

Title	Adjusting the strategy of geological exploration of the Khibiny apatite–nepheline ore deposit in view of the deeper level mining buildup
Author 1	Name & Surname: Glubokii S. S.
	Company: Apatit JSC (Kirovsk, Russia)
	Work Position: Chief Geologist
	Contacts: e-mail: SGlubokiy@phosagro.ru
Abstract	In terms of the mines within Apatit company, where the many-years high-rate extraction of apatite-nepheline ore has depleted reserves suitable for opencast mining and thus the underground mining method becomes topside, the article highlights the key trends of adjusting the strategy of geological exploration in order to enhance mineral production and extend life of mines. The author describes in brief the recent decade projects aimed at expansion of scope of operational and detailed exploration and at the techno-economically justified change in the extracted ore quality requirements towards reduced cutoff grade, which enabled refinement of boundaries and quality of ore bodies, transition of ore reserves to higher category extent of exploration, addition of ore reserves previously assumed as lost in pillars and, as a whole, the mining gain in operating mines.
Keywords	Mines, opencast and underground mining, depletion of reserves, operational exploration stimulation, extent of exploration, revision of quality requirements, mining gain, mineral extraction comprehensiveness.

УДК 622.272.6:553.641

В. В. БЕЛОУСОВ, А. Ю. АБРАШИТОВ, А. Н. САХАРОВ (АО «Апатит»)

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД ХИБИНСКОГО МАССИВА



В. В. БЕЛОУСОВ,
зам. технического
директора по горным
работам



А. Ю. АБРАШИТОВ,
начальник Объединенного
Кировского рудника



А. Н. САХАРОВ,
главный горняк
по подземным работам
(с 2004 по 2013 г.)

Авторы констатируют существенное истощение запасов апатит-нефелиновых руд Хибинского массива, доступных для добычи открытым способом, и в связи с этим представляют современное состояние, перспективы и направления развития подземной разработки глубоких горизонтов месторождений на Объединенном Кировском и Расвумчоррском подземных рудниках АО «Апатит».

Ключевые слова: истощение запасов в карьерах, подземные рудники, вскрытие глубоких горизонтов, системы разработки, блоки, подготовительно-нарезные работы, бурение скважин, самоходное оборудование, конвейерная доставка.

В связи с существенным и нарастающим истощением запасов апатит-нефелиновых руд на доступных для их открытой разработки горизонтах месторождений поддержание заданной производительности (мощности) АО «Апатит» в последнее десятилетие обеспечивается за счет увеличения объемов добычи подземным способом, который уже становится преобладающим, а в долгосрочной перспективе будет единственным. В настоящее время Объединенный

Кировский и Расвумчоррский рудники разрабатывают подземным способом балансовые запасы в количестве около 1,3 млрд т, залегающие на глубинах до абс. отметок –500 и –200 м соответственно. Месторождения Плато Расвумчорр, Коашвинское и Ньюорпакское в ближайшее десятилетие будут разрабатываться открытым способом с переходом в дальнейшем на комбинированный, а затем — подземный способы (**рисунок**).

Объединенный Кировский рудник в настоящее время обеспечивает более 50 % всей добычи руды по АО «Апатит». По состоянию рудно-сырьевой базы в ближайшей перспективе рудник будет основным поставщиком руды на обогатительные фабрики. Рудник разрабатывает два месторождения — Кукисвумчоррское и Юкспорское, являющихся частями единой апатитовой залежи юго-западного рудного поля Хибинского массива, которые расположены в гористой местности с выходами в склоновые части гор Кукисвумчорр и Юкспор, разделенных Саамской долиной.

До 1989 г. функционировали два рудника — Кировский и Юкспорский, искусственной границей между которыми был Саамский карьер. При углублении горных работ на Юкспорском руднике ниже уровня Саамской долины для упрощения вскрытия и подготовки запасов, а также оптимизации использования мощностей по выдаче руды, систем вентиляции и водоотлива было принято решение о техническом и организационном объединении рудников. Проект технического объединения двух рудников разработан в 1989 г. совместно институтом «Гипроруда» и АО «Апатит».

Вскрытие Объединенного Кировского рудника осуществлено 11 стволами, в том числе: наклонным конвейерным стволом для выдачи руды, главным стволом № 1 (ГС-1), главным стволом № 2 (ГС-2), вспомогательным стволом № 1, западным вспомогательным стволом, северным, южным и центральными (№ 1–3) вентиляционными стволами; штольнями и автоуклонами. Горные работы на Кукисвумчоррском месторождении ведут на горизонтах +250 и +170 м (нагорные горизонты отработаны). С отметки +250 м выдачу руды осуществляют по наклонному конвейерному стволу, который входит в состав дробильно-доставочного комплекса рудника и эксплуатируется с 1976 г. С гор. +170 м руду выдают по скипоклетьевому стволу ГС-1 производительностью 2,3 млн т в год, введенному в эксплуатацию в 2003 г. Ведутся горно-капитальные работы по подготовке гор. +90 м. На Юкспорском месторождении очистные работы ведут на гор. +320 и +250 м с выдачей руды через дробильно-доставочный

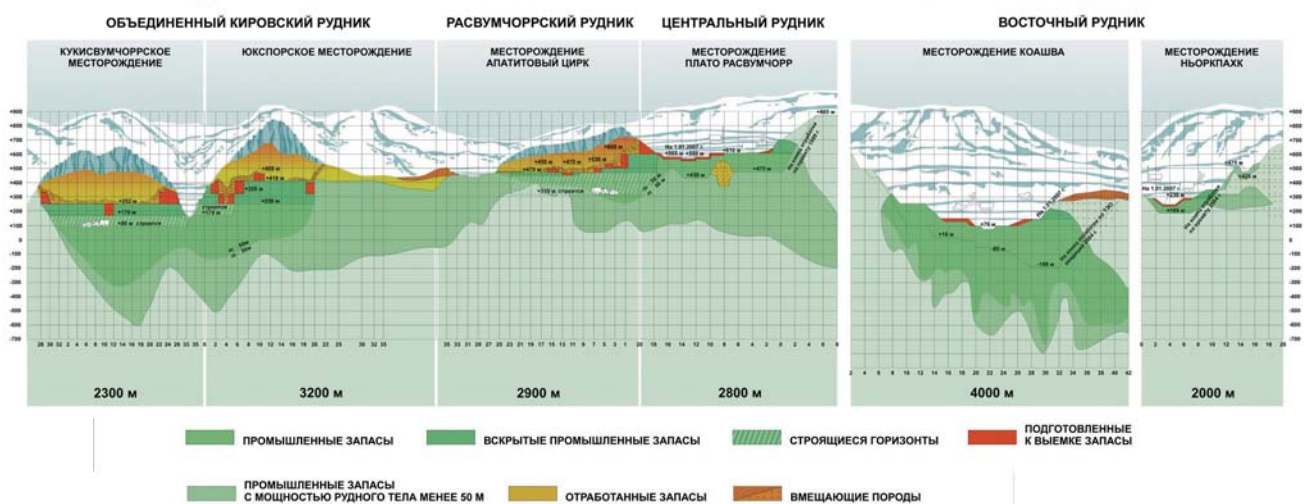
комплекс. Начато строительство гор. +170 м. Все горизонты подземного рудника связаны автоуклонами, что позволяет транспортировать материалы, горную массу и перевозить людей на участки, блоки, подэтажи, а также на поверхность, с использованием мощной самоходной техники.

На подземных работах применяют системы разработки с этажным и подэтажно-принудительным обрушением, скважинной отбойкой руды, ее площадным или торцовым выпуском и доставкой самоходным горнотранспортным оборудованием.

Месторождения отработывают этажами высотой 50–90 м, которые разделяют на выемочные блоки размером по простиранию 120–200 м, в крест простирания, равным горизонтальной мощности рудного тела, — до 400 м. При вибровыпуске руды из откаточных выработок через 17–24 м устраивают ниши для вибропитателей ВДПУ-4ТМ, на каждый из которых разделяют по две приемные воронки. При траншейной подготовке днища блоков с откаточного горизонта на подэтажи проводят рудоспуски и оборудуют их ВДПУ-4ТМ. Выпуск руды из блоков осуществляют с траншейных ортов или штреков самоходными погрузочно-доставочными машинами ЛН-409 в рудоспуски, из которых транспортируют руду по откаточным выработкам горизонтов электровозами К-14 и К-14Р в вагонетках ВГ-9 и ВРГ-4,5.

Для отбойки руды блоки разделяют на ленты и секции объемом от 60 до 400 тыс. т. Последние подготавливают к бурению и отбойке руды выработками на подэтажах, пройденных через 20–35 м по высоте блока. Веера скважин бурят станками НКР-100М и установками «Соло». Максимальная длина скважин не превышает 40 м. Скважины заряжают гранулированными или эмульсионными ВВ с помощью пневмозарядчиков. Обрушение секций осуществляют взрыванием вееров скважинных зарядов на всю высоту блока.

В последние годы наибольшее распространение получила система разработки с подэтажным обрушением и торцовым выпуском руды с применением самоходного оборудования.



Взаиморасположение (продольный разрез) месторождений апатит-нефелиновых руд Хибинского массива и разрабатывающих их рудников АО «Апатит»



Погрузочно-доставочная машина на выпуске и доставке руды в блоковый рудоспуск

В этой системе этаж блока разделяют на подэтажи высотой 20–25 м, которые обрабатывают в нисходящем и отступающем порядке. Каждый подэтаж подготавливают к очистным работам системой транспортных и буродоставочных выработок. Буродоставочные выработки на подэтажах проводят на расстоянии 14–20 м друг от друга и располагают на смежных подэтажах в шахматном порядке по отношению друг к другу. Бурение взрывных, разгрузочных и хозяйственных скважин осуществляют самоходными буровыми установками «Соло», «Аксера» и в небольших объемах — станками НКР-100. На зарядке глубоких скважин применяют зарядчики МЗКС-160, «Паус» и «Орика». Отбойка руды послышная на высоту двух подэтажей, за один прием отбивают 1–2 веера. Обезопасивание выработок осуществляют самоходными установками «Скаймек».

Выпуск отбитой руды из торцовой части подэтажа и ее доставку в рудоспуски выполняют ПДМ ЛН-409 и ЛН-410 с ковшем вместимостью 4,6–6 м³. На откаточном горизонте руду загружают в вагонетки и транспортируют электровозами на круговые опрокидыватели и далее через дробильно-доставочный комплекс наклонного конвейерного ствола и ДДК ГС-1 выдают на поверхность, загружают в 105-тонные железнодорожные думпкары и доставляют на обогатительную фабрику.



Бурение вееров взрывных скважин из буродоставочной выработки

На подготовительно-нарезных работах для бурения шпуров при проходке выработок малого сечения применяют ручные перфораторы ПР-30, буровые каретки УБШ-207, УБШ-221; уборку породы выполняют скреперными лебедками ЛС-30, погрузочно-доставочными машинами ПФЛ-18, Того-150Е, Того-151Д, на откаточных выработках — погрузочными машинами 1ППН-5. Подэтажные выработки большого сечения проводят с применением буровых кареток «Бумер», «Аксера» и погрузочно-доставочными машинами ЛН-409, ЛН-410, Того-007, СТ-20. Для транспортирования пустых пород на поверхность используют самосвалы ТН-540. Для бурения шпуров под тросовые анкеры и их установки применяют машину «Каболт».

Объединенный Кировский рудник проветривают четырьмя главными вентиляторно-калориферными установками ВРЦД-4,5, каждая из которых оснащена двумя агрегатами — рабочим и резервным. Управление установками осуществляется дистанционно с пульта диспетчера рудника. Вентиляционная сеть Объединенного Кировского рудника представляет собой единую систему нагнетания свежего воздуха во вспомогательные стволы с его распределением по горизонтам и блокам с помощью вентиляционных дверей, перемычек и парусов. Исходящая струя с блоков Кукисвумчоррского участка выдается по ВС-1 и ВС-2, а также по системе восстающих и штолен, выходящих на поверхность. Исходящая струя с блоков Юкспорского участка по вентиляционно-сборочным ортам, штрекам и восстающим выдается в штольни, выходящие в склон горы, и по ВС-3. Для регулирования исходящих с блоков струй на горизонтах установлены распределительные вентиляторные установки.

В гидрогеологическом отношении Кукисвумчоррское и Юкспорское месторождения представляют собой межгорный артезианский бассейн, приуроченный к южной части Хибинского массива, с четко выраженной водосборной площадью. Питание подземных вод происходит за счет атмосферных осадков и перетекания из вышележащего четвертичного водоносного комплекса. Обводнение горных выработок происходит за счет подземных трещинных и трещинно-жильных вод водоносного комплекса. Осушение рудника осуществляется шестью главными водоотливными установками, оснащенными, в зависимости от притока воды и требуемого напора, рабочими и резервными агрегатами 200Д60,



ЦН-1000/180, ЦНСГ-850/240 и 850/480, ЦНС-300/180 и 300/300, с выдачей воды по трубопроводам либо напрямую на поверхность, либо на перекачку. Водосборники сооружены на горизонтах +322, 252, 172, 166, 92 и 45 м. Вся информация о работе насосных агрегатов рудника выведена на Центральный диспетчерский пункт.

Развитие подземных горных работ на Объединенном Кировском руднике является приоритетным направлением деятельности АО «Апатит». Значительные капитальные вложения направляются на создание новых мощностей по добыче руды взамен выбывающих, увеличение производительности, совершенствование технологии ведения горных работ и их оснащение современным оборудованием. В 2014–2015 гг. в эксплуатацию будут введены новые мощности: ГС-2 с комплексом подземного дробления и железнодорожная станция «Погрузочная-2». В 2016–2017 гг. планируется ввод в эксплуатацию горизонтов +90 м на Кукисвумчоррском участке и +170 м — на Юкспорском. В среднесрочной перспективе предусматривается освоение запасов на горизонтах +10 м и –70 м. Для их вскрытия рассматривают варианты строительства нового главного ствола № 4 (ГС-4) для выдачи руды на поверхность или углубление существующих наклонных конвейерных стволов и одновременно ГС-1, проходку автоуклонов на нижние горизонты и углубление существующих вентиляционных стволов.

Основной рудной базой *Расвумчоррского рудника* является месторождение Апатитовый Цирк, переходящее на востоке в месторождение Плато Расвумчорр, основную часть которого в настоящее время дорабатывает открытым способом Центральный рудник, а подкарьерную западную часть разрабатывает Расвумчоррский. Техническим проектом Расвумчоррского подземного рудника (ОАО «Гипроруда», 1988 г.) предусмотрена совместная разработка запасов месторождений Апатитовый Цирк и Плато Расвумчорр. Общая протяженность месторождений по простиранию составляет 5,7 км, из них Плато Расвумчорр — 3,2 км, Апатитовый Цирк — 2,5 км. Месторождение Апатитовый Цирк представлено рудной залежью мощностью от 40 до 150 м с северо-восточным падением под углом от 15 до 50°. По условиям залегания, текстурно-структурным особенностям и качественной характеристике руд на месторождении Апатитовый Цирк выделяют два участка: юго-восточный (в разрезах 1–18) и северо-западный (в разрезах 18–35). Первый представлен пластообразной залежью, усложненной раздувами и пережимами, мощностью от 70 до 160 м (в среднем 117 м). Здесь установлены все типы апатит-нефелиновых руд с развитием в верхней части прерывистой зоны сфеноapatитовых пород мощностью 5–10 м. Северо-западная часть характеризуется развитием в основном брекчиевидных апатит-нефелиновых руд с резкой изменчивостью содержания P_2O_5 и мощности (от 10 до 50 м), более мощными (до 5 м) жильными телами люваритов, секущими залежью. Установлено увеличение угла падения верхнего контакта до 40–50°. Геологическое строение месторождения Апатитовый Цирк определило вскрытие, подготовку и разработку запасов.



Буровая установка для бурения шпуров в забоях горно-подготовительных и нарезных выработок



Вводимый в эксплуатацию Главный ствол № 2 с комплексом подземного дробления руды на промплощадке Объединенного Кировского рудника



Дробильно-конвейерный комплекс циклично-поточной технологии добычи руды на Расвумчоррском руднике

Разрабатываемые подземным способом месторождения Апатитовый Цирк и Плато Расвумчорр в нагорной части вскрыты штольнями на горизонтах +430, 440, 470, 530 и 600 м и стволом, пройденным с поверхности до горизонта +308 м, от которого к месторождению пройдены квершлагги на горизонтах +470, 530 и 600 м. Горизонт +450 м вскрыт двумя наклонными автосъездами с отметки +470 м и квершлагом с горизонта +440 м. Буродоставочные подэтажи связаны между собой уклонами и транспортными выработками с выездом на поверхность через портал на отм.+610 м и на горизонт +470 м (в районе разреза 30–31). Кроме того, горизонт +470 м связан с гор.+530 м лифтовым восстающим 2Ю, а горизонты +530 и 600 м сообщаются между собой лифтовым восстающим 530/600 (в районе разреза 2П).

Руду с горизонта +600 м выдают по участковым рудоспускам 1–3 на горизонт +530 м с последующим ее транспортированием в капитальные рудоспуски 3 и 4, из которых в железнодорожном тоннеле загружают думпкары и везут руду на обогатительные фабрики. На горизонте +450 м с целью увеличения производительности рудника по добыче руды создана поточно-циклическая технология на основе конвейерного транспорта в сочетании с участковыми дробильными комплексами. Руду, добываемую в блоках гор. +450 м, с помощью ПДМ доставляют в блоковые рудоспуски, откуда она поступает в приемный бункер щековой дробилки Nordberg C-110. Дробленая руда поступает на блоковый конвейер и транспортируется на сборочный, который доставляет ее в капитальный рудоспуск № 3 с дальнейшей погрузкой в тоннелях в ж.-д. думпкары.

На Расвумчоррском руднике добычу руды в полном объеме осуществляют с применением системы разработки подэтажным обрушением с торцовым выпуском и доставкой руды в блоковые рудоспуски с помощью погрузочно-доставочных машин. Конструктивные элементы и параметры системы разработки, схемы и порядок проведения горно-подготовительных и нарезных выработок, буровое, погрузочно-доставочное и транспортное оборудование аналогичны применяемому на Объединенном Кировском руднике с некоторыми различиями, связанными с разной глубиной и масштабом развития подземных работ.

С 1998 г. значительно выросли объемы финансирования капитального строительства на Расвумчоррском руднике, что в первую очередь связано с расконсервацией и возобновлением подземного строительства горизонта +310 м. В 2014 г. завершается строительство комплекса надшахтных сооружений вспомогательного ствола № 2 и выработок к вспомогательному вентиляционному стволу.

Перспективным направлением вскрытия нижних горизонтов Расвумчоррского рудника является строительство транспортной системы выдачи руды с гор. +422 и 310 м на поверхность с использованием конвейерного комплекса, передвижных и стационарных дробилок (для очистных блоков горизонтов +450, 425, 310 м). Для разработки маломощных рудных тел месторождения Апатитовый Цирк планируется применение камерных систем, для чего необходимо определить оптимальные параметры камер и других конструктивных элементов системы применительно к условиям залегания апатит-нефелиновых руд.

Дальнейшее развитие действующих рудников связано с освоением глубоких горизонтов эксплуатируемых месторождений. При этом мощность рудных тел с глубиной уменьшается, а в некоторых случаях они полностью выклиниваются. С глубиной выемка запасов будет сопровождаться также усложнением горно-геологических условий, возрастанием горизонтальных и вертикальных напряжений, что потребует решения новых задач по управлению горным давлением, проведения профилактических мероприятий, увеличения объемов и надежности крепления горных выработок. На Хибинских апатитовых рудниках отмечены все формы динамических проявлений горного давления — от начальных (шелушение, заколообразование, стреляние пород) до горных ударов всех типов. На предприятии организована служба геодинамической безопасности, которая вместе с Центром геофизического мониторинга планирует и обеспечивает выполнение комплекса мероприятий по прогнозу и предупреждению горных ударов.

Увеличение производительности подземных рудников будет осуществляться не только за счет строительства новых горизонтов, но и широкомасштабного перехода на новые технологии добычи руды с использованием самоходной техники. Одной из актуальных задач совершенствования технологии является сокращение эксплуатационных потерь и разубоживания руды, что в конечном счете позволит сократить эксплуатационные затраты на добычу апатит-нефелиновой руды и производство апатитового концентрата. В этом направлении рекомендованный и принятый порядок развития очистных работ от висячего бока к лежащему позволяет снизить тектоническую напряженность и вероятность деформации массива горных пород. **ГЖ**

*Белоусов Вячеслав Викторович,
e-mail: VBelousov@phosagro.ru*

*Абрашитов Андрей Юрьевич,
Сахаров Александр Николаевич:
e-mail: AAbrashitov@phosagro.ru*

"GORNYY ZHURNAL"/"MINING JOURNAL", 2014, № 10, pp. 28–33

Title	Deep-level mining of at the Khibiny apatite–nepheline ore deposit: State-of-the-art and prospects
Author 1	Name & Surname: Belousov V. V.
	Company: Apatit JSC (Kirovsk, Russia)
	Work Position: Deputy Technical Director for Mining
	Contacts: e-mail: VBelousov@phosagro.ru
Author 2	Name & Surname: Abrashitov A. Yu.
	Company: Apatit JSC (Kirovsk, Russia)
	Work Position: Chief, Joint Kirovsk Mine
Author 3	Name & Surname: Sakharov A. N.
	Company: Apatit JSC (Kirovsk, Russia) Work Position: Chief Underground Miner (since 2004 till 2013)
Abstract	The authors state that opencast-minable apatite-nepheline ore reserves of the Khibiny deposit have largely been depleted and describe the state-of-the-art, prospects and trends of the deep-level mining in terms of Joint Kirovsk Mine and Rasvumchorr Mine within Apatit JSC. The article reviews the schemes of opening-up and preparation of ore reserves for extraction, the systems of mining, their design parameters and structural components, technology and equipment employed in drivage and stoping, systems for ore/barren rock haulage and personnel transfer, ventilation and water drainage. Of interest are the cyclical-and-continuous technologies on a basis of ore crushing and conveying units, as well as extensive use of modern load-haul-dumpers, drilling installations and emulsion explosives. The main factors governing commissioning of new facilities instead of withdrawn capacities are illustrated.
Keywords	Opencast-mineable reserves depletion, underground mines, opening-up of deeper levels, mining systems, blocks, development and face-entry drivages, hole drilling, self-propelled equipment, conveying.

УДК 622.284:622.248.381

В. В. БЕЛОУСОВ, А. В. ОСИПЕНКО, А. Н. САХАРОВ (АО «Апатит»)

КРЕПЛЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКОВ АО «АПАТИТ» В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ



В. В. БЕЛОУСОВ,
зам. технического
директора по горным
работам



А. В. ОСИПЕНКО,
директор
по капитальному
строительству



А. Н. САХАРОВ,
главный горняк
по подземным работам
(с 2004 по 2013 г.)

Показаны научно-исследовательские и опытно-промышленные работы, обосновывающие переход глубоких подземных рудников АО «Апатит» в условиях возрастающих горного давления и опасных геодинамических проявлений на крепление горных выработок набрызг-бетоном с применением известных в мировой практике высокоэффективных технологий и оборудования. Приведены результаты сравнительных испытаний на прочность образцов торкрет-бетона с добавками в бетонные растворы пластификаторов и ускорителей схватывания различных фирм-производителей.

Ключевые слова: подземные рудники, глубина разработки, горное давление, геодинамическая опасность, набрызг-бетонная крепь, исследование образцов, пластифицирующие добавки, ускорители схватывания, оборудование, тросовые штанги, фибры.

В настоящее время в АО «Апатит» более 50 % общего объема руды добывают подземным способом, который в ближайшие годы станет преобладающим. Разработку глубокозалегающих запасов апатит-нефелиновых руд осуществляют на двух

подземных рудниках: Объединенном Кировском, основанном в 1929 г., и Расвумчоррском — в 1954 г. По объемам подземной добычи руды Объединенный Кировский рудник является крупнейшим в России.