Федерации.

В трудное для отечественной геологии время на посту директора М.Д. Белонин не только сохранил, но и приумножил научный потенциал и авторитет института как одного из крупнейших международных научных нефтегеологических центров. Он был председателем и членом Оргкомитетов ряда Международных конференций и симпозиумов в нашей стране и за рубежом, почетным доктором Западно-Тихоокеанского Университета (США), действительным членом ряда общественных и зарубежных академий.

М.Д. Белонин активно интересовался проблемами нефтяной геологии Волго-Уральской провинции, при его непосредственном участии был поднят важнейший вопрос о деформации нефтяных резервуаров, а также актуальные вопросы оптимизации разработки месторождений «старых» нефтегазоносных провинций.

М.Д. Белонин был удостоен многих отечественных и зарубежных наград, премий и званий, знаками «Почетный разведчик недр», «Почетный нефтяник», звания «Заслуженный геолог РФ».



ми, поставки апатитового концентрата на экспорт при неудовлетворенном спросе на фосфатные удобрения на внутреннем рынке вызвали необходимость увеличения производства апатитового концентрата до 20 млн. т, для чего потребовалось бы добывать до 60 млн. т руды в год.

Годы экономического кризиса (1991 – 1995) крайне негативно отразились на всех аспектах деятельности предприятия и, прежде всего, на сохранении рудно-сырьевой базы. Добыча руды и производство апатитового концентрата сократились в 3 раза, была приостановлена работа Ньюкпахкского карьера и АНОФ-III, законсервирована подготовка новых горизонтов на подземных рудниках. Экономическая ситуация на ОАО «Апатит» усугубилась необходимостью поддержания основных фондов, в три раза превышающих фактические объемы производства, и объектов социально-бытового назначения.

Для преодоления кризисной ситуации специалистами ОАО «Апатит» разработано ТЭО оптимального развития

предприятия до 2030 г., охватывающее все аспекты деятельности предприятия: перспективы развития рудной базы, оптимизацию и реконструкцию горного и обогащательно-производств, анализ спроса на апатитовый концентрат и минеральные удобрения. В ТЭО детально проанализированы несколько вариантов выпуска апатитового концентрата в объемах 8, 9, 10 и 11 млн. т в год и определена продолжительность стабильной работы по каждому варианту.

На этапе восстановления и реконструкции (1996 – 2005) производительность предприятия по добыче руды увеличилась на 33 %, по выпуску апатитового концентрата – на 38 %. Для продления стабильной работы рудников на достигнутом уровне необходимо вовлечение в отработку запасов глубоких горизонтов действующих подземных рудников, в том числе на Восточном руднике, освоение резервных месторождений. В настоящее время на предприятии реализуется концепция развития на основе долгосрочного стратегического планирования до 2050 г.