Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова,
1989. Т. 115

УДК 624.131.1

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КОЛЬСКО-КАРЕЛЬСКОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА СССР

Л.П.КОНОНОВА

Кольский полуостров и Карельская АССР в инженерно-геологическом плане представляют собой территорию приповерхностного залегания скальных и полускальных пород кристаллического фундамента Балтийского щита, перекрытого маломощными ледниковыми, поздне- и послеледниковыми отложениями четвертичного возраста. На значительных площадях кристаллические породы фундамента непосредственно выходят на поверхность. Четвертичные отложения значительной мощности (до 50-100 м и более) обнаружены только в древних депрессиях. Кристаллические породы Балтийского щита представлены в основном группами формаций архейского и протерозойского возраста. Палеозойские породы развиты только в западной части Кольского полуострова и в Северной Карелии.

Комплексы кристаллических пород Балтийского щита разбиты региональными разломами и зонами на блоки разных порядков, что определило еще большую неоднородность и сложность его геологического строения и инженерно-геологических условий. Дифференцированные движения различных геоблоков проявляются в характере рельефа региона, определяют избыточное напряженное состояние горных пород, их слагающих, и землетрясения силой до 5 баллов [I].

На формирование инженерно-геологических условий региона в целом и особенно его рельефа существенно влияли плейстоценовые оледенения. Ледники разрушили (срезали) положительные формы рельефа, разработали и углубили тектонические депрессии и заполнили пониженные элементы рельефа продуктами ледниковой и водно-ледниковой аккумуляции. Все это определило распространение аккумулятивных и эрозионных типов рельефа, выходов на поверхность коренных и четвертичных отложений, степень их обводненности и развитие разнообразных геологических явлений. Формирование этих особенностей инженерно-геологических условий региона в известной степени связано также и с его климатическими особенностями, определяющими большую заболоченность территории и появление островной многолетней мерзлоты в крайних северо-восточных частях.

Рассматриваемый регион является важнейшей минерально-сырьевой базой

страны по производству фосфатного сырья, черных, цветных и редких металлов, слюд, поделочных и разнообразных строительных материалов. На его территории расположены крупнейшие горно-промышленные объекты по добыче и переработке рудных и нерудных полезных ископаемых, разрабатываемых открытым и подземным способами.

Железорудные месторождения, сложенные метаморфическими и метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами архейского и протерозойского возраста, отличаются сложным тектоническим строением. Породы сильно рассланцованы, смяты в сложные складки и разбиты многочисленными разрывами на блоки. Неоднородность и сложность строения здесь в значительной степени усиливается выветрелостью и неравномерной трещиноватостью пород. На Ковдорском месторождении повышенные выветрелость и трещиноватость пород наблюдаются до глубины 50-75 м. Размеры отдельностей до этой глубины в среднем равны 0,1-0,2 м. На глубине от 50-75 до 250 м наблюдается незначительная выветрелость пород и снижение их трещиноватости. Размеры отдельностей в среднем 1,0-3,5 м. С глубины 250 м степень трещиноватости пород снижается еще больше, а размер отдельностей увеличивается. На этих глубинах монолитность пород в значительной степени определяется распространением тектонических разрывов.

В соответствии с тектонической нарушенностью и трещиноватостью пород изменяются их водопроницаемость, водоносность и водообильность. На Ковдорском месторождении, например, водопритоки в карьер в 1985 г. достигали 1600 м^3/ч, причем за счет подземных вод 1200 м^3/ч.

Аналогичное распределение степени выветрелости и трещиноватости пород и их обводненности с глубиной наблюдается и в породах групп Оленегорских и Костомукшских месторождений. На Оленегорских месторождениях четко выделяются четыре системы трещин: I - трещины, согласные с простиранием сланцеватости пород (A = 100÷160, угол падения α = 30÷70^0); II - поперечно нормальносекущие (A = 0÷60, α = 70÷90^0); III - продольносекущие (A = 270÷340, α = 5÷45^0) и IV - продольно кососекущие (A = 280÷340, α = 60÷70^0). Водопритоки подземных вод на карьерах Оленегорских месторождений достигали 700-800 м^3/ч, а с учетом поверхностных паводковых вод 1500 м^3/ч.

Кроме обводненности карьеров, производство горных работ на железорудных месторождениях осложняют осыпи, обвалы и оползни, генетически связанные с трещиноватостью и выветрелостью пород, слагающих борта карьеров. Такие явления возникают на локальных участках и по своим масштабам (объему масс горных пород) не являются сколько-нибудь значительными. Тем не менее они могут вызвать весьма опасные последствия.

Относительно охраны окружающей среды можно сказать, что действия всех рассматриваемых горно-промышленных объектов по существу неконтролируемые. Площадь нарушенных земель здесь измеряется тысячами гектаров. Повсеместно происходит загрязнение почв, поверхностных и подземных вод, значительные площади заняты отвалами и хвостохранилищами. На предприятиях планируются

и частично проводятся некоторые мероприятия по защите загрязнения поверхностных вод, однако систематического, планового выполнения природоохранных мероприятий здесь нет.

В пределах Кольского полуострова можно выделить пять районов медно-никелевого оруденения, различающихся по геологическим условиям залегания и составу рудоносных магматических формаций: Печенгский, Аллареченский, Мончегорский, Имандра-Варзугский и Ловозерский [3]. Печенгский район, расположенный в крайней северо-западной части Мурманской области, насчитывает свыше 20 медно-никелевых месторождений и рудопроявлений, в настоящее время является основной сырьевой базой комбинатов "Печенганикель" и "Североникель". Месторождения этого района приурочены к Печенгско-Варзугской структурно-фациальной и металлогенической зоне, где никеленосные интрузии локализованы в пределах дислоцированных туфогенно-осадочных толщ или вдоль разрывов на контакте их с кольско-беломорскими гнейсами. Медно-никелевые руды размещаются в серпентинитах и серпентинизированных перидотитах и группируются в двух рудных узлах: Западном и Восточном. Известные месторождения Аллареченского и Мончегорского районов (Аллареченское, Сопча, Нюд и др.) в настоящее время практически отработаны.

Инженерно-геологические условия разработки медно-никелевых месторождений сложные. Породы трещиноваты, в пределах зоны разрывных нарушений обладают повышенной трещиноватостью. Подземные воды на участках месторождений приурочены к толщам четвертичных отложений и трещиноватым коренным породам. Наиболее водообильными являются зоны разломов. На этих участках наблюдаются повышенные водопритоки в горные выработки.

Горно-металлургические комбинаты "Печенганикель" и "Североникель" представляют собой сложные комплексы по добыче и переработке сульфидных медно-никелевых руд. К объектам основного производства относятся открытые (Центральный и Западный карьеры Ждановского месторождения и др.) и подземные рудники (Каула-Котсельваара, Восток и др.), обогатительная фабрика, фабрика окомкования, плавильный и сернокислотный цех.

Комбинаты наносят ощутимый ущерб всем элементам геологической среды. Изменен ландшафт местности. Огромные площади заняты хвостохранилищами, отвалами, горными выработками. По данным отдела землепользования и землеустройства, горно-металлургическими комбинатами "Печенганикель" и "Североникель" нарушено соответственно более 4500 и 220 га. Существенно изменяются гидрогеологические условия. Зафиксировано постоянное смещение уровня подземных вод, образование депрессионной воронки. Кроме того, наблюдаются процессы сдвижения земной поверхности над подземными выработками, деформации бортов и уступов карьеров, различные проявления горного давления, выбросы газов. На территории комбинатов существуют четыре хвостохранилища, с поверхности которых в сухую ветреную погоду развевается пыль, загрязняя обширные пространства. В отвалах высотой от 10-15 до 40 м и площадью около 100 га, сложенных обломками пород разных размеров, формируются воды техногенных отложений высокой минерализации и с высоким содержанием вредных

компонентов. В целом промышленные сточные воды комбинатов являются в значительной степени загрязненными. По многим ингридиентам концентрация превышает ПДК как для рыбохозяйственных водоемов, так и для санитарно-бытового водоснабжения.

Южнее Аллареченского рудного поля в пределах лапландских гранулитов выявлены месторождения Ловозерского рудного поля, на базе которого построен Ловозерский ГОК.

Район Ловозерского месторождения в морфологическом отношении представляет собой плато, постепенно понижающееся с северо-запада на юго-восток, с сильно расчлененным рельефом. Геологическое строение месторождений характеризуется наличием сплошного интрузивного тела, состоящего из нескольких комплексов пород, соответствующих различным этапам магматического процесса. В состав дифференцированного комплекса входят фойяиты, луявриты, уртиты и другие породы. Все эти комплексы пород приурочены к мощной тектонической зоне северо-западного простирания и разбиваются двумя системами трещин субширотного и субмеридианального направления и небольшим количеством нарушений сбросового типа. Медно-никелевые горизонты представляют собой пологозалегающие пластообразные залежи небольшой мощности.

Ловозерское месторождение состоит из нескольких участков. В настоящее время эксплуатируется Карнасуртский участок месторождения и ведется вскрытие и подготовка к отработке подземным способом Умбозерского участка.

Отличительной особенностью отработки Ловозерского месторождения является сложное естественное напряженное состояние вмещающих пород, которое превышает гравитационное в 3-10 раз.

Формирование трещиноватости пород Ловозерского массива связано со сложной геологической историей. Трещины выветривания, развитые на глубину 50 м, незначительно влияют на свойства пород месторождения. Вблизи разломов наблюдается тектоническая трещиноватость, которая с удалением от них уменьшается.

Физические свойства пород Ловозерского месторождения (см. таблицу) свидетельствуют, что это типичные скальные породы высокой плотности, прочности, крепости и малой деформируемости.

Физические свойства пород Ловозерского месторождения

Порода	Плотность ρ, г/см^3	Предел прочности		Коэффициент крепости f	Модуль Юнга E, 10^4 МПа	Коэффициент Пуассона
		на одноосное сжатие $R_{сж}$, МПа	на растяжение $R_р$, МПа			
Фойяиты	2,65	160-243	5,9-8,5	25-32	5,1-6,8	0,25-0,3
Уртиты	2,75	247	9,5	26	7,6	0,27
Луявриты	2,62-2,96	187-332	7,1-12,0	24-31	4,6-7,3	0,27-0,30
Малиньиты	2,70	168	8,5	21	6,0	0,25

На более глубоких горизонтах в горных выработках возрастает влияние горного давления и динамических явлений:

Глубина работ, м	
По восстанию	
100-180	Отслоения пород небольшой мощности, вывалы
180-550	Шелушение, стреляние пород, микроудары
>550	Микроудары, горные удары
По падению	
100-1700	Отслоения небольшой мощности и вывалы пород
>1700	Шелушение, стреляние пород, микроудары
>2500	Микроудары, горные удары

Условия охраны геологической среды и природы в зоне влияния этого месторождения не отличается от других, осваиваемых в Кольско-Карельском регионе.

В центральной части Кольского полуострова в Кировском районе Мурманской области находится один из самых крупны" горно-промышленных комплексов ПО "Апатит". Уникальные апатито-нефелиновые месторождения, пространственно и генетически связанные с Хибинским щелочным массивом, являются сырьевой базой комбината.

Хибинский щелочной массив представляет собой интрузив центрального типа, внедрившуюся вдоль границы распространения архейских и протерозойских образований. В целом она имеет овальную форму общей площадью 1350 км^2. Породы, слагающие интрузив, сформировались в несколько фаз и представлены щелочными сиенитами, массивными хибинитами, ийолит-уртитами, среднезернистыми нефелиновыми сиенитами, фойяитами. Апатито-нефелиновые рудные залежи в Хибинском массиве связаны с ийолит-уртитами и залегают согласно со вмещающими породами.

Наиболее крупные залежи апатито-нефелиновых месторождений сосредоточены в юго-западной части Хибинского массива. Они слагают единое тело протяженностью 12 км от горы Кукисвумчорр до горы Восточный Расвумчорр при средней мощности 100 м, которое на востоке соединяется с Коашвинской рудной зоной. В направлении с севера на юг и юго-восток расположены месторождения Кукисвумчорр с участками Кукисвумчоррский и Саамский (Кировский рудник, Саамский карьер), Юкспорское (Юкспорский рудник), Апатитовый цирк (Расвумчоррский рудник), Плато Расвумчорр (рудник Центральный), Коашва, Ньоркпахк, Олений ручей (рудник Восточный).

В пределах всех месторождений выделяются очень слабые породы (в раздробленных и окисленных зонах $R_{сж}$ < 20 МПа), слабые породы (в переходных зонах к окисленным породам $R_{сж}$ < 70 МПа), породы средней крепости ($R_{сж}$ = = 70÷120 МПа), крепкие породы ($R_{сж}$ = 120÷170 МПа), очень крепкие и в высшей степени крепкие породы ($R_{сж}$ = 170÷260 МПа и более). По степени трещиноватости здесь различают монолитные, слабо-, средне- и сильнотрещиноватые, раздробленные и перемятые породы. Максимальная трещиноватость скальных пород хибиновых месторождений наблюдается до глубины 50 м, средняя - на глубине 50-150 м, слабая - на глубине более 150-300 м.

На месторождениях Хибинского массива установлены следующие основные системы трещин: продольные трещины, поперечные трещины, диагональные трещины. Выделенные системы трещин рассекают породы по всей мощности на отдельные блоки и отдельности. Большинство трещин имеет ширину до I мм (55–63 %), максимальное количество трещин с величиной открытия до I мм относится к системе диагональных трещин. Трещины с величиной открытия до 2 мм составляют 26 %. Встречаются трещины с величиной открытия в 3–5 мм и более. Размеры элементарных блоков и отдельностей на месторождении изменяются от I0–I5 см до 50–I00 см. На месторождениях Хибин наблюдаются также избыточные напряжения [2].

Основным фактором, определяющим гидрогеологические условия апатито-нефелиновых месторождений, является сильно расчлененный гористый рельеф местности. Глубоко врезанные долины создают благоприятные условия для дренирования коренных пород и четвертичных отложений, расположенных выше отметки эрозионных врезов, и способствуют образованию мощной зоны аэрации (I00–300 м). В пределах зоны аэрации породы имеют сезонное обводнение. Ниже зоны аэрации расположены зоны переменного и постоянного водонасыщения, в которых выделяются трещинные и трещинно-жильные воды. Трещинные воды безнапорные, за исключением участков Саамской долины. Трещинно-жильные воды приурочены к локальным трещиноватым зонам тектонических нарушений. Водопроницаемость здесь неоднородна и зависит от характера трещин и степени трещиноватости (коэффициент фильтрации равен 0,I–2,5 м/сутки).

При отработке верхних горизонтов, находящихся в зоне аэрации, обводнение горных выработок происходит только за счет атмосферных осадков и носит сезонный характер. Более глубокие горизонты, расположенные в зоне постоянного водонасыщения, отрабатываются в более сложных условиях. Вода из трещиноватых пород поступает в виде сильного капежа и отдельных источников с дебитом от 0,I до 2,5 л/с. При увеличении длины горных выработок и развитии воронки обрушения водопритоки в горные выработки увеличиваются. Например, водосборная площадь рудника им.С.М.Кирова на месторождении Кукисвумчорр вместе с зоной обрушения составляет I,9 км^2, вокруг горных выработок образовалась депрессионная воронка с радиусом влияния 2200–3000 м.

Месторождения апатито-нефелиновых руд разрабатываются тремя подземными рудниками (рудник им.С.М.Кирова, Южспорский и Расвумчоррский) и четырьмя карьерами (Центральный, Коашвинский, Ньоркпахкский, Олений ручей). В перспективе следует ожидать расширения подземного способа добычи. На подземных рудниках применяется система принудительного обрушения. Глубина разработки до 800 м. Пустые горные породы складируются на поверхности в отвалы.

Условия отработки нижних горизонтов апатитовых месторождений весьма сложные. В горных выработках формируются значительные водопритоки за счет высоконапорного водоносного горизонта четвертичных отложений, водоносного комплекса палеозойских пород и атмосферных осадков. Например, на Коашвинском карьере водопритоки за июль I985 г. составили I590 м^3/ч. На

участках повышенной трещиноватости карьера наблюдаются осыпи и обвалы, которые образуются под действием выветривания пород и сейсмического воздействия взрывных работ. В результате углы откосов выполаживаются на 5-10°, а ширина предохранительной бермы уменьшается. Встречаются также оползневые явления. На подземных рудниках избыточное напряженное состояние горных пород и их трещиноватость вызывают нарушения устойчивости горных пород в горных выработках: образование завалов, оползание блоков, локальное действие горного давления, различные проявления горных ударов. На развитие таких явлений влияют также буровзрывные работы и технология производства работ.

ПО "Апатит" относится к предприятиям, добывающим и перерабатывающим руду до концентрата. Нарушенные земли на территории горно-промышленного комплекса включают в себя отвалы вскрышных пород, бедных забалансовых руд, хвостохранилища и отстойники, карьеры, зоны обрушения при подземной разработке, шлако- и золоотвалы.

По данным отдела землепользования и землеустройства Мурманской области, на I января 1982 г. в районе нарушено 5653 га земли.

Вопросы охраны природы и геологической среды на апатитовых рудниках, как и на других Кольско-Карельских регионах, не контролируются.

Центрами слюдяной промышленности в Карело-Кольском регионе являются Ено-Ковдорский район Мурманской области (ГОК "Ковдорслюда") и Лоухский район Карельской АССР (ГОК "Карелслюда"). Основными объектами разработки слюды и полевошпатового сырья являются месторождения Куруваара (мусковит), Ковдорское (флогопит), Хетоламбина и им.Чкалова (мусковит). Месторождения характеризуются разнообразием форм, размеров, элементов залегания комплексов пород и рудных тел. Слюдосодержащие тела имеют длину по простиранию от нескольких десятков до сотен метров, мощность от 1,5 до 20 м, падение от пологого до крутого. На месторождении Куруваара выделены пегматитовые жилы протяженностью по простиранию 100-560 м, мощностью 5-16 м, углом падения 60-70°. Они образуют сложную сеть в биотитовых гнейсах. Слюда в них залегает беспорядочно.

Ковдорское месторождение флогопита представлено мощной пологопадающей залежью с высоким содержанием слюды. Флогопит добывается в основном открытым способом (80-90 %) с системой формирования внешними отвалами. Разработка производится на небольших глубинах с применением буровзрывных работ. На месторождении Куруваара (рудник Чалмозеро) пегматитовые жилы разрабатываются единым карьером тремя уступами.

Чупинская группа месторождений гранитных пегматитов разрабатывалась выборочно. В настоящее время пегматиты добываются двумя рудниками (Хетоламбино и им.Чкалова) комбината "Карелслюда", разрабатывающими одноименные месторождения площадью более 100 км^2. Пегматитовые жилы приурочены к комплексу гранито-гнейсов архея, имеют протяженность по простиранию 50-400 м, мощность 3-30 м, угол падения 60-80°. Каждая жила пегматитов является самостоятельным объектом разработки. Отдельные сближенные жилы разрабатываются единым карьером при селективной выемке гранитных пегматитов.

Инженерно-геологические условия разработки слюдяных месторождений относительно просты. Открытые и подземные горные выработки неглубоки, размещаются в основном в зонах аэрации и выветривания, слабо обводнены. Скальные и полускальные кристаллические породы трещиноватые, в зонах тектонического дробления сильнотрещиноватые. Трещиноватость скальных пород в ослабленных зонах существенно влияет на устойчивость уступов карьеров. Для подземных выработок осложняющим обстоятельством является наличие провалов и воронок в зоне сдвижения земной поверхности.

Большие объемы добычи пегматитов неизбежно связаны с нарушением значительных земельных площадей, снижением привлекательности ландшафта района, загрязнением почв и поверхностных вод пылью.

Месторождения строительных материалов на Кольском полуострове и в Карелии в большинстве своем представлены изверженными и метаморфическими породами: гранитами, диабазами, порфиритами, мрамором, сланцами и др. Они имеют практически неограниченные запасы горных пород, различных по свойствам и возможностям использования и применения. Крупные запасы полевошпатового сырья, облицовочных гранитов, строительного камня сконцентрированы в Питкярантском районе, где действует Приладожское рудоуправление ПО "Карелстройматериалы", а также в Лоухском, Медвежьегорском, Пудожгорском районах Карельской АССР и некоторых районах Мурманской области. Самыми крупными из известных месторождений пегматитов страны являются залежи Лупикко и Линнаваара, разрабатываемые открытым способом. Для камнеобрабатывающей промышленности в Карело-Кольском регионе разрабатываются такие крупные месторождения как Ропручейское (диабазы), Кашиногорское (граниты), Сюскюнсаари (граниты), Шокшинское (кварциты), Уксуплахтинское (гнейсограниты), Рускеальское (мрамор), Хавчозерское (пироксеновые порфиры) и многие другие [4]. Изверженные и метаморфические скальные породы этих месторождений отвечают высоким требованиям на прочность, морозостойкость, характеризуются слабой и средней трещиноватостью, в зонах дробления сильной. Разрабатываются они открытым способом карьерами глубиной 5–60 м и более. Рускеальский карьер слабо обводнен (10–20 $м^3/ч$). На месторождениях развиваются процессы выветривания, небольшие деформации на откосах уступов карьеров.

В условиях Кольского севера и Карелии месторождения природного камня разрабатываются разными ведомствами, бессистемно и без всякого контроля. Карьерные выемки занимают большие площади, загрязняют пылью почву, лесную растительность и поверхностные воды.

Широкое и повсеместное распространение в Мурманской области и Карелии имеют месторождения песка, гравийно-галечные отложения, приуроченные к четвертичным отложениям ледникового, флювиогляциального генезиса. Карьеры обычно представлены небольшими по глубине (до 10 м) и незначительными по площади выемками с крутыми откосами. Откосы неустойчивы, подвержены водной и ветровой эрозии. На более глубоких глинистых карьерах (Кемское месторождение глин) существенное значение имеют оползневые явления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геология Карелии / Отв. ред. В.А.Соколов. Л.: Наука, 1987.

2. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология месторождений полезных ископаемых. Л.: Недра, 1986.

3. Медно-никелевые месторождения Балтийского щита / Под ред. Г.И.Горбунова, Х.Пакунена. Л.: Наука, 1985.

4. Рылеев А.В., Александров В.И. Сырьевая база камнеобрабатывающей промышленности Карельской АССР // Минеральное сырье Карелии / Ин-т геологии КФ АН СССР. Петрозаводск, 1977.