

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

АКАД. А.Е.ФЕРСМАН

ПОЛЕЗНЫЕ
ИСКОПАЕМЫЕ
КОЛЬСКОГО
ПОЛУОСТРОВА

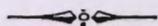


ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО АКАДЕМИЧЕСКОГО ПЕЧАТНИЧЕСТВА СССР

СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ
НЕЗАБВЕННОГО
Сергея Мироновича
КИРОВА
ПОСВЯЩАЕТСЯ

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

СОВЕТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ
и КОЛЬСКАЯ БАЗА им. С.М.КИРОВА



ТРУДЫ КОМИССИИ
ПО ПРОБЛЕМАМ
МИНЕРАЛЬНОГО
СЫРЬЯ

СЕРИЯ
РЕГИОНАЛЬНАЯ

ВЫПУСК

I

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА · ЛЕНИНГРАД

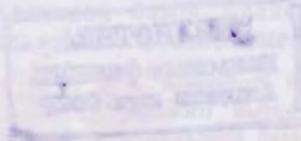
1941

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

А К А Д . А . Е . Ф Е Р С М А Н

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ · АНАЛИЗ
ПРОГНОЗ

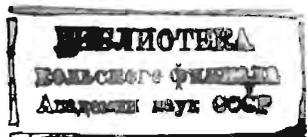


ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА · ЛЕНИНГРАД
1941

53(98к)

-43.

29851



ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемый вниманию читателя труд акад. А. Е. Ферсмана «Полезные ископаемые Кольского полуострова, современное состояние, анализ, прогноз» представляет собой первый выпуск из ряда монографий, намеченных к изданию Комиссией по проблемам минерального сырья при Совете по изучению производительных сил Академии Наук СССР.

Величайшая историческая задача, поставленная XVIII съездом ВКП(б), — догнать и перегнать главные капиталистические страны в экономическом отношении — настоятельно выдвигает требование обеспечить сырьевой базой намеченное гигантское строительство. Несмотря на крупнейшие успехи, достигнутые в нашей стране в деле познания ее минеральных богатств, проблема расширения минеральной базы СССР является исключительно важной и актуальной. Обширнейшие территории нашей родины изучены геологически чрезвычайно слабо, и в них бесспорно таятся огромные сырьевые запасы; в ряде обследованных районов предстоит провести более детальные поисковые и разведочные работы, которые также вскроют новые источники сырья.

В этом свете установление прогнозов для поисковой и разведочной работы в рассматриваемых районах СССР представляется важнейшей задачей.

В текущем году комиссия закончит составление одного сводного регионального тома, в котором будут даны анализ полезных ископаемых и прогнозы по ним в ряде районов Европейской части СССР, географически в известной мере совпадающих с экономическим делением территории, что позволит использовать материалы прогнозов и для целей экономического районирования. Одновременно с составлением сводных томов Комиссия наметила выпустить по отдельным районам монографии, более детально освещающие эти районы.

Публикуя в качестве первой монографии настоящую работу, Комиссия рассматривает ее в известной мере как типовую для дальнейших монографий, намеченных к составлению по другим районам СССР. Монографию акад. А. Е. Ферсмана выпускает Совет по изучению производительных сил совместно с Кольской базой Академии Наук СССР, материалы которой широко использованы в настоящей работе.

Комиссия по проблемам минерального сырья СОПС АН СССР
и Кольская база АН СССР

ОТ АВТОРА

«По многим доказательствам заключаю, что и в северных земных недрах пространно и богато царствует натура».

М. Ломоносов, 1763.¹

Горячая вера незабвенного С. М. Кирова в производительные силы Мурмана и его творческая инициатива принесли свои обильные плоды.

Признание крупных промышленных запасов минерального сырья на нашем Севере не вызывает больше ни споров, ни сомнения.

Период неверия в производительные силы Карело-Мурманского края и приполярных островов уступил место здоровому оптимизму. Тем больше и серьезнее стоящая перед нами сейчас задача глубоко и основательно взвесить известные факты, наблюдения и подсчеты, трезво и деловито подсчитать ресурсы и возможности, с полной деловой ясностью наметить не только сильные, но и некоторые слабые стороны в современной и перспективной картине.

Чем больше мы углубляемся в изучение Кольской земли, чем шире охватывают ее поисковые партии, тем более грандиозные перспективы вырастают перед нами; Кольский полуостров превращается в передовой центр горной промышленности, в истинный форпост полярной социалистической окраины СССР.²

Планировать хозяйственное развитие огромных районов, территории которых во много раз больше целых государств Западной Европы,³ нельзя, пользуясь знаниями только сегодняшнего дня, и тем более нельзя этого делать там, где всего около 10—15 лет тому назад началась настоящая плановая исследовательская работа, где лишь на 8—10% геологически и геохимически просмотрена земля, покрытая ледниковыми наносами, тундровым покровом или снегом и льдом. Говорить о развитии этих районов на основании только тех недостаточных сведений, которыми мы сейчас располагаем, — это значит делать хозяйственную ошибку, строя перспективный план и выводы на таких цифрах, которые не измеряют действительных запасов месторождений и являються не чем иным, как простым выражением большей или меньшей их исследованности. Применять к данным будущего мерки Донбасса или Кривого Рога — значит недооценивать это будущее.

¹ Сюда же относится прогноз М. Ломоносова того же года: «Береги Белого моря, подобно некоторому великому озеру... должны быть не скудны минералами, где состоят из камня». Этим намечался замечательный прогноз сходства Фенноскандинавского щита со щитом Канадским.

² Мы насчитываем сейчас на Кольском полуострове свыше 600 точек мест находок полезных ископаемых, что, повидимому, является лишь небольшой частью фактических данных.

³ Площадь Кольского полуострова равна приблизительно площади б. Чехословакии, в 4 раза больше всей Бельгии или Швейцарии и только в 4 раза меньше Франции.

Если мы будем исходить из таких данных, перед нами останется только один путь — попытаться суммировать современные знания и сделать из них логические выводы: по известным сейчас месторождениям — предсказать новые, по данным современных геологических карт — сделать прогноз о возможности нахождения тех или иных полезных ископаемых. Я прекрасно понимаю всю сложность и ответственность такого пути, но на него надо стать. Ведь главное достоинство передовой научной работы заключается в ее способности предвидеть и предсказывать, направлять искания на определенные пути, намечать будущее.

В дальнейшем я попытаюсь не столько дать сухой список известных нам месторождений, запасов и качества отдельных полезных ископаемых,¹ сколько на основе анализа имеющихся данных указать на возможность и научную вероятность нахождения новых запасов, новых районов и новых видов промышленного сырья. Несомненно, что в ряде случаев этот прогноз может оказаться неправильным, но опыт экспедиций Академии Наук за последние годы показал, что в основном методы геохимического прогноза в сочетании с геологическим анализом — весьма эффективны, и что для районов, мало изученных, они могут применяться с успехом, направляя первые поисковые работы, руководя идейно разведками и технологическими изысканиями. Однако успешность этих методов определяется только наличием тесной связи геохимического и геологического анализа, глубочайшего использования данных геологического, тектонического и специального картирования. Успехи поисков и разведок в последние годы, в особенности в работах Ленинградского геологического управления, служат примером этому.

Настоящая работа суммирует личный опыт 20 лет научной работы по изучению природных богатств Кольского полуострова;² она опирается на огромную литературную работу по геологии, минералогии, географии, геохимии и технологии этого края (до 4000 работ и статей), особенно на исследования Б. М. Куплетского, А. А. Полканова, Н. А. Елисеева, П. А. Борисова, П. Н. Чирвинского и др. (см. список литературы в конце книги, особенно изд., отмеченные звездочкой); в этой работе использованы основные последние достижения Кольской базы Академии Наук.

Вопросы технологии освещены по сводкам и материалам Б. И. Кагана; просмотрены и использованы огромные рукописные фонды ряда учреждений (до 8000 дел)... И тем не менее, эта работа должна рассматриваться только как первый опыт систематического анализа полезных ископаемых края.

Необходимо еще осветить в вступительном слове два специальных вопроса. Первый касается вопроса о том, какое значение для других районов Союза может получить углубленное изучение наших проблем на такой сравнительно небольшой территории, как северо-восточный обломок Фенноскандинавского щита, занятый Мурманской областью.

Ниже мы кратко даем ответ на этот вопрос большого общего характера.

¹ Такая сводка фактических данных весьма желательна, но ее составить может лишь Ленинградское Геолого-разведочное управление, владеющее всеми детальными материалами и фондами. Желательно, чтобы им же была составлена и карта полезных ископаемых (в масштабе 1:750 000 или лучше 1:500 000).

² Учтены и наблюдения моих поездок по Швеции и Норвегии, связанных с изучением щелочных месторождений Лангезундфиорда, Альнэ и Фёна, а также пегматитовых полей Фалуна, окр. Стокгольма, Арендаля и Мосса.

Второй вопрос, наоборот, связан с использованием знания других аналогично построенных районов земной коры, для понимания и освещения описываемого района древнего щита. Этот вопрос привел меня еще в 1932 г. к необходимости детального сравнительного изучения Канады, Гренландии, Полярной Норвегии и Швеции, и на него мы даем ниже более подробный ответ.¹

Вопрос первый. Помимо исключительной роли самой кольской горной промышленности, общее значение изучения и прогнозирования



Фиг. 1. Схематическая карта главных докембрийских щитов (по Коберу-Блонделю). Хорошо видно соотношение трех крупных щитов северного полушария: Канадского, Фенноскандинавского и Сибирского.

полезных ископаемых Кольского полуострова — Карелии ограничивается применением этих результатов и их данных не только к северной части фенноскандинавского щита, но и ко всей Фенносарматии,² лежащей в основе всей Европейской части Союза. Точное изучение и прогнозы северных, северо-восточных и южных окраин щита подсказывают и вопросы строения и вероятное распределение полезных ископаемых во всем щите (под всей поверхностью осадочных пород нескольких миллионов квадратных километров): продолжение по всему щиту карельских гравитационных линий (А. Д. Архангельский),³ распре-

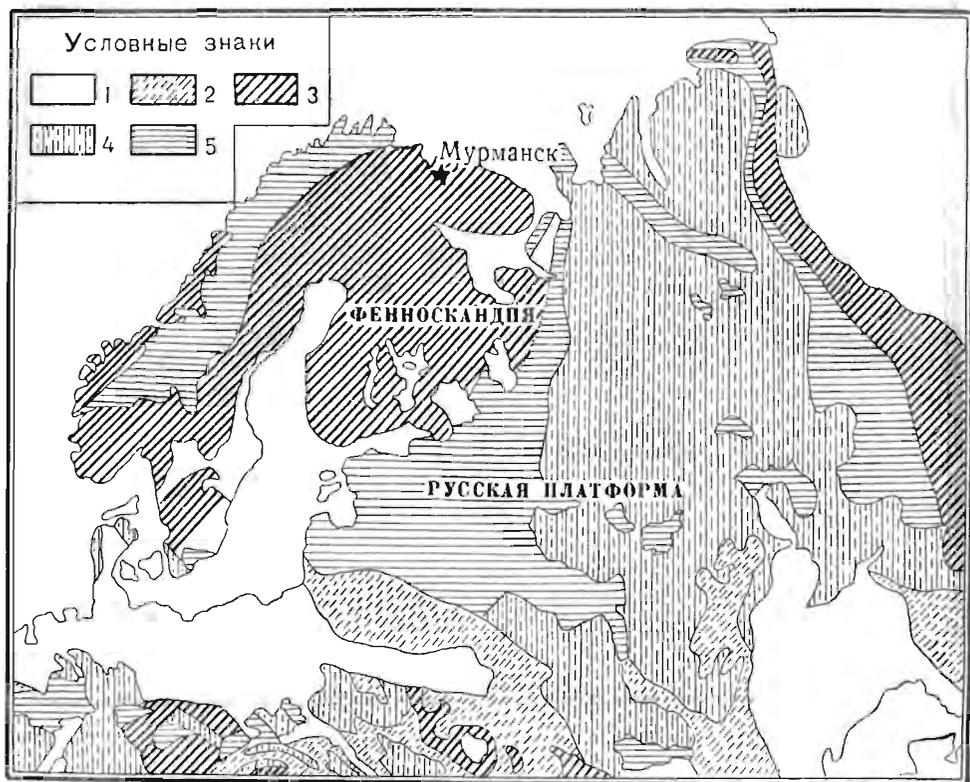
¹ См. также общее освещение этого вопроса в приложении IV.

² О термине Фенносарматия см. прим. на стр. 18.

³ См. А. Д. Архангельский (магнитная съемка выступов фундамента), ИАН, 1937, серия географ. № 2, стр. 757 и сл. Еще проф. Лейст указывал на связь курских магнитных линий с аномалиями, вызванными железными рудами в Норвежской Лопландии,

деление и ориентировка железнорудных кварцитов (Курская магнитная аномалия, Кривой Рог), своеобразные богатства Тимана, распределение пегматитовых полей, обогащение гелием углеводородных газов в районах разрушения щита и т. д.¹

Таким образом, углубленное понимание и прогноз полезных ископаемых на всей территории Фенносарматского щита в основном требуют знания докембрийских образований в тех частях, где они выходят на земную поверхность, и в первую очередь на Карело-Мурманском



Фиг. 2. Ориентировочная схема Фенноскандии, как она намечается на современных геологических картах (по Блонделю).

1 — четвертичные породы; 2 — третичные; 3 — кристаллические; 4 — мезозойские; 5 — палеозойские.

севере, позволяющем наметить основные тектонические, гравитационные и геохимические линии всей Фенноскандии. Мы подчеркиваем, таким образом, всесоюзное значение детального углубленного и планового изучения Кольского полуострова, его геологии и геохимии.²

Вопрос второй. Сравнение с другими областями

¹ Как конкретный пример, могут быть указаны Кейвы, детальное изучение которых привело к открытию аналогичных месторождений кианита около Лоух в Карелии.

² Особую пользу при таком анализе оказывает первый том «Стратиграфии Союза», посвященный докембрийским образованиям (изд. АН 1939, стр. 1—674). В этом отношении очень большое значение имеют обобщающие работы А. А. Полканова и его попытки перенести кольский опыт на анализ волынских пород.

сходного строения. Углубленный анализ и прогнозы возможны не только на основании знания геологии Кольского полуострова и при-менения к анализу геохимических идей, но и сравнительного ана-лиза восточных частей Фенноскандии и частей Гренландии, Швеции, Норвегии и особенно полярного щита Канады. Сравнение этих огром-ных территорий особенно интересно на основе изучения магнитных и гравитационных карт. Мы можем выставить как некоторое эмпирическое правило, что в основных чертах минерализации Канадского и Гренланд-ско-Фенноскандинавского щита наблюдается исключительная аналогия, позволяющая делать выводы и прогнозы гораздо глубже, чем для многих других районов Союза.¹ Такovy, например, сходные черты ще-лочных массивов Юлианенхааб в Гренландии и Хибинских тундр; сход-ный характер «взрывных» концентрических образований (Швеции, Нор-вегии и Кольского полуострова), специфические черты магнетитовых кварцитов архея Канады, Гренландии, Полярной Норвегии и СССР, сходство фальбанд и полиметаллических жильных образований (с се-ребром, кобальтом и, вероятно, ураном), сходство глубинных пегматитов типов II и III. Наконец, совершенно сходны и четвертичные образова-ния сапропелей, торфов и диатомитов Канады, Гренландии и Кольского края. Если к этому прибавить геохимическое сходство Мончи и Сёд-бери (при всем различии частностей), то мы можем определить, хотя и осторожно, пользоваться этими аналогиями для прогнозов.

Особенно интересным при этом представляется установленная и изученная мною аналогия фиордов Кандалакши и Осло (Христиании). См. приложение IV, стр. 285.

Мы в наших выводах широко пользовались этими аналогиями и многочисленными данными по минералогии и геохимии древних докем-брийских щитов (Блондель, 1936, Е. С. Мур, 1929, П. Ниггли, 1910), в особенности по геохимии Гренландии (Уссинг, 1911) и Норвегии (И. Фохт, В. М. Гольдшмидт, В. Брёггер). С хозяйственной точки зре-ния особенно важно сравнение с Канадой, горнотехнически прекрасно изученной; фактический анализ этих аналогий см. в главе V.²

Заканчивая этот труд, — первый в серии намеченных крупных мо-нографий по анализу ископаемых богатств отдельных частей Союза, мы не можем не подчеркнуть его неполноту, отрывочность и недостаточ-ность фактического материала. Но автор в этой работе видит выпол-нение своего долга по отношению к Кировской земле, которой он от-дал почти безраздельно 20 нелегких лет своей жизни и работы. По-дытоживая свои личные знания и опыт, он передает свои выводы и предложения молодому поколению работников, молодым геологическим и геохимическим силам, растущим в Кировске, Мончегорске и Мур-манске, в условиях новой жизни и новой науки.³

Автор ждет анализа и критики этой попытки дать геохимический прогноз по отношению к одной из интереснейших промышленных об-

¹ Об этой аналогии в последнее время писали С. Бубнов, О. Баклунд и др.

² В последнее время все больше выясняется необходимость изучения и других районов советского Севера для понимания геологии и геохимии Кольского полу-острова — особенно Тимана, Печорского кряжа и Полярного Урала. Специальная поездка на Тиман зимой 1940 г. дала нам в этом направлении неожиданно совершенно новый и весьма важный материал.

См. статью А. Е. Ферсман. К минералогии и геохимии Ухты. ИАН. Геолог. серия, № 3, стр. 38—47, 1940.

³ При чтении работы полезно пользоваться прекрасным Географическим Слова-рем В. П. Воиновича (I—II), где даны и координаты и положение всех географиче-ских точек. См. также указатели в конце книги.

ластей Союза, поднятой прозорливым гением С. М. Кирова из тайги и гундр на высоту передовой культурной промышленной области.

Его светлому имени и посвящается настоящий груд.

А. Е. Ферсман

Кировск

Кольская база АН им. С. М. Кирова

20 мая 1940 г.¹

Ко всем работникам, исследователям и практическим деятелям Кольского полуострова просьба — присылать все замечания, исправления и дополнения к тексту этой сводки по адресу: Москва, 17, Старомонетный пер., 35, Совет Производительных Сил Академии Наук, Академику А. Е. Ферсману (или Кировск, Мурманской области, Кольская База АН СССР им. С. М. Кирова).

Особая благодарность проф. В. П. Вошнину, сделавшему значительное число исправлений и дополнений к рукописи, проф. Б. М. Куплетскому, взявшему на себя тяжелый труд редактирования работы и указавшему на ряд недочетов и пропусков, а также приславшим свои замечания и дополнения П. Н. Чирвинскому, Б. Н. Мелентьеву и др., и одному из лучших знатоков полезных ископаемых Кольского Севера П. А. Борисову, сообщившему ряд анализов.

¹ Работа датируется тем числом — 20 мая 1940 г., — которое отвечает двадцатилетию со дня выезда первой академической бригады-экспедиции в Мурманск: она суммирует опыт и наблюдения сотен научных исследователей, вливавших свои силы, энергию и знания в изучение производительных сил Мурманя — тогда еще скалочной, неведомой, дикой Лапландии!

Глава первая ВВЕДЕНИЕ

1. ОБЩЕЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

«Топская земля — земля каменная,
страна северная».

Из летописи XVII века

«Эта северная, тяжелая бесплодная
бесполезная пустыня оказалась в дейст-
вительности одним из богатейших мест на
земле».

С. М. Киров

Кольский полуостров с прилегающими частями материка площадью примерно в 128 000¹ км² в основном (без небольшой юго-западной части) отвечает в своих границах современной Мурманской области; геологически и геохимически он тесно связан с Северной Карелией и Финляндией, экономически — особенно в вопросах соли, нефти и топлива, — непосредственно переплетается с соседними районами, лежащими по северному морскому пути (Шпицберген, Печора, Чешская губа и др.). Почти вся его территория лежит севернее Полярного круга.

Общая характеристика Кольского полуострова определяется сильно пересеченной местностью с обилием озер, болот и рек, тундровыми зонами в северной половине и на высотах выше 300—400 м и типичными таежными, заболоченными областями в южных и в особенности в юго-восточных частях. Сложный ледниковый покров (моренный и валунный) определяет собой черты этого района, образующего в основном плато, высотой около 120—160 м, с юга замкнутого высотами до 800 м, а в центральном районе прорванного горными массивами до 1 200 м (Чуна- и Монче-тундра, Хибинские и Ловозерские тундры и др.)

Климатический режим — приполярный, смягченный влиянием Гольфстрима, создает частично условия для хозяйства, сходные с условиями, например, города Кирова или Вологды, лишь с меньшей устойчивостью климатических факторов (ветры, лавины, метели). Продолжительность снегового покрова до семи месяцев облегчает условия перевозок и создает в зимнее время особенную доступность всех районов Кольского полуострова. Характерной чертой области является обилие гидроэнергии, определяемой потенциально для главных рек, тяготеющих к промышленным районам, запасами около 1 миллиона киловатт, из коих пока используется только около 100 тысяч.

¹ Согласно условиям мирного договора СССР с Финляндией площадь увеличивается на 3—4 тыс. км². Граница области условно в изложении может быть проведена по линии Полярного круга и по старой государственной границе с Финляндией.

Особая ценность гидроресурсов заключается в возможности многолетнего зарегулирования и вызываемой этим дешевизне и постоянстве энергии.

Очень велики запасы энергии ветра, крайне плохо изученные и не использованные; запасы древесины как топлива сравнительно не велики и не могут в будущем играть особенной роли в тепловом балансе. За исключением запасов торфа, у нас нет достаточно веских предпосылок — геологических и геохимических — для поисков таких видов минерального топлива, как нефти, газов (?) или каменного угля. Лишь частично встречаются углистые (битуминозные) и графитоносные породы (см. ниже).

В виду трудностей теплового баланса, очень важными являются экономические связи со Шпицбергенем, углями Северного Тимана, Воркуты и Тунгуски. Совершенно исключительный интерес представляет открытие девонских углей в Чешской губе, на западных склонах Тимана, которое позволит, в случае благоприятных результатов разведок, значительно улучшить условия теплового баланса всей кольской промышленности.

Транспортные условия определяются широко развитой береговой линией с природными фиордами, особенно ценными на незамерзающем побережье Мурмана, электрофицированной железной дорогой Канда-лакша — Мурманск с ветками и новой дорогой на Куола-Ярви и очень слабым развитием авто- и гужевых путей. Обилие каменных материалов, особенно ценных для дорожного дела (основные породы, нефелин, продукты обработки фосфорного завода, металлургического завода в Монче и др.), облегчает строительство путей сообщения, на которые надлежит обратить большое внимание.

II. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ГОРНОГО ДЕЛА

История настоящей горной промышленности начинается только в 1929 г.,¹ однако попытки наладить здесь отдельные производства отмечаются в литературе неоднократно. Первым вообще «производством» на Кольском полуострове была добыча соли из морской воды, о чем нам сообщают летописи XVI в.;² в Кандалакше и в Коле³ это производство — «варницы» — носило более или менее организованный характер и было связано с монастырским хозяйством (Соловков и Печенги).⁴ Из хроник XVII—XVIII вв. мы не узнаем больше никаких других попыток добычи полезных ископаемых, кроме кустарного использования слоистых и сланцеватых пород для «лопарских печей» (люавриты из района Ловозера, гнейсы и кристаллические сланцы);⁵ вероятно, к XVII—XVIII в. относятся и «волчьи ямы» — следы первых поисков слюды (в районе Ионы, Бабинской Имандры, тундры Вируайв и др.).⁶

¹ Началом горной промышленности на Кольском полуострове надо считать 7 окт. 1929 г., когда была вывезена из Хибин первая партия промышленной руды апатита.

² Повидимому, местное солеварение существовало еще до прихода новгородцев.

³ Ср. название «Соловарака» около Колы.

⁴ Были года, когда Соловки со своими филиалами вываривали до 400 000 пудов соли.

⁵ Впрочем, есть мнение о том, что часто упоминаемый термин в географических названиях «кан-канда» (= руда, рудник) указывает на местное использование руд (железа?) в еще более ранние периоды.

⁶ Необходимо также иметь в виду, что еще в эпоху арктического палеолита намечается использование местных пород — сланцев, амфиболитов, кварца и лишь в небольшой мере указывается привозной материал, например, кремень и халцедон. См. Б. Ф. Земляков. Арктич. палеолит на Севере СССР. Советская Археология, I, стр. 107—143, 1940.

С конца XVIII в. местное население Мурманского побережья научилось заготавливать торф для отопления веж и изб, что было занесено норвежцами с запада.

Подъем интереса к русскому северу в начале XVIII в. был ознаменован замечательным открытием самородного серебра на Медвежьем острове в Кандаляшской губе (1732 г.). Но связанные с этим надежды не оправдались, и в течение почти двух столетий многократно делались промышленные попытки добычи свинца, цинка и серебра как на ряде месторождений Терского берега и островов Кандаляшской губы, так и на Мурманском побережье, на Рыбачьем полуострове. Однако все эти попытки, предпринимавшиеся обычно без достаточных средств и научного подхода, кончались неудачами и не оправдывали затрат. Одновременно (1732) «были открыты руды меди, серебра и золота» в низовьях р. Поной.

Между тем, мысль о богатстве недр Кольского полуострова возникла неоднократно. В начале XIX в. она поддерживалась доминировавшим тогда взглядом, что горные хребты центральных частей Кольского полуострова «являются продолжением Скандинавских гор, богатых металлами». ¹ Лишь акад. Миддендорф отметил в 1842 г. самобытность Хибинского массива и этим усилил внимание к этому району. Интересную пропаганду «вероятных» богатств Кольского полуострова вели публицист В. И. Немирович-Данченко (1873—1882), Гёбель и инж. Б. Риппас (начало 90-х гг.) и особенно акад. Ф. Н. Чернышев, который на основании своих полярных исследований глубоко верил в богатства севера и всячески поддерживал все начинания, направленные к изучению или к промышленному использованию кольских ископаемых. ²

Однако нельзя не отметить, что крупнейшие экспедиции досоветского периода В. Рамзя и Б. А. Попова не ставили себе задач выявления полезных ископаемых и, при всем значении их научных выводов, не продвигали вперед вопроса о производительных силах края.

Только с 1917—1919 гг. было обращено внимание на железные руды Кольского фиорда в трудах А. А. Полканова (1915—1917), П. В. Виттенбурга (1918). Экспедиции Академии Наук (начиная с 1920 г.) начали планомерное изучение центральных частей полуострова, поставив себе основной задачей выявление ископаемых недр. Надо сказать, что в первые годы практически интересных результатов не было, и впервые опубликованный нами (в 1923 г.) список полезных минералов и пород был не велик и мало интересен, хотя уже обращал внимание на апатит. Только после открытия коренного месторождения апатито-нефелиновой породы в 1925—1926 гг. (отрядом Академической экспедиции под руководством А. Н. Лабунцова) наметились новые перспективы в этом вопросе, и началась систематическая работа по поискам и разведкам полезных ископаемых сначала на территории Хибинского массива, а потом и в прилегающих районах. ³ Основной толчок в этом направлении дали экспедиции Академии Наук, упорно выдвигавшие, начиная с 1922 г., идею о своеобразии геохимических процессов Кольского полуострова и строившие на этом прогнозы нахождения мест концентрации отдельных элементов.

¹ После первых не критических сводок Зябловского (1810) и В. Севергина первую настоящую сводку полезных ископаемых мы встречаем у Н. Дергачева (1877).

² Кратковременным эпизодом в эти годы было шумевшее открытие Рабо-Веленом алмаза в песках Паз-реки (1884—1891), что вызвало позднейшие поисковые работы М. Мельникова (1892) и С. Конради (1913).

³ Отдельные этапы в истории открытия апатитовых месторождений даны в хронологическом обзоре горного дела (приложение V).

В 1930 г. академической партией А. Е. Ферсмана были открыты сульфидные месторождения Мончи, положившие начало новому циклу кольской промышленности; в 1932—1933 гг. — партиями ЛГРТ (К. М. Кошиц и др.) наметилась крупная железорудная база в верховьях р. Ионы и в Приимандрии; в 1934 г. О. А. Воробьева в Луяврурте открыла промышленные месторождения лопарита (ниобий и тантал), в 1935 г. была открыта Африканда с ее миллионными запасами титановых руд (Б. М. Куплетский и В. А. Афанасьев) и т. д.

Благодаря деятельности отрядов сначала Академии Наук, затем НИУ (Институт удобрения), а в последние годы особенно энергичной и широко поставленной работе Ленинградского геолого-разведочного треста (управления), количество открытых месторождений росло с каждым годом, а одновременно с составлением одномиллионной карты стали вырисовываться совершенно новые черты геологии и геохимии (А. А. Полканов, Б. М. Куплетский, П. А. Борисов, Н. А. Елисеев и др.), позволившие перевести поисковые работы на путь теоретически обоснованных полевых исследований (см. приложение V, с хронологическими данными по истории горного дела и открытий на Кольском полуострове).

Вместе с тем, необходимо отметить, что промышленное использование открытых месторождений в общем отставало от открытий поисковиков и разведчиков, и лишь в последние годы, промышленность, занятая до этого времени укреплением своих старых позиций, сумела перейти к постановке проблемы освоения таких крупных новых объектов как железо Ионы, ниобий Ловозерских тундр, оливинит Хабозера, титан Африканды и кианит Кейв и Лоух. Если учесть мировые запасы этих полезных ископаемых, то станет очевидной грандиозность стоящих на очереди научных, научно-технических и хозяйственных задач по широкому развитию производительных сил Кольского полуострова.¹

III. СОВРЕМЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Развитие горного дела в настоящее время (с 1930 по 1940 г.) по своим масштабам и районам еще не отвечает фактическим возможностям края, будучи почти полностью приурочено только к линии Кировской магистрали и ее подъездных путей.

Фактически используются следующие виды сырья:

1. Апатито-нефелиновая порода, в ее частях апатита и нефелина. Рудник, обогатительные фабрики апатита и нефелина, фосфорный электротавод (опытный), Алюминиевый завод в Кандалакше, работающий пока на глиноземе Волховского комбината.

2. Медно-никелевая руда Мончи. Рудники, завод металлургический, электролитический цех никеля, кобальтовый цех; намечается обогатительная фабрика.

3. Нефелиновые породы (сиениты) как строительный камень в Кировске, граниты и гнейсы для тех же целей в Мурманске и Кандалакше. Карьеры, сборы валунов.

¹ См. в главе седьмой общий промышленный анализ кольских горных богатств, стр. 200. Для характеристики развития горного дела на Кольском полуострове отметим, что в 1928 г. стоимость всей продукции недр Мурмана выражалась в 110 000 рублей, причем на 100% эта цифра относилась к стройматериалам. В 1930 г. она достигла впервые 3 млн. (при 1,65% строительных материалов), в 1933 г. достигла 28 млн., а к десятилетию Кировской промышленности (1939 г.) превысила значительно 100 млн. руб. годовой продукции. См. постановление Совнаркома СССР от 27/1 1932 г.

4. Известняк (доломит) у ст. Титан. Карьер, обжигательные печи. ✓

5. Кварцит в Монче-губе (Риж-губа, Чокваренч) — как флюс для металлургии никеля. ✓

6. Глины кирпичные и керамические. В нескольких кирпичных заводах (Кильдинский ручей, Фадеев ручей, Роста, Шонгуй, остров Высокий, Кандалакша и др.) — около 60 млн. кирпичей в год; на Кильдинском кирпичном заводе начато производство черепицы.

7. Нефелиновые пески (у Кировска) для специальных видов бетона (одно время шли для стекольного дела); карьер.

8. Торф частью полукустарно около Мурманска и Кировска, торфяная залежь у ст. Лапландия. Добыча, опытный завод.

9. Пирротин для сернокислотной промышленности. Опытная добыча у ст. Апатиты. ✓

10. Диатомит для специальных целей в торфяном болоте Лапландии. Добыча и сушка. Частично велась добыча и на Нюдозере.

11. Мусковит — в верховьях р. Ионы и по р. Стрельне. Добыча и очистка (расколочный цех). Добыча в 1938 г. достигла 589 т.

12. Сфен — добыча и опытная обогатительная фабрика. Временно на консервации. ✓

13. Эгирин накапливался как отброс обогатительной фабрики (на ванадий). ✓

14. Ловчоррит — добыча (рудник) и опытная обогатительная фабрика. Временно на консервации. ✓

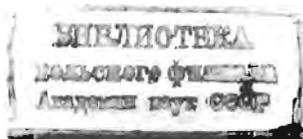
Частично сюда же надо отнести обработку местных минералов и пород для мелких поделок в Кировске; небольшая кустарная мастерская, одно время прекратившая свою работу, ныне вновь организуется (1940 г.). Наиболее интересными поделочными материалами являются хибинит, плотный зеленый тингуаит, красная кремнистая брекчия, сфеновая порода Юкспора, эвдиалит, плотный доломит и др.

Подготавливается организация цементного завода в Кировске и в Мончегорске (в последнем на основе отходов комбината — гранулированных шлаков). ✓

Добыча полезных ископаемых, за исключением указанных в пунктах 1 и 2, абсолютно несоизмерима с масштабами месторождений и возможностями их использования. То же относится и к вопросу о полном использовании всех составных частей обоих комплексов Хибин и Мончи, исключительно богатыми скоплениями отдельных элементов.

Недостаточно используются вспомогательные материалы и особенно местное сырье; совершенно не используется минеральное сырье, лежащее за пределами узкой полосы Кировской магистрали, т. е. на территории, занимающей свыше 90% Кольского полуострова, что связано с отсутствием транспортных путей.

Однако, если принять во внимание, что горное дело и вообще хозяйственная жизнь Кольского полуострова началась только в 1929—1930 гг., то успех создания ряда крупнейших новых производств за период двух пятилеток надо признать очень значительным, и следует только стремиться к дальнейшему развитию начатых предприятий и к переходу на новый, более высокий этап — к организации химических и химико-металлургических производств. ✓



Глава вторая

1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

На основании исследований, особенно последнего времени (А. А. Полканов, Б. М. Куплетский и др.), Кольский полуостров представляет собой типичный осколок Фенноскандинавского щита,¹ повидимому, не заливавшийся длительно морем, начиная с верхнего палеозоя. Длительная эрозия в течение более полумиллиарда лет должна была размывать и смыть все более поверхностные части щита и отдельные покрывавшие его осадки, а длительный ледниковый период окончательно сгладил его поверхность, отмоделировал его структуру, уничтожил поверхностные образования окисленной зоны и в значительной степени размыл и перепутал ранее образовавшиеся дифференцированные россыпи. Наравне с деятельностью вод и ледника в формировании современного рельефа сыграли роль сбросы, разламывавшие его преимущественно по меридиональному, западному и северо-западному направлениям; поднятие краев одновременно с прогибанием центральных частей, — особенно в послеледниковое время, — и мощные вулканические внедрения массивных пород, которые или разрывали покров взрывными трубками или вливались крупными плутонами между механически разнородными свитами. Сложная сеть гидротермальных жильных образований рудного типа связана была с относительно более молодыми расколами. Таким образом, единственными глубинными по происхождению образованиями после докембрия были только грандиозные внедрения Хибинских, Ловозерских и других щелочных массивов (общей площадью около 2000 км) и щелочных гранитов Поноя и Стрельны (площадью около 4000 км). К таким же относительно молодым по возрасту, вероятно герцинской эпохи, относятся щелочные породы южных поясов со своеобразными трубчатыми и контактными образованиями.

Таким образом, основу Кольского полуострова составляет докембрий; общая характеристика его по новейшим данным, сведенным Б. М. Куплетским и А. А. Полкановым, сводится к следующей наиболее вероятной схеме:

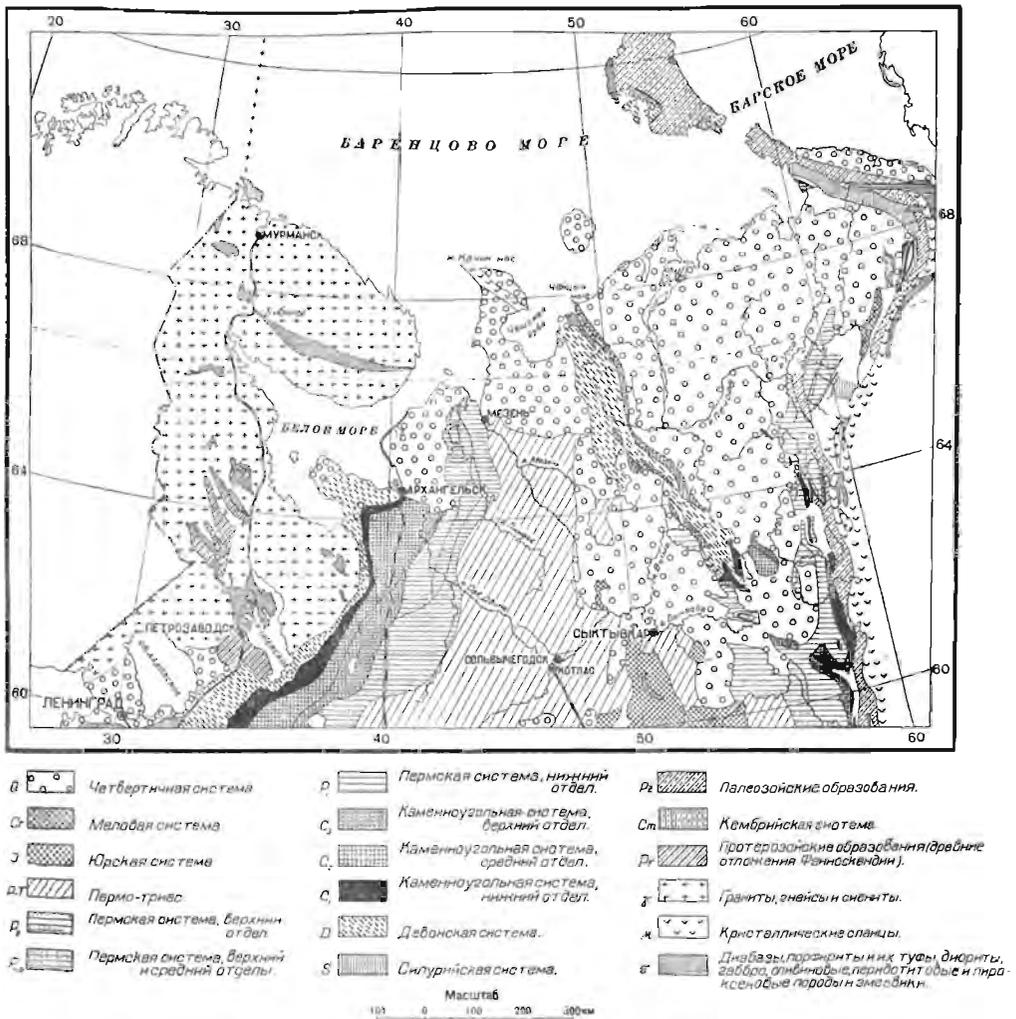
1. Архей. Наиболее древний комплекс — катархейский (свионийский и саамский) состоит из гранитогнейсов, слюдяных и пироксеновых, гранатовых сланцев (частью с кианитом); амфиболиты; на западе — гранулиты.

Интрузии: олигоклазовый гнейсо-гранит (гранит I) с керамическими пегматитами; габбро, гиперстеновые диориты.

Диастрофизм (двух эпох), глубинная тектоника, надвиги и расколы. *Интрузии* ультраосновной магмы (с образованием друзитов). К

¹ Термин Фенноскандия был предложен В. Рамзаем; Штилле предложил для всего щита наименование Фенносарматии, включив в Фенноскандию и Русский (= Сарматский) щит (платформу). Сарматы — обитатели юга России по Геродоту и Страбону.

этому же времени относится образование габброидных пород и гранулитов, но завершающей интрузией для всего архейского цикла является интрузия микроклиновых гранитов (гнейсированных), мусковитовые и керамические пегматиты (гранит II).



Фиг. 3. Схема севера Европейской части Союза ССР (с небольшими изменениями по изданию ЦНИГРИ „Контурь геологической проблемы северо-европейской части Союза“, под ред. А. А. Полканова, 1935).

Полезные ископаемые:

Магнетитовые сланцы, преимущественно среди гиперстеновых диоритов и амфиболовых гнейсов. Фальбанды с сульфидами Fe, Cu, Zn, Ni, Co, Mo и Au, Ag (Порья губа), абразивный гранат (?); частично пегматиты слюдяные. Силлиманит или кианит. Редкий молибденит. В гранулитах и гранатовых гнейсах возможны промышленные месторождения граната, на контактах — редкие сульфиды Ni и Cu. Вероятно, с микроклиновыми гранитами, как массивными, так и гнейсовыми, связаны пегматиты с полевым шпатом, слюдой, молибденитом, топазом, уранинитом и т. д. (Стрельна, Бабинская Имандра), а также лей-

кократовые керамические и декоративно-строительные граниты Кольского фиорда.

2. *Протерозой нижний*.¹ Карельская свита (то, что частично называют свитами Имандра — Варзуга, Поной — Снежница и Печенга — Кучин). В дальнейшем я буду его называть «цветным поясом».

Кварциты, сланцы, роговики, туфы вулканические, филлиты, конгломераты, мета-диабазы, нориты, габбро, сланцевые амфиболиты; доломиты, известняки.

Последовательность пород этой очень важной свиты в общем пока выяснена плохо и весьма изменчива; она излагается Н. И. Соустовым в следующем виде (для западной части свиты):

6. Шаровые лавы, вариолиты и порфириты.
5. Графитовые, серицитовые сланцы, роговики.
4. Порфириты, брекчии, туфы, мандельштейны.
3. Серицитовые сланцы, известняки, доломиты.
2. Альбито-хлоритовые и альбито-актинолитовые сланцы.

1. Мусковито-биотитовые (или хлоритовые) сланцы с прослойками кварцитов. Это эпоха сильной вулканической деятельности, подводных излияний, накопления туффов и др. К ней относится частично вынос габбродиабазами пирротнинов внешнего Хибинского кольца.

Карельская фаза I диастрофизма.

Габбро и габбро-нориты Заимандровских тундр, а также тундры Сальной (спрессованные и метаморфизованные габбро). Микроклиновые гнейсо-граниты второй генерации (гранит III). Керамические и слюдяные пегматиты.

Посткарельская фаза II диастрофизма.

Габбро, нориты, пироксениты и оливиниты района Мончи, Панских высот и тундры Федорова.

Микроклиновые рапакивиобразные и порфириовидные граниты (гранит IV) частью дискордантного типа (Ара-Поррьяс, Умба) (с флюоритом), кварцевые порфиры, пегматиты.

Полезные ископаемые обеих фаз диастрофизма; магнетит, титано-магнетит, сульфиды меди, никеля и кобальта. Может быть, полиметаллические жилы окр. Умбы; с гранитами III связаны пегматиты (полевой шпат, слюда).

3. *Протерозой (средний или верхний) свиты Кейв*.

Осадочные глинистые породы, несколько раз повторно метаморфизованные, прорванные и инъецированные позднейшими щелочными гранитами (гранит V). Свита гнейсов, кварцитов и сланцев с кианитом, графитом, силлиманитом, андалузитом, ставролитом. Изредка известняки (мраморизованные), доломиты. Для свиты Кейв можно наметить три типа контактных образований в зависимости от близости очага щелочных гранитов (полный мигматизм, инъеция и отдельные жилы).

4. *Протерозой верхний — ютний (?) — терская свита*.

Красные песчаники и конгломераты, кварциты рвутся местами щелочными породами. С ними связаны жилы флюорита и барита. Может быть, эта свита относится к девону (?).

5. *Палеозой. Эо-кембрий (?) или верхний протерозой — гиперборей;* глинистые известняки, песчаники, сланцы, доломиты острова Кильдина и полуострова Рыбачьего.

В связи, вероятно, с каледонской складчатостью, находятся многочисленные (несколько возрастов) жилы диабазов и, может быть, жилы полиметаллического типа с кальцитом, кварцем и баритом.

¹ В последние годы (1939) к протерозою относят в западной части полуострова комплекс биотитовых сланцев (Полмас, Охмилък, Лешая и др.).

6. *Девон* — красные песчаники, конгломераты, глинистые сланцы; практического значения сами не имеют, хотя именно с песчаниками Кандалакшского и Терского побережья связаны жилы флюорита (с кальцитом и баритом).

См. ютний выше, к которому сейчас относят эти отложения.

Несомненно к верхнему девону относятся (в покровах и ксенолитах) глинистые роговики с флорой и туффиты в Ловозерских тундрах. Под сомнением возраст известняков Подас-тундры.

7. *Карбон*. Изверженные породы различных герцинских интрузий (свыше 25 отдельных плутонов): щелочные граниты, нефелиновые сиениты и их дериваты с многочисленными полезными ископаемыми.¹

8. *Четвертичные отложения*. Ледниковые, межледниковые и современные осадки (частично моренные отложения) — диатомит, торф, глины, пески, сапропелит.²

II. ОБЩИЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИИ

Несмотря на имеющиеся частные расхождения во взглядах отдельных авторов, основные черты геологии Кольского полуострова довольно отчетливы и намечают следующие главные этапы исторического развития, причем древнейшие осадки первичного осадочного типа остаются неизвестными:

1. Сначала древнейшая серия архея, вся проникнутая и пропитанная многочисленными излияниями и магмами глубин, особенно гранитными; потом значительный перерыв с размывом гнейсовых свит.

2. Столь же сложна картина протерозоя с многочисленными частными перерывами, но по существу состоящая преимущественно из четко сохранившихся осадков, хотя и в разной степени метаморфизованных. Многочисленные и многообразные изверженные (эффузивные) массы разных типов и разной кислотности, преимущественно диабазов и их туфов.

Затем — значительный перерыв.

3. Период накопления осадков прибрежных, частично секущихся более молодыми породами, но сохранившихся лишь клочками, особенно по Терскому берегу (ютний).

4. Дальше нет последовательной картины, но несомненно, что еще очень долго (200—300 миллионов лет) продолжались пароксизмы вулканических и магматических внедрений. В период эокаледонской и каледонской складчатости, охватившей Скандинавский полуостров, с одной стороны, и Тиман — с другой, отдельные дислокации и трещинные ин-

¹ Под вопросом возраст многочисленных даек диабазов, пикритпорфиритов и других основных пород, встречаемых в изобилии особенно по Мурманскому побережью. Наиболее вероятно отнесение к карбону (герцинским процессам) ультраосновных пород Подас-тундры и интрузий Гремячи, Африканды, Хабозера, Порьей губы.

² В 1939 г. вышло в издании ЦНИГРИ два листа одномиллионной карты Кольского полуострова; последний (третий лист — Кандалакша — Кировск) должен был выйти в конце 1940 года.

В общем карты не дают существенных отклонений от карты А. А. Полканова 1936—1937 гг., но уточняют и детализируют ряд моментов. Отметим несколько наиболее важных вопросов:

— Олигоклазовые гнейсограниты имеют особо широкое распространение в ЮВ части.

— Красные песчаники Терского берега отнесены к ютнию (не к девону).

— Баритовые жилы р. Кицы связаны с ютнийскими песчаниками.

— Очень интересно расчленение щелочных гранитов Поноя; оно было учтено при анализе соответственных геохимических комплексов.

трузии, особенно диабазов, должны были нарушать спокойствие общей картины. Еще более сильно захвачен был полуостров теми мощными герцинскими движениями (наиболее ранней фазы), которые положили начало образованию Урала; неправильные расколы и перегибы этой части щита привели к внедрению из глубин многочисленных интрузий, частью субвулканов, а может быть, и настоящих вулканов.

5. Период размыва и тектонических движений продолжается до настоящего времени, причем последний геологический период ознаменовался крупным оледенением, наложившим существенный отпечаток на весь край и вызвавшим ряд современных нам геологических, геохимических и географических явлений.

Единственным глубинным образованием, которое мы могли бы с некоторой натяжкой отнести к этому периоду, являются рудные жилы Мурманского и Терского берегов.

Мощные разломы, омоложенные и выявленные ледниками, создали глубины Баренцова моря и Кандалакшского фиорда, — как бы отпрепарировали полуостров, медленно поднимающийся из окружающих его вод.

Во всей приведенной картине самыми важными вехами, от которых зависит все построение хронологических схем, является время возникновения двух важнейших в промышленном отношении комплексов. Хибинского щелочного и Монче-комплекса — ультраосновного.

Для первого мы имеем новейшие (1940) определения абсолютного возраста на основании гелиевого метода (по лопариту) — около 300 млн. лет,¹ что говорит об одной из более ранних фаз герцинского диастрофизма (конец девона или нижний карбон). Таким образом, становится несомненным, что образование субвулканов Хибин и Ловозерских тундр принадлежит примерно к периоду начальных стадий образования Урала и ко времени аналогичных щелочных интрузий Швеции и Норвегии, а также, может быть, интрузий этого типа в Чешской губе.

Что касается Монче-комплекса, то все данные сходятся на том, что ультраосновные породы, положившие начало сульфидным богатствам меди и никеля, относятся к тем тектоническим нарушениям, которые были связаны с концом протерозоя, и потому хронологически и топографически приурочены к «цветному поясу» Карелии. Что касается метаморфизованных габбро и норитов тех же районов (безрудных), то Б. М. Куплетский совершенно правильно относит их к более раннему времени, т. е. к моменту образования самих карельских отложений, что еще более тесно приурочивает весь комплекс этих образований к Карелидам.

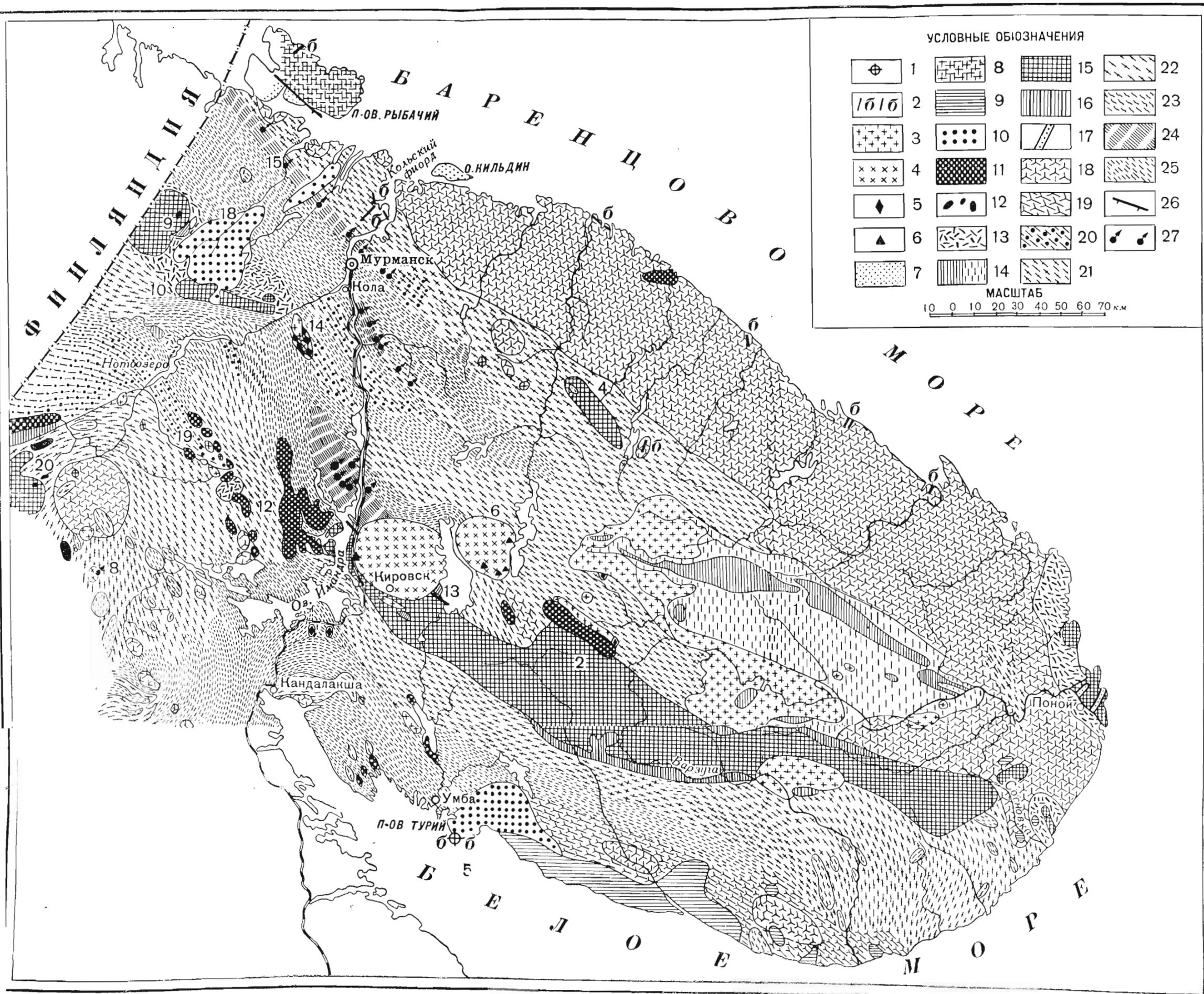
III. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ТЕКТониКИ²

Древнейшие архейские породы смяты, согнуты, опрокинуты, причем главное давление было направлено с юго-запада на северо-восток; частично шло изгибание и мигматизация их еще в пластическом состоянии. Отсюда преимущественно складки северо-западного простирания с временным погружением осей; это особенно важно для генезиса и распространения железорудных кварцитов.

Для пород цветного пояса ниже карельских отложений намечается в основном (в районе Имандра — Варзуга) широтное простирание. Характерно веерообразное строение складки с падением западного

¹ Л. В. Комлев и Э. К. Герлинг. О возрасте Хибинских тундр, ДАН, XXVI, № 9, стр. 935-937, 1940. Интересно, что этот же возраст намечается для Ловозерских тундр (1941).

² См. интересный тектонический анализ в объяснительных записках к одномиллионной карте; листы Мурманск и Архангельск, 1939. (Под ред. А. А. Полкавова).



Фиг. 4. Схематическая геологическая карта Кольского полуострова, составленная А. А. Покановым в 1959 г. по данным Ленинградского геологического треста и Центрального научно-исследовательского геолого-разведочного института.

Хотя карта и несколько дополнена новыми листами одно миллионной, все же она очень показательна и резко выделяет отдельные геологические и геохимические комплексы.

Условные обозначения:

Географические названия: 1 — Кейв, 2 — Панские тундры, 3 — Река Варзуга, 4 — Пудмас-тундра, 5 — Полуостров Турий, 6 — Ловозерские тундры, 7 — Река Сосновка, 8 — Оз. Ковлора, 9 — Кучин-тундра, 10 — хребет Лыс-Кеулик, 11 — Нотозеро, 12 — Волчья-Монче-тундра, 13 — Умптек-Хибины-тундра, 14 — Гремья-Вырмес-тундра, 15 — Чагвеуайв-тундра, 16 — Кольский фиорд, 17 — Ара-поррьяс плутон, 18 — Лица плутон, 19 — Сальная тундра, 20 — Подас-тундра, 21 — Иманра-озеро.

1 — конгломераты и песчаники (девон)
 2 — лайки нефелиновых сиенитов (э) и диабазов (б)
 3 — щелочные граниты и сиениты
 4 — нефелиновые сиениты
 5 — комплекс габбро-щелочных (и нефелиновых сиенитов)
 6 — верхний девон
 7 — свита о-ва Кильдина автохтон
 8 — свита Рыбачьего полуострова аллохтон
 9 — иотгий

10 — микроклиновые порфировидные граниты
 11 — комплекс габбро-норитов-перидотитов
 12 — перидотит-серпентиниты
 13 — микроклиновые гнейсы-граниты

14 — Свита Кейв и Корва, сланцы и гнейсы (пунктир)
 15 — Вулканогенные основные породы
 16 — Седиментогенные породы (кварциты, доломиты, сланцы)

17 — кварциты и конгломераты
 18 — микроклиновые граниты
 19 — мигматиты микроклиновых гранитов
 20 — комплекс гранулитов олигоклазовых
 21 — гнейсы-гранитов
 22 — комплекс гиперстеновых гнейсов-лиоритов
 23 — комплекс габбро-амфиболитов-амфиболитовых гнейсов
 24 — комплекс биотитовых гнейсов
 25 — комплекс биотито-гранатовых гнейсов
 26 — сбросы
 27 — месторождения железных руд

Арвей

крыла на юг, а восточного — на север, с постепенным выполаживанием к концам. В районе Варзуги падение меняется на южное.

Повидимому, нигде не наблюдается первичных контактов между отложениями карельских свит и археем — всюду контакт тектонический, что надо иметь в виду.

Большие движения каледонской складчатости коснулись только северо-западной части (полуостров Рыбачий и остров Кильдин). Им отвечало общее давление с северо-востока. Повидимому, с ними связаны меридиональные расколы, по которым внедрились дайки диабазов.

В сложной тектонической картине прошлого нам пока очень трудно найти те руководящие принципы, которые могли бы помочь в поисковой работе и в намечении поисковых прогнозов. Тем не менее, некоторые характерные черты должны быть подчеркнуты.

Если охарактеризовать основные ведущие черты современного строения, то мы должны признать, что ведущими направлениями являются:¹

Западо-северо-западное; ему отвечают: очертание Мурманского берега и Кандалакшского фиорда, простираение главной части «цветного пояса» — Имандра — Варзуга и простираение свиты Кейв и гнейсовидных щелочных гранитов. Это простираение до меридиана Имандры определяет основные поисковые черты и протягивание тектонических и геохимических полос. Таково простираение «южного щелочного пояса» Иона — Кандалакша — Турий мыс, заставляющее внимательно изучить отдельные участки между указанными точками; такова зытянутость линз известняков, кианитовых месторождений и т. д. В основном этому простираению, но только в северо-западной части отвечают и линии расположения железистых кварцитов. Ему отвечают и главные движения каледонид.

Северное (или северо-восточное, примерно меридиональное) направление очень важно для понимания ряда орографических и гидрологических моментов и отвечает направлению ряда несомненных тектонических линий и сбросов. Оно приобретает особое значение в районе Имандры (Нивы и Колы), определяет собой простираение габброидных пород Заимандрья и несомненно сочетается в этом районе с предыдущим, обуславливая изгиб Карелид в этом районе.

Несомненно, очень важно значение этих двух направлений и в особенности первого в тектонических линиях внедрения щелочных плутонов, благодаря чему особое значение приобретает изучение разрывов земной коры в северо-северо-западных, северо-западных и западно-северо-западных направлениях. Исключительно интересно изучение тектоники Кандалакшского залива и продолжения линий разломов на запад.

«Радиальные и тангенциальные движения глыб, отделенных сбросовыми трещинами, продолжались вплоть до четвертичного времени. Слабые сейсмические явления, проявляющиеся и донныне, позволяют предполагать существование оживления движений по старым трещинам».²

Приводим характеристику основных тектонических направлений по Г. Д. Рихтеру (1936).³

«Вся система тектонических направлений состоит из двух главных направлений разломов — одно направление, параллельное Мурманскому и Терскому берегам, и другое — почти перпендикулярное первому:

¹ См. прилагаемую весьма ориентировочную карточку Г. Д. Рихтера (1936), фиг. 5.

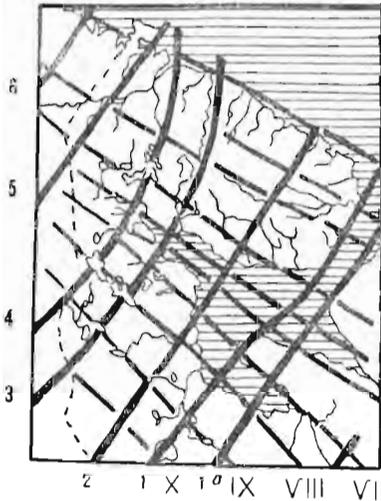
² А. А. Полкванов, 1939; П. М. Мурзаев, 1935; Г. Д. Рихтер, 1925; Г. Гаузен, 1932; М. А. Лаврова, 1939.

³ Г. Д. Рихтер. Орографические районы Кольского полуострова. Тр. Инст. физ. геогр., вып. 19, АН, 1936.

I. Северный Мурманский сброс (продольный сброс Карпинского). Эта линия сброса прослеживается чрезвычайно рельефно и является границей между зоной палеозойских осадочных пород Северной Скандинавии, Рыбачьего полуострова и острова Кильдина и архейского кристаллического массива.

Представленная в Северной Норвегии цепью понижений между фиордами Альтен, Порзангер, нижним течением р. Таны, линия эта образует глубоко вдающийся в сушу Варангер-фиорд с глубинами, превышающими 400 м, вытянутыми в виде узкой щели вдоль берега.

Далее на восток эта линия образует узкую низменную перемычку, едва соединяющую полуостров Средний с материком, и через Мотовский залив с глубинами свыше 250 м проходит вдоль всего Мурманского берега.



Фиг. 5. Схема основных разломов Кольского полуострова и Северной Карелии (по Г. Д. Рихтеру, 1936 г.).

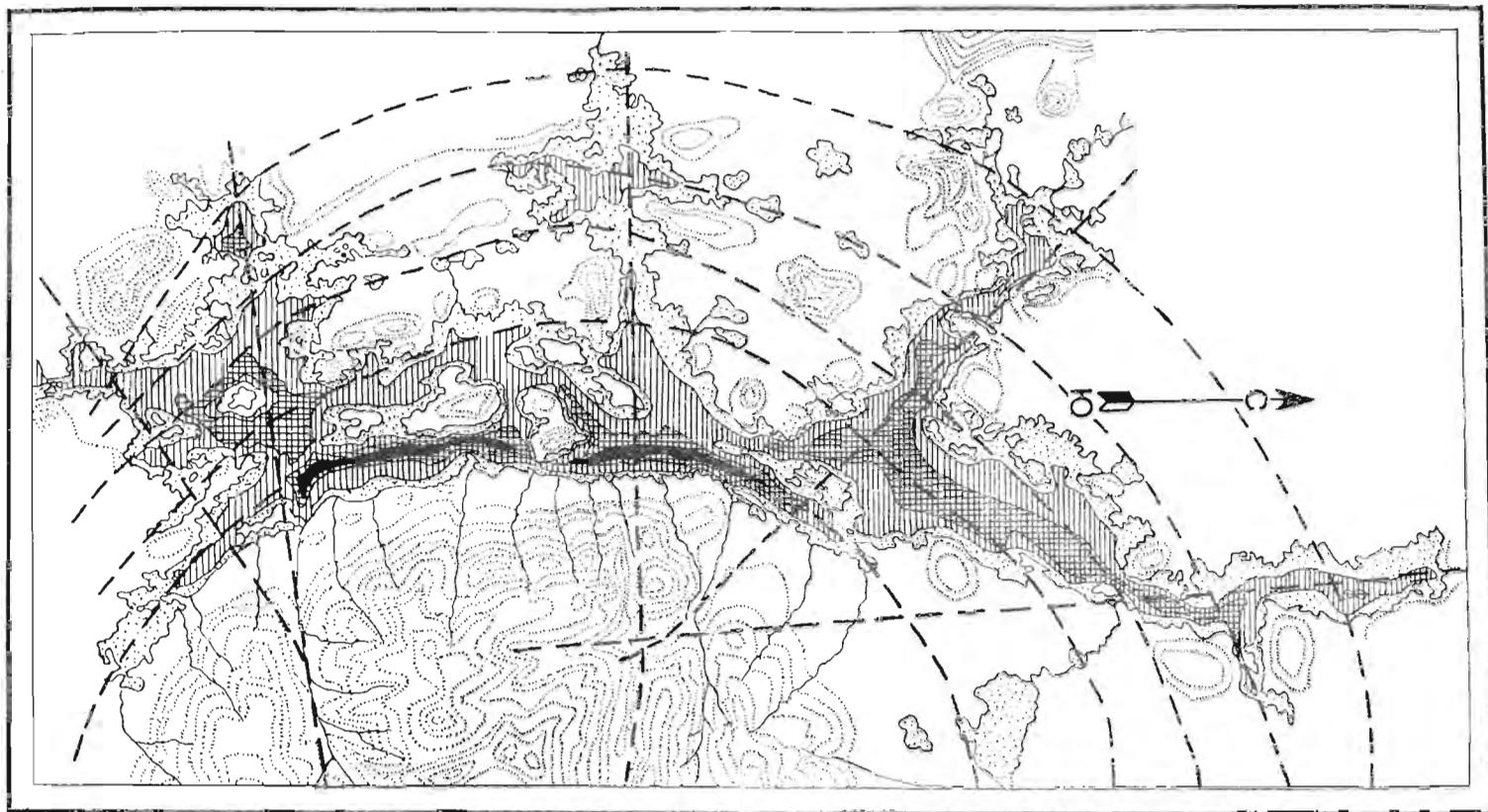
полуостров вдоль его длинной оси. Занятая большей частью болотами и озерами, ложбина эта протягивается от оз. Энаре через Нотозеро, Колозеро, Ловозеро на юго-восток. В восточной части этой ложбины воспользовалась р. Поной.

IV. Линия, как и II, в рельефе отражена несколько слабее. Проходит с запада от средней части оз. Энаре через низину по течению рр. Лоты и Ноты и далее, через озера Пиренгские и Чуна к Иокостровской Имандре. Далее на восток через оз. Канозеро это понижение проходит по нижнему течению р. Варзуги.

V. Линия Кандалакшско-Северодвинская выражена в рельефе чрезвычайно резко и отмечена в схеме Карпинского. В пределах Финляндии и в западных частях Лапландии эта линия отмечена резким краем высот, расположенных в верховьях рр. Ионы и Туичи. Далее через тектоническую впадину Вадозера эта линия образует край Кандалакшского и Северодвинского заливов Белого моря с глубинами свыше 300 м.

Система разломов ЗСЗ направления, параллельных Мурманскому берегу, пересекается почти под прямыми углами другой системой дугообразных разломов, в общем параллельных сбросам, ограничивающим горло Белого моря.

На территории Кольского полуострова орографически намечается 5 основных дуг понижений, пересекающих поперек полуостров:



Фиг. 6. Схема рельефа озера Большая Имандра (по Г. Д. Рихтеру, 1926 г.). Схематически нанесены разломы, идущие как концентрически вокруг Хибин, так и радиально. На карте обозначена разница глубин различными типами штриховки.

1) Дуга, намеченная еще акад. А. П. Карпинским, образует горло Белого моря.

2) Дуга, также слабо выраженная орографически, пересекает Кольский полуостров от Святого Носа через среднее течение р. Иоканги, верховья Стрельны и Варзуги.

3) Дуга выражена на Кольском полуострове в виде глубокой трещины, в центре которой находятся крупные озера Ловозеро и Умбозеро. Самой же трещиной воспользовались рр. Воронья и Умба.

4) Дуга проходит через Кольский залив, р. Колу, оз. Имандра и р. Ниву. На месте пересечения 3 и 4 дуг с Центральной Кольской впадиной произошли интрузии щелочных плутонов Хибинских и Ловозерских тундр, вызвавших самостоятельную систему дислокационных линий и несколько нарушивших орографическую картину.

5) Дуга, несколько менее выраженная орографически в пределах Кольского полуострова, хорошо прослеживается в Финляндии. Дуга эта ограничивает с востока Рыбачий полуостров, проходит по долине р. З. Лицы, далее через Нотозеро по р. Ноте. Чередование пониженных и повышенных районов рельефа Кольского полуострова дает, в общем, симметричную картину рельефа. Почти в центре полуострова по главной его оси протягивается наиболее повышенная гряда крупных возвышенностей, достигающих местами 1000 м. К северу и югу параллельно этой гряде вытянуты широкие депрессии, сменяющиеся на севере и юге новыми повышениями, сильно расчлененными, с высотами до 500—600 м. Эти возвышенные районы ограничены с севера и юга глубокими депрессиями, отвечающими грабенам, ограничивающим Кольский полуостров с северо-запада (Мурманское море) и юго-запада (Белое море)».

IV. ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОИСКИ И ГОРНОЕ ДЕЛО

Как мы увидим на стр. 31, большинство полезных ископаемых района носит специфический характер, вытекающий из особенностей геологической, геохимической и географической истории края. Эти особенности Мурманского края могут быть сведены к следующим пунктам:

1. Основные геохимические процессы области носят магматический характер и связаны с концентрацией вещества из расплавленных масс, из высокотермальных жил и пегматитов, т. е. в основном связаны с высокими температурами и давлениями. Преобладание процессов этого типа ведет к комплексному накоплению минералов, к сложным изоморфным смесям, требующим от промышленности предварительных методов обогащения и разделения.

2. Почти полное отсутствие поверхностных осадков и осадочных пород (известняков, мергелей, глинистых осадков и т. д.), которые связаны обычно с биогенными процессами, накапливающими вещества большой чистоты и однородности. Тс немногие морские осадки, которые известны преимущественно в карельских или гиперборейских свитах, — сильно метаморфизованы или контактно изменены.

3. Своеобразие и роль метасоматических и метаморфических процессов.

Из первых мы отмечаем влияние более молодых изверженных и магматических масс на более древние образования, что ведет к еще большему геохимическому усложнению месторождений и самих ассоциаций (например, Иона, Хабозеро и др.). Из вторых мы должны подчеркнуть особенное значение сложного и иногда многократного метаморфизма

древних Карельских свит (цветного пояса и особенно Кейв) с переработкой катапорд (осадочных) в продукты большей чистоты и промышленной ценности (чистые кварциты, кристаллические доломиты, кианитовые сланцы и т. д.).¹ Необходимо подчеркнуть особую чистоту и однородность этих продуктов (как связанных генетически с пунктом 2, а не 1). Сюда можно отнести ценные скопления довольно чистых магнетитовых кварцитов в архейской свите.

4. Практически мы почти не наблюдаем осадочных образований после эопалеозоя; огромный промежуток времени в 1/2 миллиарда лет характеризовался относительным преобладанием размыва над осадками, благодаря чему отдельные осадочные свиты (например, девон) уцелели лишь в некоторых местах в виде обломков или включений, или были совершенно размывы длительной эрозией. Эта эрозия уничтожила все осадочные свиты (если они существовали!), размывала верхние части древних магматических образований и отмоделировала их поверхности в зависимости от рельефа, тектоники и петрографических особенностей пород. Мы склонны думать, что это влияние материкового периода относительно мало изменило геохимические черты больших щелочных плутонов, но оно, несомненно, сыграло огромную роль в уничтожении верхних апикальных частей гранитных интрузий с их телемагматическими пегматитами и рудными жилами.

Акад. В. А. Обручев в своем анализе докембрийских отложений Сибири подчеркивает для ряда районов совершенно аналогичные условия и связывает с ними сохранение в архейских отложениях лишь корней пневматолитических и геохимических процессов: последнее приводит к тому, что практически в них отсутствуют золотые и полиметаллические жилы, среди пегматитов преобладают типы первых номеров (I—III, отчасти IV), т. е. типы с шерлом и слюдой, гораздо реже с литиевыми соединениями.²

5. Геологический анализ устанавливает многократные интрузии гранитов разных возрастов и разных типов, к сожалению, до сих пор изученных очень плохо на Кольском полуострове.

Независимо от более точной хронологии этих гранитов можно отметить такую последовательность (во времени):

Плагиоклазовые граниты (I) . . .	сьиони
Несколько типов микроклиновых гранитов и гнейсов (II и III) . . .	возраст — позднеархейский, постархейский или карельский
Рапакивиобразные граниты (IV) . . .	иотний (или позднекарельский)
Щелочные граниты (V)	палеозой

Еще Седергольм и Хольмс (Holmes) указывали, что радиоактивность гранитов Финляндии увеличивается по мере перехода к более молодым гранитам. Параллельно с увеличением содержания урана и тория растет минерализация гранитных интрузий,³ и мы в праве ожидать, что граниты более поздних интрузий богаче подвижными и летучими компонентами — вольфрамом, ниобием, цирконием и особенно металлами — свинцом, цинком, серебром и т. д. При этом речь идет не только о глу-

¹ Интересно указание Д. С. Коржинского о том, что метаморфическая свита архея Кольского полуострова относится к глубинным, но не к самым глубинным фациям архея.

² Отсюда и более интенсивная минерализация комплексов протерозоя, по сравнению с археем, что в общем характерно и для других районов.

³ Новейшие исследования в Радиевом институте Л. В. Комлева показывают значительно более сложную картину распределения U и Th в последовательной серии гранитов архея.

бине эрозионного среза, но и о большем первичном содержании в них более подвижных летучих компонентов. Особенно ярко подчеркнуто это Блонделем для оловянного камня в древних платформах, так как олово в них почти всегда приурочено к наиболее поздним в данной местности циклам гранитных интрузий.

Мы считаем, что эти замечания полностью должны быть отнесены к анализу кольских гранитов и полностью оправдываются имеющимися данными, намечающими наиболее интересную минерализацию в связи с рапакиви-гранитом района Умбы (?) и особенно щелочными гранитами восточных частей полуострова (см. подробнее ниже в главе VI).

6. Поскольку в основном главнейшие полезные ископаемые связаны с докембрием, интересно попытаться установить некоторые общие закономерности минерализации наиболее древних архейских свит и образований, относимых к протерозою и даже к эопалеозою. Как мы видели из общей геологической истории, различие между этими двумя типами образований довольно резкое — как в петрографическом так и геохимическом отношении. Анализ вообще докембрия других стран, в особенности Америки и Азии, с несомненностью говорит о том, что геохимически протерозой гораздо богаче и интереснее по своей минерализации, чем архей, и что вообще именно он является носителем самых интересных и важных в мире месторождений: золота, меди и никеля, кианита, графита, слюды и ряда контактных образований глубин. В архее мы меньше встречаемся с промышленным золотом, но и для него характерны графит, слюда, корунд, особенно урановые соединения (в глубинном типе пегматитов) и железные руды типа магнетитовых кварцитов и сланцев (тип Зюд-Варангера).¹

Поэтому на Кольском полуострове особое внимание должно быть обращено на отложения протерозоя, т. е. «цветной пояс Карелид», пояс Ксйв и на связанные с ними магматические образования; по отношению к железу — на архей.

7. Влияние ледниковых процессов.

Специфические условия длительного общего ледникового покрова имели очень серьезные последствия как для общего характера современного рельефа, так и для проблем геохимического характера. Постепенное освобождение от ледникового покрова привело к поднятию центральных частей полуострова с образованием своеобразных гидрологических условий, обширных водоемов и мест средоточия падения речных систем в моря.

Ледниковые процессы и последующий холодный климат вызвали снос и уничтожение зон окисления и цементации; благодаря большей скорости механического изменения пород, чем химического, мы почти не наблюдаем вторичных зон обогащения и должны считаться лишь с очень маломощными зонами окисления, измеряемыми для прибрежных фальдбанд только сантиметрами, а для крупных сульфидных жил Мончи отдельными метрами.²

Но особенное значение имели ледниковые процессы в размыве и усложнении процессов поверхностной дифференциации — отсутствии четко образованных россыпей, разделения минералов по удельному весу, объему и т. д. Это привело к отсутствию на Кольском полуострове выраженных россыпей полезных ископаемых, особенно аллювиального типа. Однако мы не можем считать этот вопрос окончательно и полностью

¹ См. в главе VII подсчеты ценности полезных ископаемых (по Блонделю).

² О роли ржавых пятен при поисках сульфидов см. А. Е. Фершман, Геохимические методы поисков, стр. 116, 1939.

решенным, так как до сих пор отсутствовали систематические и продуманно поставленные поисковые работы этого типа и шлиховые исследования.

8. Особенности горного дела. Интересно отметить ряд особенностей горной промышленности в условиях Кольского полуострова, вытекающих из геологических и географических условий края: во-первых, является необходимым подчеркнуть, что открытые разработки наталкиваются вообще на ряд климатических трудностей и страдают от заносов снегом, метелей, лавин и дождя. Отсюда большая выгодность перехода к подземным выработкам, которые характеризуются в течение всего года постоянством температур, в условиях севера легко вентилируются и лишены вредных газовых выделений. Поставленный мной в 1929 г. в этом направлении прогноз оказался совершенно правильным.

Второй очень важной чертой горного дела на Кольском севере является установленный С. А. Красковским на Монче очень высокий геотермический градиент, вследствие чего повышение температуры с глубиной растет очень медленно, достигая на глубинах 500—600 м $+4$ и $+5^{\circ}$.¹ Это ведет не только к возможности успешно работать на больших глубинах, но и к отсутствию термальных вод и к сохранности месторождений (особенно сульфидных) до больших глубин.

Если это явление в дальнейшем окажется характерным не только для ультраосновных массивов Мончи, но и для всего Кольского полуострова, что очень вероятно, то это будет не только очень интересным новым научным фактом, но и фактором большого практического значения, который позволит проводить горные выработки до 1000 и больше метров глубины.²

V. ЛЕДНИКОВЫЙ ПЕРИОД И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ГЕОХИМИЮ ШИТА

История ледникового периода на Кольском полуострове и связанных с ним образований в общих чертах намечена была В. Рамзаем (в 1912 году), а также специальной четвертичной экспедицией Кольской базы Академии Наук под руководством М. А. Лавровой; свои наблюдения и результаты критического пересмотра всей литературы М. А. Лаврова свела в прекрасной монографии большого практического и теоретического значения (1940).

Мы видим, что в ледниковый период центром оледенения на нашем Севере был, с одной стороны, большой ледниковый массив Северного Урала и Новой Земли, а с другой — север Норвегии и Кольский полуостров. В. Рамзай очень удачно отметил борьбу этих двух оледенений, из которых первое было более значительным и более продолжительным, а оледенение севера Финляндии, Норвегии и Кольского полуострова сменялось неоднократно периодами отступления льдов и, наконец, закончилось широкой ингрессией моря с сохранением отдельных языков ледниковых масс, спускавшихся преимущественно с высот Хибин.

¹ А. С. Семенов и С. А. Красковский (1938) отмечают для Мончи градиент в 136—171 м, что значительно превосходит все обычные цифры. ДАН, XXVII, № 4, стр. 353—355, 1939.

² Низкие температуры скважин до глубины 900 м в метаморфических породах Тимана (Ухта) наводят мысль на общность этого явления для всего нашего кристаллического севера.

Ледниковый массив центральных частей Кольского полуострова, повидимому, в более позднее время сменялся другими массивами, расположенными западнее и южнее. Картина распространения валунов и ледниковых шрамов очень осложнилась, но общий ее характер оставался совершенно определенным. Этим ледникам мы обязаны образованию не только огромного шлейфа нефелиновых валунов северной России, но и всей современной морфологической поверхности Хибинского массива, его циркам, вспаханым долинам, спускающимся на дно морских заливов, длинным сельгам, оконтуривающим весь Кольский полуостров с юга, — словом всей современной орографии и геоморфологии, которая в основном есть результат ледниковых процессов и того морозного выветривания, которое наложилось на петрографические и тектонические особенности пород и определило взаимные формы макро- и микрорельефа.

Но наравне с этим выпаживанием и созданием структуры и внешних контуров рельефа ледниковые массы положили начало целому ряду важнейших геохимических образований.

Прекрасные пески замыкающих морен, образовавшиеся из перетертого ледникового материала, мелкоземы, доходящие до глин, частично переотложенные волнами надвигавшегося после ледников моря, галечники, дающие прекрасный материал для бетона, — все это тот тип строительных материалов, с которым особенно приходится считаться на Кольском полуострове. На них строится крупная промышленность, предприятия, котлованы, плотины, фундаменты, и целый ряд вопросов строительства находится в тесной и непосредственной зависимости от этих образований ледникового периода и созданных им форм рельефа.

После отступления больших ледниковых масс море трансгрессировало на кольские низины; его отложения мы находим метрах в 100 выше современного уровня, оно глубоко проникало вверх по долине Колы и Туломы в виде грандиозных фиордов, поднималось из Кандалакши по долине Нивы до самого Пинозера, почти сливалось с озером Имандрой и образовывало тот громадный южный морской язык, который, как это ни странно отметить, как раз намечен на картах Кольского полуострова XVI—XVII столетия. Однако освобожденные от льда горные массивы Кольского полуострова стали подниматься, началось относительное повышение береговой линии, что продолжается и до настоящего времени; долина Кольского фиорда замыкается у Колы. Этот подъем Кольского полуострова в настоящее время идет в общем довольно спокойно, и лишь редкие отдельные сейсмические колебания говорят о том, что создаются местные напряжения и что в отдельные периоды мы можем все же ждать здесь более крупных землетрясений, которые могут наложить свою неприятную печать особенно на гидростроительство. Мы не имеем до сих пор цифровых данных о масштабе подъема Кольского полуострова, но эта тенденция совершенно очевидна. Она вероятно выражается десятками сантиметров в столетия, целыми метрами в течение тысячи лет и определяет целый ряд специфических моментов гидрографии этого района, увеличивая еще те гидроресурсы, которые вызываются разностью высот основных озерных бассейнов Кольского полуострова и уровнями Белого моря и Ледовитого океана.

Глава третья
ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

«Почти всякая земля свои особливые руды имеет, и в новосысканных рудниках новые руды находят».

М. Ломоносов, 1763.

Известные нам полезные ископаемые охватывают только сравнительно небольшую часть Кольского полуострова и очевидно представляют собой лишь небольшую часть той исключительной минерально-сырьевой базы, которая характеризует собой Кольский полуостров в целом. Мы без преувеличения должны считать, что только 8—10% территории полуострова изучены более детально в геологическом и геохимическом отношениях и что трудные географические условия — заболоченность, тайга и ледниковый покров — усложняют поисковые и разведочные работы.

Мы приводим ниже список полезных ископаемых Кольского полуострова, включая в него лишь наши современные знания и откладывая вопрос о расширении этого списка на основе геологического и геохимического прогнозирования до главы V.

Список полезных химических элементов
(в промышленных скоплениях)

Эксплуатируемые или подготавливаемые	Известные или вероятные	Возможные
Водород (H) вода	Магний Mg (оливин, доломит)	Бериллий Be (нефелин, берилл)
Фтор F (апатит)	Железо Fe (эгирин)	Углерод C (графит)
Натрий Na (нефелин)	Стронций Sr (апатит)	Фтор F (флюорит, виллиомит)
Алюминий Al (нефелин, кианит)	Цирконий Zr (эвдиалит)	Хром Cr (хромит)
Кремний Si (нефелин, кварц)	Вольфрам W (щелочные граниты)	Галлий Ga (нефелин)
Фосфор P (апатит, саамит)	Цинк Zn (сфалерит)	Германий Ge (сфалерит)
Сера S (сульфиды)	Свинец Pb (галенит)	Молибден Mo (молибденит)
Калий K (нефелин, полевой шпат)		Серебро Ag (самородное)
Кальций Ca (известняк)		Олово Sn (касситерит)
Титан Ti (сфен, допарит, knobит, титаномагнетит)		Теллур Te (сульфиды Мончи)
Ванадий V (эгирин, титаномагнетит)		Барий Ba (барит)
Кобальт Co (сульфиды)		Гафний Hf (эвдиалит)
Медь Cu (халькопирит)		Рений Re (молибденит)
Селен Se (в сульфидях)		Золото (?) Au (самородное)
Железо Fe (магнетит)		

Продолжение

Эксплуатируемые или подготавливаемые	Известные или вероятные	Возможные
Иттрий и редкие земли (апатит, ловчоррит, лопарит) Ниобий, тантал Nb, Ta (лопарит) Палладий Pd (в сульфидах) Платина Pt (в сульфидах)		Торий Th (мезоторий) (ловчоррит, лопарит и уранинит)

Список полезных горных пород ¹

- * 1. Гранит и гнейс строительный и кислотоупорный; пегматиты см. при полевоом шпате.
- 2. Лестиварит
- * 3. Нефелиновый сиенит (хибинит); см. нефелин (28)
- * 4. Оливинит (и энстатитит) — $(Mg, Fe)_2 SiO_4$ и $(Mg, Fe) SiO_3$
- * 5. Известняк (и ракушечник) — $CaCO_3$
- * 6. Доломит — $CaCO_3 \cdot MgCO_3$
- * 7. Кварцит, песчаник (кровельный шифер) — SiO_2
- * 8. Кварцевый песок — SiO_2
- * 9. Нефелиновый песок $(Na, K)_2 Al_2 Si_2 O_8$
- * 10. Глины кирпичные (и черепичные) — $H_2 Al_2 Si_2 O_8 \cdot n H_2 O \cdot m SiO_2$
- * 11. Торф
- 12. Сапропелит (сапропель)

Список полезных минералов

- 13. Алмаз — C
- 14. Графит — C
- 15. Самородное серебро и самородное золото — Ag, Au

Сульфиды цветных металлов

- * 16. Пирротин (пирит, марказит) — никель, железо, сера — $Fe_n S_{2n+1}$
- * 17. Халькопирит (медь) $CuFeS_2$
- * 18. Пентландит (никель, кобальт) $2(Fe, Co)S \cdot Ni_3 S_2$
- 19. Галенит (свинец, серебро) $(Pb, Ag)_2 S$
- 20. Сфалерит (цинк, германий, галлий) — ZnS

Соли галоидов

- 21. Плавиновый шпат (флюорит) — CaF_2
- 22. Хлористый натрий — $NaCl$

Окислы

- * 23. Магнетит (мартит, гематит) — FeO_4 ; FeO_3 (см. также титаномагнетит).
- 24. Кварц, см. кварцевый песок (8). Дымчатый кварц (морион), горный хрусталь — SiO_2
- * 25. Диатомит (опал) — $SiO_2 \cdot n H_2 O$
- * 26. Вода (снег, лед) — $H_2 O$

¹ Обозначения: * — используемые или готовые к эксплуатации в 1939 г.; v — требующие дальнейших исследований и поисков.

Фосфаты

- * 27. Апатит (и саамит) — $3(\text{Ca, Sr, Na, TR})_3 \text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaF}_2$

Нерудные полезные ископаемые

- * 28. Нефелин — $(\text{Na, K})_2 \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (с некоторым избытком SiO_2) и содалит — $3\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{NaCl}$
 * 29. Мусковит (калевая слюда) — $2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$
 30. Полевой шпат (пегматит) — $(\text{K, Na})_2\text{Al}_2\text{Si}_5\text{O}_{16}$
 * 31. Кянит и силлиманит — Al_2SiO_5
 32. Гранат абразивный (альмандин) — $(\text{Fe, Mn, Mg, Ca})_3 (\text{Al, Fe, Mn})_2 (\text{SiO}_4)_3$
 33. Барит — BaSO_4

Руды редких металлов¹

34. Молибденит (Mo) — MoS_2
 v 35. Титаномагнетит (Ti, V) — $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{FeTiO}_3 \cdot \text{TiO}_2$
 v 36. Сфен (титанит) (Ti) — $(\text{Ca, Sr, Na})\text{SiTiO}_5$
 v 37. Кнопит, перовскит (Ti, Nb, TR)
 v 38. Эгирин (V) — $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$
 v 39. Лопарит (Nb, TR) — $(\text{Ti, Nb})_2 (\text{Na, Ca, Ce})_2\text{O}_6$
 v 40. Эвдиалит (Zr) — силикат Zr, Fe, Ca и Na
 v 41. Ловчоррит (TR, Th) — титаносиликат Ca, Ce, Na
 42. Мурманит (Nb) — ниобо-титаносиликат и фосфат Na, Ca, Mg, Mn, Fe.

Прочие полезные ископаемые

- * 43. Поделочные и музейные камни
 44. Дорожные материалы
 45. Магнезиальные силикаты и карбонаты (талек, тальковый сланц, асбест, магнетит, кольскит)
 * 46. Жемчуг — CaCO_3
 47. Естественные и искусственные краски
 48. Диабазы для литья
 49. Полезные составные части морских бассейнов.

Всего отмечается 59 химических элементов,² к которым следовало бы с практической точки зрения присоединить еще 6 элементов воздуха. По количеству элементов, встречающихся в крупных, частью промышленных скоплениях, мы не знаем не только в Союзе, но и во всем мире другого района, который мог бы соревноваться с Кольским полуостровом. Более детальный анализ отдельных элементов см. в главе IV, стр. 112. Ниже мы помещаем более подробный обзор отдельных полезных ископаемых:

1—2. Граниты (гнейсы) строительные и кислотоупорные (анализы в прилож. XI). Помимо грандиозных количеств гранитов и гранито-гнейсов для строительных и дорожных нужд (например, около Мурманска), имеется и ряд особенно ценных пород гранитного типа: таковы прекрасные керамические, декоративные и кислотоупорные граниты Сайда-губы с запасами свыше 50 млн. т и хорошими условиями транспорта (70 км к северу от Мурманска водным путем и в 16 км от Полярного)³; сюда же относятся и светлые лестивариты⁴ на северо-восточной окраине Хибинских тундр и белые граниты в се-

¹ Намечается возможность добычи берилла (см. гл. IV при бериллие, стр. 112).

² Если считать все редкие земли за единицу, то 44.

³ Керамически изучены хорошо, дают слабую мушку; очень важно низкое содержание окислов железа (0.14—0.46%). Имеется ряд разновидностей, из которых некоторые могут служить для декоративных целей и очень тонкой керамики. Аналогичные граниты отмечаются и около ст. Лапландия (к востоку).

⁴ О лестиваритах см. Е. Н. Егорова-Фурсенко, О генезисе лестиваритов из Лестивары: Зап. Горн. инст. 1939 г., т. XII, вып. 2. Это весьма лейкократовые породы, состоящие преимущественно из альбита и микроклина при очень небольшом содержании кварца (нередко отсутствует). Скопления их на север от Валепакка в Хибинах очень велики. Керамические свойства изучены недостаточно.

верных предгорьях Ловозерских тундр. Известны керамические граниты и близ с. Умбы.

Эти породы пока не используются, но вместе с кианитами и оливинитами являются ценнейшими источниками для снабжения подсобными материалами высокого качества металлургическихстроек всего севера.

3. Нефелиновый сиенит (хибинит). Анализы в прилож. XI.

Крупнозернистый хибинит с высокими строительными качествами используется с успехом в строительстве Кировска (каменоломня Айкуай-венчорра). Характерна низкая теплопроводность, допускающая применение хибинита в строительстве жилых домов (вместо кирпича).

4. Оливинит (и энстатит) (анализы в прилож. XI).¹ Очень крупные запасы высокопроцентных оливинитов дает Лесная варака около разезда Хабозеро. Содержание оливина в породе до 95% (в оливиновых пегматитах до 98%), содержание $Fe_2O_3 + FeO$ до 15—16%. Запасы уже точно подсчитаны, и для открытых работ (при небольшой ручной отборке) намечаются количества во многие миллионы тонн. Это количество обеспечивает возможность получения в любых масштабах (сотни тысяч тонн) огнеупоров высокого качества (выдерживающих до 1800°) как для нужд кольской и ленинградской промышленности, так и для получения магнезиально-фосфорных удобрений и высококачественных добавок или щебня для дорожного дела. Налаживание эксплуатации облегчается легкостью проведения железнодорожной ветки к месторождению (6—7 км), близостью линии высоковольтной передачи и возможностью вести добычу открытыми работами. Новые методы использования оливиновых пород, даже без прибавления магнезии, открывают особые промышленные перспективы.² Помимо этого, несомненно, лучшего в Союзе месторождения оливинита, при добыче руд Мончи в некоторых горизонтах получают боковые породы, по составу отвечающие довольно богато оливином перидотиту (до 50%). Практическое использование этих боковых пород (пустой породы) могло бы приобрести некоторое значение, равно как и отходы обогащения, когда таковое будет поставлено на бедных рудах Мончи или даже на боковой породе богатых жил. В будущем могут приобрести значение как огнеупоры оливиниты и пироксениты (энстатиты) Подас-тундры.³

5 и 6. Известняки и доломиты (ракушечники) (анализы в прилож. XI).

Поиски известняков и доломитов представляют задачу совершенно исключительной важности. Повидимому, практически она более удачно решается по линии тех образований, которые связаны с древним архейским комплексом, но она может и должна быть поставлена очень серьезно в «цветном поясе» Имандра — Варзуга, где отдельные линзы не должны ограничиваться лишь районом участка Апатиты — Титан и по р. Варзуге, а, очевидно, будут открыты и в других районах. Успешное «отбивание» гнейсов от известковых линз геофизическими методами представляет основной метод поисков в этом районе.

В настоящее время мы знаем на Кольском полуострове следующие месторождения:

¹ См. сводку об ультраосновных породах Кольского п-ва в томе II «Производ. силы К. П.», 1941.

² О применении в огнеупорной керамике см. стр. 253. Интересно открытие, что оливинитовые огнеупоры являются катализаторами в топках беспламенного горения. М. Б. Равич. ДАН, XXVI, № 1, 1940.

³ Эти же породы путем обработки серной кислотой могут дать сернокислые соли магнезии, а при обработке фосфорной кислотой — ценные для удобрений магнезиальные фосфаты (особенно для культуры свеклы).

А. У ст. Титан — известняки (несколько глинистые и кремнистые) и доломиты серые и белые, более чистые кристаллические. Примеси — кварц, хлорит, биотит, магнетит и апатит. Запасы очень велики и определяются многими десятками миллионов тонн.¹ Выгодно расположение линз всего в 12—15 км от ст. Титан, примерно по намеченной трассе нового железнодорожного пути на восток. Однако качество их для получения гидравлической извести невысоко, — очень велик нерастворимый остаток: в известняках — до 25%, в доломитах — до 15%. В 1939—1940 гг. начаты более детальные разведки (см. описание у П. Чирвинского, 1940); наместились более чистые разности известняков (до 82% CaCO_3). Идет подготовка строительства цементного завода.

В. Самые крупные месторождения на площади около 30 км (больше) по Варзуге и Пане. Тип аналогичен первому, качество не выше, сильно силифицированы. Запасы грандиозны, но пока практически совершенно недоступны для эксплуатации. Интересна их связь с первоклассными кварцитами (как кислотоупорным и облицовочным материалом для печей). Геологически и технически изучены недостаточно.

С. Очень своеобразно и необычно месторождение доломитизированного известняка у ст. Апатиты (всего в 500—600 м от линии железной дороги). Он залегает в виде линзы «Доломитовая варака» среди биотитово-серицитовых парагнейсов. Мощность 1—11 м, простирание — (предварительно) свыше 250 м. Загрязненность карбоната довольно высока (см. анализы в прилож. XI).

Д. На острове Кильдине известны довольно большие запасы доломитов и слабо доломитизированных известняков низких качеств (с MgO 3—4,5%; последних выявлено до 3—4 млн. т). Для обжига на известь эти известняки приемлемы. Имеются и типичные доломиты. Необходимы подземные выработки, что очень удорожает сырье.

Е. Наиболее интересны для химической промышленности Кольского полуострова известняки магнетитовых месторождений Ковдорозера (Юны), где они могут получаться частично попутно при добыче руды открытыми выработками или из специальных карьеров. Запасы определяются многими десятками миллионов тонн.² Они носят характер частью крупнозернистых (местами разрушенных в дресву) мраморов с включением контактных минералов (апатита, флогопита, магнетита и скарновых силикатов). Общее содержание в них MgO и SiO_2 не велико, хотя и непостоянно;³ анализы сильно колеблются, указывая иногда до 10% апатита. Месторождения вытянуты в виде отдельных линз, мощностью в 50—100 м, по простиранию — до 250—600 м.

Практические указания при поисках известняков и доломитов. Как видно из сказанного, высококачественные карбонаты по-прежнему дефицитны на Кольском севере. Помимо более детального

¹ Можно считать, что мощность линзы карбонатных пород около 100 м, глубина залегания условно до 100 м; при этих показателях на каждый километр простирания линзы приходится до 3 млн. т карбонатной породы. Доломитизированные известняки в рельефе устойчивее. Ю. П. Ивенсен (1939) дает запасы в 150 млн. тонн.

² К весне 1940 г. выявлен запас в 25 млн. т, вполне подготовленный для эксплуатации. Часть известняков сильно разрушена и превращена в рыхлую массу (работы Североникеля).

³ Очень важны и могут быть с успехом использованы известняки и скарны района оз. Vuoriajärvi (см. анализы в прилож. XI). Имеются очень чистые разности. Месторождение не разведано, но, повидимому, велико, сходно с Ионским, так как содержит магнетит (и богатый титаном титаномангнетит). См. подробнее при описании железных руд стр. 60. Возможно, что месторождение Vuoriajärvi связано с полосой протерозоя у Кукаозера.

изучения и использования осадочных пород полуострова Рыбачьего и острова Кильдина, необходимо обратить внимание на следующее:

А. В основном карбонатные породы связаны прежде всего с «цветным поясом», причем мы имеем в нем дело с отдельными линзами и прослойками доломитов и мергелистых серых известняков, слабо окварцованных или же сильно силифицированных и метаморфизованных. Последние встречаются преимущественно в частях приимандровского пояса (острова Имандры, район Вити-губы с Чуна-тундрой и др.), однако нет никаких оснований предполагать отсутствие известняков и в северо-западном, особенном важном для промышленности районе.¹ Очень вероятны линзы известняков в восточной части пояса в районе Паны, Варзуги и Стрельны, где особенно широкое развитие пояса позволяет встретить все горизонты разреза. При поисках необходимо иметь в виду, что практически по рельефу зоны карбонатных пород приходится на понижения, обычно занятые озерами и болотами, что очень затрудняет поиски (особенно это относится к известнякам и в меньшей степени к доломитам). Только детальное изучение стратиграфического разреза пояса, тектоники отдельных участков и применение геофизических методов разведки и оконтуривания карбонатных линз позволит решить эту важную поисковую задачу.

Б. Вторая свита, в которой надо углубить поиски известняков, — это свита Кейв, где в верхней ее части указываются известковистые песчаники, а также метаморфизованные линзы известняков.

В. В древнем гнейсовом архее южной полосы намечается ряд линз известняков и доломитов, к которым в районе Ионы, Африканды и Хаб-озера приурочено проникновение различных магм с образованием скарнов и своеобразных щелочных и ультраосновных комплексов (см. подробнее стр. 176). Имеются все основания ожидать еще новых находок таких линз; при этом интересно отметить, что в этой древней свите, в противоположность карельскому «цветному поясу», мы встречаемся чаще с чистыми известняками, чем с доломитами, что практически очень важно. Нахождение обломков таких пород в конгломератах около Кандалакши заставляет ожидать их где-либо в районе течения р. Канды.

Необходимость продолжения форсированных поисков карбонатных пород заставляет принять ряд мер для их поощрения (объявление конкурсов, выдача специальных наград, организация туристических отрядов).²

В виде дополнения можно указать, что некоторое местное значение, как источник чистой извести и как известковое удобрение, могут иметь и ракушечники — отложения послеледниковых морей. Их поиски должны быть связаны с изучением четвертичной геологии и накопления осадков по Мурманскому побережью и его фиордам. В отдельных случаях они могут обещать десятки тысяч тонн (СаО), например, в заливе Териберки (1930).

7. Кварциты (песчаники, точильные камни, кровельный шифер). На Кольском полуострове известны исключительные по масштабу запасы кварцитов, при этом частично очень высоких технических качеств, как огнеупорный, кислотоупорный материал и флюс. Запасы миллиардные, частично очень удобные для эксплуатации (Монче-губа, Риж-губа, Чокваренч, верхнее течение р. Умбы, р. Варзуга, устье р. Поноя). Кварциты Имандры (Риж-губа и Вурэ-

¹ Эта мысль подтвердилась находкой линзы известняков в кварцитовом месторождении Риж-губы (1940).

² См. очень интересный отчет Ю. П. Ивенсена и Л. Ю. Пазюк с результатами работ известковой поисковой партии 1939 г.

чайвенч) используются как флюс для металлургии Мончи, частично они могут идти и на получение динаса.¹ Помимо этих кварцитов, тесно связанных с доломитами и известняками карельских отложений, известны строительные песчаники на Рыбачьем полуострове и на острове Кильдине, где они частично носят характер шифера, довольно высоких строительных качеств. Эти своеобразные сланцы могут быть использованы как кровельный материал, как материал для точильных брусков и для электроизоляционных целей (доски). Запасы практически неисчерпаемы, но неизвестны свойства раскалывания при переходе к более глубоким горизонтам. Пока разведан участок шифера в 600 000 м³.

В качестве точильных брусков могут быть использованы некоторые песчаные филлиты Карельской свиты (например, по фр. Пяне и Варзуге), а также иотнийские красные песчаники, которые перерабатывало на точила местное население Терского берега (например, в Кашкаранцах).

8. Кварцевые пески известны в ряде районов, частью с графитом и магнетитом. Таковы карьеры железной дороги на разных километрах (1186, 1272, 1410, 1440 км). См. кварц, стр. 61.

9. Нефелиновые пески (анализы в прилож. XI).

См. подробнее в главе о нефелине (стр. 72). Сюда относятся и пески наволоков восточного берега Имандры и наносы хвостов нефелиновых в р. Белой и губе Белой большого промышленного значения. Подготовленные запасы в естественных наволоках свыше 10 млн. т. Не плохие пески, но смешанного состава, известны в моренах Хибин (например, у базы туризма и Ботанического сада Кольской базы АН).

10. Глины (анализы в прилож. XI).

Промышленные скопления глин связаны с четвертичными террасами и в общем довольно многочисленны. Лучшие месторождения этого типа: у ст. Шонгуй, на Кильдинском ручье (у Колы), на р. Ниве, по р. Колвице и около сел. Кандалакши. Особенно интересно месторождение глины у Кильдинского ручья (в 23 км от Мурманска), довольно высоких технических качеств (не только кирпичных, но и гончарных) с подготовленными запасами в 4 млн. кубометров. Чистота глин и постоянство состава при очень больших запасах дает возможность получения хорошей черепицы и грубых гончарных изделий. Месторождения более высоких горизонтов на о. Имандре весьма редки и по свойствам ниже указанных. Наибольший интерес при поисках (по А. А. Полканову) представляют собой верхние горизонты четвертичных отложений (июльдиновых террас). В общем прибрежные части, заливавшиеся послеледниковыми морями, богаты глинами — кирпичными и частично годными для черепицы и простой керамики (посуды). Подсчитанные на I/IX 1934 г. запасы свыше 18 млн. кубометров. Особенно богат глинами район р. Колы, где эти запасы вполне обеспечивают работу двух заводов с производительностью в 100 млн. кирпичей в год. Неплохи глины и по р. Туломе в нижнем ее течении (возможен завод на 10 млн. кирпичей).

11. Торф (см. в главе VIII, энергетика, стр. 221).

Запасы очень велики и подсчитаны еще не полностью. Всего насчитано по полуострову 73 000 га болот с запасами воздушносухого торфа около 128 млн. т.² При переводе на условное топливо эти запасы

¹ Содержание SiO₂ в среднем около 85%, но есть более чистые сорта, до 90—92% кремнезема.

² По данным А. В. Звонова (май 1940), запасы распределяются по категориям так: А — 2.7 млн. т; В — 3.0 млн. т; С — 121.9 млн. т.

отвечают 64 млн. тонн, что при годовой потребности области примерно в 1 млн. т весьма значительно. Зольность колеблется в пределах 1.56—11.2, среднее 4.6%. Теплопроизв. способность 4750—5376 больших калорий на сухую массу. Степень разложения средняя.

Во всех районах преобладают болота низменные (85%) — осоковые, гипновые, сфагново-торфяные, сфагново-осоковые и лесные.

Повидимому, наиболее богатые скопления торфа сосредоточены не в западной, а в восточной и в частности — юго-восточной части полуострова. Специальные экспедиции Кольской базы АН в 1938 г. наметили здесь грандиозные запасы в отдельных болотах районов рр. Варзуги и Стрельны.

12. Сапропелит. Особенно богатых скоплений сапропеля (из водорослей) в озерах пока неизвестно, хотя примесь его желеобразных оливково-бурых масс к диатомовым осадкам, особенно низовых озер, постоянна и вызывает при обжиге особенно ценные свойства дисперсности диатомита. Поиски чистых сортов сапропеля желательны, хотя большого практического значения, вероятно, он иметь не будет (см. болота района Охтоканды, Тикгубы и др.). В некоторых участках болот Охтоканды мощность осадка сапропеля достигает 1.5 м; слои в 20—30 см отмечались на дне южных участков Имандры, особенно Иокостровской. Отмечается сапропель и в озерах Полярного района.

13. Находка кристаллов алмаза в гранатовых песках р. Паз (Пасвик)¹ вызвала 50 лет тому назад оживленные, хотя и безрезультатные поиски этого минерала в выносах основных пород (М. Мельников и С. Конради). Новые поиски в 1938 г. в образованиях «взрывных» трубок района Африканды также не привели к положительным результатам. Однако мы не считаем вопрос окончательно решенным, и потому необходимо поставить систематические поиски при помощи плановой штиховой съемки, особенно элювиальных верхов выходов ультраосновных пород. В частности район ультрабазитов, может быть, и гранулитов северо-запада требует особого к себе внимания.

14. Вопросы поисков графита, угля и битуминозных осадков представляют исключительный интерес, и поэтому на их анализе необходимо несколько остановить внимание. Соединения углерода практически могут быть связаны в наших районах лишь с протерозойскими свитами типа Кейв, цветным протерозойским поясом и девонскими осадками.² Последние мало обнадеживающи, и самый тип этих осадков (песчаников) не позволяет проводить аналогию с девонскими отложениями Канина Носа или северо-западных склонов Тимана.³ Очень характерна графитоносность (распыленная) свиты Кейв (серый кианит); здесь графит иногда обособляется в кварцевых жилах (у Семиостровного погоста). Наиболее интересным в этом отношении является «цветной пояс», где известны слабо битуминозные породы в среде известняков р. Варзуги (П. Соколов, 1936) и особенно скопления графитовых сланцев и линз довольно чистого графита, отмечаемых ошибочно при геофизической разведке как «сульфидные» в районе ст. Апатиты. Эти скопления не изучены, местами они содержат до

¹ Ныне находится на территории полярной Финляндии.

² Если и можно ожидать находок где-либо уцелевших отложений карбона или перми, то вряд ли они смогут иметь какое-либо практическое значение. См. Г. П. Пономарев в книге: *Контуры геолог. проблемы севера*, изд. ЦНИГРИ, 1935, стр. 28. Практически важнее ориентировка поисков углей, нужных для кольской промышленности, на восток: западные склоны Тимана, и, может быть, Тимано-Онежскую область.

³ Об углях верхнего девона см. стр. 311 в прилож. IX.

18% углерода; должны быть проведены испытания на V и Mo (по аналогии с шунгитом). Интересна их генетическая связь с пиритом или пирротином. Вероятно, к этому же типу относятся слюдяно-графитовые гнейсы р. Кицы с содержанием нескольких процентов графита, следов As и Mo и пирита; желательна их разведка¹. Специфический характер имеют и мелкочешуйчатые гранулиты северо-запада полуострова (содержание углерода до 3—4%) — на горе Нямельлаг в средней части Туадаш-тундры. Никакого значения не имеют листочки графита в кварцевых и пегматитовых жилах разных частей древних гнейсов, где они нередко ошибочно принимались за молибденит. Чисто теоретически интересно нахождение большого количества листочков графита (до 4—7% углерода!) с молибденитом в месторождениях последнего в Хибинах (Тахтарвумчорр).² Научно особое значение имеет нахождение карбоцера в пегматитах Хибинских тундр, указывающего на наличие летучих соединений углерода.

Наконец, отметим «графитоносность» некоторых горизонтов гиперборейских отложений Рыбачьего полуострова.

15 а. Золото (Au) самородное. Случайные указания³ на Au на западном берегу Имандры и в районе Нотозера и его левых притоков (россыпное).³ Кое-что дали работы Союзредметразведки в 1934 г. (по Западной Лице, Ноте, Лоте, Туломе). Однако систематические поиски до сих пор не ставились, плановые шлиховые работы не производились, тогда как в соседних районах Финляндии, на юг от оз. Энаре (Инари), известны в гранулитах кварцевые жилы с сульфидами и золотом (вероятно, каледонского возраста). Поиски совершенно необходимы, тем более, что геохимически является вообще непонятным отсутствие золотых жил на Кольском полуострове. Генетическая связь золота с гранулитами, указываемая для Финляндии С. Е. Вегманом, не доказана (1929), но вероятна. А. А. Полканов указывает кварцевую жилу с сульфидами, магнетитом и гематитом у Туломского Падуна; она несколько сходна с жилами оз. Энаре.

Необходимо обследование кварцевых жил гранитных массивов разного возраста (как древнего архея, так и более молодых), а также широкое применение шлиховых методов изучения аллювиальных образований, особенно в верхах речек, стекающих с гранитных и гранито-гнейсовых массивов.

О золоте см. стр. 132.

15 б. Серебро (Ag) самородное. Богатые находки серебра в 1732 г. на острове Медвежье в Кандалакшском фиорде до самого последнего времени не повторялись, и многочисленные исследования и поиски, несмотря на затраченную энергию, довольно единодушно привели к отрицательным результатам. И все же нельзя считать вопрос окончательно решенным, тем более, что мы имеем аналогию этих образований с подобными же жилами Полярной Канады (Медвежье озеро) и Южной Норвегии (Конгсберг), где они с успехом эксплуатируются.

¹ Более интересен графит в архейских гнейсах верхнего течения Кицы.

² В концентратах молибдена содержание графита доходит до 26%! При этом интересна симбатность содержания молибденита и графита (анализы Горного института).

³ Первое относится к образцу золота в кварце, привезенном проф. Н. И. Прохоровым. Отмечается содержание Au и в кальцито-баритовых жилах Западного Мурмана. На золото у Колы есть указание еще 1558 г. (Olai Magni). «В 1732 г. крестьянин Звонков отметил золото на правом берегу р. Поной, в губе Русинихе и у дер. Чернореченской» (Н. Дергачев, 1877).

См. по этому вопросу далее стр. 195.

16. Пирротин (пирит, марказит); анализы в прилож. XI. Пирротин или магнитный колчедан представляет несомненный интерес на Кольском полуострове. Однако его практическое использование должно быть обосновано рядом экономических и технических предпосылок, и все его месторождения нуждаются в детальном и глубоком анализе.¹ Поэтому мы прежде всего дадим характеристики тех различных типов пирротина, которые известны на территории Кольского полуострова, а затем перейдем к некоторым выводам общего характера.

Распределение пирротина по отдельным стратиграфическим комплексам древних свит Кольского полуострова весьма сложно. Мы имеем здесь не менее шести различных типов разного химического состава, разной природы, разного генезиса и разных магнитных свойств. Последнее необходимо иметь в виду при анализе и магнитной сепарации этого материала. Можно наметить следующие основные типы:²

1. В древних архейских гиперстеновых гнейсах и оригах. Этот тип связан с первой эпохой постархейского диастрофизма, обнаруживает небольшое содержание никеля и меди; однако скопления этого минерала пока нигде не имеют промышленных масштабов; более характерен для северо-западной части Кольского полуострова.

2. В гранулитах древних архейских свит — характерные пирротиновые оруденения с накоплениями местного графита. Промышленно мало интересны.

3. Первичные (вероятно по большей части осадочные) пирротины или продукты их образования из пирита в «цветном поясе» Карелии. Сюда относятся, прежде всего, так называемое «внешнее» кольцо Хибинских тундр с его восточной и западной половинами, а также продолжение этого пояса на северо-восток в части Кучин-тундры и зоны осадков Тунтури вплоть до района финляндской Печенги (Петсамо). Характерно весьма низкое содержание никеля, меди и благородных металлов и колебания содержания серы (не свыше 26%). Запасы довольно значительны и имеют промышленное значение, как местное серно-кислотное сырье.

4. В перидотитах и других ультраосновных породах цветного пояса так называемого типа Монче-тундры пирротин, как руда с высоким содержанием никеля, меди и кобальта — основной и наиболее ценный промышленный сульфид Кольского полуострова.

5. В нефелиновых сиенитах Хибинских тундр, внешнее кольцо (в самом хибините) и внутреннее кольцо (контакты с фойяитами).

6. Пирротины фальсанд Кандалакшского фиорда.

К сожалению, до сих пор различие в генезисе, в составе и типах перечисленных пирротинов не освещено. Между тем, для каждого из этих типов характерны разновидности различных свойств и разных периодов кристаллизации. Так, например, для самой Мончи можно перечислить ряд переходов между промышленными никелевыми пирротинами жильных руд Ниттис-Кумужьей и более телемагматическими образованиями Волчьей тундры.

Перехожу к краткой характеристике отдельных наиболее важных месторождений пирротина:

А. Пирротины комплекса Мончи. Нет никакого сомнения, что эти пирротины представляют наибольшую ценность на Кольском полуострове, так как определяют собой направление никелевых разра-

¹ Тем интереснее наличие нескольких типов пирротина в одном месторождении.

² Чисто минералогическое значение имеет пирротин пранитных пегматитов Ионы (со слюдой).

боток. Сюда относится очень большое число месторождений, из которых упомянем лишь самые крупные: Монча (Нюдуаивенч, Сопчуайвенч, Ниттис-Кумужья, Травяная варака), Волчья и Лосевые тундры, Сальная тундра, Подас-тундра (в верховьях реки Ноты), Пулмас-тундра — между рр. Воронья и Харловка, тундра Федорова, тундры Панских высот (сульфиды вероятны) и ряд отдельных выходов основных пород в восточном продолжении «цветного пояса», вплоть до устья Поноя. Этот тип пирротина металлографически хорошо изучен, причем ценность его обычно заключается в высоком содержании никеля, кобальта, частично селена (с примесью благородных металлов). Очень сложное прорастание пирротина с чисто никелевым сульфидом — пентландитом и медным колчеданом определяет основную ценность как рудных жил этого типа месторождений, так и рассеянных первичных руд, накопленных в отдельных горизонтах ультраосновных пород. Поиски этого типа тесно связаны вообще с изучением основных массивов, преимущественно связанных с «цветным поясом» протерозоя, и нет никакого сомнения, что по мере развития геофизических разведок нахождение новых месторождений значительно расширит и углубит наши знания руд этого типа.

Б. Пирротины фальбанд Кандалакшского фиорда.¹ Фальбанды Кольского полуострова являются северным продолжением на Кольском берегу фальбанд Керети (Северная Карелия) и, повидимому, связаны с гиперстеновыми гнейсо-диоритами и импрегнацией сульфидами боковых гнейсов. Оруденение в общем довольно слабое и в известных в районе Порьей губы точках недостаточное для промышленной эксплуатации. Совершенно невыясненным остается протяжение этих фальбанд к северу, причем не исключена возможность нахождения точек более повышенной концентрации металлов. В единственно исследованном районе Порьей губы запасы пирротиновых руд достигают 130 тысяч тонн с содержанием никеля, меди, цинка, золота, серебра. Общая характеристика фальбанд не внушает большого доверия к возможности их использования, и исключительный интерес к ним может быть связан с суммарным использованием всех сульфидов и особенно с поисками пересечения фальбанд более молодыми карбонатно-баритовыми жилами, т. к. в этих точках, по аналогии с Норвегией, можно ожидать выпадения в больших количествах более молодых сульфидов и в особенности — самородного серебра. Именно к этому типу генезиса и надо отнести месторождения Медвежьего острова, в Кандалакшском заливе, столь сходные во многих отношениях с серебряным рудником Конгсберга в Норвегии. Задачей наших исследований пирротинов этого типа является выяснение их генезиса в районе Порьей губы и поиски их продолжения на север и северо-восток, путем применения специальных геофизических методов разведок. См. о фальбандах стр. 156.

В. Пирротины Хибинских тундр. Поскольку пирротины наружного кольца Хибинских тундр, по нашему мнению, генетически непосредственно не связаны с самой хибинской магмой, мы должны отдельно рассмотреть те своеобразные пирротиновые образования, которые характерны в самих целочных массивах. С одной стороны, мы встречаемся с отдельными спорадическими линзами пирротина в крупнозернистых хибинитах наружного кольца. Они не имеют практического значения, но генетически подтверждают то характерное обогащение магмы серой, которое определяет собой специфические черты Хибин-

¹ Некоторую аналогию представляют явления обогащения пиритом и пирротинном амфиболитов в северо-западной части Кольского полуострова (А. А. Полканов).

ских и Ловозерских тундр и вызывает частичную замену содалита гакманитом, с содержанием серы свыше 10%.

Гораздо более интересно, но, к сожалению, очень плохо изучено внутреннее кольцо пирротинов, прослеженное пока всего лишь на 8.5 км на контакте между фойяитами и ричесорритами (в районе Ричесорра, Кукисвумчорра, Юкспора и Эвеслогчорра). Мощность этих образований колеблется от 1 до 20 м, содержание пирротина местами достигает 60—70%, с местным обогащением молибденитом и сфалеритом. Наличие в этом кольце своеобразных контактных минералов и некоторый местный избыток кварца говорят нам о том, что генезис этого кольца не может быть полностью объяснен просто сульфидными эманациями по стыку двух разнородных пород. Есть некоторые основания думать, что мы имеем дело с метаморфически измененной зажатой полоской той кровли, которая некогда покрывала Хибинские тундры. К этой дуге (разбивающейся на ряд параллельных зон) относится большое вздутие пирротиновой жилы Ричесорра, месторождение молибденита на Кукисвумчорре, под названием «Ласточкино гнездо», и ряд выходов по внутренним склонам Юкспора и Эвеслогчорра за перевалом Лопарским (Саамским). Хотя пока нет больших оснований, чтобы признавать особый практический интерес месторождения «Ласточкино гнездо», лежащего в трудно доступных частях Хибинских тундр, тем не менее его исследования весьма любопытны и с генетической точки зрения. Имеющиеся данные пока не позволяют расшифровать природу внутреннего кольца пирротинов и, прослеживая его далее по дуге, отыскать выходы, более богатые пирротином (с Mo, Zn, Cu, F, Ti, Fe, S). К тому же эта зона интересна по возможному содержанию золота и серебра, которое могло бы оказаться повышенным в отдельных частях этого очень своеобразного и мало изученного типа.¹

Г. Пирротины «контактных» зон Хибин. С южной и западной частей Хибинских тундр к нефелиновому сиениту примыкает «цветной пояс» карельских осадков протерозоя, среди которого и наблюдаются скопления весьма значительных запасов пирротина.² Одни из них более тесно связаны с самими контактами хибинитовой магмы, другие залегают непосредственно в кремнистых и углистых сланцах, третьи — позволяют намечать связь с интрузиями и экструзиями основных изверженных пород, столь характерных для пестрой свиты «цветного пояса». До сих пор, однако, крупные месторождения этого типа в районе Хибин известны лишь вблизи самого Хибинского массива, что заставляет предполагать его роль не только при перегруппировке древних пиритовых линз в пирротин, но и некоторую миграцию и вторичную концентрацию сульфидов под влиянием тепла щелочной интрузии.³ За последнее говорит и некоторое содержание молибдена, обнаруженное в одной из разведок этой дуги. Пояс, прослеженный пока на 20—22 км, разбивается на три части: восточную (на склонах Ловчорра) у так называемого Пирротинового ущелья (со средним содержанием серы в 27%), западную (на склонах Тахтарвумчорра), от 5-го километра Апатитового шоссе почти до станции Хибины (22 аномалии) и северо-за-

¹ Имеющиеся исследования М. И. Ицыксона, А. Н. Лабунцова, Г. Т. Кравченко и других показывают, что мы имеем дело с очень интересными и своеобразными месторождениями пирротина, пирита, сфалерита, молибденита, титаномагнетита и др.

² Ср. описание этого типа пирротинов в Финляндии: Hausen. Zeit. f. pr. Geol. 1940, янв. 1—6.

³ Для района Пирротинового ущелья намечается, однако, более тесная генетическая связь с щелочной магмой. За это говорит и наличие своеобразных пегматитов в самом хибините южного цирка Айкуайвенчорра — с пирротинном, флюоритом, ринколитом, ловчорритом, сфеном и апатитом.

падный участок, обнаруженный пока в виде отдельных случайных точек на острове Высоком, на западном берегу оз. Имандры у Вити-губы и далее к северу, почти до самого месторождения Мончи. Намечается еще промежуточный участок между станциями Апатиты и Титан с 14 аномалиями.

Лучше изучен средний участок (у ст. Апатиты), проверенный многочисленными геофизическими исследованиями, которые обнаружили здесь свыше 40 аномалий; запасы изученных месторождений по первому и второму району определяются по категории А + В в 2 млн. т, а С — около 7 млн. т (со средним содержанием серы в 18%).¹ Нет никакого сомнения, что этим измеряется лишь небольшая часть реальных запасов, превышающих, вероятно, указанную цифру в несколько раз. Хуже обстоит с анализом этих пирротинов. Содержание серы в них в среднем колеблется от 12 до 24%, однако среднее многих выработок дает 18—20%. Путем обогащения, согласно опыту, произведенному в Кировске, содержание серы может быть доведено до 34—36%, но возникает ряд трудностей по транспортировке концентратов, в виду самовоспламеняемости колчедана. Для Пирротинового ущелья и залежей В отмечается ничтожное содержание никеля, кобальта, меди и в общем довольно постоянное повышенное содержание цинка.² В ряде аномалий, расположенных дальше от массива, пирротин замещается пиритом.

Как указано, характерно в одной из аномалий содержание молибдена и высокое содержание углерода, с переходом кремнистой породы иногда в настоящий графитовый сланец.

Технологические исследования пирротина показали, что он может применяться для получения серной кислоты, особенно при некоторой переделке самих обжиговых печей, и что поэтому его следует рассматривать как сырье местного значения, которое могло бы на месте давать дешевую серную кислоту или быть непосредственно использовано для получения сернистого газа, как источника сернистоокислых процессов переработки нефелина. Наконец, этот же пирротин мог бы идти для увеличения содержания серы при переработке кобальтовых шлаков, которая намечена на заводе в Мончегорске. Во всяком случае, необходимо продолжать исследования этого своеобразного типа сульфидных руд Кольского севера, поиски более богатых участков с более высоким содержанием пирита и с выяснением наличия более чистых линз, которые позволяли бы непосредственно получать сырье с содержанием серы не ниже 28%, что стало бы рентабельным даже для экспорта на ленинградские заводы. К сожалению, до сих пор нет точных данных относительно содержания в этих пирротинах благородных металлов.

Д. Пирротины тундры Кучин. Помимо тех пирротинов, которые связаны с основными магмами и серпентинитами в северо-западной оконечности карельской свиты, там, где она переходит в формацию Тунтури финляндцев, в районе Петсамо (Печенги), мы имеем дело с рядом выходов пирротинов осадочного типа, совершенно аналогичных вышеуказанной внешней дуге Хибинских тундр. И генетически, и стратиграфически они сходны с последними и потому могут служить доказательством независимости генезиса «хибинских пирротинов» от щелочной магмы. Описываемые пирротины залегают в кремнистых сланцах,

¹ О степени разведанности можно судить по следующим цифрам, выражающим в процентах запасы отдельных категорий:

$$\begin{array}{cccc} A_2 & B & C_1 & C_2 \\ 3.7 & 15.6 & 70.5 & 10.2\% = 100\% \end{array}$$

² Указывается и небольшое содержание золота, но проверенных анализов нет; отмечается и мышьяк (арсенопирит); доказано присутствие платаны и молибдена.

частью весьма обогащенных графитом. Интересны находки пирротинов с никелевыми выцветами. В ряде случаев наблюдаются переходы между пирротинами ультраосновной магмы и пирротинами осадочной карельской свиты. Наиболее интересные участки позволяют установить запасы до 1 млн. т на протяжении более 4 км. Точных анализов и технологических исследований не имеется. Однако известно, что среднее содержание редко превышает 15% (на серу) и что во всех пирротинах отмечается небольшое, но изменчивое содержание никеля (не свыше 0.1%), иногда немного мышьяка. За последние годы были проведены новые исследования пирротинов этой зоны, которые дали более обнадеживающие материалы, обнаружили несколько очень крупных и мощных линз, и поэтому необходимо признать значительный практический интерес этого района (как источника серной кислоты) и необходимость точного его исследования путем применения методов как геофизики, так и бурения. Содержание серы доходит здесь до 30% в валовой пробе (например, по тундре Кеулик).

Общие выводы. Таким образом, мы видим, что кольские пирротины заслуживают большого внимания в двух направлениях: одни из них, непосредственно связанные с основной магмой, являются основой медно-никелевого производства, другие отличаются весьма низким содержанием побочных и редких металлов и могут рассматриваться лишь как вспомогательное, в общем низкосортное сырье для получения серной и сернистой кислот на месте.

Подчеркивая огромное практическое значение первых пирротинов, выдвигающих Кольский полуостров на второе место в мире по никелевым рудам, необходимо трезво относиться к практическому применению второго типа и до выяснения новых, более богатых месторождений воздержаться от крупных капиталовложений и попыток использовать их как сырье для ленинградской химической промышленности. Однако эта точка зрения несколько не противоречит необходимости закончить детальное исследование как самих месторождений, так и методов технологического их использования на месте.

Приложение к пирротину

Пирит и марказит.

По сравнению с пирротином эти два сульфида железа встречаются значительно реже, и, к сожалению, до сих пор мы не знаем настоящих промышленных скоплений этих минералов. Это менее важно по отношению к марказиту, который минералогически известен лишь в нескольких месторождениях: в пирротинах хибинской дуги «цветного пояса», во вторичных или вернее наиболее поздних сульфидах Мончи и в единственной чисто сульфидной жиле, в гранитах становища Шельпино (восточный Мурман). Практически вряд ли представляют интерес запасы этого минерала на Кольском полуострове, так как он обычно связан с верхами рудных жил, практически неизвестными на Кольском щите; может быть представило бы интерес только выделение марказита из сульфидов Мончи с целью его опробования на таллий, который известен в ряде поздних марказитов.

Гораздо интереснее и важнее геохимия пирита, который известен на Кольском полуострове в 30—40 отдельных точках, самого разнообразного генезиса, парагенезиса и возрастных соотношений,¹ но нигде

¹ Отметим указанную выше пиритовую жилу с марказитом и кальцитом в гранитах ст. Шельпино на Мурманском берегу, кристаллы пирита в полиметаллических

не намечает сколько-нибудь серьезных скоплений.¹ Однако по аналогии с другими частями фенноскандинавского массива в поисковых работах на пирит мы должны были бы обратить внимание на следующие типы:

1) древние фальбанды в древних гнейсах,

2) первичные пиритовые линзы в «цветном поясе» карельских отложений вне зон контактного воздействия позднейших интрузий.²

Тем не менее, ясных и четких указаний и прогнозов в этом направлении сделать пока нельзя.

17. Халькопирит (медный колчедан).³ В небольших количествах халькопирит нередко сопровождает пирит и пирротин в разных типах месторождений, однако всюду в них он играет ничтожную роль. Столь же незначительны и мелкие зерна халькопирита и борнита в апатито-нефелиновой породе Хибинских тундр. Основное значение в комплексе рудных образований «цветного пояса» типа Мончи принадлежит медному колчедану. Как указано будет подробно в главе по геохимии меди, халькопирит относится к более поздней кристаллизации сульфидного комплекса, и поэтому мы встречаем его чаще всего в центральных или конечных частях жил, где он является продуктом отщепления последних полужидких сульфидных фаз. Взаимоотношение медных сульфидов и пентландита характеризруется в металлографических работах Кольской базы, однако геохимическая характеристика халькопирита еще недостаточно ясна; общие представления о преимущественном накоплении этого минерала в дистальных частях жил в общем находят себе подтверждение.

В типичных контактных зонах Ньюдауйвенча как будто намечается относительно большее накопление халькопирита, чего и следовало ожидать в месторождениях более телемагматического типа, например — Волчьих тундр. В то время как нужно ожидать, что количество халькопирита будет уменьшаться с глубиной, факты не подтверждают этого теоретического предположения, а некоторые местные исследователи считают, что, по аналогии с Сёдбери в Канаде, количество меди будет увеличиваться по направлению к нижнему контакту.

Во всяком случае, вопросы взаимоотношений и соотношений меди и никеля еще недостаточно выяснены и представляют очень важную не только теоретическую, но и практическую задачу, так как их выяснение позволит в дальнейшем вести более планомерно поиски медно-никелевых руд. Типичные выцветы зелено-синего цвета среди бурых потеков позволяют использовать наличие медного колчедана как поисковый признак для сульфидов меди и никеля во всем поясе Карелии, и уже намечается ряд отдельных точек в восточной его части, где обнаружены отдельные намазки медных соединений (например, по р. Варзуге). Содержание халькопирита в полиметаллических жилах Кан-

жилах северо-западного побережья Мурмана, в фальбандах островов и берега Кандалакшского фиорда, в кварцевых жилах северо-западной части Кольского полуострова и ряд других.

¹ Очень интересны находки кобальтоносного колчедана (пирита или марказита) в пирротиновых апофизах Волчьей тундры.

² Так, интересно увеличение содержания пирита по сравнению с пирротином в полосах, вскрытых ближе к линии Кировской железной дороги, в наибольшем отдалении от Хибинского массива. Очень интересна находка в 1939 г. пирито-пирротинового скопления в известково-доломитовой толще около ст. Апатиты, см. данные в статье П. Чирвинского (1940). Пирит образует кубики типично осадочного генезиса.

³ Первые находки меди сделаны были крестьянином Звонковым в 1732 г., «в вершине реки Поноя, при впадении ручья Варзугского» (Н. Дергачев, 1877).

далакшского фиорда и в фальбандах невелико и практически не интересно.¹

18. Пентландит. Пентландит является главным минералом никелевых руд типа Мончи (до 10%), при чем специальные минераграфические исследования Кольской базы АН показали, что мы имеем дело с несколькими генерациями пентландита, из которых одна связана с экссолюцией никелевого пирротина, другая — образует чистые первичные скопления с очень высоким содержанием никеля. Специальные исследования этого минерала (не руды, а отобранного вещества) закончены на Кольской базе АН: содержание никеля около 34—35%, кобальта до 1.5—3.0%. Среднее отношение Ni:Co около 25:1. Формула — $(Fe, Ni)_9S_8$.

19—20. Галенит и сфалерит. Для сульфидов свинца и цинка мы имеем на Кольском полуострове несколько типов месторождений, которые более детально описаны в геохимической части нашей сводки. С одной стороны, мы имеем рассеянный сфалерит и галенит в Хибинских и Ловозерских тундрах, где они играют лишь весьма подчиненную роль; с другой, — нам известно содержание этих минералов в фальбандах Кандалакшского фиорда, и, наконец, наиболее интересны крупные скопления, связанные с полиметаллическими жилами более молодых термальных процессов. Что касается до этих соединений в фальбандах, то необходимо отметить, что в них встречаются сульфиды цинка, никеля, кобальта и железа с невысоким содержанием золота и серебра. Частично отмечается повышенное содержание мышьяка. Запасы их, по далеко не проверенным данным, достигают 130 тыс. т необогащенных руд; однако изменчивая мощность фальбанд от 2 см до 2 м, непостоянство состава, колебания в содержании серы — от 10 до 37%, — все это обесценивает это месторождение.

Несомненно, более интересен другой тип полиметаллических месторождений, который как бы целой зоной опоясывает Кольский полуостров и связан лишь с его береговой линией в западной части Мурманского побережья, как на Терском берегу около Поноя, так и особенно по всему Кандалакшскому берегу и островам Кандалакшского фиорда. Эти кальцито-баритовые жилы, известные с 1732 года, вызвали в XVIII в. особый интерес царского правительства (до 1736 г.); в течение многих лет разрабатывались беспорядочно и кустарно: сначала казной, потом отдельными частными предпринимателями и иностранным капиталом; много раз они посещались советскими исследователями (Д. С. Белянкин, И. И. Гинзбург, Б. М. Куплетский и др.), но все выводы всегда носили отрицательный характер, и ни одно месторождение не давало надежды на возможность его практического использования. Мы не считаем, тем не менее, вопрос окончательно решенным, и думаем, что этот тип месторождений заслуживает большого внимания, а его аналогия с полиметаллическими жилами Южной Норвегии намечает пути дальнейших их поисков, особенно в связи с возможностью нахождения в них урановых соединений и применимостью опробования радиоактивными методами разведки.

21. Плавииковый шпат (флюорит, см. краткую характеристику геохимии фтора на стр. 113). Район Кольского полуострова представляет совершенно исключительный интерес с точки зрения нахождения

¹ Особо заслуживают разведки на медь месторождения куприта и борнита на север от устья р. Поноя. Необходимо выяснение кварцево-серицитовых сланцев с пиритом и халькопиритом тундры Лешей (Н. А. Кумари, 1935).

в нем фтористых соединений, и нет никакого сомнения, что на поиски запасов минералов фтора должно быть обращено на Кольском полуострове особое внимание. При этом интересно, что чем моложе в схеме те термальные и магматические процессы, с которыми мы имеем дело на Кольском полуострове, тем чаще в них встречаются минералы фтора и тем более обильны в них скопления, например, плавикового шпата. В то время как в древних свитах архея и протерозоя мы очень редко встречаемся с соединениями фтора, уже в иотнийских (девонских) красных песчаниках и в более поздних гранитах порфиоровидного типа или типа рапакиви, в особенности в палеозойских щелочных гранитах, мы видим все время повышающееся содержание фтора. Это относится и к соединениям щелочных магм в Хибинских и Ловозерских тундрах, где фтор занимает исключительно важное место, замещая хлор, определяя собой громадное количество фтора в апатитах, образуя редчайший виллиомит (фтористый натрий) в пустотах ловозерского комплекса и намечая собой возможность нахождения и месторождений криолита в процессах, сходных с образованием усингитовых линз. Таким образом, поиски флюорита, и в частности криолита, в щелочных гранитах восточной части Кольского полуострова представляют одну из острейших задач, на которую нужно обратить внимание одновременно с проработкой всех технологических приемов, которые позволят, если не полностью, то на 50—70% использовать фтор самого апатита, при его кислотном разложении. Это тем более важно, что ежегодно из хибинских недр вместе с апатитом извлекается очень большое количество фтора.

Отметим наиболее интересные проблемы, связанные с поисками источников фтора на Кольском полуострове:

1. В самих плутонах Хибинских и Ловозерских тундр, несмотря на многочисленные частные находки флюорита, пока нет особенно надежного крупного месторождения плавикового шпата, в виду того, что фтор, с одной стороны, был уловлен рядом различных флюо-силикатов и титано-силикатов и в особенности апатитом, с другой — потому, что значительная часть фтористых эманаций должна была выделиться в покрывающую крышу массивов. Однако один район привлекает особое внимание в этом направлении, это — та система расколов с рядом гидротермальных процессов и образованиями жил кальцита и флюорита, которая проходит примерно по линии Кукисвума и его наружных склонов, захватывает Поачвумчорр и его северные отроги, вплоть до Куэльпора. Здесь мы имеем наибольшее основание ожидать встретить флюоритовые скопления в разных генетических условиях, о чем говорят находки прекрасной, но очень незначительной линзы фиолетового плавика, обнаруженной почти на вершине хребта в южной части Поачвумчорра. Необходимо освещение вопроса о возможности дешевого выщелачивания фтористого натрия (виллиомита), пропитывающего некоторые участки пород в Ловозерских тундрах.

2. Несомненно перспективным на флюорит является щелочной массив Н. И. Соустова на юг от ст. Титан, где наблюдаются многочисленные жилки (от 0.5 до 5 м мощности) темнофиолетового плавикового шпата, проходящие как в доломите и известняке, так особенно в сиенитах (скопления до 2.5 см с альбитом и сульфидами). Поиски плавикового шпата в этом районе желательны, но затруднены обильным моховым и лесным покровом болотистой тайги (см. П. Чирвинский, 1940).

3. Богаты плавиковым шпатом некоторые щелочные граниты восточной и юго-восточной зон в районе центрального водораздела и Кейв, где необходимы поиски плавикового шпата и особенно криоли-

та; повидимому, частично обогащение плавиковым шпатом наблюдается и в щелочных породах тундры Гремяхи.

4. Заслуживает внимания постоянная приуроченность жил к иотнийским песчаникам и прорезающим их щелочным породам. Сюда относится любопытная барито-кальцитовая жила с аметистом и флюоритом, на горе Корабль, в 15 км от сел. Кашкаранцы. В некоторых частях этой жилы содержание флюорита достигает 40%. Несколько иной характер имеют флюоритовые жилы на Турьем мысу, где они тесно связаны с интрузиями щелочных пород. Здесь отмечается 10 флюорито-кальцитовых жил с содержанием 45—75% флюорита, при мощности 15—40 см каждая. Хотя все известные месторождения этого типа и не дают нам очень крупных надежд, тем не менее более детальное изучение именно пограничных, приморских областей и особенно выходов песчаников на Терском берегу неожиданно может дать новые результаты.

22. Хлористый натрий. Как можно было ожидать при общей геологической характеристике Кольского полуострова, месторождения каменной соли отсутствуют. Что касается выцветов хлористого натрия, образующихся по А. А. Полканову, путем вымораживания на полярном побережье, то они практического значения не имеют. Однако заслуживает внимания тот факт, что в связи с потребностью местного населения в соли и особенно в связи с засолкой рыбы на Кольском полуострове издревле, вероятно еще с XIV века, практиковалось вымораживание морской соли в двух солеварнях около Колы и Кандалакши; и сейчас использование соли морской воды, путем ее вымораживания, в районе, например, Белого моря, не исключено и вполне возможно после соответствующих технологических опытов. Огромная потребность в соли всего Мурманского края вызывает, однако, необходимость искать другие источники хлористого натрия, и в этом отношении особое значение приобретает открытие мощных слоев каменной соли в пермских отложениях около Котласа, сделанное на основании прогнозов А. А. Чернова. Если согласно тем же прогнозам и прекрасно проведенному анализу расположения соляных источников можно будет найти аналогичные линзы каменной соли в пермских породах еще северо-западнее — ближе к Белому морю, то этим решится одна из трудных задач кольской промышленности — дефицит хлористого натрия. Вообще энергичное разбуривание перми севера Европейской части Союза в районе Северной Двины, Мезени, Ваги и др. может дать ряд ценнейших месторождений солей для нужд хозяйства и химической промышленности северных областей.

23. Магнетит (магнитный железняк) см. титаномагнетит, стр. 90 (анализы в прилож. XI). Магнетит и титаномагнетит принадлежат к особо важным минералам и полезным ископаемым Кольского полуострова, и поэтому на них необходимо остановить особое внимание. В настоящей главе мы подвергнем анализу месторождения чистого магнетита — или совершенно без титана, или с незначительным его содержанием, — хотя должны отметить, что в ряде случаев (например, в жилах Мончи) имеются переходы к титаномагнетитам с содержанием в 5—6% TiO_2 .

Необходимо иметь в виду, что магнетит по своему генезису на Кольском полуострове необычайно разнообразен. На первое место приходится выделить два генетических типа: а) магнетитовые гнейсы, кварциты и роговики в архейской свите и б) контактные магнетиты в породах типа скарнов.¹ Помимо этих двух ведущих разновидностей магнетита, мы

¹ Магнетиты первого типа очень чисты и очевидно точно отвечают формуле и почти лишены примесей. Гораздо сложнее, но минералогически много интереснее

имеем и ряд других типов, не имеющих практического значения; сюда относятся следующие:

А. В зальбандах некоторых гранитных пегматитов нередко отмечаются зерна и скопления магнитного железняка; особенно это характерно для микроклиновых гранитов и рапакиви-гранитов, где магнетит, согласно данным А. А. Полканова, связан с нормальным ходом кристаллизации пегматитовых жил.

Б. Вторичный магнетит при метаморфизме габброидных пород отмечается вокруг зерен пироксена в породах друзитовой структуры. Зерна этого магнетита, иногда весьма многочисленные, вызывают местные магнитные аномалии, однако практического значения иметь не могут.

В. Отмечаются разрозненные зерна магнетита (или титаномагнетита) в диабазовых или порфиритовых породах разного возраста, где иногда они накапливаются в больших количествах, но, повидимому, нигде не представляют практического интереса (о месторождении к северу от сел. Поюя см. ниже).

Г. Отмечаются линзы и зальбанды из магнетита в оливиновых, пироксеновых и перидотитовых жилах Мончи. В районе Ньюдуйвенча (Монча) магнетит образует крупные массы с своеобразными отдельностями по октаэдру в сульфидных линзах; в рудных жилах Нитис-Кумужей он нередко образует скопления по зальбандам (с небольшим содержанием титана); кроме того, в этих же жилах отмечается своеобразный вторичный магнетит колломорфной или коллоидальной структуры.¹

Д. Наконец, очень своеобразный и еще не выясненный тип представляет кристаллический магнетит, гнезда и линзы которого обнаружены в ручье Молочном у устья р. Поюя. Они связаны с кварцево-хлоритовыми сланцами, очевидно карельской свиты «цветного пояса», но в общем совершенно не изучены и генетически и стратиграфически не выяснены. Между тем, имеющиеся данные заставляют обратить на них самое серьезное внимание (частично связаны с медными рудами).

Таким образом, на Кольском полуострове имеется ряд разнообразных типов магнетитов, из которых контактные магнетиты Ионы и магнетитовые гнейсы (кварциты) архейских поясов представляют собой крупнейшие скопления этого минерала не только на территории Европейской части Союза, но и вообще в земной коре.

Нет никакого сомнения, что наличие этого минерала позволяет поставить вопрос о возможности нахождения еще одного типа магнетита, аналогичного магнетитам знаменитой Кирунаваары в Полярной Швеции, где магнетитовые скопления (богатые фосфором) связаны с щелочными сиенитами. Если ставить проблему поисков аналогичного типа месторождений на Кольском полуострове, то ее прежде всего приходится решать по отношению к щелочным массивам восточной части Кольского полуострова и, может быть, частично по отношению к «тундре Б. А. Попова», известной своей крупной магнитной аномалией. Нет никакого сомнения, что специальная магнитометрическая съемка с достаточной частотой ходов откроет еще ряд новых месторождений магнитных руд на Кольском полуострове.

Особенно интересно применение магнитной съемки с самолетов, которая наметит новые, скрытые под наносами скопления этого минерала.

магнетиты Ионы, в которых содержится различное количество магнезии (до 7%); можно ожидать еще в составе кристаллов — Nb, Ti, Zr, Mn, Co. Имеются великолепные октаэдры с контактными слюдами.

¹ Часть магнетита образует как бы оплавленные зерна или кристаллы в сплошном пирротине. Количество магнетита с глубиной в жилах как будто падает.

Однако наравне с этим мы не можем не отметить, что с минералогической и геохимической точек зрения магнетиты Кольского полуострова изучены недостаточно, месторождения не систематизированы, сами руды не изучены, нет ни одного точного химического анализа, неизвестно содержание в магнетитовых рудах разных типов — апатита, соединений никеля, цинка; нет ясной картины дальнейшей судьбы магнетита при его превращении в мартиты и гематиты. Во всяком случае, перед исследователями Кольского полуострова стоит исключительной важности задача детального минералогического и геохимического изучения этого минерального тела.

Остановимся в дальнейшем на кратком описании наиболее важных промышленных типов магнетита, причем ограничимся лишь самыми общими данными, поскольку о двух важнейших типах — магнетитовых кварцитах и магнетитах контактных — имеются многочисленные специальные исследования и монографии.

Таблица состава концентратов Приимандровских месторождений (по сводке 1935)¹

Месторождения	Fe мет.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	MnO	S	P ₂ O ₅
Концентрат горы Кирова . .	66.96	4.86	1.56	66.53	28.28	—	0.35	0.61	0.18	0.006	0.02
Концентрат горы Оленьей . .	63.54	7.02	—	63.4	24.3	сл.	0.48	0.21	—	0.04	0.01
Концентрат Зюдварангерфиорда	66.25	2.18	0.99	—	—	—	2.08	1.19	0.20	0.02	0.03

А. Магнетит осадочно-метаморфических свит (Приимандровские месторождения). Кольский полуостров оказался весьма богатым железными рудами, связанными с древнейшей свитой архея — магнетитовыми сланцами или кварцитами, как их обычно называют, в значительной степени сходными с аналогичными образованиями Зюдварангерфиорда;² хотя до сих пор не установлено тождество возраста этих двух образований, тем не менее есть все основания думать, что мы имеем дело с аналогичными горизонтами, которые после перерыва на территории Финляндии вновь появляются в более сложном развитии в северо-западной части Кольского полуострова.

Эти магнетитовые сланцы и кварциты во многих отношениях могут параллелизоваться и с аналогичными породами других районов Фенноскандинавского и в особенности Российского щита. Ряд аномалий магнитных и гравитационных, установленных в Европейской части Союза, может быть отнесен именно к этому типу обогащения магнетитом. Од-

¹ Концентраты получены путем обогащения средних проб электромагнитной сепарацией. Для сравнения помещен состав промышленных концентратов Зюдварангерфиорда в Полярной Норвегии (полученный из руды с содержанием Fe — 36.19).

² Содержание и качество руд этого норвежского месторождения весьма сходно с рудами описанных ниже магнетитовых сланцев: среднее суммарное содержание железа 35%, при кремнеземе 44%. Запасы не указываются норвежскими геологами, но, по всей вероятности, они порядка сотен млн. тонн и во много раз меньше запасов шведской Кирунавлары, для которых подсчеты дают свыше 2 млрд. тонн.

нако классические месторождения Кривого Рога и частично Курской магнитной аномалии на основании анализа стратиграфического разреза докембрия, повидимому, относятся к более высоким горизонтам, отчасти даже к протерозою. Зато в Канадском щите мы имеем ряд совершенно аналогичных месторождений, топографически тесно связанных (как в районе Мончи) с районами никелевых месторождений. В общем месторождения этих магнетитовых пород изучены довольно хорошо с научной точки зрения. А. А. Полканов, И. Г. Кузнецов, Д. Ф. Мурашов, П. Н. Чирвинский, С. В. Константов и другие, а в последнее время — Ю. С. Желубовский в достаточной степени осветили в своих работах характер и свойства этих сланцев и довольно единодушно пришли к выводу, что в основном мы имеем дело с метаморфически измененной осадочной свитой. Н. С. Зонтов и Д. В. Шифрин (1932—1933 гг.) уточнили представления в этом направлении, а обобщения, сделанные осенью 1932 г. на I Полярной геолого-разведочной конференции, с достаточной ясностью указали на преимущественно осадочный характер этих образований. Несмотря на ряд произведенных очень серьезных и глубоких исследований, необходимо отметить, что они до сих пор, за исключением работы А. А. Полканова и частично П. Н. Чирвинского, не опубликованы, и мы в литературе имеем лишь спорадический и в достаточной степени сырой материал.¹

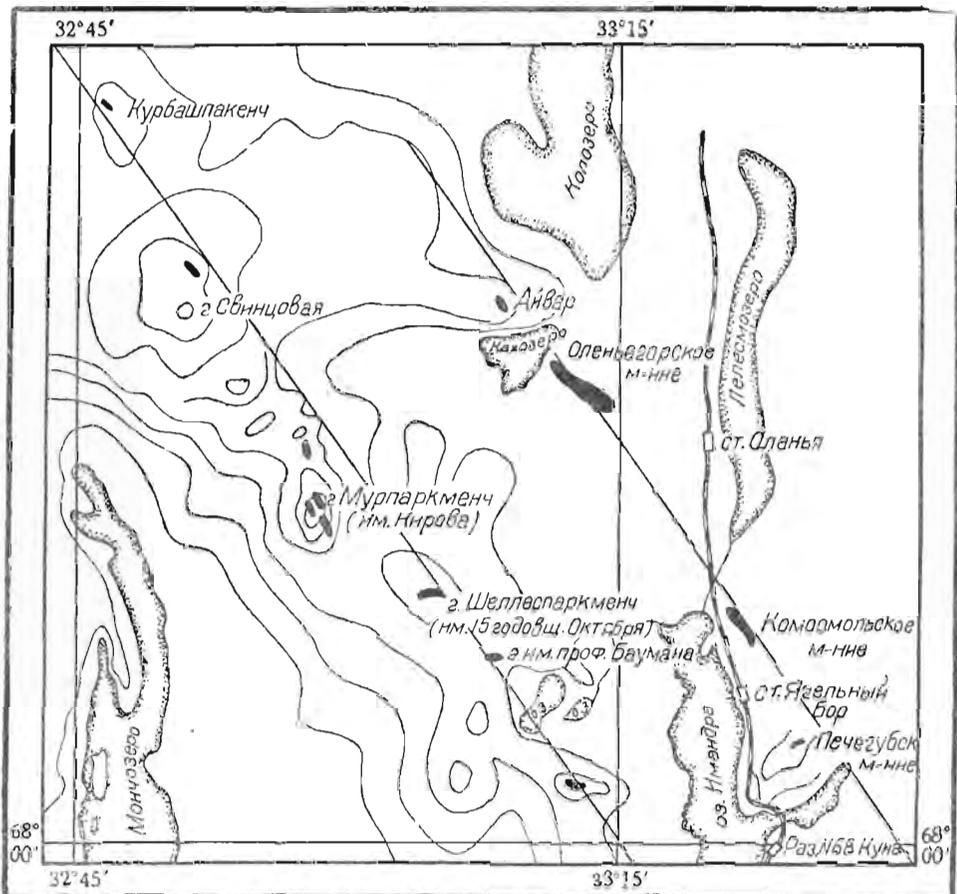
Качество руд. Надо сказать, что в общем мы имеем дело с рудами бедными железом, содержание которого в среднем, как и в норвежском месторождении, редко превышает 40%. Однако наиболее ценной чертой этих сланцев является ничтожное содержание вредных примесей: для серы даются следы или максимум 0.02—0.05, для фосфора — 0.05 и только в месторождениях Кольского фиорда отмечается несколько более повышенный процент, так как сера достигает 0.010—0.45, а фосфор — 0.03—0.10. В общем наблюдается несколько более повышенное содержание серы в приконтактных зонах, особенно прилегающих к более основным вмещающим породам.

Таким образом, по своей чистоте эти руды в главной части должны быть причислены к высоким сортам, однако технологически требуют обогащения после тонкого измельчения. Как показали опыты Механобра, твердость и вязкость магнетитовых сланцев, благодаря частичному прорастанию кварца и магнетита, очень велики. Магнитная фракция получается довольно легко даже в разностях, богатых маритом, но требует дальнейшего брикетирования. В результате получается хотя и высокопроцентный концентрат, но трудноплавкий, содержащий все же повышенное содержание кремнезема.² Поэтому при плавке придется внести в шихту в довольно большом количестве известняка. Возникают две идеи о более эффективном использовании этих магнетитовых руд. Во-первых, имеется возможность получить смешанную шихту из ионского магнетита и концентрата магнетитовых сланцев. Такое сочетание выгодно благодаря наличию известняка в скарновом типе ионской руды, и весьма возможно, что удастся подобрать такую шихту, при которой можно будет избежать разделения магнетита и известняка в ионской руде. Правда, при этом будет получаться сильно фосфористый чугуны. Можно идти иным методом — путем добавки к магнетитовому кон-

¹ Ср. исключительно интересное исследование этого типа руд у Н. М. Стрехова. Изв. АН, серия геол. 1940, № 3.

² По данным Механобра, концентрат содержит 63—65% железа, отвечает по весу 48% исходной руды, при извлекаемости железа 89%. При обогащении большой расход воды и электроэнергии. Для агломерации требуется не менее 4% коксовой мелочи.

центрату для легкоплавкости нефелина или нефелиновых пород, а еще лучше — отбросов тех или иных хибинских производств, например, эгиринового концентрата, богатого плавнем — натрием. Необходимы в этом отношении дальнейшие опыты. Мы должны сказать, что технологически и технически можно получить из более богатых зон приимандровских месторождений концентрат более высоких качеств, чем кон-



Фиг. 7. Схематическая карта расположения железорудных залежей в Приимандровском районе (по Д. В. Шифрину, 1937).

центрат Зюдварангерфиорда. К тому же имеется ряд очень ценных положительных показателей для организации в Приимандрье крупного производства: очень крупные масштабы месторождений и наличие целиков более богатых руд, очень выгодный рельеф, позволяющий, с одной стороны, вести работы открытыми карьерами, а с другой, легко дренировать рудники путем спуска воды в прилегающие озера и в частности в Мончезеро.

Все это показывает, что мы имеем здесь дело с очень ценными рудными районами; но, конечно, отсутствие достаточно планомерных поисковых работ не позволяет утверждать, что в настоящее время нащупаны наиболее выгодные и самые богатые месторождения.

Описание отдельных месторождений и их запасов. Месторождения магнетитовых сланцев разведаны и их запасы утверждены по всем месторождениям в количестве 541 600 000 т ме-

талла, из которых по группе А, примерно, 3 500 000, по группе В — 93 000 000.

До сих пор на Кольском полуострове обнаружено три полосы магнетитовых сланцев, вытянутых сначала в северо-западном направлении, а затем несколько отклоняющихся к югу. Северная полоса, идущая, примерно, от границы Финляндии, пересекает Кольский фиорд севернее Мурманска; средняя расположена восточнее станций Шонгуй и Лопарская; третья пересекает железнодорожную линию между ст. Оленьей и Имандрой и отсюда уходит к оз. Кумужьему.

1. Из северной полосы, обнаруженной на очень большом количестве точек, намеченных на карте А. А. Полканова, практически изучены и разведаны только магнетитовые сланцы Кольского фиорда и по р. Западной Лице. Здесь они связаны с биотитовыми гнейсами и приурочены к амфиболитам. Многочисленные жилы пегматитов и диабазов секут месторождение, имеющее форму отдельных удлиненных линз.¹

В контакте с боковыми породами обычно наблюдается повышение содержания серы. Средний состав руды обнаруживает валового железа от 34 до 39% (при среднем в 35%), сера доходит до 0.5%, фосфор — до 0.1. Из сульфидов преобладает пирротин.²

Этот комплекс пород прослежен на протяжении 115 км при ширине от 6 до 10 км — от реки Титовки до озера Малеур. Продолжение его далее к западу неизвестно. Запасы для Кольского фиорда даются для западного и восточного берегов в 25 млн. т. Благоприятными для этого района являются близость к незамерзающему заливу и легкость эксплуатации, при необходимости, однако, отдельной выборки магнетитовых линз различной мощности.

2. Месторождения второй полосы — Шонгуй-Лопарского района. Эта полоса носит несколько иной характер и залегает среди диорито-пироксено-гранатовых гнейсов. Содержание железа колеблется от 23 до 34%. Сера достигает 0.5, фосфор — 0.13. Запасы достигают 17 млн. т.

3. Месторождения Примандровского района.³ Это наиболее интересный и перспективный район, расположенный между ст. Оленья и Волчьими тундрами. Пока полоса рудоносных пород протянута всего лишь на расстоянии 25 км при ширине в 8 км,⁴ хотя общее ее простирание много больше.

А. Гора Кирова (Мурпаркменч).

Среднее содержание железа — 33.4%, серы — 0.03, фосфора — 0.04; путем обогащения получается хороший концентрат, содержащий 65—68% железа, кремнезема — 7.34, фосфора — 0.007, серы — 0.02. Несомненно, это одно из лучших месторождений с хорошими запасами порядка 80—90 млн. т.

Б. Гора им. XV годовщины Октября (Шеллеспаркменч).

В общем залежь, аналогичная месторождению им. Кирова, содержа-

¹ И. Г. Кузнецов (1932) отмечает роль гранитных пегматитов в метаморфизации свиты в районе Западной Лицы. Для района Кольского фиорда имеется у Ю. С. Желубовского (1932) хорошая геологическая карточка.

² При обогащении дают концентрат в 55—60% железа.

³ Обычно этот район называется «займандровским», что по существу неточно.

⁴ Руды по минералогическому составу разделяются на: чистые железистые кварциты, пироксено-железистые и амфиболо-пироксено-железистые; из рудных минералов — магнетит и гематит, реже пирит и халькопирит. Характерна полосчатая структура, сильно смятая и дислоцированная. Изучены Д. В. Шифриным (1938) и П. Н. Чирвинским (1933—1935).

ние железа 30.63%. Запасы до глубины 200 м исчисляются около 60—70 млн. т. Серы — следы, фосфора — 0.05%.

В. Гора и м. проф. Баумана (Чокваренч) в 10 км от ст. Оленья.

Три аналогичных залежи с содержанием железа в среднем — 32.56, серы—0.015; фосфора—0.04, запасы в общем определяются в 27 млн. т.

Г. Оленьегорское, в 5 км от ст. Оленья (Чокваренч III и Горный лес).

Мало изучено. Очень крупное месторождение с весьма значительными запасами (1934 г.) порядка 170—180 млн. т; содержание железа — 33.43, серы — 0.03, фосфора — несколько повышенный процент — 0.64. Интересно повышенное содержание гематита (до 14%).

Д. Комсомольское — более бедное месторождение, содержащее всего 27% железа. Аналогична ему и «Северная залежь».

Е. Железная варака. Содержание железа сильно колеблется. Руда носит характер типичного железистого кварцита. В руде — железа 22.79—35.84, серы — 0.03, фосфора — 0.05—0.08. Месторождение находится в менее выгодных транспортных условиях. Была встречена отдельная линза из смеси магнетита и крупнокристаллического гематита.

Ж. Пече-губа — расположена в двух километрах от ст. Куна. Содержание железа — 31%, серы — 0.12 — 0.15, фосфора — 0.05%.

Общие суммарные запасы по Примандровскому району утверждены в 422 600 000, из которых по группе А₂+В утверждено несколько больше 85 млн. т. В настоящее время идет проверка.

Генезис месторождений. Анализируя характер магнетитовых сланцев Кольского полуострова и сравнивая их с сланцами других районов, мы прежде всего должны отметить, что на Кольском полуострове они приурочены к древним отложениям свония и залегают в довольно разнообразных генетических условиях. В северо-западной полосе они, несомненно, как-то чаще приурочены к пироксеновым диоритам, в южной — обычно более связаны с гранитогнейсами, частично с гнейсами диоритовыми. Это разнообразие генетических условий и вызвало разногласие во взглядах на происхождение этих образований, причем высказывались предположения о том, что условия образования в разных районах различны и что наравне с настоящими осадочными образованиями, испытавшими дальнейший метаморфизм, мы имеем дело и со вторичными метасоматическими образованиями.¹

Как ни разнообразны эти взгляды, тем не менее имеется возможность на основании генетического анализа сделать ряд определенных прогнозов для дальнейшей поисковой работы. Прежде всего, надо подчеркнуть вместе с А. А. Полкановым, что на огромной территории северо-запада Кольского полуострова, занятой комплексом пироксеновых диоритов (около 1 000 км²), могут еще быть найдены многочисленные линзы и скопления магнетитовых сланцев, особенно по рр. Уре, Лице и Титовке.

Неясно протяжение северной полосы на восток и ее продолжение (или вернее выныривание), несомненно, нужно искать где-либо на пересечении свиты древних сланцев такими реками как Териберка, Воронья или Иоканга; неясно и дальнейшее протяжение Шонгуйской полосы, хотя в общем она незначительна.

Особый интерес связан с двумя полосами Примандровского месторождения. Как указано на карте, весьма вероятно предположение

¹ Интересно влияние пегматитов, которые частично метаморфизовали руды, обогатили гематитом и частично фосфором.

Д. Ф. Мурашова, что мы имеем здесь дело с замкнутым синклиналием, благодаря изгибу его оси южная часть месторождения в районе р. Печи действительно как бы заканчивается на юге этот комплекс.¹ С другой стороны, северное протяжение этой синклиналиальной складки является совершенно не ясным. Руды, повидимому, продолжают за Свинцовые тундры (на севере), отдельные точки открыты у озера Вайкис (на западе), у Кун-озера и т. д.

Общее заключение. Таким образом, мы должны прийти к выводу, что в Приимандровских месторождениях мы имеем крупнейшую базу для черной металлургии, что месторождения в общем изучены и научно и технически, но все же недостаточно для конкретного проектирования промышленных предприятий. Надо принять меры к опубликованию имеющихся законченных научно-исследовательских материалов.

Сводная таблица запасов железорудных месторождений Приимандровского района

(по Д. Ф. Мурашова и Д. В. Шифрину, 1936 г.)

Месторождение	Запасы руд по категориям в тыс. тонн			
	A ₂	B	C ₁	C ₂
Гора им. Кирова	4 160.2	32 339.2	22 366.4	29 432.0
Гора им. XV годов Октября.	—	—	42 470.9	21 224.9
Гора им. проф. Баумана . .	—	5 125.8	13 387.5	9 256.7
Оленьегорское	5 659.4	37 846.8	74 352.8	58 930.3
Комсомольское	—	—	—	66 005.8
Итого . .	9 819.6	75 311.8	152 677.6	184 849.7

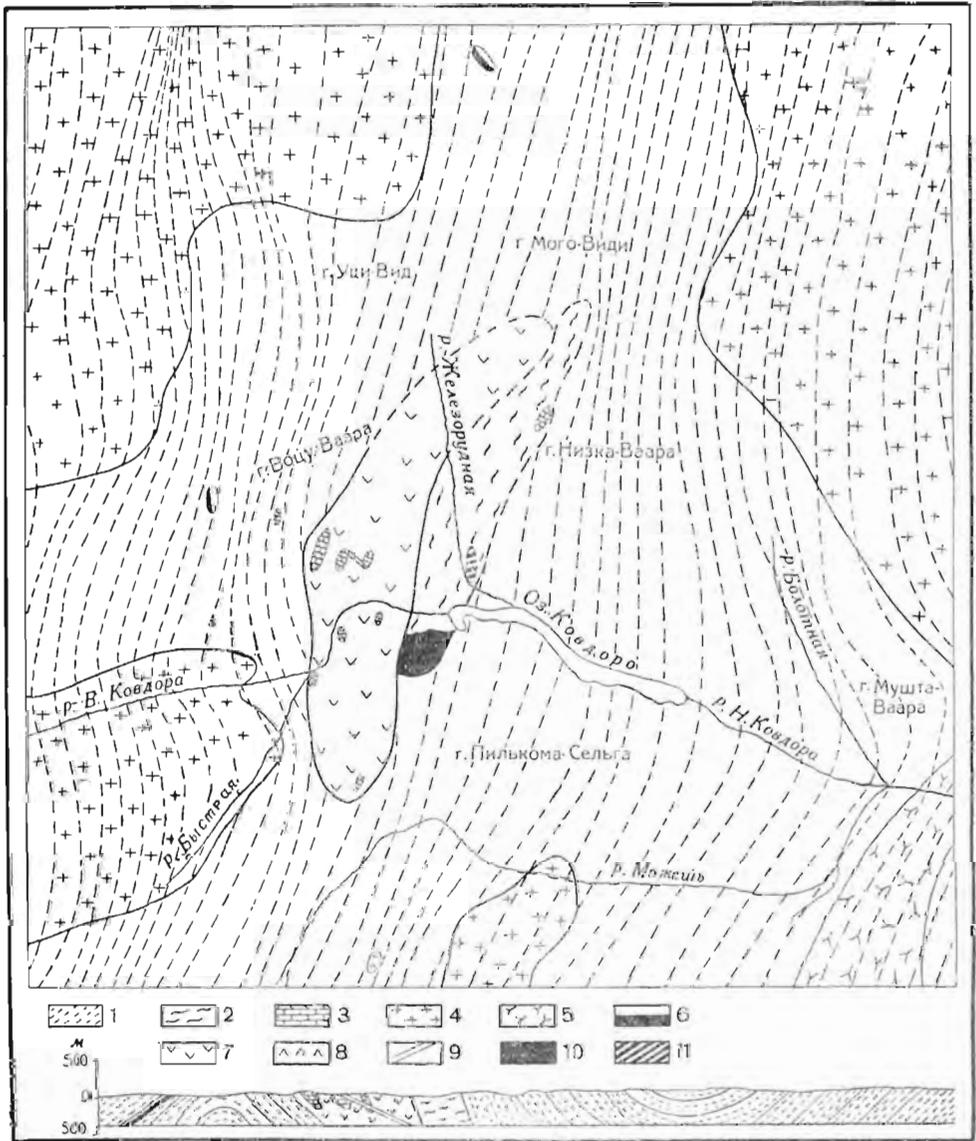
Примечание: Об использовании бедных руд см. статью И. П. Бардяна. О бедных рудах. «Правда» 14/V 1940. В. П. Вошнянин. О бедных рудах Мурманской области. «Полярная Правда». 21 V 1940. А. Е. Ферсман. К проблеме использования бедных руд. «Полярная Правда» 18/VI 1940.

В. Контактно-пневматолитические месторождения (Иона и Куола-Ярви) (см. анализы в прилож. XI). Нет никакого сомнения, что одним из самых замечательных месторождений Кольского полуострова является месторождение магнитных руд и других полезных ископаемых в Ионно-Ковдорском районе. Это месторождение было открыто партией ЛГРТ под руководством геолога К. М. Кошица в 1933 г., и только в настоящее время постепенно выясняются важность и глубина связанной с ним проблемы.²

Месторождение расположено на юго-западе Кольского полуострова и до заключения последнего мира с Финляндией лежало в нескольких

¹ Особенно не ясно, в каком отношении к этой полосе находятся магнетитовые сланцы Сембозера (Сымбозера).

² Из литературы по этому вопросу отметим прежде всего рукописные материалы: записку Д. Ф. Мурашова по исследованию Ионского железорудного месторождения 1934 г., записку инженера Л. Б. Антонова, Трест Кольстрой, февраль 1937 г. Большая записка составлена была Белобалткомбинатом. Специально проблема использования Ионы для черной металлургии освещена в работе М. М. Гензельовича (фонды Академии Наук). Из печатных материалов отметим: отчет К. М. Кошица в Тр. ЛГРТ 1934 г., работу И. Т. Бахирева. «Некоторые геологи-



Фиг. 8. Геологическая схема Ионно-Ковдорозерского района (по И. Т. Бакиреву, 1940 г., на основании работ 1934 и 1935 гг.).

1 — биотитовый гнейс; 2 — биотито-пироксено-спилоситовая порода; 3 — кристаллические известняки; 4 — биотито-олигоклазовый гранит; 5 — микроклиповые граниты; 6 — габбро и амфиболиты; 7 — шельтовой сиенит; 8 — лейцитифир; 9 — нефелиновый сиенит; 10 — месторождения магнитного железняка; II — скарны.

Карта носит схематический характер, и новые данные вырисовывают несколько иначе структуру района, подчеркивая кольцевое строение ионской интрузии (работа Ю. П. Шенсена, 1939 г. в схематическом виде публикуемая в «Докладах» АН, 1941).

ческие данные Ионно-Ковдорозерского района» и указания П. Н. Чирвинского в статье: К минералогии Кировского района Мурманской области (обе последние статьи в томе I «Производительные силы Кольского полуострова, 1940 г.).

См. фонды по обогащению Механобра и треста «Апатит» (1935—1935 гг.). Много данных собрано в записке Белобалт. комбината, сост. бригадой Гипромеца и Карело-Мурманского комитета под ред. Я. М. Нейбурга (март 1935), стр. 1—600. Прекрасная, продуманная работа.

См. прилож. VII. См. также стенокрамля специальной поляризованной конференции НИС Наркомтяжпрома и Академии Наук в декабре 1935 г.

километрах от государственной границы (сейчас в 25 км).¹ Оно расположено на горе Пилькома-Сельга у северо-западного конца Ковдорозера, причем р. Верхне-Ковдора делит его на северную и южную части. Северная часть носит пониженный характер и покрыта слоем ледниковых образований. Южная представляет довольно хорошо обнаженные вараки, где и были впервые открыты первые образцы магнитного железняка. Оруденение в основном приурочено к зоне скарнированных известняков, залегающих отдельными линзами среди нефелиновой интрузии, состоящей из сиенитового кольца и средней части из уртитов и ийолитов; сама интрузия залегает дискордантно в архейских биотитовых гнейсах и биотито-пироксено-скаполитовых (?) породах.² Часть древних известняков в виде посторонних обломков и ксенолитов залегает и в щелочных сиенитах. Линзы секутся сиенитами и жилами гранитных пегматитов. Все это показывает, что мы имеем дело с более поздним процессом внедрения молодых щелочных пород в древние кристаллические свиты, причем это внедрение, вероятно, использовало для поднятия магмы древние карбонатные линзы, — частично полностью метаморфизовало их, частично же привело к сложным процессам метасоматизма с образованием ряда щелочных пород, среди которых наиболее интересными являются лейкократовые эгирино-авгитовые сиениты. Само оруденение занимает площадь около 0.4 кв. км и, как сказано, приурочено к зонам измененных известняков. Рудные массы залегают среди последних с различной степенью концентрации магнетита. Наиболее распространены среднезернистые плотные скарновые руды, в которых магнетит включен неравномерно, отдельными зернами и прекрасно образованными кристаллами, а также прожилками. Колебания по отдельным анализам весьма значительны и дают железа от 35 до 50%, фосфора — 0.5—2.0 (и выше). Очень важным является полное отсутствие в них серы, к чему, однако, надо относиться осторожно, так как речь идет о поверхностных частях месторождения, в которых сера могла быть окислена. Среди указанных типов скарновых руд проходят полосы плотной руды, сложенной крупными выделениями магнетита. В этом случае содержание железа достигает 50%, при среднем содержании фосфора в 0.25% и только сотых долей серы.

Перечисленные разновидности руд, благодаря выветриванию, образовали довольно мощные элювиальные и делювиальные залежи, в которых крупные куски и зерна почти чистого магнетита перемешаны с скарновой породой. Содержание железа в среднезернистой элювиальной руде мало отличается от содержания плотной среднезернистой руды.

Минералогический состав рудной массы (без отсева), по данным Л. Б. Антонова, следующий:

- а) магнетита 68% с колебаниями до 80%;
- б) кальцита 15% с колебаниями до 20%;
- в) апатита 5% с колебаниями от 0.5 до 8% и больше;
- г) скарновых минералов 12% с колебаниями от 5 до 18%.

В процессе эксплоатации отсеются в первую очередь рыхлые скарновые минералы (слоуды, гумит, форстерит, клиногумит, апатит и т. д.).

Запасы руд определялись на основании магнитометрических работ

¹ Координаты: 67° 33' сев. широты и 30° 22' вост. долготы (от Гринича).

² Очень интересные новые данные по петрографии месторождения см. Ю. П. Ивёнсен. О щелочных породах Ковдороз. района. Доклады АН, 1941 (на основе данных отчета известняковой поисковой партии 1939 г.), т. XXX, стр. 335.

1934 и частью 1935 гг. Общее впечатление от анализа магнитной съемки таково, что месторождение уходит на значительную глубину, которая определяется примерно в 500—600 м, сохраняя в общем свои горизонтальные размеры. Запасы месторождения по категориям $A + B + C_1$ в подсчетах 1935 г. определялись несколькими сотнями миллионов тонн, причем при дальнейшем пересчете эти цифры были несколько снижены в связи с новыми представлениями о строении тела в глубине. Во всяком случае, только новые буровые работы смогут уточнить наши представления о запасах.

Д. Ф. Мурашов намечает следующие три типа промышленных руд:

- а) среднезернистые скарновые руды со средним содержанием железа 35—50%, фосфора 1—2%, серы в сотых долях;
- б) крупнополосчатые руды со средним содержанием железа 40—60%, фосфора 0.25% и серы в сотых долях;
- в) валунчатые руды с содержанием железа около 60% и серы в сотых долях.

Для всех руд характерно непостоянное содержание титана (до 2%) и фосфора, достигающее 4—5% фосфорной кислоты.

Наибольшее распространение имеет первый тип промышленных руд, причем крупные полосчатые руды — местами очень значительной мощности, до нескольких десятков метров — залегают среди них. Точные подсчеты соотношений не могут быть даны до проведения новых разведочных работ. Что касается валунчатой руды, которая представляет большой интерес с практической точки зрения, то можно ожидать при благоприятных условиях рельефа довольно крупных запасов.

Основу месторождения составляет магнетит (магнезиоферрит). Отобранная руда в куске была дана в анализ И. Т. Бахиревым и показала в общем небольшое содержание титана — 1.58% (П. Н. Чирвинский дает около 0.5%). В ряде образцов отмечается превращение магнетита в мартит. Однако надо думать, что этот процесс носит поверхностный характер и должен с глубиной исчезнуть, уступив место магнетиту, что повлечет за собой увеличение среднего содержания железа. Содержание фосфора в чистых разностях не очень велико и определяется в среднем всего лишь 1% фосфорной кислоты. Однако оно сильно возрастает вместе с увеличением в руде количества скарновых минералов и в том числе фторапатита или апатита с $CaCO_3$ (типа штаффелита); при обогащении содержание фосфора будет снижено. Содержание серы во всех образцах выражается сотыми долями, однако в одном образце валунчатой руды было обнаружено содержание серы в 0.11%, что подтверждает высказанную нами выше мысль о вероятном увеличении содержания серы с глубиной.

Интересно отметить, присутствие в руде очень небольших количеств олова, меди, кобальта и цинка. Это указывает на роль пневмотолиза при процессе рудообразования. П. Н. Чирвинский предположил, что цинк в исследованных образцах принадлежит смитсониту, однако нельзя отрицать возможности нахождения в глубинах и настоящей цинковой обманки (может быть, ганита или франклинита) и касситерита.

Необходимы поиски возможного шеелита (в скарне).

Условия рельефа позволяют вести разработку месторождения крупными карьерами, причем для выборочной выемки особо богатых участков придется проводить подземные работы штольнями. Руда будет получаться крупными кусками, с неизбежным процентом отхода мелочи. Близость расположения озера облегчает ряд вопросов, связанных с водоснабжением рудника. По мнению Л. Б. Антонова, стоимость руды на месте в штабелях будет порядка 5 р.—5 р. 50 к. за тонну (что,

вероятно, несколько низко и может быть достигнуто лишь при очень большом масштабе эксплуатации).

Дальнейшие перспективы рудника. При современном состоянии разведочных работ трудно представить окончательную картину запасов и мощности Ионского месторождения. Однако все анализы магнитометрии говорят о том, что мы имеем дело с очень крупным процессом, значение которого, может быть, мы еще не дооцениваем. Летом 1939 г. во время разведки этого района с самолета наблюдались значительные аномалии компаса при пересечении полосы, лежащей к юго-востоку от Ионского месторождения. Магнитные возмущающие массы протягиваются на юго-восток под покров ледниковых наносов, и, очевидно, намечают продолжение месторождения на восток, примерно, по линии простираения древних кристаллических сланцев. Однако надо думать, что месторождение аналогичного типа будет встречено где-либо ближе к Кандалакше и к долине р. Канды. Об этом можно судить по находке на островах Кандалакшского фиорда конгломератов с обломками магнетита, известняка, скарна и щелочных пород. Трудно думать, что эти обломки были принесены из описанного выше Ионского месторождения. По всей вероятности, мы имеем дело с целой цепочкой щелочных интрузий в направлении Ковдора — Турий мыс на Белом море. Нет никакого сомнения, что необходимо магнитометрическое исследование всей территории, лежащей между рр. Ионой и Нивой, на севере — до систем р. Имандры, а на юге — до Ковдозера.

О замечательном сходстве этого месторождения с железными рудами других щелочных образований, в частности Фён в Южной Норвегии и Куола-Ярви в Карело-Финской республике, будет сказано подробнее в главе VI.

Как видно из записки Л. Б. Антонова, ионские руды в общем высокого качества, и они смогут с успехом конкурировать со шведскими марками на внешнем рынке.¹

Их использование может идти по нескольким направлениям: во-первых, они могут лечь в основу собственной черной металлургии Северо-запада Солоза, а также быть использованы для металлургии ферросплавов на заводах Зашейка и Кандалакши; во-вторых, они могут частично идти для подмосковной металлургии путем комбинированной перевозки через Беломорско-Балтийский канал им. Сталина и затем железнодорожным путем; наконец, в-третьих, они могут явиться крупной промышленной статьей для экспорта, причем постройка новой железной дороги Кандалакша — Куола-Ярви сможет сыграть значительную роль в перевозке руд к берегу Балтийского моря. О совместном использовании с магнетитовыми кварцитами см. стр. 51.

Использование полезных ископаемых всего Ионского района. Дальнейшее использование ионских железных руд в значительной степени связано с рядом других полезных ископаемых, которые одновременно будут добываться в этом районе. Речь идет прежде всего об известняке, линзы которого описаны на стр. 35, а также об апатите, который при обогащении будет получаться как отход. Наконец, к этому же району относятся очень интересные пегматитовые жилы, которые до сих пор изучены недостаточно, но являются основой работающего слюдяного рудника. Известны и кианитовые гнейсы. Весь комплекс этих полезных ископаемых подсказывает и ряд других прогнозов при детальном изучении всего этого района. С другой

¹ По своему характеру руда Ионы будет сравнима с маркой D Кируны, или несколько выше. Высокое содержание P_2O_5 вызывает необходимость томасирования.

стороны, ценность этого района определяется и целым рядом его естественно-географических факторов — сравнительно хорошими климатическими условиями, значительно более теплыми, чем в других частях Кольского полуострова, прекрасными лесными массивами,¹ большим количеством воды, наличием нескольких местных источников сосредоточенного падения, которые позволяют получить энергию порядка нескольких тысяч kW (до 3 000—5 000 kW). Наконец, весь этот район, прилегающий к Ионе и ее притокам, представляет интерес с точки зрения сельскохозяйственных угодий и, как показали работы геоботанических партий Кольской базы Академии Наук в 1939—1940 гг., имеет ряд ценных лугов, позволяющих говорить об организации здесь нескольких крупных совхозов. Все это показывает, что Ионский район представляется участком большого перспективного значения, но что для его освоения необходим ряд конкретных мероприятий и серьезных капиталовложений.

Основной задачей овладения Ионским районом является постройка путей сообщения. До последнего времени единственным удобным путем для попадания в район месторождения является самолет. Поэтому постройка автомобильной дороги из Пинозера или Зашеек и железнодорожной линии является первой задачей овладения краем. Протяжение железнодорожной линии примерно 140—150 км по сравнительно удобным высотным отметкам.²

Вторая задача заключается в детальном геолого-геофизическом изучении как данного месторождения, так и всего прилегающего района.

Только на основе составления прежде всего детальной геологической карты, а также точного минералогического и геохимического исследования возможно создание ясного представления обо всем этом районе. Необходимы крупные буровые работы с общей проходкой порядка нескольких тысяч м. Наконец, необходимо на основании полученных данных перейти к техно-экономическому анализу проблемы в целом и выяснить все стороны, связанные с организацией крупного производства (см. прил. VII, стр. 297).

Приложение. Как мы уже указывали, ряд сходных черт с Ионским месторождением имеет месторождение Куола-Ярви, перешедшее по мирному договору к Карело-Финской республике (см. подробнее при титано-магнетите).

Имеющиеся литературные данные далеко не достаточны для суждения о промышленной ценности этого месторождения по отношению к железной руде, тем более, что ее характер довольно изменчив, а содержание двуокиси титана сильно колеблется. Так, в одном образце, содержащем 45% окислов железа, имеется 2.54% окиси титана, а в другом, содержащем, примерно, то же количество окислов (49.98%), содержание титана достигает 22.88%.

Основное отличие от Ионского месторождения заключается прежде всего в возрасте известняков, которые в данном случае относятся не к древним архейским, а к протерозойским отложениям, но это, очевидно, не меняет геохимии процесса, который в общем является одинаковым.

Неудачные результаты старой магнитометрии (1899 г.) не могут сейчас приниматься во внимание, поскольку методы геофизики за истекшие 40 лет сильно продвинулись вперед. Необходимо детальное изуче-

¹ С запасами, по подсчетам Л. Б. Антонова 1937, в 5 млн. м³ древесины.

² См. интересную записку о транспортной проблеме Е. Ханукова, 1937 (Архив Бюро НИС'а).

ние этого месторождения, тем более, что оно расположено в 10—15 км к югу от железной дороги на Куола-Ярви, а по качеству и запасам известняка представляет, повидимому, реальный источник для кольской промышленности.

23/в. Гематит (и мартит). Поиски промышленного гематита могут оказаться реальными при определенных условиях. Особый с практической точки зрения интерес должны представлять районы не просто вторичного изменения магнитного железняка, с образованием так называемого мартита (что может иметь лишь локальный характер), а нахождение настоящих прослоек первичного красного железняка или железной слюдки, аналогичных, например, знаменитым слоям гематита в Кривом Роге.¹ Первый тип мы можем ожидать в существующих депрессиях магнетитовых полос, с образованием более богатых мартитовых и гематитовых зон; таковы, по мнению В. К. Котульского, некоторые руды Железной варакы. Однако находка отдельных валунов настоящего гематита и богатой линзочки в месторождении Пече-губы показывает, что может существовать и второй тип — первичные гематитовые скопления в участках, менее затронутых постархейским метаморфизмом. Наиболее вероятны такие находки в протерозое, т. е. в карельской свите, где, по аналогии с Тулзерским месторождением (в соседней Карело-Финской республике), можно ожидать промышленных осадочных руд красного железняка. Такие горизонты могут быть сравниваемы стратиграфически с Кривым Рогом, который, вероятно, принадлежит к более поздним образованиям, чем древние архейские магнетитовые кварциты Кольского полуострова и Зюдварангерфиорда. Именно на такую постановку поисков обращал внимание А. А. Полканов еще в 1932 году. Поскольку гематитовые скопления могут быть более вероятными в районах, испытавших наименее сложные и сильные процессы метаморфизма, является правильным искать тип окисленных руд на продолжении пояса архея к востоку, в районах более отдаленных от центральных частей Кольского полуострова.

24. Кварц, кварцевые жилы. Дымчатый кварц (морион), горный хрусталь; см. кварцит, стр. 36, кварцевые пески, см. стр. 37. Кварц в основном или непосредственно связан с самими пегматитовыми жилами в гранитах или генетически сопряжен с ними, образуя самостоятельные кварцевые жильные образования пневматолитового или гидротермального типа. Оба эти типа известны на Кольском полуострове в многочисленных гранитно-пегматитовых полях, и на основании практики можно сказать, что в каждом районе, богатом пегматитовыми жилами, можно ожидать нахождения и крупных жил кварца (особенно в районе Кейв). Как указано в моей монографии по пегматитам, как раз для древних щитов и древних гранитов характерно особенно высокое накопление кварца в пегматитовых образованиях, и потому не удивительно, что мы встречаем на Кольском полуострове грандиозные количества кварца и кварцевых жил, еще далеко не выявленных и не закартированных (например, в 3 км от Мурманска). В других случаях добыча пегматитового кварца может идти попутно с добычей слюды и полевого шпата; как отход в крупных промышленных предприятиях по эксплуатации пегматитов будет получаться значительное количество отчасти чисто белого, отчасти молочного, даже полупрозрачного кварца, который, как в Северной Карелии, обычно накапли-

¹ Необходимо учитывать, с другой стороны, трудности магнитной сепарации первичного гематита по сравнению с магнетитом, что в особенности относится к Оленьгортскому месторождению (до 14% гематита).

вается и гибнет в отвалах полевошпатовых разработок.¹ Между тем, чистые сорта кварца могут найти широкое применение на Кольском севере как для получения карборунда (весьма эффективного при наличии дешевой энергии), так и для наполнения башенных установок при организации сернокислотного производства и, наконец, для создания специфических отраслей химической и керамической промышленности (жидкое стекло, производство динаса и т. д.)²

Однако, помимо этих многочисленных отходов пегматитов, мы имеем на Кольском полуострове еще гораздо более крупные запасы кварца, которые связаны с особым процессом образования кварцевых жил в районе Кейв. По данным ЛГРТ и указаниям Б. М. Куплетского, запасы этого кварца совершенно грандиозны и в них мы имеем прекрасный по чистоте и качеству материал. Это относится особенно к тем районам, где щелочные граниты пронизывают свиту Кейв (в верховьях Поноя): таковы Оксина, Краснощелье и горы Намчервшахк, в районе сел. Семиостровский погост. Чтобы судить о масштабах отдельных жил в слюдясто-кварцевых сланцах, отметим, что известны жилы в 600—1 000 м простирания с мощностью до 30 м; есть и пластовые жилы протяжением в 110—120 м при мощности в 50 м. Россыпи кварца в этих районах занимают площади в несколько км² и указывают на огромные процессы выноса кремнекислоты, частью из первоначальной магмы щелочных гранитов, но в особенности при своеобразном процессе расщепления сланцевых (глинистых в основе) свит и образовании скоплений кианита, силлиманита и кварца, благодаря чему выделялось попутно значительное количество свободного кремнезема.³ Необходимо детальное изучение этих очень чистых гидротермальных образований, так как весьма вероятно, что они, может быть, сыграли большую роль при образовании тех характерных кварцевых конгломератов Северного Тимана, которые лежат, согласно наблюдениям А. А. Чернова, в основании девона и связаны размывом как свит гиперборей, так и протерозойских образований.

Несколько слабее на Кольском полуострове обстоит дело с чистыми кварцевыми песками, так как обычно при размыве архейских гнейсов получают пески, обогащенные цветными минералами и, в частности, гранатом (альмандином); тем не менее, береговые валы Умбозера, южная часть озера Имандры и ряд других озер (напр. Нотозеро) дают обильный, хотя и не чистый материал для строительства (но не для стекольного производства).

Дымчатый кварц (морион). Пьезокварц. Горный хрусталь. Исходя из особого развития на полуострове типов пегматитов III и IV, можно ожидать встретить в районах сильно дифференцированных гранитов жилы и миаролитические занорыши с дымчатым кварцем и морионом, который мог бы сыграть роль высокосортного сырья для получения радиокварца. Особенно приходится искать этот тип кварца в более поздних микроклиновых и щелочных гранитах восточной части Кольского полуострова, по р. Стрельне, в районе Семиостровского погоста и др.

Некоторым доказательством реальности этих предположений являет-

¹ Для нужд Кировска необходимо в первую очередь обследование кварцевых жил Зашеек, Бабинской Имандры и в частности Кыма-тундры.

² Кварц используется и сейчас на опытном фосфорном заводе в Кировске, но до 1940 г. получаясь из Карелии (отбросы при добыче полевого шпата гранитных пегматитов).

³ Мы имеем, может быть, грандиозный пример распада при метаморфизме глинистых материалов на воду, кианит и кварц: $H_2Al_2Si_2O_8 \cdot H_2O = 2H_2O + Al_2SiO_5 + SiO_2$.

ся находка партий ЛГРТ на север от Семиостровского погоста обломков крупного кристалла мориона. Что касается возможности находок чистых кристаллов и жил прозрачного горного хрусталя, то в общем они являются в условиях глубинных процессов гранитной дифференциации мало вероятными, что видно из типа кварца в кварцевых жилах, например, района Кейв. Нельзя, однако, отрицать возможность их нахождения, в частности, в гиперборейской свите северо-западного Мурмана, которая минералогически плохо изучена, а также в иотнийских красных песчаниках Терского и Кандалакшского берегов и т. д.¹

25. Диатомит (инфузорная земля, трепел) (анал. в прил. XI). Месторождения диатомитов Кольского полуострова, практически открытые в 1930 году, представляют несомненную ценность. Однако до сих пор их не сумели использовать в достаточной мере. Все они связаны с послеледниковыми процессами; частично диатомовые панцири, отмирая, продолжают накапливаться и до сего времени и представляют белый мучнистый осадок в озерах и болотах, местами сильно пропитанный органическим веществом (сапропелем). В настоящее время насчитывается свыше 100 точек, в которых известны значительные запасы диатомита, и можно сказать, что, вероятно, почти в каждом торфянике среди подстилающих грунтов можно встретить в разных количествах диатомит, иногда очень высокого качества.

До сих пор наиболее хорошо изучены следующие озерные месторождения Кольского полуострова: Сейдозеро в губе Белой большой Имандры, Нюдозеро, Мурдозеро и Сергевань около Ловозера.²

Н. В. Полонский в 1933 г. приводил нижеследующий список месторождений диатомита, который, однако, еще очень не полон и каждый год пополняется:

1. Бассейн реки Колы. Отмечается 16 точек, причем все они расположены на участке Кировской железной дороги от разъезда Лапландия до сел. Кица. Лучшее известно месторождение Мурдозера с 4,5 млн. м³ запасов на дне.

2. Бассейн оз. Имандры. Диатомиты, найденные прежде всего в бассейне р. Печи, впадающей в Пече-губу оз. Имандры, отмечаются в десятках месторождений с весьма высокими запасами. Далее отмечаются в районе северной части Имандры 11 месторождений, из которых наиболее интересны запасы Нюдозера, достигающие 12 млн. м³, с содержанием в обожженном виде 71—80% SiO₂.

В южной половине большой Имандры известно 10 месторождений в районе Бабинской Имандры — 5.

Качественно очень хорош диатомит Сембозера, содержащий до 97% SiO₂.

3. Бассейн озера Умбозера. В северо-западном углу наблюдаются многочисленные озера с диатомитом по р. Чуди. Имеется и ряд других озер в том же районе.

4. Бассейн озера Ловозера. Многочисленные озера с диатомитом известны в районах особенно Сергевань и Сейдозера; отмечается 15 точек.

¹ Кристаллы кварца и горного хрусталя известны в полиметаллических жилах губы Базарной (Мурман), в баритовых жилах горы Корабль, но наиболее интересны довольно большие кристаллы горного хрусталя (до 3—4 см) в пегматитовых миа-ролах реки Томбы у впадения в р. Поной.

² Помимо большой, но рассеянной специальной литературы, мы имеем прекрасный «диатомитовый» сборник в Тр. Геоморфологич. инст. Академии Наук, 1934, вып. 8, со статьями акад. А. А. Григорьева, С. Ф. Егорова, Н. В. Полонского, Б. В. Птицына и др. Первые указания на диатомит, в торфяниках мы, очевидно, находим у Н. Дергачева (1877), «Торф с известковым осадком».

5. Бассейн Колвицкого озера и Канозера — 13 точек. Кроме того, многочисленные точки известны по Терскому берегу и на севере в районе Воронинского погоста.

Все диатомиты Кольского полуострова представлены озерными и болотными типами, причем главное место принадлежит озерам, где процессе отложения диатомита продолжается и до настоящего времени. Запасы диатомита в общем очень велики и, по подсчетам 1934 г., можно наметить следующие запасы для более хорошо изученных месторождений (в тыс. кубометров):

Мурдозеро и Пулозеро	3 655
Бассейн р. Печи	3 000
Группа Монче-губы	3 000
Бассейн Умбозера	3 500
» Ловозера	5 850
Группа Сейдозера	6 150
Район Бабинской Имандры	2 100
Бассейн Колвицкого озера	10 000

Общий запас в указанных районах — свыше 50 млн. м³ сырья, причем в отдельных озерных водоемах запасы достигают 10 млн. Нет никакого сомнения, что эти запасы намечают собой лишь небольшую часть общих запасов диатомитового сырья на Кольском полуострове, которые измеряются несколькими сотнями миллионов кубометров.

Диатомиты Кольского полуострова неплохо изучены с химической и технологической точек зрения; количество кремнезема в них колеблется от 50 до 95%, причем иногда активный кремнезем достигает 80% и выше. Содержание железа ограничено, не превышает 3%. Интересно вместе с тем высокое содержание сапропелита в некоторых диатомитах, благодаря чему они получают после прокаливания высокую активность и способность к особой абсорбции.

Нет никакого сомнения в том, что диатомит является особо ценным, но и весьма своеобразным объектом кольской промышленности, для которой он приобретает особое значение благодаря свойствам тепловой изоляции.¹ Однако до сих пор с эксплуатационной точки зрения не намечены правильные пути для извлечения диатомита из-под поверхности воды озер и болот. До сих пор обычно диатомит добывался путем неглубоких, чисто кустарных работ по берегам озер и болот, причем все попытки механизировать добычу практически не приводили к успешным результатам. Между тем, единственным правильным методом эксплуатации, применяемым с успехом в Канаде, является использование озер разных гипсометрических уровней. Путем спуска воды из более высокорасположенных озер достигается освобождение поверхности диатомита от покрывающей его воды и производится непосредственная добыча при помощи экскаваторов. Этот путь должен быть использован и на Кольском полуострове, причем он тем более интересен, что как раз более высоко расположенные озера обладают диатомитом более чистого состава, тогда как озера низовые часто несут более илистый характер и содержат много примесей глинистых веществ и местами сапропеля.

Как указано, по аналогии с чехословацкими месторождениями, особый интерес представляет чистый диатомит с высоким содержанием органического вещества. При осторожном обжиге последний выгорает и получается высокодисперсная система совершенно исключительных

¹ Также для химической промышленности (получение жидкого стекла, поглощение красок, ультрамарин и т. д.).

технических свойств. Этот продукт продается по высоким ценам как для специальных химических целей, так и в качестве белой сажи для наполнения резины.¹

26. Вода и лед. Среди отдельных видов минерального сырья на Кольском полуострове исключительную роль для химической и металлургической промышленности играет вода.² Однако до сих пор она изучена еще очень недостаточно, несмотря на то, что в ряде случаев ее недостаток или состав не только лимитируют производство, но и создают много трудностей в снабжении населения питьевой водой. Особенно любопытно, что эти затруднения вызываются исключительной чистотой кольских вод, лишенных особенно солей кальция, что ведет к разъеданию котлов и частичному ослаблению питания органических тканей. Среди немногих работ по геохимии вод³ Кольского полуострова мы имеем интересные исследования Б. В. Птицына (1936), которые отмечают, что, по существу, мы имеем на Кольском полуострове два типа вод, из которых первый связан с горными реками и характеризуется прозрачной холодной водой с высокими рН 7.1—8.1. Эти воды благодаря своей щелочности отличаются малым содержанием угольной кислоты, но зато повышенным содержанием кремнезема. В противоположность этим водам мы наблюдаем другие воды — болотные — желто-бурого цвета с значительно более низким рН (средней или даже слабо кислой реакции) и с более пониженным содержанием кремневой кислоты. Для первых вод, как уже указано, характерно низкое содержание свободной угольной кислоты, а следовательно, и бикарбонатов. Прекрасным примером таких вод являются воды озер Умбозера и Ловозера, в которых практически полностью отсутствуют анионы серной кислоты и хлора и в очень небольшом количестве содержатся ионы фосфорной и азотной кислот.

Минерализация вод этих озер практически ничтожна, и поэтому они являются идеально чистыми, как бы дистиллированным природным раствором со всеми положительными и отрицательными чертами такой воды.

Положительным фактом является сильный гидролиз силикатов с растворением кремнезема и осаждением других окислов, отрицательным — резкий недостаток солей, нужных для развития организмов, недостаточное питание планктона и населения рыб пресноводных водоемов.

В противоположность этим типичным горным озерам болота и озера низинного типа (например, Колвицкого) имеют другие черты. Их рН колеблется от 6.5—7.1; они содержат значительно большее количество свободной углекислоты и бикарбонатов, а соответственно этому содержание кремнезема в них значительно ниже.

Между этими двумя крайностями есть ряд промежуточных водоемов, в которых наблюдаются различия на разных горизонтах озер, а также является изменчивым и содержание солей в зависимости от разных времен года.

¹ Мировая добыча диатомита достигает 350—400 тыс. т, в небольших количествах добывает Швеция (до 3000 т), Полярная Канада (1000 т) и Финляндия (1500—1700 т в год).

² Промышленное потребление воды в отдельных горных центрах Кольского полуострова, и в частности в Кировске, растет с каждым годом, и для одного Кировска в ближайшие годы потребление должно достигнуть 20 млн. кубометров чистой воды.

³ См. Н. А. Мосевич и П. В. Соколов. Гидрохимич. характ. некоторых рек Кольского полуострова. Изв. Всесоюз. инст. оз. и речн. рыбн. хоз. 1939. XXI.

Различие в типе вод представляется очень важным с точки зрения воздействия, с одной стороны, на бетон плотин (что особенно нежелательно при действии вод первого типа), а также с точки зрения образования осадков кремнезема — диатомита, так как основным, наиболее выгодным условием для накопления кремнезема (в диатомовых раковинах) является несколько изменчивый физико-химический режим, благодаря которому некоторое увеличение кислотности с глубиной ведет в определенное время года к облегчению осаждения кремнезема.

Указанные выше наблюдения являются, однако, в достаточной мере случайными и пока не обоснованы достаточным количеством анализов. Но все же мы не можем не подчеркнуть, что в основном главные воды Кольского полуострова отличаются исключительной мягкостью, благодаря чему отмечается высокая прозрачность, особенно синие тона, слабое развитие бентоса в озерах и реках горных районов.

Нет никакого сомнения, что совершенно специфические свойства отличают подземные воды Хибинских тундр, связанные с апатито-нефелиновым поясом. Эти воды, как показывают анализы, обнаруживают избыток фтора, при значительном недостатке кальция и магния и повышенной рН. Эти соотношения допустимы для большинства используемых вод, но в скважине № 20, выше рудника Кукисвумчорра, выражены в такой острой форме, что использование ее для питьевых целей должно быть исключено.

Наконец, особый тип вод характерен для размыва сульфидных месторождений района Мончи.¹ Здесь мы имеем в некоторых случаях повышенную кислотность, увеличение иона серной кислоты и обогащение тяжелыми металлами. К сожалению, эти воды до сих пор совершенно не изучены.

Во всяком случае, мы должны считать проблему гидрохимии кольских вод, как одну из задач исключительной практической важности. Вопрос не только связан с изучением воды для нужд промышленности и свойствами ее воздействия на бетон, на стенки котлов и на ход флотации, но изучение специфических свойств кольских вод оказывается особо важным для проблемы питания местного населения; при вероятном недостатке иода некоторый избыток фтора, нехватка кальция и магния ставят перед нами очень серьезную задачу глубокого изучения этой проблемы в целях улучшения качества питьевых вод. Достаточно указать на пример Полярной Канады, где в целях борьбы как раз с водами аналогичного типа, в районах, которые расположены близко к побережью, к пресным питьевым водам прибавляется небольшое количество морской воды или же для населения и скота используется хлористый натрий, «загрязненный» содержанием избыточных ионов кальция, магния, иода и брома.

Наравне с проблемами гидрохимического характера является очень важным изучение гидрогеологии и палеогидрогеологии в первую очередь наиболее интересных в промышленном отношении районов.

Особенно интересно применение методов палеогидрохимии и палеогидрогеологии для решения ряда вопросов о воссоздании прошлого геохимических процессов и на основании этого выработка приемов поисков и разведок.²

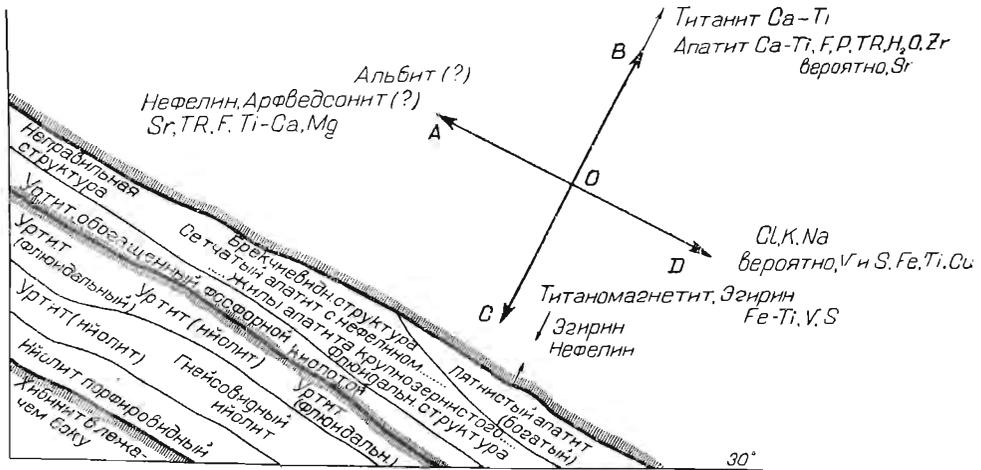
¹ Вообще рудничные воды разных горных предприятий не изучены.

² См. П. Н. Чирвинский. Проблемы советской геологии, № 8, 1933.

П. Н. Чирвинский. Палеогидрогеология Хибинских тундр. ИАН, геолог. сер. стр. 23, 1939. А. Е. Ферсман. К минералогии и геохимии Ухты. ИАН, сер. геол. 1940. № 3.

О льде, как полезном минерале, см. стр. 231.¹

27. Апатит и саамит (см. анализы в прилож. XI). Вопросы апатита и его использования в достаточной мере освещены в длинном ряде научных исследований и печатных работ, и поэтому я остановлюсь более кратко на характеристике этого хорошо изученного и широко используемого ископаемого. Мы должны лишь вначале отметить, что в дополнение к основному источнику апатитовой промышленности — хибинской апатито-нефелиновой полосе — за последние годы намечается новый источник, связанный с добычей магнетитовых руд



Фиг. 9. Структура рудного поля апатито-нефелинового пояса в районе Кукисвумчорра. Звезда намечает ориентировочно ход миграции отдельных химических элементов.

Реальное распределение элементов в отдельных зонах месторождений изучается в настоящее время Кольской базой Академии Наук.

Ионы. При налаживании обогащения железных руд этого месторождения будет легко обособляться чистый магнитный железняк с одной стороны, известняк — с другой и зерна или корочки апатита (штаффелита) — с третьей, что даст довольно высокие цифры достаточно чистого фосфорного сырья.²

Как мы знаем, основные богатства апатита на Кольском полуострове связаны с несколькими дугами, из которых главное значение принадлежит средней дуге, прослеженной в настоящее время на протяжении, примерно, 45 км с перерывами — от Суолауйва, в юго-восточной части Хибин, и кончая рекой Лявайок и возвышенностью Валепакх — на севере. Однако, помимо этого главного пояса, выясняется наличие в двух других, значительно меньших дуг: наружной дуги, проходящей по Поачвумчорру, связь которого с центральной дугой остается не установленной, и внутренней дуги, намеченной лишь отдельными точками на склонах к центральной низине Эвеслогчорра и Юкспора. О своеобразных свойствах апатита-саамита наружной дуги см. подробнее при

¹ См. Б. П. Вейнберг. Лед. ГОНТИ, 1940 (прекрасная монография).

² Примерно на 1 млн. т руды 30—50 тыс. т чистого апатита. Часть этого фосфата можно отнести, вероятно, к литаффелиту. Наконец, нельзя не обратить внимание на находку в 1939 г. Кольской базой АН лопаритового уррита в южной части Ловозерских тундр; в нем наблюдается постоянное обогащение апатитом до 20%. Если условно рассчитать добычу лопарита на 1000 т металла ниобия, то попутно из урритов можно будет извлекать до 30 тыс. т чистого апатита в год.

описании последнего минерала (стр. 71). Запасы апатитовых месторождений в общем могут считаться довольно хорошо изученными и выражаются нижеследующей табличкой:

Запасы центральной апатитовой дуги в Хибинских тундрах (1934) (в миллионах тонн)

Местонахождение	Тип	Запасы руды	Примечание
Куэльпор . . .	Полосчат.	24	До глуб. 200 м
Кукисвумчорр + Юкспор .	{ Пятнист.	320	} Около 60% } всех запасов
	{ Полосчат.	974	
Апат. цирк Рас- вумчорра . .	Полосчат.	164	
Плато Расвум- чорр	{ Пятнист.	91	} Около 40% } всех запасов
	{ Полосчат.	348	
Суолуйав — Нюркпакк .	Пятнисто- полосчат.	40	
	Всего .	1960	

Приведенные в таблице цифры основаны на подсчетах Л. Б. Антонова, причем в основу приняты условные подсчеты глубины отдельных апатитовых линз центрального пояса — как треть от их простираения. Практически эти цифры для крупных месторождений отвечают, примерно, уровню океана, для более мелких дают небольшую глубину, что вряд ли правильно. Конечно, такого рода расчеты совершенно условны, и при дальнейшем развитии горных выработок на глубину дальнейшие прогнозы запасов представляют не только теоретический, но и глубокий практический интерес.

Как ни колеблются подсчеты для этой дуги у разных исследователей, в общем порядки цифр довольно одинаковы: до глубины, примерно отвечающей уровню океана, запасы отвечают 2 млрд. т, из которых на апатит приходится примерно половина. В настоящее время мы можем наметить и основные типы руды по содержанию в них фосфорной кислоты:

1. Отборная руда, получаемая путем ручной сортировки, содержит максимум 33—34%.

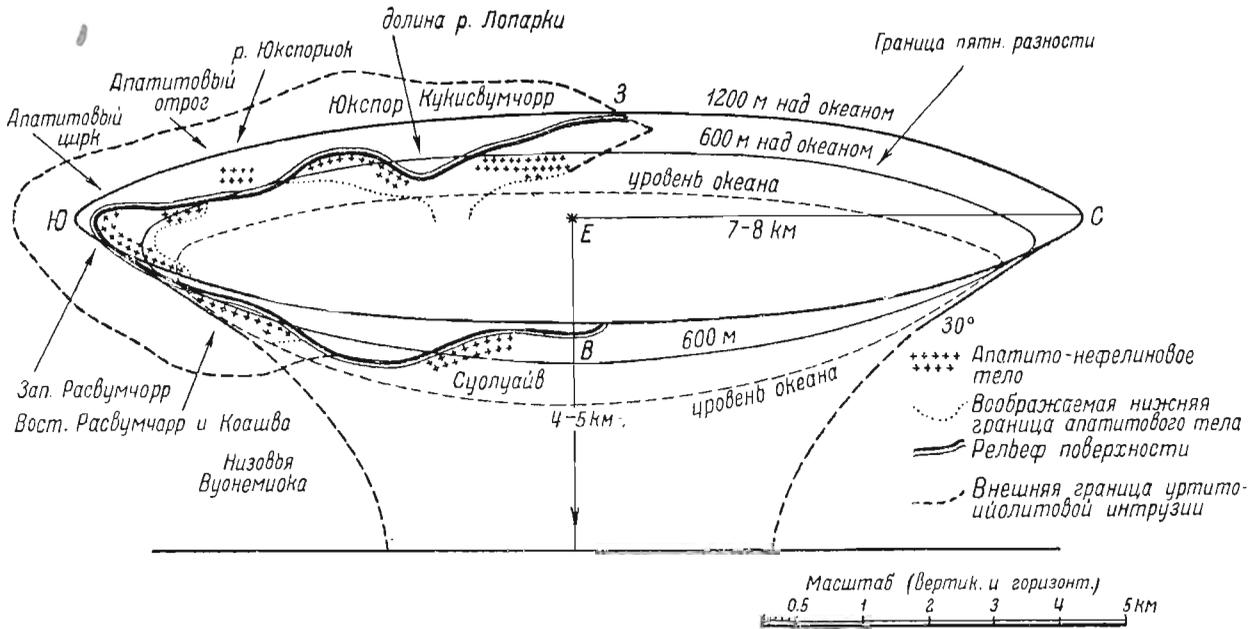
2. Основная массовая руда, так называемая пятнистая, верхнего горизонта Кукисвумчорра, частично Юкспора и Куэльпора; в среднем содержит около 30—31% фосфорной кислоты.

3. Средняя хорошая руда из лежащего бока богатых зон Кукисвумчорра и средняя хорошая руда Юкспора. Содержание P_2O_5 колеблется около 24—28%. По существу, в настоящее время обогатительная фабрика преимущественно работает на руде этого состава.

4. Подавляющая часть руды во всех месторождениях и в частности в нижних горизонтах Кукисвумчорра колеблется по содержанию P_2O_5 от 20 до 24%.

Наконец, к этим четырем сортам мы должны прибавить совсем белые руды, с содержанием в них от 10 до 18% фосфорной кислоты, а с другой стороны указать на то, что концентрат, получаемый в Ки-

ровске на флотационной фабрике, содержит 39—40% фосфорной кислоты, благодаря чему занимает по качеству первое место среди всех мировых источников фосфора.



Фиг. 10. Схематическое расположение отдельных апатитовых месторождений в центральной дуге Хибинских тундр (по А. Е. Ферсману, 1932—1939). Увеличение угла падения с глубиной подтвердилось (в согласии с идеями Н. А. Елисеева) новыми буровыми по 200 м абс. высоты.

Развертывающаяся используется использование апатитовой руды на руднике Кукисвумчорра уже сейчас, несмотря на удачный проект подземных работ, натапливаются при расширении добычи на недостаток рабочей силы, а в случае постройки обогатительной фабрики третьей очереди на 2—3 млн. т руды современный рудник не сможет удовлетворять ее потребности. Ввиду этого необходимо уже сейчас положить

ние и соответственным образом подготовить и другие возможные точки для организации рудничного хозяйства. Такой точкой является в первую очередь Юкспор, несмотря на его довольно бедные руды; рудник этот очень выгоден с эксплуатационной точки зрения, благодаря возможной связи с железнодорожным туннелем через этот хребет.

В дальнейшем можно будет говорить и о двух других районах — о Куэльпоре, с его высококачественными рудами, хотя этот район соображается с Кировском через Кукисвум по долине, весьма опасной в зимнее время из-за большого количества лавин. Можно будет поставить вопрос и об эксплуатации руд Расвумчорра и Коашвы. Однако последнее вызовет необходимость организации новых подъездных путей и совершенно нового горного хозяйства на южных склонах Хибинских гор с проведением новой ветки от ст. Титан.¹

Состав апатита в общем изучен удовлетворительно, и имеющиеся точные анализы Кольской базы показывают в общем небольшие колебания основных элементов, входящих в его состав.² Это касается, прежде всего, весьма устойчивого содержания фосфорной кислоты; несколько колеблется содержание двувалентных окислов, из которых кальций замещается стронцием (до 12%) и в значительно меньшей степени — барием; характерно довольно постоянное содержание фтора при ничтожном содержании или полном отсутствии хлора. Предполагавшееся ранее относительно высокое содержание последнего галоида не подтвердилось (не свыше 0.30%). Из микропримесей необходимо отметить мышьяк, ничтожное содержание которого едва уловимо химическими методами, ванадия, серебра и висмута, хотя до сих пор не установлено, связаны ли они с самой кристаллической решеткой апатита. В последнее время выяснилось небольшое, но постоянное содержание бора (см. стр. 112). Детальные анализы указывают на наличие щелочей, высокого процента редких земель и на небольшое количество кремнезема и серы; это привело И. Д. Старынкевич к построению модели хибинского апатита и установлению порядка замещения отдельных элементов, а именно фосфорной кислоты через серную или кремневую, фтора через хлор или гидроксил, кальция через редкие земли, стронций, барий и щелочи. Не ясен характер вхождения в решетку бора, хотя Б. Н. Мелентьев отмечает симбатность бора и кремния.

Конечно, одной из самых интересных задач большого практического значения является изучение изменения состава и парагенезиса апатита и апатитовой руды в трех направлениях: по простиранию самого апатитового пояса, по его разрезу — от висячего бока к лежащему, наконец, по глубине; очень важным является также сравнительное изучение апатитов (в этих же направлениях) во всех трех дугах. Мы должны сказать, что в этом отношении ясной картины еще не имеется и возможно лишь наметить некоторые предварительные данные в этом вопросе. Организуемая в настоящее время на Кольской базе Академии Наук специальная работа по выяснению минералогического состава апатитовых зон и распределения отдельных полезных ископаемых и составных частей на разных глубинах месторождений сможет дать ответ на этот важный для промышленности вопрос (Б. Н. Мелентьев).

Уже сейчас очень важно уточнение характера распределения редких земель и стронция. При этом выясняется, что мы имеем довольно

¹ Эта ветка будет иметь значение для добычи более богатого пирротина Пирротинного ущелья и постройки домов отдыха и санаторий в этом прекрасном защищенном районе Хибин.

² Ср. также A. Kind. Der magmat. Apatit. Chemie d. Erde XII. S. 50—81, 1938.

сложные взаимоотношения, связанные с наложением двух факторов, которые в общем действуют в противоположные стороны, вследствие чего затрудняется решение этой задачи. Так, несомненно, что к кровле месторождения накапливаются более летучие подвижные элементы, к которым относится, например, титан, образующий сфеновую оторочку, может быть — стронций. Между тем, мы должны помнить, что в глинах, при переходе к более высокой температурной кристаллизации апатита, мы должны ожидать обратного процесса — увеличения содержания именно в глубинах изоморфных примесей, как-то: стронция, бария и щелочей.

Таким образом, задача теоретически не может быть предпрешена и требует детальных экспериментальных данных. На основании имеющихся данных мы должны подчеркнуть особое значение этих работ, но вместе с тем должны настаивать на расширенных поисках и разведках и по простиранию самого центрального пояса как в районе Суолауйва, так и на склонах Лявочорра.¹ Это особенно важно с общей точки зрения, так как было бы интересным установить продолжение на востоке апатитовой полосы или полное замыкание ее в кольцо.² Установление связи между двумя крыльями апатитовой дуги или подковы позволило бы разрешить и другую задачу — происхождения центрального понижения Хибинских тундр, обращенного к востоку.

Весьма вероятно, что это понижение по своему происхождению связано с ледниковой эрозией и не имеет ничего общего с явлениями прототектоники и вулканизма.

Вопросы генезиса апатита до сих пор не могут считаться окончательно решенными, и в этом отношении необходима дальнейшая углубленная работа, особенно по лабораторному изучению системы апатит + нефелин.

Наконец, очень важными являются вопросы чисто минералогических определений, которые до сих пор отсутствуют и не дают точных констант для ряда физических свойств этого минерала. Очень интересно изучение флюоресценции и детальное выяснение состава суммы редких земель.³

27а. Саамит. Как указано было выше, в 1930-х гг. А. Н. Лабунцов обнаружил внешнюю дугу апатитовой породы, приуроченную в отдельных своих выходах к западным склонам Поачвумчорра. Эта полоса заслуживает очень большого внимания не только потому, что она довольно резко отличается по своему парагенезису от центрального пояса, но и потому, что с ее апатитом связано очень высокое содержание редких земель, от 3 до 5%,⁴ и повышенное содержание стронция — до 12% (удельный вес выше чем у апатита — 3.35%). Именно этот необыч-

¹ Общей возможной протяженностью около 90 км.

² Интересно по простиранию усиление пятнистой зоны к северу от Кукисвумчорра (например на Куэльпоре) и увеличение брекчиевидной, более бедной руды к юго-востоку.

³ Наиболее полные сводки по апатиту:

А. Е. Ферсман. Апатит, его месторождения, геохимия, запасы, экономика. Хибинские апатиты, III, стр. 124—168. 1931.

А. Н. Лабунцов. Апатит в сб. «Полезные ископаемые». 1937, I, стр. 230—321, литер.

А. Н. Лабунцов. Апатит в моногр. АН: «Минералы Хибинских и Ловозерских тундр», стр. 419—440. 1937.

Н. А. Елисеев. Хибинские апатиты. Местор. Зап. Мин. общ. 1937, т. LXVI, № 3, стр. 491—516.

⁴ В одном анализе И. Д. Старынкевич дает: Ce_2O_3 — 1.33%; La_2O_3 — 1.16; Y_2O_3 — 0.05.

ный состав и вызвал необходимость выдвинуть саамит как самостоятельную разновидность апатита (1939). Запасы отдельных точек для промышленной добычи сильно колеблются у разных исследователей, хотя в общем порядок цифр довольно одинаков: он не превышает, по данным подсчетов, отдельных миллионов тонн и во всяком случае не сравним с запасами главной апатитовой дуги. Принятые при подсчетах цифры глубины в 100 м — чисто условны и во много раз ниже действительных. Дело в том, что по верхней кромке Поачвумчорра, в его высоких обрывах к долине Кукисвум, отмечены выходы апатитовой породы. Если эти выходы действительно представляют продолжение апатитовых жит западных склонов, пересекающих таким образом весь Поачвумчорр, то мы свободно можем повысить в 10 раз вышеприведенные запасы. Общий характер этой дуги не позволяет еще сделать выводов об ее генезисе. Ряд свойств говорит за то, что она связана с более холодным процессом кристаллизации, чем дуга главная. Однако высокое содержание анортоклаза в апатитовой породе и повышенное содержание редких земель и стронция скорее говорят против этого предположения. Практическое значение этого месторождения исключительно велико. При применении методов С. И. Вольфовича (азотнокислое разложение) намечается особо выгодная технологическая схема заводских установок для извлечения редких земель при получении усвояемых фосфатов. Эту схему надо в настоящее время еще развить и дополнить попыткой извлечения и отделения стронция, что вероятно возможно при фракционированном осаждении сульфатов стронция и кальция. При сравнительно скромной добыче в 100 тыс. т руды в год можно будет получить до 40 тыс. т апатита, а из него — грандиозное количество редких земель, порядка 1—2 тыс. т и до 5 тыс. т сульфата стронция высшей марки. Если технологический метод сумеет ввести осаждение через угольную кислоту, то можно будет говорить и о получении гораздо более высокоценного карбоната стронция.

Использование этого месторождения облегчается и близостью его к самому Кировску и относительно выгодными транспортными условиями.

Таким образом, использование этого нового минерала требует, прежде всего, детального аналитического изучения образцов из разных частей дуги, а также изучения методов обогащения, выработки технологической схемы с полным использованием редких земель и стронция и выяснения горных, технических и транспортных условий при проектировании рудника при входе в ущелье Рамзя (с северной стороны).

Интересно отметить, что в апатите района Эвеслогчорра обнаружены разности, аналогичные по составу и свойствам саамиту внешней дуги. Однако это месторождение совершенно не изучено; ни простираение, ни запасы руды не известны, но его интересно связать с тем внутренним пирротинным кольцом, которое по ряду данных заслуживает особого к себе внимания (см. стр. 42 при пирротине).

28. Нефелин (пески, породы и концентраты) (см. анализы в прилож. XI). Проблема нефелина гораздо шире, чем это можно было думать на основании проделанных в 1930 г. работ, когда закладывалась основа апатитовой промышленности в Хибинах. Однако в 1932 г. успехи исследовательской работы, проведенной главным образом в Ломоносовском институте Академии Наук, привели к убеждению, что в нефелине мы имеем совершенно исключительный источник сырья для самых разнообразных отраслей народного хозяйства и что можно говорить о построении правильного цикла промышленного производства на

основе новой кремневой химии. В VIII томе «Апатитового» сборника помещены многочисленные исследовательские работы, доказавшие применимость нефелина в разрешении ряда вопросов химической промышленности, однако сама промышленность до последнего времени необычайно туго шла на использование этого минерала, и даже стекольная и керамическая области промышленности, в которых больше 15 лет тому назад было намечено применение нефелина, до сих пор не наладили этого производства. Между тем, в 1932 г. один из исследователей Кольского полуострова с полной справедливостью указывал, что нефелин является источником огромного народнохозяйственного значения и что, может быть, в будущем проблема нефелина перерастет по своему экономическому значению проблему апатита.

Возможность такой широкой постановки нефелиновой проблемы была подхвачена, надо прямо сказать, с большой энергией промышленностью других районов нашего Союза. Особенно значительных успехов добился в этом отношении Урал, применив особый, правда, очень чистый нефелин Вишневых гор для получения высококачественных эмалей посуды на своих заводах. В новых опытах разложения титаномагнетитов Южного Урала акад. Э. В. Брицке миаскиты (нефелиновые сиениты) нашли свое новое, очень широкое применение в черной металлургии. Возникает мысль о том, что, возможно, вся черная металлургия начнет широко применять для шихтовки трудно плавящихся руд нефелин или нефелиновые породы, что тем более интересно, что, в противоположность другим видам использования, в этом случае нефелин может отличаться избыточным содержанием железа. Одновременно с этим нефелин используется с большим успехом за границей, особенно в Канаде и в Соединенных Штатах Америки; он стал там серьезным конкурентом полевого шпата, что даже несколько повлияло на снижение цен на последний. Постройка в Соединенных Штатах нескольких заводов для получения нефелиновой керамической шихты и, повидимому, для извлечения чистого глинозема (?) поставила там вопрос об использовании этого сырья для получения металлического алюминия. И в японской литературе намечаются новые патенты на использование своеобразной нефелиновой породы Манчжурии для этих же целей.

Между тем, во всем мире нет района более богатого нефелином и содержащего более грандиозные его скопления, чем это наблюдается главным образом в Хибинах и частично в Ловозерских тундрах.

Мы можем перечислить основные виды нефелинового сырья и свети их к следующим типам:

А. Конечно, наибольшие запасы относятся к уриту и ийолитовым породам, общие запасы которых в южной части Хибинского массива определяются миллиардами тонн. Правда, из них на долю богатых разновидностей приходится всего не более 0,5%, если говорить об уритах с содержанием 90—93% нефелина. Однако повышенное содержание в нефелине эгирина — и, следовательно, железа, — к тому же недоступное для механической сепарации, является несомненным минусом этого вида сырья. Заслуживают внимания в этом отношении более светлые уриты и частью тавиты Ловозерских тундр, где в районе их юго-западных отрогов отмечались замечательные уриты с содержанием нефелина до 95—97%, с относительно небольшим содержанием железа. Во всяком случае, этот вид сырья требует еще дальнейшего исследования, тем более, что светлые уриты открыты в последнее время и в юго-восточных частях Хибинских тундр.

Б. Очень значительны запасы самих хибинитовых пород таких районов как Айкуайвенчорра. Они выражаются миллиардами тонн, но по

своему характеру имеют значение лишь для строительных целей, а может быть частично для целей шихтовки черной металлургии, аналогично миаскиту.

Разведанные запасы уртитовых пород Хибин

(в тыс. тонн) (по В. А. Крылову, 1933)

Месторождения	Порода	Нефелин
Кукисвумчорр	1128.2	733.3
Юкспор	1995.5	1297.0
Апатитовый отрог	4515.0	2934.7
Расвумчорр	3261.4	2119.8
Итого	10900.1	7084.9

В. Одним из интересных источников сырья, на который было обращено внимание еще в 1923 г., были нефелиновые пески, связанные с выносами рек на берегах озера Имандры. По данным специальных исследований П. А. Борисова, запасы этих песков достигают 10 млн. т, со средним содержанием окислов железа порядка 4—5%; при магнитном обогащении содержание железа снижается до 0.7—0.8%. Эти пески намечались одно время как основа стекольной промышленности Ленинградского района. Однако дальнейшее их использование встретило некоторые затруднения, в виду вязкости шихты и трудностей механизации самого стекольного процесса, благодаря высокому содержанию глинозема. Однако мы не можем отрицать того, что эти пески, благодаря естественному размолу и обогащению, представляют прекрасный источник сырья для стекольной промышленности, к тому же очень дешевой, позволяющий за 2—3 руб. за тонну (на месте) иметь подготовленный для плавки материал. Некоторые трудности намечаются в этом вопросе и в связи с предполагаемым дальнейшим поднятием уровня Имандры на 1 м. Это поднятие, несомненно, заставляет понизить реальность приводимых выше цифр, так как значительная часть оконтурированных и подсчитанных песков окажется покрытой водами Имандры. Однако это не исключает возможности поисков и открытия аналогичных песков в более высоких частях тех же рек, стекающих с Хибинского массива.

Г. Совершенно особый интерес представляют хвосты апатитовой фабрики, которые сбрасываются в р. Белую. По подсчетам И. Ф. Володько, с 1932 по 1939 гг. спущено в р. Белую приблизительно от 4.5 до 5 млн. т мелкозвученных хвостов. Меньше половины их застряло в разных частях реки: в устье Белой и у пос. Белого до оз. Имандры накоплено около 1.5 млн. т этих хвостов; общее количество отложений в пойме реки достигает около 1700 тыс. т, остальное же количество (т. е. около 2 млн. т) вынесено в Сейдозеро, где постепенно осаждаются. Детальное изучение этого вопроса И. Ф. Володько показало, что чем ниже по течению, тем наносы становятся мелкозернистее, постепенно освобождаются от тяжелого титаномагнетита и частично от згирина. На дне губы Белой соотношение легких и тяжелых минералов резко изменяется в пользу нефелина, и его процентное содержание в донных отложениях составляет около 70% при 5—6% апатита. Одновременно с этим количество титаномагнетита составляет лишь доли

процента. Таким образом, на дне губы Белой и Сейдозера, оказывается, постепенно накапливается исключительно дисперсный продукт, состоящий примерно из 70—75% нефелина, в котором количество апатита к тому же постепенно уменьшается, путем растворения его кислыми водами. Отвечая приблизительно помолу в 100 меш, эти хвосты на дне Белой, пройдя через реку в ее пойме начинают по качеству удовлетворять тем жестким кондициям, которые предъявляются, например, для керамической и частью стекольной промышленности. Особенно это важно для каменного товара, разного назначения штамповочных, электроустановочных изделий, для которых не опасно содержание фосфорной кислоты до 5% и содержание окислов железа до 4%. С другой стороны, грандиозные двухмиллионные запасы губы Белой и Сейдозера расположены исключительно удобно по отношению к транспорту, позволяя экскаваторами непосредственно грузить в вагоны твердо слежавшийся осадок. В этом источнике мы видим один из очень интересных видов дешевого нефелинового сырья для организации на месте керамической и стекольной промышленности.

Д. Однако главный и важнейший продукт нефелинового сырья и нефелинового концентрата получается на специальной нефелиновой фабрике в Кировске из апатитовых хвостов, после новой флотации и нового электромагнитного обогащения. Содержание нефелина в этих концентратах доходит до 90% (до 30% окиси алюминия), содержание железа снижается до 2—3%, фосфорной кислоты — до 0.3%. Нет никакого сомнения, что этот материал, весьма дешевый и мелко размолотый — до 100 меш — представляет собой главную ценность для различных отраслей промышленности и в особенности для алюминиевого производства.

Добыча в год 150—200 тыс. т нефелина отвечает, таким образом, возможности извлечения из него примерно 60 тыс. т глинозема, что соответствует 30 тыс. т металлического алюминия.¹

Кончая на этом характеристику основных видов сырья нефелина на Кольском полуострове, мы должны обратить еще внимание на возможность использования для аналогичных целей содалита, который входит в состав породы тавита, обнаруженного в больших количествах в Ловозерских тундрах. Очень интересно использование этого минерала для получения синего красителя (см. стр. 108). Что касается его применения наравне с нефелином, то, к сожалению, в этом направлении до сих пор не было проведено какого-либо изучения, в виду отдаленности и трудной доступности месторождений тавита.

Наконец, необходимо еще указать на одно любопытное свойство вышеприведенного уррита при прокалке: оказывается, что нагревание уррита до 600—800° ведет к его дезинтеграции, а также частично — к состоянию более удобному для магнитной сепарации. Ценные опыты в этом направлении не были доведены до конца, а между тем они могут наметить пути значительного удешевления применения уррита в разных отраслях промышленности.

Попрежнему чрезвычайно важной является задача дальнейшего изучения и поисков месторождений более чистого нефелина, уррита и содалита. Мы должны с большим сожалением констатировать, что в Хибинских и Ловозерских тундрах нефелин во всех известных пока месторождениях отличается загрязненностью эгирином и титаномагнетитом и

¹ По данным Б. Н. Мелентьева (Кольская база АН), в концентрате содержится около 86% нефелина и 8.5% полевых шпатов, чем объясняется отношение CaO к SiO₂, а также несколько пониженное содержание Al₂O₃ (до 29.5%).

всегда содержит довольно высокий процент окислов железа, которые не отделимы обычными и дешевыми методами обогащения.¹ Мы должны прямо сказать, что в этом отношении нефелин Хибинских тундр является в общем более низкосортным сырьем, чем нефелины пегматитовых жил Вишневых гор и Онтарио в Канаде или даже нефелин и элеолит из миасскитов Ильменских гор. Как мы говорили, для процессов черной металлургии эта примесь является не отрицательным, а даже положительным фактором, но для других областей применения нефелина она может считаться исключительно вредной. Поиски чистого нефелинового сырья или чистых содалитовых пород в Хибинских и Ловозерских тундрах, особенно в последних (склоны тундры Маннепахк), представляют попрежнему очень актуальную, но далеко не безнадёжную задачу.

Как сказано ниже (стр. 237), ценность нефелина определяется соотношением в нем трех полезных веществ — около 45% кремнезема, 35% глинозема и до 20% щелочей. Это сочетание и определяет пути тех технологических приемов, которые ведут к использованию окислов нефелина или целиком в отдельных частях или в их комбинации. Мы рассмотрим в главе VIII последовательно судьбу отдельных областей применения нефелина и отметим выявившиеся положительные и отрицательные стороны его в каждой отрасли промышленности.

Наконец, надо обратить особое внимание на гакманит, содержащий до 1.4% серы и обладающий рядом замечательных свойств быстрого изменения окраски на свету (см. Э. М. Бонштедт, 1939).

29. Мусковит (калиевая слюда)² (анализы в прилож. XI). Нет никакого сомнения, что среди важнейших полезных ископаемых на Кольском полуострове за последнее время особенно выделяется слюда, для которой вырисовывается ряд месторождений, связанных с гранитами разных возрастов, но особенно с древними микроклиновыми и наиболее молодыми щелочными. В настоящее время ведется нормальная добыча, достигающая 600 т в год, в районах Ионы и Стрельны.

Однако сейчас можно наметить, на основании имеющихся данных, еще значительно большее число точек, в которых можно будет начать эксплуатацию слюды в разных масштабах. Интересно отметить, что в целом ряде точек наблюдаются старые ямы, сохранившиеся, вероятно, еще с XVI—XVII вв. и указывающие на наличие слюдоносных пегматитовых жил в том или ином районе (например, в Кыма-тундре, тундре Вируайв и др.).

Отметим в кратких чертах прежде всего те районы, которые являются перспективными в отношении слюды:

1. Район Ионы, который во многих отношениях является северо-западным продолжением района пегматитов Северной Карелии. Здесь заслуживает главного внимания центр слюдяных разработок тундры Лейвойвы (в 100 км от Кандалакши), где известно около 40 слюдоносных жил, из которых 13, несомненно, являются промышленными. Жилы связаны с гнейсовыми мигматитами, сильно инъецированными более молодым микроклин-плагноклазовым гранитом. Ослюждение жил неравномерное. Интересно накопление слюды висячем

¹ Как показали анализы Б. В. Щербины (1931), часть Fe_2O_3 замещает глинозем и потому не отделима; такого железа в самой решетке нефелина содержится минимум 0,72%. Определения В. Р. Куллаиды в 1932 г. подтвердили, что в Хибинах нет нефелинов с содержанием химически неотделимого железа ниже 0,7%.

² Описан хорошо в книге «Слюда СССР», изд. ЦНИГРИ, стр. 192—226, 1937.

боку жил. Полевой шпат представлен по преимуществу белым кислым плагиоклазом, реже микроклин-пертитом. Выход слюды колеблется между 0.42 и 3.08% (среднее 0.98). Запасы сырца 10-15 000 т на площади в 1.5—2 км²; высоких сортов до 3—4 тыс. т.

2. Повидимому, к северу от Ионского района намечается область аналогичных слюдоносных пегматитов в районе реки Гирвас в Нотозерском районе. Пока район трудно доступен.

3. Район очень мало обследованных древних гнейсов на север от Хибин, между меридианами рр. Колы и Вороньей. Здесь намечается целый ряд участков слюдоносных полей, особенно в районе Пулозера, гундры Вируайв, Красивой, Телячьей и др.

В тундре Вируайв известны старые слюдяные разработки. Имеющиеся данные указывают на промышленное значение этого района.

4. Кандалакшский район. Участок пегматитовых жил между Северной Карелией и Ионой. Он лежит на запад и северо-запад от Кыма-тундры и заслуживает несомненного внимания.

5. За последние годы (1937) выдвинулся район Терский, как по р. Пулонге, так и особенно по р. Стрельне, где наблюдается слюда высоких качеств в крупных промышленных запасах. В полях микроклин-новых гранитов по рр. Стрельне, Слюдянке, Березовой, в верховьях рр. Пялицы и Пялки Л. А. Косой в 1936 г. открыл целый пегматитовый район, аналогичный Сев. Карелии (около 600 пегматитовых жил двух типов). Интересны здесь неправильные шпировые пегматитовые выделения с промышленной слюдой.

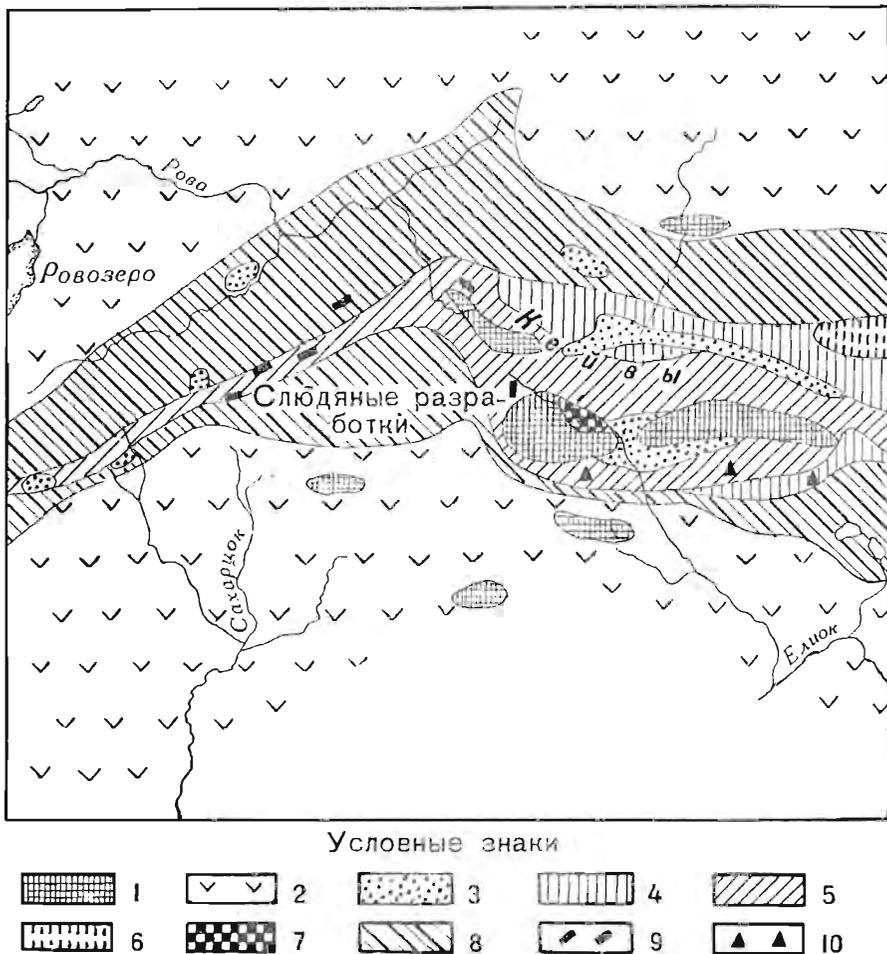
6. Наконец, перспективным районом, который все же до сих пор не оправдал возлагаемых на него надежд, является район Ловозерский, вернее Семиостровский, где необходимо продолжить поиски и разведки тундр по р. Кулюок, Слюдяных сопок, горы Березовой и участков, лежащих на север от сопки Слюдяных. Все указанные выше точки являются перспективными, однако поиски в них представляют несомненные трудности в виду задернованности и заболоченности отдельных участков. К тому же район отстоит на 170—200 км к юго-востоку от ст. Пулозеро, Кировской железной дороги, и на 80—100 км от Ловозерского погоста.

Месторождения хорошо описаны П. К. Григорьевым (1937). Пегматиты обладают ясно выраженной кварцевой осью, иногда содержат светлый амазонит, спорадически в них отмечался гумит (измененный уранинит), флюорит, магнетит, ортит, берилл, пирит, гранат, апатит, ильменит. Тип пегматитов по моей классификации III—IV. Строение зонарное. Жилы с поверхности сильно разрушены. Мусковит электро-технически испытан с весьма благоприятными результатами. Средний взвешенный выход 0.5—4%, что выше, чем для Ионы, и примерно отвечает выходу мамских слюд (в Сибири). Однако слюда более мелкая, трещиноватая и загрязнена окислами железа. Запасы пока считаются весьма скромными. Здесь же отмечаются мусковитовые сланцы, пригодные для получения чешуек и слюдяного порошка высокого качества.

Мы думаем, что для поисков слюды на Кольском полуострове можно было бы ввести методы радиоактивные, применяя радиевую съемку так же, как на Украине. При отсутствии сильных четвертичных наносов можно ожидать здесь еще большей эффективности, чем на Украине, так как обычно несколько повышенная активность пегматитов дает возможность легко наметить основные линии их простираения или положение главных полей.

Во всяком случае, на Кольском полуострове имеется ряд весьма

перспективных слюдяных районов, использование которых может вестись комплексно, вместе с использованием кварца и полевого шпата. Весьма вероятно, что годовая добыча мусковита может превысить в год 1000 т.



Фиг. 11. Схематическая карта западной части Кейвского плато в районе слюдяных разработок (по Н. Т. Никольской и М. Д. Вагановой).

1 — основные породы (габбро-диабазы, метагаббро, метаперидотиты); 2 — щелочные граниты; 3 — амфиболиты; 4 — силлиманитово-листеново-ставролитовые сланцы; 5 — слюдяно-кварцитовые сланцы; 6 — филолитоподобные сланцы; 7 — метаморфизованные известковые песчаники; 8 — биотитовые гнейсы; 9 — слюдоносные пегматитовые жилы; 10 — кванит.

Помимо чистой электротехнической слюды, можно говорить и об использовании миканита, который, с одной стороны, накапливается в отвалах большинства слюдяных выработок, но особенно интересен при использовании некоторых слюдяных сланцев Кейв, которые почти сплошь состоят из мелких листочков слюды. Весьма вероятно, что в дальнейшем при организации настоящих транспортных условий некоторые сланцы Кейв смогут быть широко использованы для получения слюдяного порошка и миканита.

• 30. Полевой шпат — гранитные пегматиты (химич. анализы в приложении XI). Пегматиты на территории Кольского полу-

острова представляют очень значительный практический и теоретический интерес. Прежде всего они интересны потому, что имеют огромное распространение по всей территории Кольского полуострова и отмечаются в 50 различных точках, где связаны с разнообразными гранитами — от самых древних свонийских пород до наиболее молодых микроклиновых разновидностей — и где образуют целые поля, весьма насыщенные жильными выделениями. Все пегматиты, известные на Кольском полуострове, относятся по своим типам, в сущности, к очень узкому интервалу пегматитовой серии, которая отвечает по номенклатуре моей Монографии 1931—1940 гг. типам II—III и частично III—IV.¹ В сущности главный процесс минерализации жил на Кольском полуострове отвечает геофазам D—E. Соответственно этому, мы совершенно не знаем на Кольском полуострове литиевых пегматитов более поздних и холодных геофаз с содержанием литиевых силикатов и светлых бериллов, не знаем и самых высоких температурных пегматитов, богатых ортитом² и монацитом и большим количеством ниоботанталовых соединений.³ Главный интервал минерализации пегматитовых жил Кольского полуострова охватывает процесс образования биотита, полевого шпата и кварца. Сверху (на диаграмме — слева) к этому процессу подходят урановые и частично ториевые минералы (циркон, циртолит, ксенотим); снизу, т. е. с правой стороны нашей схемы, подходят берилловые пегматиты с очень редким образованием топаза. При вообще слабом пневматолитизе эти пегматиты, за исключением отдельных жил северных районов (у сел. Воронинского), бедны соединениями летучих компонентов, а именно турмалином или шерлом, но для них весьма характерен процесс гидролитического распада полевого шпата с образованием мусковитовой слюды разных типов (гораздо реже — скаполита и эпидота). Из этого и следует, что список важнейших полезных ископаемых, связанных с гранитными пегматитами Кольского полуострова, — полевой шпат, мусковит и кварц — довольно краток.⁴

В настоящее время мы можем наметить следующие главные поля пегматитов гранитного типа:

1. В юго-западной части полуострова продолжается к северу свита пегматитов Северной Карелии, протягивающаяся от севера района Кандалакши к верховьям Ионы и до Бабинской Имандры. Прекрасное месторождение Лейвойвы (в верховьях Ионы) характеризуется как нормальным типом слюдяных пегматитов (относительно более холодных), так и более высокотемпературными пегматитами, почти без слюды, но с прекрасным письменным гранитом и несомненно большой технической ценности.

2. На юге Кольского полуострова интересен весь район побережья Кандалакши до Порьей губы и многочисленных островов Кандалакшского фиорда с мощными пегматитами и генетически связанными

¹ В противоположность Карелии мы имеем здесь чаще дело с пластовыми, а не секущими пегматитами без крупноблоковой структуры, типа крупнозернистых протоктитов, чему отвечает и повышенное содержание биотита.

² Хотя отмечаются ортитовые граниты, пегматиты и гнейсы, не имеющие, однако, практического значения (П. Н. Чирвинский).

³ К редким жилам этого типа относится секущий пегматит с ортитом около Кандалакши и редкоземельный пегматит Пирь-Наволока на Терском берегу (В. А. Токарев, 1936).

⁴ Впрочем, ряд пегматитов имеет большое практическое значение в целом — или как огнеупорный и кислотоупорный материал или как непосредственное керамическое сырье. Это относится как к чистым пегматитам, так и к лейкократовым аплитам.

с ними кварцевыми жилами. К сожалению, они нередко загрязнены содержанием биотита и по типу относятся к прототектитам. Преимущественно наблюдаются пластовые пегматиты (более ранние — серые — олигоклазовые и более поздние — розовые — микроклиновые); значительно реже секущие микроклиновые (до 2 м) с кристаллами ортита.

3. В юго-восточной части большой и очень ценный район пегматитовых полей намечается в области микроклиновых, частью пегматитовых гранитов рр. Стрельны и Слюдянки (с бериллом и промышленной слюдой).

4. На северо-западе пегматиты связаны с различными разновидностями гнейсов от р. Западной Лицы до Кольского фиорда, где разведками устанавливается наличие огромных запасов пегматитового керамического сырья. Особенно интересны пластовые пегматиты (12 очень крупных жил) мыса Пинагорий и Роста (плаггио-микроклиновые пегматиты); запасы превышают 8—10 млн. т.¹ По типу — тоже прототектиты высокотемпературных геофаз, с чем связано высокое содержание биотита.

5. В центральном районе на севере от Хибин намечается большая область пегматитов, часто слюдяных, по р. Пече, у Ягельного бора (где известно свыше 200 жил), в тундрах Вируайв и по линии автодороги от Пулозера до Ловозера.

6. Совершенно особый тип гранитных пегматитов связан с щелочными гранитами верховьев Поноя. Они протягиваются, презаясь в мигматическую свиту Кейв, на громадном протяжении до самой Каневки и определяют собой многочисленные пегматиты со слюдой и кварцем (частично с бериллом).

7. Необходимо, однако, наравне с указанными выше типами нормальных пегматитов, типов I—II—IV, отметить находки и менее обычных пегматитовых образований на Кольском полуострове. Таковы, прежде всего, амазонитные пегматиты с прекрасными темными синезелеными амазонитами, связанными со щелочными гранитами, с одной стороны на север от Канозера, с другой — в районе оз. Сейявра в центральном водоразделе. По всей вероятности, более детальные исследования этих своеобразных амазонитовых пегматитов позволят уточнить их минерализацию, дадут ценнейший материал для декоративной промышленности и откроют ряд соединений редких металлов (на что уже имеются указания).

8. Лунный камень (солнечный камень) — беломорит.

О солнечном камне с острова Седловатого (вероятно, в Порьей губе) имеются старые данные еще у Раммэ-де-Лиля (1780). В 1830 году Л. Перовский послал специальную экспедицию на острова для «отыскания драгоценного камня, дав ей для образца перстень со вставленным камнем». Из глыб гранита были выколоты и привезены два воза камня, но он был хуже образцов. Вероятно, речь шла о лунном камне (олигоклазе) из пегматитовых жил Беломорья (напр., Синея Палы). Велен (1891) описал из Зашеек (Сырая тундра) письменный гранит с авантюриновым олигоклазом (Архив б. Уделов).

9. Совершенно особый характер имеют пегматиты силификации нефелино-сиенитовых апофиз Хибинского массива. Они описаны мною из западных контактов Хибинских тундр и заслуживают особого исследования с теоретической точки зрения.

¹ Керамические пегматиты Белокаменки (в 15 км на север от Мурманска) с запасами 73 тыс. м³; мыса Мишукова (соотв. 33 тыс. м³), мыса Пинагорий и Роста (до 140 м³).

Таким образом, вышеприведенное перечисление показывает многообразие пегматитовых образований в разных частях Кольского полуострова и требует детального минералогического и геохимического исследования, которое до сих пор еще отсутствует (за исключением чисто слюдяных типов). Как указано, наравне с мусковитом, мы имеем в них значительные количества полевого шпата и кварца. К сожалению, в отношении полевого шпата запасы указанных выше пегматитовых полей остаются совершенно не изученными; однако, в общем они лежат в труднодоступных районах и пока не могут быть вовлечены в интересную, но пока совершенно отсутствующую на Кольском полуострове керамическую промышленность. Между тем, при дальнейшей организации стекольной и керамической промышленности полевые шпаты пегматитов неизбежно будут очень широко использоваться новым производством, и потому своевременное и детальное изучение пегматитовых полей представляет значительный интерес. К тому же организация сернокислотной промышленности приведет к использованию отбросов кварца для наполнения башен.

Повидимому, наибольший практический интерес для керамики представляет желтоватый или розоватый полевой шпат (по преимуществу микроклин и микроклин-пертит¹) из следующих районов:

1. Пегматитовые поля Бабинской Имандры — течение р. Ионы. Здесь наблюдаются очень чистые полевые шпаты, местами лишенные биотита и вредных примесей; пегматиты залегают в архейских гнейсах. Мощность жил на южном берегу Бабинской Имандры — до 30 м, при протяжении до 350 м. Преобладают, однако, менее ценные сорта кислых плагиоклазов.²

2. Большого внимания, особенно в виду удобства эксплуатации и транспорта, заслуживают пегматиты района Кандалакши и островов с хорошими калиевыми полевыми шпатами (микроклин-пертит) и окрестностей Умбы, где известно несколько десятков жил от 0,5 до 4 м мощностью и весьма значительного протяжения (до 350 м).

3. Заслуживают внимания и чистые полевые шпаты из мусковитовых пегматитов и пегматитовых гранитов верховой рр. Стрельны и Слюдянки.

Здесь запасы очень велики, а качество полевого шпата довольно высокое.

4. С точки зрения эксплуатации заслуживают особого внимания богатые чистым полевым шпатом пегматиты Кольского фиорда, причем запасы пегматитового керамического сырья измеряются здесь миллионами тонн (особенно у пос. Роста). Некоторые из них требуют особой сепарации от биотита, в других случаях возможно ограничиться ручной отборкой. Однако можно смело сказать, что общие масштабы минералообразований пегматитовых процессов здесь настолько значительны, поля жил настолько богаты, что имеется полная возможность организации многочисленных производств на основе полевошпатового сырья и промышленной эксплуатации всего жильного тела тех пегматитов, которые одновременно содержат кварц, полевой шпат и слюду.

Особое значение для художественной промышленности представляют указанные выше амазонитовые пегматиты, так как они могут

¹ Имеется местами и кислый плагиоклаз (белый), который в пегматитах Ионы даже преобладает.

² Отметим, например, пегматиты оз. Кох близ сел. Иона с запасами в несколько млн. т горной массы (с содерж. $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ — только около 0,35%).

дать высокосортный материал для декоративных целей, а также оказаться связанными с наличием редкоземельных минералов и, может быть, флюорита и криолита. На них должно быть обращено большое внимание при поисках и разведках в двух районах — прежде всего западных контактов щелочных гранитов у оз. Сейявр (в 30—40 км на восток от Ловозера), и, во-вторых, в области отдельных, совершенно еще не изученных выходов амазонитов и пегматитов на север от Канозера. Интересно отметить, что в обоих случаях образование амазонита связано с наличием щелочных гранитов, а также с непосредственными скоплениями пегматитов в контактных зонах.

Наиболее важной задачей в изучении пегматитов и полевых шпатов является их детальное минералогическое, геохимическое и химическое исследование.

31. Кианит и силлиманит (анализы см. в прилож. XI).¹ Трудно себе представить на всей поверхности земного шара другую область, которая содержала бы в себе большие скопления кианита и силлиманита и где концентрация их достигала бы таких грандиозных масштабов, как в месторождениях кианита Кейв. Детальное исследование кристаллических сланцев и гнейсов как древней архейской свиты пород, так и протерозоя все шире и шире раскрывает картину многочисленных месторождений этих минералов, и нет никакого сомнения, что постепенно будут открываться все новые и новые их месторождения в разных частях Кольского полуострова и соприкасающихся частях Фенноскандинавского щита. Доказательством справедливости этого мнения является открытие в 1939 году относительно небольшого, но ценного месторождения кианита в Северной Карелии в окрестностях ст. Лоухи (Хизовара), где, может быть, мы имеем дело с переброшенным аллохтонным куском древней протерозойской карельской свиты, которая надвинута с севера и оторвана, может быть, от каких-то, теперь не сохранившихся, кианитовых полей в западной части Кольского полуострова. В настоящее время мы можем говорить о следующих районах нахождения кианита и силлиманита:

1. В гнейсах района Туломы работы А. А. Полканова наметили много отдельных точек скопления кианита или силлиманита; хотя до сих пор поиски и разведки не установили здесь наличия скоплений этих минералов, тем не менее не исключено, что в том или ином участке парагнейсов Туломского района будут открыты отдельные, но в общем небольшие месторождения этих соединений. Ряд полос кианито-силлиманито-гранатовых гнейсов протягивается к Пулозеру до Кировской железнодорожной линии (см. гранат). Работами ЛГРТ 1938 г. предположения о промышленных запасах не подтвердились.

2. Кианитовые гнейсы намечаются в районе Палкинской губы в Кандалакшском фиорде на юг от Кандалакши, где кианит вместе с гранатом образует до 15% состава гнейса. Вряд ли пока приходится говорить о практическом значении этого месторождения, хотя оно прослежено примерно на 1 км по простиранию, но не изучено.

3. Более интересное месторождение, в частности силлиманита, связано с северными контактами Ловозерских тундр. Разведки геолога С. Д. Покровского показали, что мы имеем здесь довольно любопытные месторождения преимущественно силлиманита и отчасти кианита,

¹ См. прекрасную работу П. А. Борисова в т. I «Производит. силы Кольского полуострова», 1940 г., а также изданный ЛГРТ в Ленинграде том: «Большие Кейвы».

прослеженного полосой (протерозоя), на пространстве 2 км ущемленной в свите саамских кристаллических сланцев при мощности рудной толщи в 30—40 м. Установлен запас силлиманита в 1100 тыс. т. (до глубины 45 м) с содержанием в породе этого минерала до 33%.

Общие геологические запасы руды превышают несколько миллионов тонн. Наиболее интересной точкой является г. Карнасурт с отрогами Пиялкимпор и Флора. К сожалению, породы этого района из-за удлиненного характера тонких кристаллов силлиманита довольно трудно обогащаются, но зато как огнеупорное сырье они выше кианита. Это месторождение заслуживает несомненного внимания, так как лежит очень выгодно — вблизи от самой трассы автодороги, в районе возможной будущей промышленной эксплуатации лопаритовых руд Ловозерских тундр. Не доказана его генетическая связь с контактным воздействием щелочного плутона Луявуррта, что, однако, весьма вероятно. Возраст свиты, повидимому, аналогичен Кейвам — протерозой.

4. Однако все эти отдельные месторождения ни по своим запасам, ни по качеству материала не сравнимы с грандиозными масштабами кианита горного хребта Кейв,¹ который протягивается на 150 км, при ширине в 1—4 км (а даже и до 10 км) с восточной части Кольского полуострова, севернее р. Поноя и на всем протяжении до сел. Каневки содержит многочисленные месторождения кианитовых пород в свите протерозойских осадков. Отдельные точки, выбранные довольно случайно среди этого богатейшего в мире кианитового пояса, содержат до 40—50% кианита с вероятными геологическими запасами в 15—20 млн. т (1939).² Имеются отдельные участки с содержанием в 75—80% кианита. При дальнейшем уточнении тектоники этого района, исследовании содержания кианита и условий его обогащения мы получим здесь несколько десятков таких промышленных точек в многие миллионы тонн общих запасов сырья для керамической огнеупорной, алундовой, алюминиевой и силуминовой промышленности (не забудем очень высокое содержание глинозема — 63%!). При этом необходимо отметить особо высокие технические качества кейвского кианита, так как содержание окислов железа в самой породе в среднем меньше 1%, а в чистом кианите не превышает 0.22%. Технические испытания этого материала показали его применимость для самых высоких сортов тонких электроизоляторов, огнеупоров и так называемой силлиманитовой посуды. Дальнейшие задачи работ в этом районе должны сводиться к изучению применимости кианитов восточной части пояса, где они частично связаны с андалузитом и ставролитом, а также применения сортов, более бедных примесью графита, который в общем уменьшает и усложняет обогатимость пород.³ Очень важно при дальнейших исследованиях изучить тектонику и строение свиты Кейв, генезис которой до сих пор остается загадочным, равно как и ее возраст. Весьма вероятно, что вся кейвская полоса протянута аллохтонно на древнем ложе гнейсов без непосредственных первичных контактов с ними. Поэтому нельзя отрицать возможности нахождения таких же

¹ См. П. Борисов. Кейвские кианиты. «Производит. силы Кольского полуострова», 1940, I, стр. 153—181. Сборник № 5 Лен. Геол. Упр. 1940, под ред. П. А. Борисова «Большие Кейвы».

² Пока точно определенный суммарный запас выражается для 5 изученных месторождений в 3700 тыс. т кианита (1939 г.).

³ Важно также выяснить контактное влияние щелочных гранитов с частичным превращением кианита в мусковит или парагонит.

островов того же типа и южнее главной полосы — в районе нижнего течения рр. Поноя и Пурнача.

Как уже было сказано, открытие аналогичного месторождения кианита в 34 км от ст. Лоухи в Северной Карелии¹ наметило возможность и реальность поисков этих образований не только на Кольском полуострове, но и в других частях протерозойских свит Фенноскандии; запасы этого последнего месторождения, повидимому, превышают 2 млн. т, а качество и содержание кианита в общем ниже кианита Кейв, тем не менее, это месторождение может сыграть значительную роль в общем продвижении вопроса об использовании кианитов для получения металлического алюминия и силумина и обеспечить на первые годы нужды северной алюминиевой промышленности.

Особое достоинство кейвских кианитов заключается в возможности сплошной открытой эксплуатации целых полос.

В виду особой важности этого месторождения привожу выдержки из описания П. А. Борисова (1940):

«Благодаря полевым и разведочным работам 1936—1939 годов, произведенным с большим успехом Ленинградским Геолого-Разведочным Управлением, мы получили новую картину строения Кейв. Кейвская свита покоится на архейском фундаменте из микроклиновых гранитов, прорванных дайками основных пород. Она представлена свитой, вероятно, протерозойских осадочных образований, сильно и многократно метаморфизованных.

Строение этой свиты, начиная снизу, по данным П. В. Соколова, намечается так:

- 1) гнейсы биотитовые и биотит-гранатовые;
- 2) мусковитовые сланцы с гранатом, мощностью 8—10 м;
- 3) кварц-кианитовые сланцы черного и темносерого цвета, с кианитом шестоватого и лучистого строения, мощностью 80—100 м;
- 4) кианит-ставролитовые сланцы черного и темносерого цвета, мощностью 160—180 м;
- 5) кварц-мусковит-ставролитовые сланцы, темносерые и светлосерые, часто с голубым кианитом;
- 6) кварц-мусковитовые сланцы и мусковитовые кварциты, в нижних слоях еще со ставролитом;
- 7) известняки, частью песчанистые и кремненные (встречаются только в западной части Кейв).

Весь комплекс этих гнейсов и сланцев кейвской свиты также последовательно был проникнут постархейскими интрузиями анортозитов, порфиридных микроклиновых гранитов, амфиболитов (пластовые и секущие интрузии) и мощными интрузиями палеозойских щелочных гранитов, за пределами кианитовых сланцев занимающих огромные площади, в особенности к западу и к югу от области развития кейвской свиты. Кейвская свита кристаллических сланцев, в которой сконцентрировались грандиозные скопления высокоглиноземистого минерала различных модификаций и среди которых мы выделяем так называемую «продуктивную толщу» черных кварц-кианитовых пород, по современным представлениям залегает в виде сложного синклизия среди архейских и карельских образований».

Кианитоносные породы кейвской свиты выявлены на полосе почти в 150 км длиной, начиная с запада, в 20 км от Семиостровского погоста (12 км к юго-востоку от бараков «слядяные разработки»), где ширина их выходов достигает 1—3 км. Далее к юго-востоку кианитоносные породы занимают площадь шириной до 8—10 км, разбиваясь на отдельные, более узкие полосы в центральной части и тектонически выклиниваясь в юго-восточном Припонойском своем окончании в окрестностях сел. Каневки.

В кианитоносной полосе кейвских сланцев определенно намечаются

¹ Месторождение Хизовара, расположенное в нескольких км от ветки железной дороги Кестеньга — Лоухи.

следующие, резко отличные по морфологическим признакам, генезису и условиям залегания разновидностей кианита:

Голубой кианит.

Черный кианит.

Синевато-серый кианит.

Белые параморфозы по хиастолиту.

Голубой кианит в кварцевых жилах.

Породы, сравнительно богатые кианитом, отмечаются как возможные месторождения на многих тундрах к востоку от Семиостровского погоста. Первой с запада точкой кианитовых месторождений являются гряды-останцы на тундре Вальурта, далее к востоку — Червурта, Кончурта (Карманюк), Большой Ров, Ягельурта, Кырпуайв, Шуурурта, Мальурта, Аккурта, Нюкчурта, Кайнурта, хребет Нусса, Игиурта и самая восточная точка — гора Манюк.

Из них освещены только пять месторождений, и более или менее отчетливо рисуются перспективы шестого месторождения на тундре Червурта.

Червуртское месторождение, по поверхностному опробованию естественно обнаженной гряды черных сланцев, дает из расчета 54% кианита запас на глубину 10 м чистого кианита в 1367 тыс. т. В августе 1939 г. начата буровая разведка с целью выявления запаса кианита в этом месторождении в 10 млн. т.

Месторождение находится в 200 км от Кировской железной дороги. Ближайший населенный пункт — сел. Краснощелье, в 65 км к югу.

Большой Ров — месторождение расположено в 12 км на восток от Червуртского. Опробовано шурфами. Среднее содержание кианита — 41%. Запасы на 7 м глубины выражаются в 310 тыс. т чистого кианита.

Кырпуайв — месторождение расположено в 12—15 км к востоку от Большого Рова и в 3 км к западу от месторождения Шуурурта. Месторождение представляет собой гребень-останец на тундре того же названия, с относительным превышением над долиной р. Семужьей в 60—80 м. Месторождение прослеживается на 800 м с средним содержанием кианита в 42% и запасом в 350 тыс. т кианита.

Шуурурта — наиболее интересное, аналогичное Червуртскому, из опробованных месторождений кейвской свиты. Расположено в 22 км к юго-востоку от Червурты, в 70 км от сел. Каневки и в 55 км от с. Краснощелье, в 120 км от Баренцова моря. Запасы по опробованной площади при расчете 45% кианита выражаются в 1200 тыс. т кианита.

Истинные запасы продуктивного горизонта, вероятно, выразятся во многих миллионах тонн полезного ископаемого.

Манюк — крайнее восточное опробованное месторождение, отстоящее на 25 км к северо-западу от сел. Каневки, на 100—120 км от Баренцова моря (сел. Йоканга), в 80 км от Белого моря (с. Поной).

Запасы на опробованной 160 штурфами площади 600 × 70 м на глубину 9 м составляют 487 тыс. т кианита.

В 1939 г. в районе месторождения поставлены детальные поисково-опробовательские работы, установившие на Манюке новое крупное месторождение этого типа руд. Общая протяженность порфиробластических кианитовых руд в Манюкских тундрах достигает по обоим крыльям 40 км.

Суммарный запас по всем 5 опробованным месторождениям, относящийся к поверхностным коренным обнажениям, выражается в

3 700 тыс. т. кианита в сравнительно богатых породах (43—46% кианита).

Из этих данных П. А. Борисов делает ряд очень серьезных выводов, отмечая, что дальше недопустимо отставание в промышленном использовании кейвских ресурсов как первоклассной сырьевой базы всеобщего значения. При этом он отмечает (с некоторыми дополнениями автора) наиболее неотложные задачи для продвижения этого вопроса:

1. Разрешение вопроса о направлении железнодорожной линии, соединяющей месторождение с Кировской магистралью. В основном вопрос идет о выборе или южного или северного варианта с выходом или на ст. Титан, или на ст. Пулозеро.

2. Организация аэрофотосъемки как всего района Кейв, так и предварительных изысканий района трассы.

3. Производство крупных геолого-разведочных работ с целью выбора наиболее выгодных точек для эксплуатации.

4. Детальное минералогическое и геохимическое изучение минералов Кейв.

5. Изучение гидро-геологических условий, с которыми встретятся открытые и подземные работы.

6. Разработка вопросов экономики с составлением техно-экономических записок по вопросам строительства с выяснением проблем энергетики, водоснабжения рабочих поселков, сельскохозяйственных баз, лесных массивов и пр.

7. Широкое обсуждение проблемы Больших Кейв и организация междуведомственного комитета по кейвской проблеме, направляющего всю работу по освоению Кейв.

32. Гранат. Нет никакого сомнения, что Кольский полуостров по запасам и качеству граната для абразивных целей представляет собой совершенно исключительный источник, с которым не может соревноваться источник граната на Шуерецкой в Карело-Финской республике или гранаты слюдяных или кварцитовых зон центрального хребта Урала. Вместе с тем, он, вероятно, представляет собой крупнейший источник мирового значения для получения абразивного граната наиболее высочайших марок и размеров зерна. Помимо главных месторождений, связанных с восточными щелочными гранитами, о которых речь будет идти ниже, имеются и другие более скромные источники гранатов в других районах Кольского полуострова. Так, некоторое практическое значение могут приобрести гранатовые гнейсы (до 35% граната) и гранатовые амфиболиты окрестностей Кандалакши,¹ а также эклогиты северо-западной части полуострова. Однако при весьма высоком общем содержании зерна кристаллов гранатовых гнейсов, к сожалению, недостаточны по размерам. Некоторую роль смогут сыграть в дальнейшем и гранаты гранулитов северо-западной части Кольского полуострова, но они изучены сравнительно мало.

Главный гранатовый район расположен в центре водораздела Кольского полуострова между оз. Сейявр и р. Сахарйок, причем ценность этих месторождений увеличивается тем, что в этом же районе име-

¹ А. А. Полканов отмечает в гранатовых гнейсах очень крупные скопления гранатов гигантских размеров вместе с силлиманитом в полосе, тянущейся от Пулозера на северо-запад, особенно на тундре Домашняя и тундре Калепуха (в бассейне р. Туломы). Кроме того, могут приобрести практическое значение в небольших масштабах мелкие гранаты в эклогитах (среди древних норитов и гранулитов), где иногда содержание граната доходит до 30%, а размеры кристаллов до 10 см. Желательна разведка интересного месторождения Налыхт в Сальных тундрах.

ются месторождения пегматитовых жил и слюды горы Лысой и Слюдяных сопок. Во всех своих месторождениях гранаты связаны с контактами щелочных гранитов и кейвской свиты кристаллических сланцев, полосы которых как бы содержат инфильтрации молодых щелочных гранитов. Главное значение этого района намечается в возможности параллельного использования граната, слюды, кианита, может быть, — флюорита, графита и др. По качеству и особой величине кристаллов, достигающих 6 см в диаметре, это месторождение является первоклассным. На некоторых участках содержание граната-альмандина доходит до 70%. Сравнительно легкое отделение слюдяной породы позволяет выработать весьма дешевую технологическую схему извлечения граната, а громадные размеры отдельных кристаллов, весом до 6 кг, смогут легко дать сорта самых высоких марок. Весьма вероятно, что в некоторых случаях при добыче будут получены и ограночные сорта альмандина (по аналогии с гранатом Шуереевской, в Карело-Финской республике). Поэтому перспективы этого района совершенно исключительны, и на него должно быть обращено самое серьезное внимание. Нет никакого сомнения, что аналогичные месторождения будут выявлены не только в нижеописанных главных участках, но и в ряде других контактных зон как западной, так и южной части щелочных массивов, и поэтому поиски и разведки гранатов и оконтуривание очень сложных и извилистых контактов между щелочными гранитами и кристаллическими сланцами представляют одну из важнейших задач поисковых и разведочных работ.

До сих пор разведаны нижеследующие месторождения:

1. Гора Макзабак в 12 км к юго-востоку от оз. Сейявр (на водоразделе рр. Поноя и Йоканги). Месторождение не оконтурено, но, вероятно, запасы граната на глубину 50 м превышают 300 тыс. т.

2. Тахлинтуайв в 9 км к западу от Макзабака, запасы порядка 150 тыс. т на каждые 10 м углубки.

3. Ровозерское в 8—10 км на восток от г. Макзабак. Здесь запасы до глубины 10 м достигают 500 тыс. т граната. Интересно отметить, что при старых разведках ЛГРТ в этом районе встречали грандиозные глыбы до 5 м³ породы, почти нацело сложенной из граната.

4. Гора Березовая, к западу от Ловозера, с очень высоким содержанием граната (до 40%), причем отдельные кристаллы его достигают 12—15 см. Запасы граната на глубине 15 м превышают 300 тыс. т.

Приведенные выше цифры чисто ориентировочны, поскольку настоящих разведок месторождений не велось, но они показывают, что мы имеем дело с мировыми месторождениями граната, суммарные запасы которого даже при скромной углубке в 10—15 м определяются миллионами тонн полезного ископаемого.

33. Барит (см. барий стр. 128). До последнего времени положение с баритом на Кольском полуострове было весьма неясно, так как нахождение этого минерала в полиметаллических жилах, с одной стороны, и в флюорито-баритовых жилах горы Корабль — с другой, носило лишь спорадический характер и не имело никакого промышленного значения. Однако открытие чистых баритовых жил по р. Кице в этом отношении наметило совершенно новый этап и показало, что в восточных частях Кольского полуострова возможно и необходимо искать месторождения барита. На это особенно наводит обилие этого барита в грандиозных скоплениях в девонских конгломератах северной части Тимана; источник этого бария приходится искать или в разрушенных ранее образованиях (вероятно, также в девонских рудных жилах), или в привносе бария местными диабазами. Поэтому совершенно ясно на-

мечаются поисковые признаки на барит на Кольском полуострове. Необходимо, во-первых, проверить осадочный комплекс всего гиперборейя и просмотреть, нет ли в них настоящих баритовых жил или даже баритовых линз в отложениях острова Кильдина и Рыбачьего полуострова; во-вторых, необходимо вести поиски баритовых жил, частью с полиметаллами, по преимуществу в областях иотнийских красных песчаников, и, наконец, необходима проверка на барий диабазов Мурманского побережья (о геохимии бария см. стр. 128).

34. Молибденит (см. стр. 125 в главе IV).¹ В главе по геохимии молибдена мы более полно касаемся целого ряда вопросов, связанных с геохимическим распространением этого ценного металла на территории Кольского полуострова. Необходимо отметить, что связывавшиеся с ним на Севере надежды до сих пор не оправдались, и на Кольском полуострове еще не имеется достаточно выявленных промышленных месторождений, несмотря на то, что нам известно свыше 40 точек нахождения молибденита. Ошибочность постановки исследовательских работ в прошлом заключалась главным образом в недооценке общего характера молибденита, очень рассеянного и дающего обманчивое внешнее представление высокого процента благодаря особому расколу образцов по пластинчатости минерала.² С другой стороны, мы должны признать, что не были доведены до конца начатые в Хибинах большие разведочные работы в указанном ниже, действительно заслуживающем наибольшего внимания месторождении Тахтарвумчорра: повидимому, наиболее интересная (нижняя) часть этого месторождения осталась до настоящего времени не выясненной.

В настоящее время известен ряд типов находок молибдена в разных генетических условиях Кольского полуострова:

1. Очень много отдельных указаний имеется для месторождений, связанных с гранитными магмами, их аплитами, кварцевыми жилами и пегматитами. При этом молибденит оказывается связанным как с олигоклазовыми гранитами древнейших свит саамского возраста, так и с пегматитами более молодых микроклиновых и еще более молодых щелочных гранитов. Однако все проверенные специальными исследованиями в 1936—1937 гг. точки в районах гранитных магм и их дериватов до сих пор не дали обнадеживающих практических результатов. Таков ряд тундр в районе Пулозера, к востоку — Чурмуайвенч и Собачья тундра и тундры к северо-западу от массива Куадуайвенч. Столь же безрезультатны с практической точки зрения оказались поиски молибденита в кварцевых и пегматитовых жилах по р. Ангес, восточнее ст. Пулозеро. Очень красивы, но не имеют никакого практического значения крупные кристаллы молибденита в кварцевых жилах у Кандалакши, в районе постройки туннеля Нивы III. Частью недоказанными остались указания на берег губы Чайной в Мотовском заливе, тундры Эньбань (к востоку от Шонгуя) и на район самого Мурманска и Колы. Может быть, единственной точкой, на которую следовало бы обратить внимание (по отношению к гранитным магмам), является знаменитая кварцевая жила в 3 км к югу от Мурмашей, где в юго-восточной части обнаружено было рассеянное молибденитовое оруденение с небольшим количеством пирита, халькопирита и пирротина.

2. Свообразный тип намечается в последнее время в основных магмах и их дериватах; может быть, сюда же относится ме-

¹ См. обстоятельный отчет А. Н. Лабунцова о работах на молибденит в 1936 г. в монографии АН «Минералы Хибинских и Ловозерских тундр» стр. 130, 1937

² Иногда в поле за молибденит ошибочно принимается графит или слюда.

сторождение в кварцево-полевошпатовой жиле тундры Гремяхи, которое осталось невыясненным. Особенно интересны листочки молибденита в пирротиновых выделениях Волчьей тундры.¹ В наиболее отдаленных* отпрысках сульфидных выделений Монче-тундры мы, пожалуй, можем ожидать молибдена в повышенном количестве, вместе с обогащением жил кобальтом и медью. Этот вопрос требует дальнейшей поисковой и исследовательской работы, причем возможно, что в этом случае мы будем иметь дело с рассеянным молибденитом, не определяемым простым глазом.

3. Имеются отдельные указания на находки молибденита в Ловозерских тундрах. Они касаются отдельных листочков, вросших преимущественно в эвдиалитовые люавриты северного района, а именно, на Вавнбеде, Ангвундасчорре и Сенгисчорре, а также и в южном районе в верховьях Чинглусуайя. При разведках 1936 г. на эвдиалит было обращено внимание на обогащение молибденитом участков, особенно богатых зеленым эгирином второй генерации. Эти указания заставляют прежде всего подвергнуть детальному химическому анализу на молибден циркониевые руды Ловозерских тундр. Отмечается изредка молибденит и в эгирино-альбитовых жилах Вавнбеда (гора Флора.)

4. В наружном кольце Хибинских тундр молибден отмечался в 1933—1935 гг. при разработке пирротина («цветного пояса») у ст. Апатиты. Здесь была обнаружена пироксено-полевошпатовая жила среди пирротиновой залежи, в которой оруденение сульфидами приурочено было к богатым углеродом роговикам (с флюоритом). Поскольку это месторождение довольно далеко отстоит от самого Хибинского массива, связь его с последним требует дальнейшего выяснения, хотя необходимо отметить наличие MoS_2 в эндоконтактах хибинита. Однако последующие разведки не натолкнулись на более серьезные находки (1936 г.), но установили наличие в указанных жилах несколько повышенное содержание молибдена.

5. В самом Хибинском массиве (где сейчас известно свыше 30 точек) месторождения молибдена привлекали к себе внимание еще в 1931 г. и разведывались Ленинградским геолого-разведочным трестом, Союзредметразведкой, а затем и трестом «Апатит» (1935—1936 г.). Применение методов геофизической разведки в значительной степени облегчило поиски рудных жил и установило наличие в Хибинах двух поясов — внутреннего и центрального. К первому, во внутреннему поясу относятся многочисленные месторождения центральной части Хибинского массива по внутренней пирротиновой зоне. Дуга эта протягивается от Эвеслогчорра через Саамский перевал, по склонам Кукисвумчорра и Рисчорра вплоть до Партомчорра. Молибденит приурочен к зальбандам альбитовых прожилков, залегающих среди пирротиновых роговиков. Его сопровождают обычно скопления пирротина, образующие на поверхности буро-ржавые пятна, которые служат хорошим поисковым признаком. Надо сказать, что этот пояс еще далеко не обследован, и поэтому настоящая характеристика его минерализации не может быть сделана. Предварительные данные 1933 г. указывают для отдельных неправильных кустов содержание молибденита не выше 0.04—0.05%; однако, среди таких непромышленных месторождений все же была найдена одна точка, так называемое «Ласточкино гнездо» (правда, сильно выбранное разведкой), которое содержало весьма высокий процент молибдена (с апатитом и флюоритом). Изуче-

¹ В этом же районе молибденит отмечается в диоритогнейсах контакта.

ние этой дуги, особенно восточных склонов Кукисвумчорра, на контактах между рисчорритами и фойяитами настоятельно необходимо.¹

6. Наконец, единственным источником, заслуживающим более серьезного внимания, является месторождение Тахтарвумчорра, которое много лет, но со слабыми результатами и весьма беспорядочно, разведывалось разными организациями. Работа отдельных партий в конце концов установила незначительность запасов этого месторождения, которые не могут быть обнадеживающими. Однако надо прямо сказать, что нижняя часть месторождения, состоящая из эгирино-альбитовых жил, линз и раздувов, не изучена, а между тем, нужно ожидать именно там наличия подводящих рудных протоков. Это месторождение, лежащее в трахитоидном хибините, повидимому, повторяется и в северном Часначорре и Иидичвумчорре. Для характеристики этого молибденита очень важно отметить, что молибденит здесь тесно срастается с графитом, содержащимся в руде в довольно большом количестве. Генетически наш минерал всюду приурочен к более холодным процессам, богатым выделениями альбита и частично апатита, после выпадения сульфидов. Это намечает собой поисковые признаки для дальнейших работ (геофазы G).

Хотя, таким образом, проблема молибденита в Хибинах до сих пор не привела к достаточно благоприятным результатам, необходимо все же указать, что, благодаря работам Горного института в Ленинграде, удалось с успехом проработать методику выделения молибденита даже из столь бедных по содержанию месторождений, каким является Тахтарвумчорр. Это дало, в свою очередь, возможность применить выработанные методы к другим месторождениям и позволит использовать практически новую методику и по отношению к хибинскому молибдениту, если будут найдены запасы, хотя бы в несколько раз превышающие те, которые обнаружены предыдущими разведочными работами.

Вместе с тем, сейчас выяснились и те основные поисковые признаки, которыми можно пользоваться при поисках молибденита в щелочных массивах:

- 1) Обилие альбита, флюорита и зеленого апатита,
- 2) содержание сульфидов железа и цинка (пирротин, сфалерит),
- 3) относительно холодный тип пегматитотермальных процессов, в схеме отвечающий геофазе G (на границе с гидротермами),
- 4) роль графита, очевидно, благоприятствующего перемещению и накоплению MoS_2 .

35. Титаномагнетит (см. анализы в прилож. XI). Этот минерал имеет большое значение и, несомненно, в будущем представит очень важную руду Кольского севера не только для получения титана, но и для организации черной металлургии. К сожалению, до сих пор чисто минералогически и геохимически титаномагнетитовые руды изучены очень плохо,² а между тем, мы наблюдаем на Кольском полуострове разнообразные типы, содержащие от 0 до 20% двуокиси титана, причем как бы намечается два наиболее типичных состава: 8—10 и 17—19% окиси титана. Любопытно и то, что титаномагнетит на Кольском полуострове связан с весьма своеобразными генетическими типами —

¹ А. Н. Лабунцов на основании многолетних исследований в этом районе (1930—1936) считает, что генетически пирротиновая полоса роговиков связана с ксенолитами кровли каких-то ранее покрывавших массив пород.

² См. прекрасную сводку зарубежных месторождений В. А. Унковской в сб. «Титаномагнетитовые месторождения Урала», изд. СОИИ, сер. Уральская, 1936. Из отмеченных здесь типов на Кольском п-ове не встречен этот минерал в анортозитовом типе. Для него характерен особо высокий процент TiO_2 (до 30%) с большим количеством ильменита.

от чисто щелочного сиенита до основных и ультраосновных пород. До сих пор не установлены закономерности в различии этих типов, но любопытным является то, что в общем титаномагнетиты, связанные с типичными высокотемпературными ультраосновными породами, беднее ванадием, чем титаномагнетиты более низких температур щелочных магм. Весьма вероятно, что при начальных стадиях охлаждения титанового расплава в первом случае ванадий рассеивается в силикатах. Однако число анализов на ванадий так незначительно, а имеющиеся цифры внушают так мало доверия, что вопрос о распределении ванадия в разных типах титаномагнетитов должен считаться пока открытым, между тем, именно этот металл определяет собой высокое практическое значение тех или иных руд.¹

Вторым фактором, определяющим промышленную ценность титаномагнетита, является содержание в нем окиси титана и в особенности способность титаномагнетита к обогащению с выделением богатой титановой фракции. В этом отношении даже титаномагнетит, содержащий много титана, может оказаться менее ценным, чем те титаномагнетиты, которые путем магнитной сепарации (подобно южноуральским) легко отделяют частицы ильменита и рутила. Впрочем, нижеописываемый метод непосредственной плавки титаномагнетитов (акад. Э. В. Брицке) позволяет не считаться с последним свойством, и для него ценность руды определяется только содержанием в ней окислов ванадия и титана.

Перечислим главные месторождения, на которые следует пока обратить внимание с промышленной точки зрения:

1. Любопытно выделение титаномагнетитов в пироксенитах и габбро тундры Гремяхи-Вырмес. Они характеризуются высоким содержанием титана но, повидимому, в них содержится сравнительно мало ванадия; разведок не производилось, но район заслуживает особенного внимания, так как титаномагнетит встречен на большой площади, а в отдельных прилегающих частях долины встречены валуны чистого титаномагнетита больших размеров.

2. Вторым районом месторождений к востоку от первого являются месторождения Сальной тундры. И здесь, в северной части Сальной тундры, намечаются очень крупные месторождения титаномагнетита в пироксенитах. Предварительные анализы дают 7.02% двуокиси титана и очень немного пятиокиси ванадия. Месторождение также не разведано, связано непосредственно с ультраосновными породами и заслуживает внимания.

3. В близких условиях, в основных породах, титаномагнетиты отмечены на большой площади, примерно в 3 тыс. м² среди основных пород — норитов и пироксенитов Федоровой тундры. Месторождение не разведано, минералогически и химически титаномагнетиты не изучены.

4. В небольшом количестве титаномагнетит встречается в зальбандах сульфидных жил Мончи, где содержание TiO_2 редко превышает 6—7%. Отдельные зерна титаномагнетита вместе с хромитом встречаются в ультрабазитах Сопчуйвенча.

5. Месторождения титаномагнетита Африканды заслуживают очень серьезного внимания. Здесь количество этого минерала настолько значительно, что вместе с тесно связанным с ним кнопитом определяет

¹ Это эмпирическое правило полностью отвечает выводам В. В. Щербины в его интересной работе «Распределение ванадия в титаномагнетитах». Тр. СОПС, сер. Уральская, 1936, стр. 163—176. Содержание ванадия увеличивается с понижением температуры, увеличением содержания щелочей в магме и увеличением процента TiO_2 в магнетите.

запасы двуокиси титана в 50—60 млн. т. Последние работы В. Н. Флоровской и П. Н. Чирвинского показывают, что, повидимому, мы здесь имеем дело с очень сложным сростанием титаномагнетита и кнопита. Наблюдается два типа титаномагнетита. В большинстве случаев содержание титановой кислоты колеблется в пределах 8—10%, содержание закиси железа 19—33%, окиси железа — 58—68%. Распределение железа и титана по отдельным составным минералам (магнетиту, ильмениту, гематиту и др.) подробно изучено. Другой тип, описанный В. Н. Флоровской, отличается более высоким содержанием двуокиси титана, достигающим 16%, при содержании закиси железа в 30—33, а окиси в 46—52%. В этом случае состав титаномагнетита выражается сложной эвтектикой: титаномагнетита 51—62, ильменита 28—30, магнетита 16 и магнезио-феррита 6%. Сложность устанавливаемых взаимоотношений вызывает и многообразие генераций титаномагнетита, которых в этом районе устанавливается 4, причем в одних случаях, в пироксенитах, титаномагнетит встречается в крупных таблитчатых жилах до 20 см в поперечнике, в слюдяных жилах и линзах он образует иногда крупные октаэдры, в нефелиновых жилах — кристаллы октаэдров магнетита и ромбоэдры ильменита. Очень важным для этого титаномагнетита является сложное прорастание его кнопитом. К сожалению, мы должны указать, что имеющиеся пока анализы титаномагнетита Африканды показывают весьма незначительное содержание пятиокиси ванадия; при флотации кнопита будет получаться довольно чистый титаномагнетит, но с несколько повышенным содержанием кремнезема, однако, что очень важно для Африканды, с весьма низким содержанием серы и фосфорной кислоты. Как указано ниже, на стр. 251, титаномагнетит путем магнитной сепарации и обогащения легко отделяется как от кнопита, так и от силикатов, что создает возможность накопления его в грандиозных количествах попутно с выделением высокосортного кнолита.

6. Титаномагнетит Лесной варакы (около разъезда Хабозеро).

Помимо титаномагнетита, который встречается в рудных оливинитах Лесной варакы, в безрудных породах присутствуют небольшие (на площади в 3—4 км²) зерна титаномагнетита и хромита; при этом интересна тесная связь этих двух минералов, благодаря чему суммарный анализ обнаруживает содержание в них около 6% двуокиси титана и 12.5% окиси хрома (при следах пятиокиси ванадия). Общее содержание этого рудного комплекса в породе 1.5—4.5%. Что касается рудных оливинитов, то они занимают огромную площадь в 13 км² с содержанием титаномагнетита от 6—60%, при аксессуарном содержании перовскита (кнопита) и лейкоксена.¹

7. Особенно интересны с точки зрения практического значения титаномагнетиты Хибинских тундр. Здесь имеется несколько типов титаномагнетитов, хотя по своему составу все они более или менее близки друг к другу, характеризуясь весьма повышенным содержанием двуокиси титана (от 16 до 19, а в редких случаях до 21%). Помимо отдельных более редких типов месторождений, мы должны здесь считаться с двумя основными:

А. Титаномагнетит в ийолит-уртитах, особенно гор Юкспор и Расвумчорр. Здесь титаномагнетит встречается преимущественно в виде линз от нескольких метров до 20 при мощности 0.3—2 м. Однако эти титаномагнетиты встречаются спорадически и вряд ли могут представ-

¹ Наблюдается своеобразное чередование титаномагнетитовых и перовскитовых перидотитов.

лять крупный источник титаномагнетитовых руд; содержание ванадия в них в общем высокое. Этот тип генетически тесно связан со следующим.

Б. Гораздо важнее второй тип титаномагнетита, который образует зерна или линзы в составе пятнистой апатито-нефелиновой породы, а в нижних частях, в полосчатых разностях апатитовых месторождений встречается и в виде более крупных скоплений (до 10%), секущих жил (до 60%) и целых обогащенных зон, в меньшей степени среди подстилающих уртитов. В таких зонах титаномагнетит доходит до 15—20%, а мощность этих зон достигает иногда 40 м, что приводило к накоплению магнетита на Юкспоре и Расвумчорре. Практически большее значение имеет титаномагнетит, который заключается в апатито-нефелиновой породе.¹

По данным Б. Н. Мелентьева (Кольская база Академии Наук), среднее содержание титаномагнетита в породе (руде) едва достигает 0.4—0.5%, однако, эта цифра характерна для богатых апатитом руд и повышается при переходе к бедным рудам, в которых П. Н. Чирвинский указывает 0.6% и даже 0.63% титаномагнетита.

Если мы примем в основу первую цифру, то в эгириновых хвостах содержание этого минерала будет доходить до 1.24%; при современной мощности нефелиновой фабрики 200 тыс. т нефелина в год, количество выделяемого титаномагнетита (после отделения от эгирина) будет колебаться в пределах 1—1.5% титаномагнетита, но ценность его будет заключаться в высоком проценте двуокиси титана (13—19%) и в весьма повышенном содержании пятиокиси ванадия. При ответственном увеличении мощности нефелиновой фабрики и использовании нефелиновых отходов апатитового производства простым расчетом можно определить количество титаномагнетита, который будет получаться в результате вторичного обогащения и отделения его от эгирина в хвостах нефелиновой фабрики: цифра эта при современной мощности апатитовой фабрики будет достигать 5—6 тыс. т, что будет отвечать 800 т двуокиси титана. В этом случае мы можем говорить о серьезном источнике титаномагнетита из отбросов нефелинового производства; такой титаномагнетит может быть использован как подмесь на специальных электродах.

Дополнение к титаномагнетиту. В отошедшем к СССР по мирному договору с Финляндией районе Куола-Ярви находится очень плохо изученное месторождение магнетита и титаномагнетита (с 19% TiO_2 в контактных известняках протерозоя). Вообще геохимически месторождение связано, аналогично Ионе, с щелочными породами. Анализ титаномагнетита см. в приложении XI. Согласно финляндским данным, магнитометрическая съемка в 1899 г. не обнаружила больших запасов железных руд. Возможна добыча одновременно с известняком.

36. С ф е н (титанит) (анализы см. в прилож. XI). Одним из главнейших минералов Кольского полуострова является сфен, или титанит, на который было обращено особое внимание как на новое сырье для получения двуокиси титана еще в начале промышленного освоения Хибинских тундр. Надо при этом отметить, что сфен в промышленных количествах был встречен до сих пор только в Хибинских тундрах, а в других районах аналогичных щелочных массивов — как на Кольском полуострове, так и в других странах — он известен лишь в качестве минералогических находок. Благодаря исследованиям Коль-

¹ Необходимо, однако, иметь в виду, что вследствие тесного прорастания ильменита и магнетита обогащение этого титаномагнетита затруднительно.

ской базы Академии Наук, в частности — Э. М. Бонштедт, минерал научно изучен очень хорошо, а многочисленные химические анализы, разведочные и технологические исследования, произведенные трестом «Апатит», дают полную минералогическую и геохимическую картину этого минерала. Гораздо сложнее обстоит дело с количественными подсчетами запасов и анализом качества самой руды. Здесь наблюдаются большие разногласия в трактовке минералогического состава крупных рудных тел сфеновых пород.

Имеющиеся подсчеты Л. Б. Антонова и П. Н. Чирвинского довольно резко расходятся между собой и требуют дальнейшей обработки и уточнения.

Сфен принадлежит к весьма распространенным минералам Хибинских тундр, причем внешний его вид, форма кристаллизации и время выделения весьма разнообразны. Перечислим наиболее интересные месторождения Хибин:

1. Одним из интересных месторождений, вероятно частично промышленного значения, являются жилы сфеновой породы (мощностью до 2 м) среди хибинитов на Часначорре, сопровождаемые эгирином, нефелином, полевым шпатом и ильменитом; количество сфена в них достигает 20—25%. Месторождение не разведано и к тому же расположено весьма неудобно в смысле транспорта — на северных отрогах Часначорра¹ (А. Н. Лабунцов).

2. Второй тип крупных скоплений сфена связан с ийолит-уртитовой волосой, подстилающей апатитовое тело. Иногда здесь наблюдается довольно высокая концентрация этого минерала в виде линз вместе с нефелином, эгирином и титаномагнетитом. Промышленное значение, по видимому, ограничено. Иногда — на контакте ийолит-уртита и подстилающего хибинита (на перемычке Ловчорра сфеновая жила до 5 м мощности, еще не обследованная).

3. В пятнистой разности богатой апатитовой руды наблюдается довольно большое количество розоватого сфена, вызывающего характерные буро-розовые пятна. Эти образования приурочены к верхним рудным горизонтам, и возможно, что материалом для их возникновения послужил призматический сфен верхних контактов. Этот сфен при нормальном ходе обогащения (сначала апатита, а потом и нефелина) остается в хвостах нефелиновых фабрик и должен учитываться вместе с эгирином и титаномагнетитом. Самостоятельного значения он не имеет, но должен извлекаться из хвостов нефелиновой фабрики.

4. Однако главное значение принадлежит сфену верхних контактов, где он образует так называемые апатито-нефелино-сфеновые породы. Здесь концентрация его настолько велика, а запасы настолько значительны, что мы можем говорить о целой зоне, расположенной, в сущности, по всему поясу, апатито-нефелиновых руд в виде небольших фестонов. Наибольшего значения и наибольшей мощности эта зона достигает на склонах как Кукисвумчорра, так и Юкспора к долине р. Саамской (Лопарской). Сфеновый контакт примерно тех же свойств вновь обнаружен на Куэльпоре (на северном продолжении пояса) и на Расвумчорре (на южном). Главное месторождение по долине Саамской хорошо изучено; оно образует кайму мощностью в 0.5—2 м, иногда переходящую в большие вздутия, — как это наблюдалось в буровых скважинах лопарских склонов Юкспора. Содержание сфена достигает в этом своеобразном теле 25—28%, что отвечает содержанию дву-

¹ К этому же типу бурого сфена относится жила на склоне Вудъяврчорра к Вудъявру (15—20% сфена) и жила Иидичвумчорра (до 35% сфена).

окси титана в самой руде порядка 10—12%. Очень важно все же отметить непостоянство состава этой породы: имеются разности, особо богатые апатитом, дающие почти чистый апатито-сфеновый комплекс; с другой стороны, есть разности, более богатые нефелином,¹ постоянно присутствует в руде в разных количествах эгирин и особенно титаномагнетит (ильменит); по данным Кольской базы (Б. Н. Мелентьева), сфеновая руда в среднем содержит 2.2% титаномагнетита, так что наблюдается распределение титана между последним минералом и самим сфеном. Подсчеты запасов в десятках линз, прилегающих к Саамской долине, привели сначала к завышенным цифрам в 12 млн. т (и даже 17) апатито-сфеновой породы. Однако дальнейшая проработка материала показала, что мы в общем имеем гораздо меньшие запасы.

В связи со значительностью запасов проработана была методика обогащения и дальнейшей технологической обработки для извлечения двуокси титана, содержащегося в чистом минерале примерно в количестве 36—40%. Методика обогащения была разработана несколькими организациями и затем испытана на опытной сфеновой фабрике в Кировске. Она дает, после довольно сложных и многочисленных операций, концентрат с содержанием приблизительно 32% двуокси титана с выходом всего в 60%. Этот результат не может считаться удовлетворительным и до сих пор при новых опытах не улучшился. Особенно вредным является содержание в концентрате 2% фосфорной кислоты и окиси железа порядка 5%.

Не лучше обстоит дело с дальнейшей проработкой сфена. ГИПХ разработал метод сернокислого разложения, при котором выход двуокси титана достигает 70% по отношению к концентрату. Сочетая этот метод с результатами обогащения, мы должны сказать, что таким образом всего 50% титана сырья извлекается в конечных продуктах переработки, что, конечно, является далеко не достаточным. К тому же расход серной кислоты очень велик — в 4—5 раз превышает количество взятого концентрата, а в результате дает большое количество отброса в виде малоценного гипса. Предложенный метод хлорирования (при всей его заманчивости) выгоден для получения четыреххлористого титана, но не для дальнейшего использования на двуокись. Таким образом, мы должны сказать, что по отношению к сфену те очень радужные надежды, которые были связаны с организацией этой промышленности, до сих пор не получили достаточного подтверждения: запасы руды оказались значительно меньше, чем это предполагалось, но все же очень большими, вполне достаточными для нескольких десятков лет эксплуатации верхнекраевой части апатитового месторождения. Постройка туннеля через Юкспор для железнодорожного транспорта в значительной степени облегчит использование юкспорских наиболее ценных сфеновых руд. К тому же надо прямо сказать, что неиспользование этого сырья при добыче верхних, богатых апатитом, руд является хищническим и не может быть допущено.

Вместе с тем мы должны признать, что проведенные до сих пор опыты по технологии и обогащению не привели к достаточно эффективным и дешевым методам использования сфенового сырья. При современном состоянии этого вопроса получение двуокси титана из сфена в результате многочисленных и трудных операций не может конкурировать с другими источниками двуокси титана, получаемого

¹ См. анализы в прилож. XI и дополнения к ним.

как из титаномагнетитов Урала, так (особенно) и из прекрасного источника титана — кнопита Африканды.

Но все же и для сфена намечаются в лако-красочной промышленности новые и интересные пути, на которые, к сожалению, не обращено достаточного внимания, но которые детально описаны в монографии АН «Минералы Хибинских и Ловозерских тундр» (1937 г.). Речь идет о получении комбинированного пигмента, «силитана», который аналогичен обыкновенным титановым белилам и может получить широкое распространение в лако-красочной промышленности. Силитан представляет собой двуокись титана и кремнекислоты, обладает такой же высокой кроющей способностью, как и двуокись, и, кроме того, отличается способностью окрашиваться органическими красителями, благодаря чему может быть легко использован для изготовления художественных красок.

Получается этот продукт путем обработки сфенового концентрата соляной кислотой, причем для получения одной тонны силитана берется около 2 т сфена и 3 т 30% соляной кислоты. Сфен, содержащий в своем составе 70% самой окиси титана и кремнезема, является, таким образом, идеальным источником для получения силитана, на который наша лако-красочная промышленность должна обратить самое серьезное внимание.

37. Кнопит (перовскит) (см. анализы в прилож. XI). Открытие мирового месторождения у ст. Африканды (на площади около 6,8 км²) намечает новые пути титановой промышленности всего Союза. Однако необходимо отметить, что до сих пор промышленность мало обращает внимания на этот замечательный минерал, в котором содержится свыше 50% двуокиси титана. Если учесть еще содержание других полезных составных частей, как-то: ниобия и редких земель, а также высокое содержание титана в спутниках кнопита, то имеем исключительной ценности сырье, на которое нужно обратить более серьезное внимание, как с технологической, так и с техноэкономической точек зрения.¹ Наблюдается четыре генерации кнопита, причем содержание ниобия и редких земель повышается к последней генерации. Тесно связан с титаномагнетитом.

Эта грандиозная база очень легко обогащаемого минерала особенно интересна потому, что и технология переработки кнопита значительно легче, чем сфена и ильменита, богатого железом. В качестве отхода получается титаномагнетит с 10—15% TiO₂² (но с малым содержанием ванадия).

Другие месторождения этого типа пока не открыты, но они весьма вероятны в южном поясе щелочных плутонов (в небольшом количестве они известны в плутоне около Хабозера).

С экономической точки зрения месторождение Африканда очень выгодно, допуская в начале работ открытую разработку; оно расположено у самой железной дороги, около разъезда Африканда, лежащего почти на берегу оз. Имандра, недалеко от крупного лесопильного завода Зашеек. Около самого месторождения проходит трасса высоковольтной передачи Нива — Кировск.

Трудно наметить более выгодные условия для постановки здесь

¹ Некоторые разности, богатые ниобием, сближаются с дисаналитом.

² Интересна геохимическая аналогия с кнопитом из Британской Колумбии (Эльсворт, 1925), где кнопит встречен в жилах с магнетитом, биотитом и роговой обманкой (TR₂O₃ — 2.33%, SnO₂ — 0.04).

рудника, обогатительной фабрики (очень удобен склон между рудником и станцией) и завода ферросплавов.

38. Эгирин (см. анализы в прилож. XI). Как показали исследования Б. Н. Мелентьева на Кольской базе, эгирин содержит разные количества трехоксида ванадия, колеблющиеся от очень низких величин: эгирины ранней кристаллизации, — так называемой первой генерации, — и эгирины наиболее поздние, связанные с пегматитовыми жилами (например, ловчорритовыми), содержат относительно мало этого элемента, тогда как наиболее богатое содержание обнаруживает эгирин средних геофаз и, в частности, апатито-нефелиновой породы, который накапливается в хвостах нефелиновой фабрики вместе с титаномагнетитом. При дальнейшем развитии нефелинового обогащения цифры добычи будут значительно увеличены, — во всяком случае, в 3 или 5 раз (по расчету на полную переработку нефелиновых хвостов). Однако дальнейшее использование эгирина наталкивалось до сих пор на ряд практических трудностей по перевозке концентратов (относительно все же бедных ванадием) на те заводы, которые могли бы их с успехом использовать. Только постройка собственного мегаллургического завода в районе Зашеек или Кандалакши или организация Пудожгорского рудного комбината поможет найти правильные пути для использования этого отброса и дать стране значительное число тонн дешевого и относительно легко извлекаемого ванадия.

Открытые акад. Э. В. Брицке новые методы применения при плавке титаномагнетитовых руд нефелиновых щелочных пород позволят углубить проблему и вместо нефелина на том же Пудожгорском заводе или на заводе Зашеек применять эгирин, который (по высокому содержанию щелочей) должен обладать теми же свойствами, что и нефелин — понижать температуру плавки и вместе с тем вносить в шихту ценные полезные составные части — ванадий и железо. Таким образом, намечается как бы новое применение «эгириновой плавки» для трудноплавких магнетитовых руд с попутным использованием других полезных составных частей этого минерала.

Точное, детальное изучение содержания ванадия в эгиринах разных частей Хибинского и Ловозерского массивов до сих пор отсутствует, и к нему приступлено в настоящее время на Кольской базе; в результате оно должно не только указать на геохимические законы распределения ванадия в эгиринах разных пород полуострова, но и наметить его типы, наиболее выгодные для извлечения ванадия.

Отметим попутно, что накапливавшийся в значительных количествах отброс эгирина на ловчорритовой фабрике может быть использован сейчас как пламень для металлургических заводов, хотя он и не содержит полезной составной части ванадия. То же может относиться и к эгириновым хвостам лопаритовой обогатительной фабрики в Ловозерских тундрах (где содержание V_2O_5 невелико). Во всяком случае, нет сомнения, что грандиозные количества эгиринов в щелочных плутонах могут дать новое и весьма ценное сырье.

39. Лопарит (см. анализы в прилож. XI).¹ Замечательный минерал, встречающийся преимущественно в Ловозерских тундрах, заслуживает особого внимания по содержанию в нем большого количества полезных составных частей: 9—12% $(Nb, Ta)_2O_5$, 40% TiO_2 , 33% TR_2O_3 ; из редких элементов отметим в нем: Th — 0.68—0.86, U — 0.03—0.05, Ra — $1.0—1.8 \cdot 10^{-9}$. Содержание Nb_2O_5 опускается до

¹ В. С. Быкова (Кольская база АН) готовит критическую сводку всех анализов лопарита.

8,6% в нижних урритах и повышается до 12% в месторождениях Хибин.

В составе двухвалентных окислов особую роль играет стронций (окиси до 3,0%). Содержание Ta_2O_5 не превышает 1%.

Общие количества лопаритовых руд очень значительны и, как выяснилось в работах Кольской базы АН в 1939 г., не ограничиваются северо-западными и юго-восточными склонами тундр, но охватывают рядом колец и южные склоны.

Намечается ряд отдельных рудных горизонтов, которые ниже описываются частично по тексту В. И. Герасимовского (1938):

1. Лопаритовые луявриты являются одной из главных пород, слагающих Ловозерский массив. Они залегают в виде горизонтов, перемежающихся с фойяитами и урритами, и окаймляют массив в периферической его части, протягиваясь на расстояние свыше 100 км. Наибольшее значение по содержанию лопарита имеют 4 верхних горизонта лопаритовых луявритов, залегающих на высоте 300—700 м над уровнем моря.

Мощности горизонтов колеблются от немногих метров до 40 м. Падение в глубь массива 8—12%.

Это наиболее распространенный тип месторождений. Ориентировочные запасы руды лопаритовых луявритов, с содержанием лопарита от 1% до 2—3%, очень значительны.

2. Лопаритовыми урритами являются обогащенные лопаритом нижние части урритовых горизонтов, перемежающихся с фойяитами, нормальными луявритами и лопаритовыми луявритами.

Урриты сконцентрировали лопарит только в нижних своих контактах с нижележащими лопаритовыми и нормальными луявритами.

Богатая вкрапленность лопарита обнаружена только во втором горизонте (высоты 400—700 м) урритов, в нижнем контакте их с нормальными луявритами.

Наиболее обогащена лопаритом и содержит до 7—12% и более лопарита непосредственно приконтактная полоса мощностью 10—25 см, по обе стороны от которой имеются полосы 20—30 см мощности, содержащие 2—3%, и далее содержание лопарита в породе на протяжении 10—15 см от обогащенной зоны падает до нуля. Общая мощность обогащенной зоны 60—70 см со средним содержанием лопарита до 5%.

Урриты, так же как и лопаритовые луявриты, обнаруживаются на всем протяжении массива и входят внутрь его под углом 8—12°.

В восточной части массива, при той же мощности обогащенной зоны, содержание лопарита ниже 2—3%.

3. Лопаритовые малиниты — горизонт мощностью до 20—40 см — выявлены в 1936 г. в западной части Ловозерского массива в пределах высот 640—750 м среди третьего урритового горизонта. Обогащение лопаритом, аналогичное лопаритовым урритам, достигает 20% и более в центральной части при мощности 20—40 см и далее в обе стороны к лежащему и висячему бокам резко падает на протяжении 15 см до 2—4%.

Общая мощность обогащенной лопаритом полосы достигает 60—70 см со средним содержанием лопарита 8—10%.

Полоса прослежена с большими перерывами на протяжении 16 км.

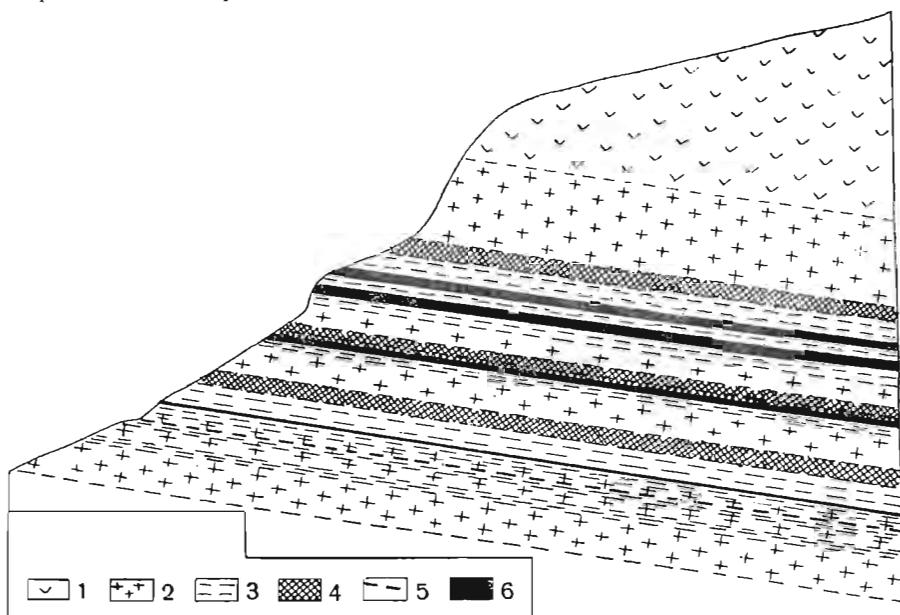
4. Лопаритсодержащие порфировидные луявриты выявлены в 1936 г. в западной части Ловозерского массива, выше лопаритовых урритов на 100 м.

Видимая мощность оруденения, включая и имеющиеся прослои с

небольшим содержанием лопарита и безрудные, около 10 м. Содержание лопарита 3—5%.

Рудный горизонт прослежен по естественным выходам на протяжении около 300 м.

5. Лопаритовые ювиты верхней свиты самостоятельного развития не имеют и располагаются над лопаритовыми малиньитами, с которыми они связаны переходами. В общем характеризуются меньшим содержанием лопарита.



Фиг. 12. Схема геологического строения южного склона горы Куамдестпахк (составлена Н. А. Севрюгиным, обработана Н. А. Елисеевым).

1 — эвдиалитовые лувриты; 2 — фояйиты; 3 — луавриты; 4 — уртиты; 5 — лопаритовые уртиты; 6 — лопаритовые лувриты.

Интересно выделяется пояс лопаритоносных пород.

6. Лопаритовые уртиты нижней свиты (до 1,5, реже до 2,5 м мощности) с высоким содержанием лопарита (до 5—8%) открыты летом 1939 г. И. В. Зеленковым в южной части Ловозерского плутона (Кольская база АН) и частично обследованы и В. И. Герасимовским.¹

Общие запасы лопарита во всех горизонтах грандиозны и определяют крупные масштабы добычи. Хозяйственно выгоднее южные и юго-западные месторождения, которые залегают ниже по абсолютной отметке (на границе лесной зоны) и в лучших климатических условиях; однако транспортные условия сложнее и до сих пор не изучены. Намечается некоторое повышение содержания ниобия и стронция с высотой горизонта (И. В. Зеленков).

Возможность одновременной добычи с эвдиалитом интересна особенно для южных частей Ловозерской тундры, ибо там имеются крупные, богатые эвдиалитом, пегматитовые жилы, пересекающие место-

¹ По его данным, на Куфтуайе наблюдается несколько горизонтов лопаритоносного уррита, мощностью каждый не свыше 70—80 см. Очень характерно для этого месторождения, намечающего новые перспективы, весьма высокое содержание в руде стронциевого апатита (до 20%) и окружение кристаллов лопарита ринколитом. См. И. В. Зеленков. ДАН, 1940.

рождения лопаритовых горизонтов. Проблема лопарита в настоящее время является настолько проработанной, а отдельные горизонты — настолько прочно установленными, что на очереди стоит практическая проработка основных техно-экономических моментов, которые позволят обосновать создание ниобовой промышленности. Таковыми являются разработка вопроса о железнодорожном пути, так называемой трансмурманской магистрали (как северный, так и южный вариант); разработка энергетической проблемы — наиболее дешевого снабжения района энергией; вопросы создания поселка и культурной жизни, что в общем легче на южных склонах Ловозерской тундры; проведение местных путей сообщения и связь района рудников с центром Ловозера; и наконец, проработка всех техно-экономических показателей, которые необходимы для постройки рудника и обогатительной фабрики. Однако правильное решение этой задачи возможно лишь в том случае, если одновременно с проблемой извлечения лопарита будут использованы все производительные силы местного края и будет создана сельскохозяйственная база для рабочего поселка. К первым относятся строительные материалы — диатомиты, глины и, может быть, силлиманитовое сырье северных склонов массива.

Под вопросом стоит возможность использования отбросов эгирина.

Во всяком случае, лопарит представляет собой совершенно исключительно ценное сырье, содержащее 85% полезных составных частей (окислов ниобия, титана и редких земель). Грандиозность запасов этого минерала в Ловозерских тундрах не подлежит сомнению. Технология обогащения разработана удачно и просто, хлорирование протекает легко и дает возможность легко отделить ниобий от титана.¹ Еще важнее намеченная в Уральском Филиале Академии Наук в Свердловске возможность непосредственного использования лопарита при выплавке чугуна из железных руд.¹

40. Руды циркония (эвдиалит и эвколит) (см. анализы в прилож. XI).

Несмотря на то, что в Хибинских и Ловозерских тундрах имеется большое разнообразие минералов, содержащих цирконий, — начиная с самого циркона и кончая разнообразными цирконосиликатами, часто весьма богатыми окисью циркония, — все же практическое значение может представить только один минерал, а именно эвдиалит, содержащий в среднем 12—13% окиси циркония. Его распространение настолько велико в Хибинах и Ловозерских тундрах, что они, в сущности, представляют собой одну из самых богатых цирконием геохимических провинций на земле; поэтому вполне вероятным является нахождение не только более или менее рассеянного состояния этих эвдиалитов, но и нахождение точек относительно большой концентрации. Дело в том, что в основном эвдиалит входит в состав горных пород, образующих нормальные луювриты верхней части Ловозерских тундр с содержанием этого минерала до 20—25%, что отвечает всего 3—4% окиси циркония. Лишь в немногих отдельных точках отмечается более повышенное содержание эвдиалита. Запасы этого минерала в виде эвдиалитовых луювритов очень значительны, и, хотя в этом отношении нет достаточно ясных и разработанных данных, все же мы знаем, по разведке геолога С. Д. Покровского, что запасы эвдиалитовых луювритов в северо-западной части Ловозерских тундр со средним содержанием 13—20% (редко

¹ Литература о лопарите очень значительна. Последняя сводка в первом томе «Производительные силы Кольского полуострова» (1940) в статье Н. А. Елисеева и Н. К. Нефедова.

до 25%) этого минерала достигают 45 млн. т по расчету на этот минерал. Залегают они высоко на плато в виде пластообразных залежей грандиозной мощности (до 200 м) — абсолютная отметка 900—1000 м высоты.

Для Ангвундасчорра отмечаются (при 20% содержания эвдиалита) запасы породы в 15 млн. т, для Страшенпахка — еще большие цифры. Таким образом, в уже изученных эвдиалитовых породах имеются весьма серьезные запасы, которые позволят обеспечить крупнейшие отрасли промышленности, если удастся справиться с выделением и обогащением этого минерала.

Гораздо хуже обстоит дело с крупными скоплениями эвдиалита более высокой концентрации. В этом отношении мы еще не имеем до сих пор достаточно ясной картины, но С. Д. Покровский указывает для северных частей горы Парганьюн относительно невысокие цифры для тех богатых эвдиалитовых линз, которые встречаются как бы в виде крупных шпир внутри луявритовых горизонтов. Здесь (по катег. А и В) намечаются небольшие запасы, но, правда, с содержанием в 50% минерала. Отмечались такие шпир и на горах Маннепахк и Страшенпахк, обычно в виде линз мощностью до 5 м и размерами до 40—50 м. Этот тип связан переходами со следующим.

Таким образом, до сих пор крупных шпировых обогащений внутри эвдиалитовых луявритов не найдено, или, вернее говоря, они не выявлены и не разведаны. Особые надежды возлагались одно время на пегматитовые жилы, богатые эвдиалитом. Для Хибинских тундр проведенные поиски и разведки показали на отсутствие сколько-нибудь интересных практически месторождений. Для Ловозерских тундр был намечен целый район более богатых эвдиалитом жил с содержанием порядка 40% эвдиалита. В северных районах эвдиалититы встречаются редко, спорадически и, повидимому, здесь практического значения не имеют, кроме горы Вавнбед, где при мощности в несколько метров содержание эвдиалита достигает 80—85%. В юго-западном районе ряд исследователей отмечает более значительные пегматитовые жилы,¹ причем партии Апатитового треста в 1935 г. насчитывали здесь руды с содержанием эвдиалита до 40%, а по категории С наместили почти чистый эвдиалит. Если эти цифры для Страшенпахка, гор в районе Чивруай и Энгпорра, окажутся правильными и для Парганьюна, то мы в юго-западной части получим довольно ценный источник эвдиалитового сырья. Однако до сих пор вопрос этот не может считаться окончательно решенным. Между тем, опыты обогащения показали, что извлечение эвдиалита из луявритов, содержащих только 20—25% циркониевого минерала, нерентабельно, так как до сих пор не было найдено сколько-нибудь простых и удобных схем для отделения эвдиалита от других составных частей луявритовых пород, богатых эгирином. Эти опыты, производившиеся в разных учреждениях, показали, что, в сущности, обогащению и рентабельным технологическим схемам могут подлежать лишь такие руды, которые содержат не меньше 40% эвдиалита и, таким образом, содержат не менее 5—6% окиси циркония. Несмотря на все попытки добиться более благоприятных результатов в разработке технологических схем для бедных руд, до сих пор это положение остается неизменным. Поэтому практическое значение имеют пока

¹ Эти месторождения лежат в очень трудно доступном районе и характеризуются непостоянством и небольшими размерами. По данным В. И. Котельникова и Л. Б. Антонова (1934), здесь зарегистрировано 18 жил до 300 м по простиранию с мощностью до 4 м. Содержание эвдиалита 25—55%. Имеется новое описание у Н. А. Елисева (1940).

только обогащенные шпиды и пегматиты, которые по существу до сих пор горнотехнически не изучены и не оконтурены. Некоторое значение сможет получить эвдиалит при попутном его извлечении с лопаритом в лопаритовой промышленности; в случае ее организации в одной из точек Ловозерских тундр можно, конечно, вовлечь и более бедные эвдиалитовые руды, считаясь с тем, что эта добыча будет носить дополнительный, попутный характер.¹

41. Ловчоррит (см. TR — редкие земли, в гл. IV) (анализы в прилож. XI).

Несомненно, что одним из интереснейших минералов Хибинских тундр является ловчоррит (и ринколит), встреченный в двух поясах: наружном поясе² Ловчорр и Тахтарвумчорр — очень высокого качества (но незначительных запасов) и в главном внутреннем поясе эгиринно-полевошпатовых жил, который тянется от восточных отрогов Кукисвумчорра, перебрасывается через долину Лопарскую (Саамскую) в районе специальных складов, пересекает Юкспор, выходя преимущественно на юго-восточные склоны ущелья Гакмана; далее он прослеживается на восточном берегу ущелья Юкспорлака до Вуонмиока и, очевидно, должен продолжаться до Эвеслогчорра (ферсманитового месторождения). Точно месторождение не оконтурено и более детально изучено лишь на одном участке, где при помощи радиометрической съемки было установлено наличие ряда жил (свыше 20) до 6 м мощности. Хотя общие запасы минерала и очень велики, однако, среднее содержание в руде невысоко, что создает ряд технологических трудностей при переработке. Участков более богатых руд не наблюдалось, но нельзя отрицать, что таковые могут быть найдены, особенно в восточном продолжении пояса. Повышенное содержание Nb_2O_5 недостаточно изучено с количественной точки зрения. В самом ловчоррите содержится до 15% окиси церия и лантана, 1—3% иттриевых земель, около 2% пятиокиси ниобия и тантала и около 0.6—1.0% окиси тория.³

Технологически минерал изучен плохо; принятая методика обогащения сложная, многостепенная; химическая технология очень дорогая, причем торий и иттрий не отделяются, а 2—3% ценной пятиокиси ниобия совершенно теряется в отбросах производства (вместе с титаном). Необходимы дальнейшие исследования.

Попытка организовать добычу и экономически выгодное получение редких земель не увенчалась успехом из-за относительной бедности самой руды и сложности и дороговизны принятых технологических методов. Действительно, среднее содержание редких земель не превышает в руде 1.5%, между тем в обычном апатите эта цифра только вдвое ниже, а в саамите — больше чем вдвое выше. Следовательно, даже апатит (не говоря о лопарите с его 32—34% окислов редких земель) вызывает сравнение не в пользу ловчоррита.

Тем не менее, попытки использования этого редкого ископаемого сыграли свою положительную роль; они вызвали разработку и химических и технологических методов определения и отделения редких зе-

¹ Мы видим из сказанного, что проблема ловозерского циркония еще не решена, требует дальнейших полевых и экспериментальных исследований. Несмотря на открытие ценных месторождений циркона у Мариуполя, она сохраняет свое значение, особенно в виду расширяющегося потребления разными отраслями промышленности. Подробнее см. в монографии АН — Минералы Хиб. и Лов. тундр, 1937, стр. 517—524. См. о применении циркония Е. Е. Костылева. Эвдиалит, в серии — Минералы Союза, изд. АН, 1936.

² См. прекрасную работу: И. С. Ожинский. Зап. Мин. общ. 1935. — LXIV, № 2, стр. 355—415.

³ Содержание U_3O_8 достигает в образцах наружной дуги 0.25%.

медь, привели к выработке правильных аналитических приемов, подготовили исследователей и проспекторов-геохимиков.¹

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что при различиях в составе ловчорритов разных месторождений возможно открытие разностей, более богатых торием или ниобием. Поэтому детальное геохимическое изучение обоих поясов совершенно необходимо. Равным образом необходимо форсировать дальнейшие исследования по технологическим методам разложения ловчоррита.

42. Мурманит (анализы см. в прилож. XI). В породах Ловозерских тундр встречается своеобразный пластинчатый минерал — мурманит, названный так академической экспедицией. Долгое время он считался минералогической редкостью, но обратил на себя внимание в 1935 г., когда было в нем установлено в геохимической лаборатории Кольской базы Академии Наук присутствие пятиоксида ниобия и тантала в количествах от 6 до 10%. В настоящее время выяснился ряд типов месторождений мурманита:

1. Фойяит с мурманитом и содалитом в пегматитах этого типа, особенно на восточном склоне горы Малый Пункаруайв. Мурманит содержится в больших количествах.

2. Известно повышенное содержание мурманита в лейкократовых черных люавритах и уртите горы Нинчурт, где была проведена пробная добыча мурманитового люаврита.

3. Отмечается особый горизонт мурманита в люаврите по р. Мотчисуай.

4. Отдельные небольшие месторождения мурманита связаны с содалитовой породой и пегматитовыми образованиями в средней части разреза Маннепахка и на Страшенпахке.

5. Очень серьезное месторождение мурманита в долине Чинглусуай. Оно связано с пойкилитовыми содалитами и заслуживает особого внимания.

Сопоставление практической ценности мурманита с лопаритом, проводимое О. А. Воробьевой, очень интересно. При этом выясняется, что большую ценность представляет собой лопарит как по более высокому содержанию ниобия, так и по содержанию в нем редких земель. С другой стороны, технология лопарита в общем уже изучена, тогда как для мурманита пока не существует технологической схемы, хотя нельзя не отметить, что последний имеет существенное преимущество перед лопаритом, благодаря своей легкой растворимости. Но минусом его является сложность его состава с высоким (но изменчивым) содержанием фосфорной кислоты в некоторых своеобразных разностях.

Также несомненно, что лопарит имеет ряд преимуществ в схеме обогащения, тогда как обогащение мурманита неизбежно представит ряд трудностей вследствие его слюдисто-листоватого характера. Тем не менее, нельзя отрицать правильности установки О. А. Воробьевой о необходимости всемерного изучения этого минерального тела и выяснения районов его природного обогащения и методов технологического извлечения полезных составных частей (т. е. окислов ниобия и, может быть, титана).

Местами возможна и совместная его добыча с лопаритом.

43. Поделочные, декоративные и музейные камни. Богатство Кольского полуострова декоративными минералами еще совершенно не оценено, а между тем заслуживает большого внимания. В

¹ См. о применении в монографии — Минералы Хиб. и Лов. тундр, изд. АН, 1937, стр. 508—510.

качестве облицовочно-декоративных материалов необходимо отметить разнообразные гнейсы и граниты, особенно порфировидные, весьма высоких технических качеств (например, у сел. Умбы). Очень хороши для внутренних облицовок полированные плиты из золотистой сфеновой руды (Юкспора). Как поделочный материал красивы некоторые сорта хибинита, особенно малинового и красного эвдиалита и полированных пластин ловчоррита.¹ Практическое значение для облицовки Дворца Советов могут приобрести особенно сфеновая порода и эвдиалит. Удачны были попытки полировать кремневые, яшмовые брекчии (частью красного цвета) из районов Хабозера и течения р. Нивы, где имеются очень крупные запасы весьма эффектного облицовочного материала (В. А. Афанасьев, П. Н. Чирвинский).

Из пород декоративного характера отметим:

- 1) тингуаиты Хибинского массива красивого сплошного зелено-го цвета, прекрасно принимающие полировку;
- 2) порфировидные граниты из южной части фиорда Ара в Западном Мурмане;
- 3) рапакиви-граниты в окрестностях Умбы;
- 4) порфировидный гранит Куз-реки;
- 5) поррьяс-граниты (с оз. Поррьяс в 20—25 км на юго-западе от Ура), красивые порфировидные породы с флюидальной структурой, нежнорозовых цветов.
- 6) декоративный гранит-порфир (розовые кристаллы полевого шпата на сером фоне) Оленьей губы Кольского залива; годен для облицовки и как заменитель мраморной крошки.
- 7) лейкократовый гранит Сайда-губы на Кольском фиорде (см. стр. 33).

Совершенно исключительна роль хибинских и ловозерских, частично мончевских минералов в качестве музейного материала. Достаточно упомянуть о таких ценнейших для музеев минералах, как пентландит, валлериит, кубанит, ферсманит, лопарит, мурманит, лампрофиллит, knobит, юкспорит, астрофиллит, эвдиалит, ловчоррит, карбоцер и др. Музеи всего мира очень интересуются и горными породами — луювритом, хибинитом, имандритом, риччорритом, тавитом, уртитом и др.

Огромный спрос для коллекций имеют и простые образцы апатита и нефелина, идущих для этих целей целыми тоннами.

До сих пор не налажена технически грамотная обработка материала для поделок, хотя попытки организации такой артели в Кировске делались и вновь делаются (1940);² не поставлено также достаточно систематическое снабжение музеев и школьных собраний научными и научно-учебными коллекциями кольских минералов и руд, что лишь частично выполняется Геологическим музеем Академии Наук (Москва, Калужская, 24), а также Домом техники в Кировске.

Необходимо организовать систематический сбор новых материалов по всему Кольскому полуострову с помощью отрядов молодежи. Конечно, и само распространение этих минералов и пород мыслится в организованном порядке, причем должны быть продуманно составлены коллекции с соответственными шлифами и кратким объяснительным текстом и картой. При исключительной научной ценности хибинского

¹ Нельзя не отметить возможности использования в качестве поделочного материала красивых письменных гранитов (пегматитов) слюдяного рудника Ионы; однако использование этого материала сможет быть обеспечено лишь после создания новых путей. На крупку намечается применение доломита у ст. Титан.

² Новая камнерезная мастерская в Кировске оборудована 12 шлифовальными станками.

комплекса такие коллекции будут иметь несомненный успех во многих сотнях музеев, научных учреждениях и кабинетах высшей школы нашей страны и частично смогут приобрести и значение для экспорта.

44. Дорожные материалы.¹ Огромное значение дорожного дела для всего Кольского полуострова заставляет обратить самое серьезное внимание на проблему каменнодорожных материалов, которая по мере развития автомобильных дорог приобретает особую остроту, особенно в условиях Севера. Обилие каменных материалов, казалось бы, легко разрешает эту задачу в каждом отдельном участке горного района Кольского полуострова, давая большое количество камня как из коренных месторождений, так и из валунов. Однако правильное поставленное дорожное хозяйство заставляет гораздо более вдумчиво отнестись к созданию и химизации дороги, и далеко не все каменные материалы оказываются в достаточной степени выгодными для создания мягкого и устойчивого дорожного полотна. Конечно, наиболее распространенным материалом в разных территориях Кольского полуострова являются граниты, гнейсы и кристаллические сланцы.² Но, как показывает опыт Норвегии и Швеции, эти материалы хотя и могут широко использоваться, но далеко не представляют собой совершенного материала, так как легко искрашиваются, а полевые шпаты истираются в глинистый продукт. Повидимому, нефелиновые сиениты, их галька или песок, также не являются сами по себе высокоценными материалами. Однако имеется ряд интересных указаний, что при условии подкисления дорожного полотна нефелиновые пески могут выделять кремнезем, образующий вяжущие вещества, склеивающие другие частицы. В этом отношении нефелиновый материал должен быть подвергнут более детальному изучению, так как есть полное основание считать, что кремневые стекла, получаемые из нефелина, смогут приобрести характер связующих веществ, особенно с магнезиальной крупкой. Однако возможно, что особо интересным материалом для крупного автомобильного и дорожного строительства являются оливиниты и оливинитовые нориты, известные в разных частях Кольского полуострова и особенно в районе Монче-тундры и Хабозера. Дело в том, что, по опыту Англии, Дании и Норвегии, гипериты, т. е. оливиновые нориты, представляют собой выгодный материал для прекрасных автодорог и вывозятся из Норвегии в больших количествах пароходами, причем для добавок используются также отбросы от добычи оливина для огнеупоров. Хотя детали этого процесса и характер обработки оливиновых пород держатся в секрете дорожными фирмами Англии и Дании, несомненно, что мы имеем здесь дело с своеобразным материалом, в котором оливин подвергается частично разложению кислотными поверхностными водами с образованием магнезиального растворимого стекла, благодаря чему получается особая система связи между отдельными зернами. Открытие чистых оливиновых пород в Лесной вараке около Хабозера (6—7 км от железной дороги) наметило совершенно новые пути для дорожной промышленности, давая возможность использовать все отходы при добыче высококачественного оливинита для огнеупорной промышленности.

Впрочем, успехи дорожного строительства зависят не только от природы и состава самого «макадама» (каменного материала), но и от состава вяжущих веществ и химических соотношений между этими двумя составными частями дорожного полотна. В этом отношении мы не имеем достаточно оправданных опытных исследований, но уже здесь

¹ См. приложение о применении оливина и нефелина в дорожном деле, стр. 271.

² А. М. Викторов. Разведка и исследование гранитов для дорожного строительства. «Разведка недр», № 8, стр. 17—23 (1939).

намечаются пути для постановки таких работ. В первую очередь, как выше было указано, необходимо изучить вяжущие действия тех кремневых стекол, которые получаются от разложения кислыми веществами нефелина и оливина. Такое разложение может достигаться или вне самого дорожного полотна, например, действием отбросовой серной или сернистой кислоты от химических производств, которые организуются на Кольском полуострове, или же, что еще более эффективно, процесс разложения нефелина и оливина может происходить в самом дорожном полотне, при прибавке к нему слабых кислых веществ. В последнем отношении особенный интерес представляют гудроны и смолы, получаемые при перегонке торфа; как показал с успехом Лапландский опытный завод, при получении продуктов, нужных для флотации, остаются особые битумы, которые могут быть широко применены для дорожного строительства на Кольском полуострове. Таково же значение и дорожных битумов крупных заводов в районе Ленинграда по использованию силурийских горючих сланцев. Для Севера широкое использование торфяных битумов могло бы наметить один из путей использования торфа с одновременным выделением торфяного газа и специальных смол и разных продуктов для промышленности.¹

45. Магнезиальные гидросиликаты (и карбонаты)—тальк, змеевик, асбест, горшечный камень, кольскит, магнезит и др. В общем необходимо отметить, что многочисленные основные и ультраосновные породы Кольского полуострова казались раньше бедными вторичными магнезиальными силикатами. Однако, по мере более детального изучения отдельных выходов ультраосновных пород, выясняется, что в этом отношении Кольский полуостров может дать ряд интересных и полезных ископаемых. Отметим главные известные месторождения:

1. У Нюдозера, на склонах Нюдауйвенча, в контакте с гнейсами, отмечаются талько-хлоритовые породы, совершенно, к сожалению, не изученные.

2. Многочисленны указания на нахождение пород типа горшечного камня в районе Варзуги, Канозера и Панских высот (особенно в районе Панских высот между верховьями рр. Умбы и Паны). Эти указания, хотя и носят случайный характер, но заслуживают большого внимания.

3. В Подас-тундре перидотиты по зонам осланцевания переходят в типичный горшечный камень с жилками чистейшего зеленого талька и магнезита. Этот вопрос заслуживает несомненного внимания по сильным процессам гидратации. Здесь же известны жилки и тремолитового асбеста.

4. Наконец, интересным является указание А. А. Полканова на изменение перидотитов северных склонов тундр Кучин, Кеулик и Подвыд, что приводит к образованию пород, близких к горшечному камню. Весьма вероятно, что, по аналогии с формацией Тунтури на финляндской территории, в районе тундр Вым-Кеулик будут найдены настоящие поделочные змеевики и оталькованные породы.

5. Заслуживают внимания и своеобразные карбонатно-змеевиковые жилы в Хабозерском плутоне Лесной вараки, которые могут быть использованы путем обжига как вяжущие вещества; значительная часть этих плотных белых жил сложена из малоизученного вторичного минерала группы змеевиков — кольскита ($5\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), практическое значение которого не изучено, но весьма вероятно, особенно как заменителя талька.

¹ Отметим еще диабазы для брусчатки — особенно ценное месторождение Зеленецкой губы с миллионами кубометров. См. стр. 109.

6. Хлоритизированные и частью оталькованные и рассланцованные амфиболиты на берегах и островах Канозера.

Все эти отдельные указания не позволяют пока еще говорить о практическом значении отдельных месторождений, но, во всяком случае, они показывают, что на Кольском полуострове имели место процессы гидратации оливино-пироксеновых пород и что некоторые из этих месторождений могут приобрести практическое значение при дальнейшем их изучении и разведках.

46. Жемчуг. В общем обзоре полезных минеральных тел Кольского полуострова мы не можем не коснуться кратко этого драгоценного «камня», так как он может в ближайшем будущем представить несомненную статью дохода местных колхозных и рыболовных артелей. Мы знаем, что старые промысла речного жемчуга с успехом обеспечивали годовые заработки многочисленных поселений, особенно расположенных по южным рекам — Варзуге, Колвице, Канде, Умбе и другим. Известно было, что наиболее ценный жемчуг встречается в тех раковинах, которые приурочены к рекам порожистым, с очень чистой водой, не загрязненной илстыми или известковыми осадками. В этих условиях рост жемчуга происходит в достаточной степени медленно, и качество его оказывается наиболее высоким.

Необходимо отметить, что жемчуг Кольского полуострова отличался весьма высоким качеством, хотя и небольшой величиной. Особенно ценными являлись сорта нежнорозовый и темносерый (почти до черного), которые очень высоко расценивались и могли даже рассматриваться как экспортный товар. С таким жемчугом мы столкнулись во время академических экспедиций еще в 20-х гг. и убедились в значении этого промысла.

В настоящее время (1939 г.) намечаются некоторые меры по возрождению жемчужных промыслов, что, по нашему мнению, является вполне реальным и может привести к практически ценным результатам, если только работа будет поставлена научно и планомерно, согласно имеющейся очень хорошей сводке, сделанной Г. Ю. Верещагиным.¹

47. Природные и искусственные краски. Вопрос о красках на Кольском полуострове не поднят в достаточной степени четко и не поставлен на очередь дня. Между тем, мы подчеркиваем, что нахождение сейчас дешевых и устойчивых красителей не только является задачей художественного значения, но и тесно связано с вопросами сохранения деревянных частей зданий.

Опыт Норвегии и Швеции показал, какое значение имеет окраска жилых домов в общем народном хозяйстве, причем проблема цвета окраски неоднократно обсуждалась на совещаниях скандинавских архитекторов, с учетом ряда технологических и художественных моментов. Между тем, о естественных красках Кольского полуострова мы имеем лишь самые отрывочные и неясные указания. Повидимому, наиболее интересные месторождения охр (невысокого качества) имеются среди четвертичных отложений юга полуострова по рр. Умбе, Варзуге, также у сел. Иоканги и т. д. Однако все эти месторождения лишь указываются исследователями, но совершенно не изучены ни количественно, ни качественно. Почему-то в работах кольских географов и гидрологов совершенно не отмечаются бурые осадки железистых вод в бо-

¹ Об отдельных районах, богатых жемчугом, см. подробно В. П. Вошинин. Географический словарь Кольского полуострова, т. I, а также монографию А. Е. Ферсмана — Хибинские тундры (готовится к печати).

лотах и озерах.¹ Между тем, нужно помнить, что в некоторых таежных районах мы имеем дело с осадками марганцово-железистого типа, которые, по аналогии с озерами Северной Финляндии, а также Карелии, могут не столько стать источником для извлечения железной руды, сколько обеспечить небольшую добычу бурых и буро-черных красок для местных кустарных промыслов.

Таково, например, наблюдавшееся мною использование ряда озерных осадков в северной Швеции в районе Фалуна. Наконец, красящие, повидимому, более высококачественные материалы в виде красных глин (бедных железом) известны в свите гиперборейских отложений в губе Мотке² Рыбачьего полуострова. Но и здесь они отмечаются совершенно случайно и абсолютно не изучены.³

Однако, повидимому, гораздо большее значение для местного края в будущем приобретут искусственные красители. В этом отношении можно говорить о двух очень интересных источниках искусственной краски. Прежде всего речь идет об использовании отходов обжига пирротинов как Хибинского кольца, так и Мончезавода. При налаживании добычи серной кислоты будут получаться железные огарки, которые при соответственном размоле могут дать прекрасные красные краски, очень устойчивые и вместе с тем высоких декоративных качеств, благодаря различным фиолетовым и синеватым оттенкам. Эти дешевые красители могут широко применяться с олифой и другими вяжущими клеевыми веществами для окраски деревянных зданий. Интересно отметить, что именно этот продукт, получаемый по дешевой цене из отходов колчеданного производства, получил в Финляндии очень широкое применение, и красивая окраска в темнокрасный цвет домов финляндской деревни в значительной степени была связана с возможностью получения очень дешевой искусственной красной краски.⁴

Но наравне с этим источником намечается и очень своеобразный второй источник получения наиболее редких и ценных — синих и зеленых — тонов. Речь идет о получении искусственного ультрамарина на основании предварительных опытов О. А. Воробьевой. В своей неопубликованной работе она доказала, что ловозерский содалит, вследствие содержания в нем до 10% серы, может быть превращен в искусственный ультрамарин. На холоде он бесцветен, при 700° прокаливании приобретает зеленую окраску, а при 900° и выше — синюю, иногда с зеленоватым оттенком. Дальнейшее прокалывание не изменяет, а лишь усиливает эту окраску. Практически получается настоящей ультрамарин со всей устойчивостью, характерной для этого красителя. Найденный О. А. Воробьевой метод, однако, требует наличия чистых сортов содалита (гакманита), так как присутствие железа и особенно легкоплавкого эгирина в значительной степени ухудшает цвет получаемой краски, придавая ему грязноватый или зеленовато-серый оттенок. Если удастся найти чистое месторождение содалита или, по крайней мере, обнаружить крупные запасы содалитовой породы, из которой путем

¹ Остается еще непонятным нахождение в торфяниках синей природной краски — вивианита. Очевидно, что здесь нет нужного низкого pH и нет подземных ключей. См. К. С. Андрианова и А. И. Смирнова. ДАН СССР, XVI, № 1, стр. 53—62, 1937.

² Роха-пахта, на берегу губы Мотки, Озеро и др. В 1932 г. была организована специальная партия В. И. Рыцке для поисков минеральных красок.

³ Иногда дают охры, продукты разрушения порфиринов (около Зашеек).

⁴ Особую область представляет широкое использование высоких сортов белого диатомита для приготовления так называемых силикатных красок (путем поглощения органических или минеральных красителей). Удачные опыты были проведены в Кировске в 1935 г. артелью «Заполяный артельщик».

легкого отмучивания можно будет получить чистый содалит, тогда будет возможно широкое получение дешевой синей краски очень большой устойчивости, которая сможет применяться не только для наружной окраски, но и при внутренних декоративных работах, для окраски дерева и грубых полотен.

Однако открытие О. А. Воробьевой намечает собой и другие возможности.

В случае, если не удастся открыть достаточно чистые сорта содалита, может быть использован для аналогичной цели и нефелин путем прокаливания его в замкнутом пространстве с небольшим количеством серы. Но и в этом случае надо будет стремиться к использованию наиболее чистых сортов нефелина. Равным образом с успехом намечается использование шихты кольского диатомита с каолином и серой.

Мы считаем, таким образом, что вопросы получения искусственного ультрамарина на Кольском полуострове представляют очень большой практический интерес, но требуют особой технологической разработки.

48. Д и а б а з ы д л я л и т ь я (анализы в прилож. XI). На Кольском полуострове имеются очень значительные скопления сырья для плавки диабазовых пород на трубы, керамические изделия, изоляционные пласти, термоизоляторы, электроизоляторы, каменные шпалы и пр. При большой дешевизне энергии и ее избытке в некоторые часы пик как раз на Кольском полуострове очень выгодно наладить промышленность по плавке местных пород непосредственно около их выходов. Получая кубометр диабазы по 3—4 рубля за тонну и затрачивая небольшое количество энергии на грубый помол, можно добиться большой эффективности в постановке этой промышленности и дать Кольскому полуострову как раз тот теплоизоляционный материал, в котором он нуждается для теплофикации как промышленных, так и хозяйственных объектов. Сама проблема литья дибазов, благодаря работе школы акад. Ф. Ю. Левинсон-Лессинга и А. С. Гинзберга, является настолько выясненной, что весь вопрос заключается в выборе наиболее выгодных точек и подходящего для этой цели материала. Необходимо отметить, что в некоторых частях Финляндии этот материал дает дешевую и очень хорошую мостовую брусчатку, что может иметь значение и для городских дорог Кольского полуострова. Повидимому, наиболее подходящим материалом для указанного дела могут явиться многочисленные выходы дибазов на Мурманском побережье (ст. Гаврилово, ст. Захребетное, губа Парчниха, губа Зеленецкая и др.). Особенно ценными являются (при соответственной шихтовке) имандриты на западных склонах Хибин (например, около ст. Имандра), может быть, эффузивные породы «цветного пояса» по р. Варзуге и др.; прекрасным источником может явиться пустая порода некоторых горизонтов рудников Мончи, отбросы обогатительной фабрики Мончи (после ее организации в Сопчуайвенче) и ряд других пород, богатых силикатами кальция и магния. Однако необходимо проведение опытных плавки и выяснение тех сортов пород, которые могут идти в плавку и давать необходимый кристаллизационный эффект при охлаждении без каких-либо добавок или шихтовки. Мы считаем постановку этой промышленности реальной, особенно в условиях избыточной электроэнергии. Этот вопрос был заострен еще в 1935 г. («Кировский рабочий» 11/1).

В литературе отмечается возможность использования в этом же направлении шлаков¹ медно-никелевого производства, причем особая

¹ Опыты А. С. Гинзберга (1936) показали возможность литья шлаков непосредственно в изделия (но лучше с добавкой 30% дибазы).

ценность их заключается в том, что они могут поступать в печи уже в расплавленном состоянии и легко смешиваться с теми добавками, которые необходимо будет внести для получения нужного состава шихты. Они же могут идти на цемент.

49. **Полезные составные части омывающих морей.** С геохимической и частично с практической точек зрения некоторые составные части морей заслуживают особого внимания как источник сырья для Кольского полуострова. Мы знаем, что в прилегающие части Белого и Баренцова морей сносятся большие количества, прежде всего, гумусовых веществ и связанных с ними полудторных окислов железа и глинозема. Частично этим объясняется обесцвечивание озерных осадков и пород при медленном поверхностном разрушении, а также вынос глинозема, который освобождается из глинистых продуктов в больших количествах в пресных озерах, благодаря деятельности диатомитовых водорослей. Иначе говоря, многочисленные скопления кремнезема в виде диатомита в торфяниках, болотах и озерах Кольского полуострова одновременно ведут к выносу глинозема и гидратов окислов железа к побережью Белого моря и Ледовитого океана, где они осаждаются на дно в виде железистых конкреций, иногда со значительной фиксацией в них марганца, кобальта и никеля. В местах выноса крупных рек идет образование еще совершенно неясных «беломорских рогулек» из CaCO_3 , однако их образование связано только с теми реками, которые богаты карбонатами; поэтому образование этих рогулек по преимуществу приурочено к Северной Двине, Мезени и Онеге. В водорослях у берегов Белого моря и особенно у Мурманского побережья происходит крупное накопление солей калия и иода. Наконец, сама морская вода в условиях сравнительно низких температур (особенно Белого моря) может служить для получения хлористого натрия путем вымораживания морских рассолов. В особенности это относится к району Кандалакши, где длительный период низких температур беломорской воды может быть широко использован для этой цели.

Дефицитные вещества. Прогноз крупных запасов полезных ископаемых требует, однако, одновременно детального анализа дефицитных веществ Кольского полуострова. Поэтому мы должны внимательно остановиться на этом вопросе, так как было бы одинаково большой ошибкой недооценивать не только крупные скопления отдельных химических элементов, но и некоторый недостаток других по отношению к среднему их содержанию в земной коре.

Основной характерной чертой для всего Кольского полуострова является недостаток подвижных солей кальция и магния, и хотя они частично намечаются в отдельных месторождениях известняков и доломитов, т. е. в виде соединений довольно подвижного характера, тем не менее в поверхностных водах концентрации кальция и магния дают все же отрицательный кларк.¹

Вторым дефицитным элементом, по всей вероятности, является иод, а может быть, и бром. Хотя мы в этом отношении не имеем достаточно точных химических данных, тем не менее те предварительные определения, которые были сделаны по иоду, показывают, что, по крайней мере, в области Хибин мы имеем дело с недостатком иода, а следовательно, должны учитывать это в ходе дальнейших санитарных мероприятий. Характерным и весьма неприятным для развития некоторых отраслей

¹ Дефицит солей кальция вызвал в 1932 г. организацию конкурса по извлечению кальция из апатита в ходе его технологической переработки.

промышленности является дефицит каолина для бумажной промышленности. Правда, мы знаем, что в соседней Финляндии этот же дефицит был частично покрыт открытием небольших месторождений каолиновых минералов (в каких-то своеобразных остаточных щелях среди гнейсовых свит), однако пока мы не имеем никаких конкретных оснований ожидать промышленных запасов настоящего каолина на Кольском полуострове.

Несомненно, что в этом отношении каолин может быть частично заменен чистыми тальковыми породами, как это с успехом применяется для бумажной промышленности в Финляндии и в Северной Швеции, а также тем своеобразным искусственным продуктом — неокаолином (из нефелина), который может явиться прекрасным заменителем природного каолина.

Очень дефицитны такие обычные соли, как хлористый натрий и гипс.¹ Открытие под Котласом мощных пластов пермской каменной соли, а также наличие слоев гипса под Архангельском и по р. Пинеге, намечает источники для пополнения этого дефицита и, во всяком случае, дает возможность совершенно иных решений завоза соли для промышленности и рыбного хозяйства, чем это было до сих пор, при полном отсутствии собственного источника хлористого натрия на всем севере Европейской части Союза.²

Что же касается дефицита угля, отсутствия и малой вероятности нахождения здесь запасов нефти, газов и других битуминозных пород, то на этом мы останавливались на стр. 38.

¹ Необходимо учесть возможность получения, в качестве отброса, гипса при выделении окиси титана серной кислотой из сфена или кюпитта.

² См. прилож. IX.

Глава четвертая

ОБЗОР ОТДЕЛЬНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В дополнение к приведенному обзору главнейших полезных ископаемых мы должны коснуться отдельно использования самих химических элементов постольку, поскольку они не были в достаточной мере освещены на предыдущих страницах.

2. Гелий (He) входит в состав прочных соединений типа лопарита, содержащих уран и торий. Извлечение гелия из лопаритовых концентратов возможно, хотя и мало выгодно. Интересно отметить, что лопарит сохранил почти весь тот гелий, который образовался из урана в течение приблизительно 300 млн. лет.

3. Литий (Li) мало вероятен, и поиски его соединений не перспективны, поскольку более обычны гранитные пегматиты первых номеров. Характерно почти полное отсутствие лития в щелочных плутонах, кроме ничтожных листочков тайниолита.

4. Бериллий (Be) технологически интересен в ходе извлечения алюминия (металлического) из нефелина (содержание окиси бериллия 0.01% и меньше); минералогические поиски промышленных берилловых пегматитов вполне возможны, необходимы и реальны в восточных массивах щелочных гранитов, где берилл обнаружен в пегматитовых жилах по р. Калиок (см. анализ, стр. 171, Кейвы), а также в микроклиновых гранитах Стрельны (Л. Косой); что же касается Хибинских и Ловозерских тундр, то встреченные здесь берилловые минералы — чкаловит и мелинофан — пока относятся к минералогическим редкостям, и подавляющая часть бериллия находится в рассеянном состоянии (вместе с алюминием).

5. Бор (B) входит в состав апатита, как его полезная составная часть;¹ как самостоятельный элемент значения не имеет, но как примесь к самому апатиту должен играть некоторую агрохимическую роль. Вообще же характерно малое распространение бора в этой части Фенноскандии.² Отметим только находку шерловых пегматитов к северу от Ловозера между рр. Вороньей и Харловкой. Интересны находки аксинитовых жил в змеевиковом поле Петсамо (Финляндия), что до сих пор не было отмечено в карельских образованиях Кольского полуострова. Между тем, совершенно аналогичные жилы были открыты на поляном Урале, частично известны и в районе Сегозера.

6. Углерод (C) (см. о нем подробнее стр. 38). Необходимо отметить общий дефицит этого элемента на всем Кольском полуострове. Интересно наличие в Хибинах редчайшего карбоцера, что указывает на

¹ Анализы Б. Н. Мелентьева и А. И. Володченковой на Кольской базе дают около 0.005—0.008% В₂O₃ в апатитах и саамитах и около 0.004 в суперфосфатах из апатита.

² Это, очевидно, связано с преобладанием глубинных фаций процессов.

роль летучих эманаций, вероятно, углеводородов, при образовании Хибинского массива (поглощение элементов девонской кровли?).¹

9. Фтор (F) (см. подробнее стр. 47). Важно обилие фтора в щелочных гранитах и сиенитах. Интересен топаз в гранитных пегматитах верховой Ионы. Геохимически важно особое обилие хлора и фтора в Ловозерских тундрах в противоположность Хибинам. Обилие фтора на Турьем мысу требует выяснения. Фтор в водах Хибинского района изучен очень детально и обнаруживает в общем нормальное содержание, за исключением только одной буровой скважины № 20, выходящей выше рудника Кукисвумчорра из апатитовой залежи, где содержание фтора достигает 1.25 мг. Однако отношение F:Ca в водах Хибин в 50 раз выше отношения в нормальных питьевых водах.²

Приводим содержание фтора в минералах Кольских месторождений:

	‰		‰
Флюорит	48.9	Апатит	3.0
Виллиомит (NaF)	45.2	Лампрофиллит	1.7
Кальциевый ринкит	7.2	Титано-ловенит	1.55
Ринколит	6.1	Астрофиллит	1.1
Ловчоррит	5.5	Вудьяврит (прозр.)	0.2—0.1
Ферсманит	3.8	Мурманит	0.1
Юкспорит	3.3	Сфен	0.1

11. Натрий (Na) (см. нефелин, полевые шпаты, хлористый натрий, стр. 48). На Кольском полуострове вообще характерно преобладание натрия над калием, что и вызывает своеобразие его щелочных массивов.

12. Магний (Mg). Магний в своих подвижных соединениях дефицитен, что особенно характерно для состава воды озер. Наличие отдельных выходов ультраосновных пород, особенно богатых Mg, еще более оттеняет дефицит магния в других районах — гнейсов, гранитов и сиенитов. Таким образом, магний весьма резко дифференцируется на очень богатые и очень бедные магнием комплексы. Тем интереснее дальнейшее изучение ультраосновных пород оливинитов и продуктов их изменений на месте (но тоже с очень ограниченной в пространственном отношении миграцией). Интересны новые методы дешевого извлечения окиси магния из морской воды, что могло бы иметь особое значение для Кольского полуострова (в связи с использованием оливинитов).

13. Алюминий (Al). По отношению к этому элементу полуостров отличается совершенно исключительно своеобразными чертами, определяющими наличие богатейших скоплений необычных алюминиевых руд. Мы наблюдаем сильную дифференциацию алюминия, кремния и щелочей, вследствие чего имеем резко плумазитовый комплекс в районе Кейв с разобщением на богатые алюминием кианиты и чистые кварцевые жилы. С другой стороны, в плутонах Ловозерских и Хибинских тундр идет накопление щелочей в большей степени, чем алюминия, что ведет к своеобразным агпайтовым процессам,³ обуславливающим в свою очередь накопление алюминия с щелочами в нефелиновых комплексах. В результате этого мы получаем единственные в мире скопления кианита и нефелина — двух лучших первичных алюминие-

¹ Геохимически нельзя не отметить повышенной роли кислорода в приполярных широтах, что, может быть, связано с повышенной ионизацией ионосферы и воздействием последней на нижние слои атмосферы. См. Н. Д. Булатов. О ночной ионизации в полярных широтах, «Техн. физика», X, стр. 141, вып. 2, 1940.

² А. П. Виноградов. Фтор в природе. «Санитария и гигиена», № 3, 1937.

³ Агпайтовые процессы характеризуются избытком $K_2O + Na_2O$ по отношению к Al_2O_3 . При повышении отношения до 1.2—1.5 получают сильно агпайтовые явления, ведущие к образованию уссингита и эгирина. Этим же облегчается втягивание в решетку вместо дефицитного алюминия — железа, галлия, бериллия и др.

вых руд — и должны ожидать еще третьего вещества из этой же группы процессов, белого фторида — криолита. О галлии и бериллии в нефелине см. при рассмотрении соответственных элементов.

14. К р е м н и й (Si). Описанные выше процессы разобшения алюминия и кремния ведут к многомиллионным запасам кианита, с одной стороны, и грандиозным кварцевым жилам, которые, вероятно, очень бедны другими компонентами, — с другой, но представляют большой интерес с практической и химической точки зрения (район Кейв). Генетически в основе комплекса Кейв лежат, вероятно, чисто глинистые осадки (см. кварц, стр. 61, кварциты, стр. 36).

15. Ф о с ф о р (P). Геохимия фосфора на Кольском полуострове замечательна и может быть сведена к следующим чертам:

а) грандиозные запасы апатита с высоким содержанием фосфорной кислоты — в специальных дугах — поясах Хибин (см. подробнее апатит, на стр. 67); замечательное сочетание с редкими землями, фтором и стронцием (саамит);

б) другие фосфаты очень своеобразны, особенно в Ловозерских тундрах; практического значения пока не имеют;

в) обилие фосфора в контактных месторождениях щелочного характера р. Ионы,¹ с очень большим скоплением фосфора в скарнах, известняках и самих железных рудах. Высокое содержание фосфора заставляет применить специальные методы металлургии с переводом фосфора в томасшлак.

г) очень низкое содержание фосфора в основных магмах и их промышленных выделениях (в сульфидных жилах ультраосновных пород, в титаномагнетитах и оливинитах южной полосы щелочных плутонов), что необходимо иметь в виду при металлургических процессах;

д) под вопросом практическое использование щелочных пород Турьего мыса, для которых, согласно первым указаниям акад. Е. С. Федорова, характерно сочетание апатит + нефелин; вопрос требует дальнейшего обследования;

е) совершенно неясна судьба миграции фосфора в гранитных магмах, в пегматитах которых изредка известны зерна апатита; необходимы поиски в аллювиальных (?) шлихах наиболее молодых гранитов устойчивых фосфатов — ксенотима и монацита (где они вероятны).

16. С е р а (S). Изыскание источников серы и серной кислоты представляет собой совершенно особый вопрос огромного значения, в настоящее время разрешаемый более благоприятно, чем еще лет пять тому назад. Реальными источниками сернокислотного сырья могут явиться:

а) отходящие газы завода Мончи, причем имеется два типа, со средним содержанием 1.5 и 4.0% SO₂; использование бедных газов без специальных установок² затруднительно, использование смеси или богатых газов может опираться на нормальные технологические приемы; можно думать, что, при соответственной организации этого дела, Кольский полуостров получит от 80 до 100 000 т моногидрата серной кислоты;

б) не исключена возможность и частичного непосредственного использования обогащенного сернистого газа для сернисто-кислых методов разложения нефелинов;

в) дальнейшим источником серной кислоты могут явиться, главным образом как местное сырье, пирротины «цветного пояса», особенно двух его участков — тундры Кучин и Хибинской дуги (см. подробнее стр. 43).

¹ Аналогичны и другие месторождения этого типа: Вуориярви, Иивара (Куусамо) и др.

² Очевидно, путем конденсации через сульфат глинозема.

Новые разведки 1939 г. полностью подтвердили невысокое среднее содержание нормальной руды (18—22% S), отсутствие заметных содержаний никеля и меди (вопрос о количественном содержании благородных металлов не решен) и трудности экономического обогащения (самовозгорание, необходимость брикетирования и т. д.). Таким образом, наиболее вероятно, что пирротины могут использоваться лишь в качестве местного сырья, в особых условиях — стратегического сырья и частично — для получения сернистого газа для нужд местной писчебумажной промышленности, а также для нужд кобальтового цеха в Монче.

Помимо указанных совершенно реальных объектов использования серы, имеется ряд интересных геохимических проблем, связанных с распространением серы: таков еще совершенно не выясненный внутренний пояс пирротина в Хибинских тундрах, распределение и распространение на Кольском полуострове фальсанд типа Керети (до 37% серы) и некоторые другие.¹

17. Хлор (Cl) представляет на Кольском полуострове только геохимический интерес, будучи связан в больших количествах с минералами Хибинских и Ловозерских тундр — эвдиалит (до 0.8%), содалит (до 5%), гакманит (до 6.5%) и частично с контактными зонами основных и ультраосновных пород (скаполит).

19. Калий (K) (см. полевой шпат, нефелин, стр. 79, 72) геохимически значительно уступает натрию и как таковой будет иметь значение только при использовании нефелина на металлический алюминий, при котором в отходах будут получаться поташ и сода

20. Кальций (Ca) (см. стр. 34). Дефицит кальция на Кольском полуострове представляет собой исключительной важности явление, имеющее горно-техническое, культурно-бытовое и медицинское значение. Недостаток кальция связан не столько с общим низким кларком этого элемента, сколько с его фиксацией в виде мало подвижных, устойчивых, не мигрирующих комплексов (фосфатов, титанатов, ниобатов и силикатов). Борьба с дефицитом кальция должна быть поставлена со всей остротой:

а) путем поисков (с объявлением премий и конкурсов) месторождений карбонатов кальция,

б) скорейшим вводом в использование самых крупных скоплений известняков — Ионы (и может быть Vuориярви).

в) разработкой методов известкования питьевых вод крупных промышленных центров.

21. Скандий (Sc) неизвестен на территории Кольского полуострова, но весьма возможен в пегматитах щелочных гранитных массивов.² Необходимы поиски тортейтита в связи с районами цирконовых месторождений. В рассеянном виде скандий, конечно, связан по преимуществу с магнезиальным комплексом «цветного пояса».

22. Титан (Ti). Проблемы титана занимают на Кольском полуострове совершенно особое место, причем по богатству концентрации этого элемента этот район занимает первое место после Урала, считавшегося до сих пор единственной реальной базой титана в Союзе (на третье место, вероятно, выйдет Горная Шория в Сибири).

Практически титан связан со следующими геохимическими типами:

¹ Геохимически интересно повышенное содержание серы в содалите и гакманите, особенно Ловозерских тундр, что ведет к возможности получения из них искусственного ультрамарина. Выясняется более высокое содержание серы, чем это намечалось старыми анализами (0.39 — против новых проверенных данных в 1—1.4%).

² По аналогии с Импилахти на сев. берегу Ладожского озера, где минералы, богатые U, Ti, Y и Si, встречены в пегматитах среди наиболее поздних гранитов.

А. Титаномагнетит (см. стр. 92) — в нефелиновых сиенитах, габброидных породах и ультраосновных плутонах.

Б. Титанит (сфен) — в разных частях Хибинских тундр.

В. Лопарит — в Ловозерских тундрах.

Г. Кнопит (перовскит) — в десятках миллионов тонн в плутоне Африканды.

Д. Ильменит — в пегматитах восточных щелочных гранитов.

Промышленное значение имеют все четыре первых вида сырья, поиски ильменита в щелочно-гранитных пегматитах не безнадежны. Однако, кроме указанных минералов, имеются еще десятки других соединений титана; таков, например, шорломит — черный титановый гранат, крупные концентрации которого известны на контактах плутонов Хабозера, частично в Ионе и Африканде.¹

Титан (TiO₂) в минералах щелочных массивов
(среднее в весовых %)

Кнопит Африканды	55.4
Манганойльменит (Лов. т.)	51.35
Рамзаит (Хиб.)	46.7
Сфен (Хиб.)	39.9 из 9 анализ.
Лопарит (Хиб. и Лов.)	39.2
Мурманит (Лов.)	30.2 из 4 анализ.
Лампрофиллит (Хиб.)	28.6 из 5 анализ.
Ферсманит (Хиб.)	22.1 из 5 анализ.
Вудъяврит (прозр.) (Хиб.)	19.4
Вудъяврит вишневый (Хиб.)	18.5
Нептунит (Хиб.)	18.2
Титаномагнетит (Хиб.)	17.6 (средн. в Хибинах)
Белый вудъяврит (Хиб.)	17.1
Вудъяврит (Юкспор, Хиб.)	15.1
Шорломит (титанистый гранат) (Африканда)	14.3
Астрофиллит (Хиб.)	11.8 из 2 анализ.
Титаноловентит (Лов. т.)	11.3
Медистый вудъяврит (Хиб.)	11.0
Чинглусуит (Лов.)	10.0 (9.6)
Юкспорит (Хиб.)	10.9
Ловчоррит (Хиб.)	10.4
Ринколит (Хиб.)	9.1
Кальциевый ринкит (Хиб.)	8.7
Эпигматит (Хиб.)	8.5
Лепидомелан (Хиб.)	4.2 из 4 анализ.
Роговая обманка (Хиб.)	4.2
Авгит (Хиб.)	2.2 из 2 анализ.
Ранит	1.9
Эгирин (Хиб.)	1.8 из 6 анализ.
Арфведсонит (Хиб.)	1.7 из 5 анализ.
Эвдиалит, эвколит (Хиб.)	0.5 из 8 анализ.
Катаплеит (Хиб.)	0.4

Примечание. Таблица составлена по сводкам 1937 г.

23. Ванадий (V). Общего геохимического освещения ванадия не имеется, а между тем его распространение на Кольском полуострове необычно и неясно. Любопытно, что ванадий практически не содержится в минералах основных и ультраосновных магм (даже в титаномагнети-

¹ Для шорломита интересно повышенное содержание ZrO₂ (0.72); TR₂O₃ — 0.30 и Nb₂O₅ — 0.10%.

тах); его накопление отмечается только в титаномагнетитах Хибин и в Хибинских эгиринах определенного генезиса. Наибольшее содержание ванадия связано именно с эгирином апатито-нефелиновой руды (тогда как очень мало ванадия отмечается в эгирине I и в эгирине III). Наибольшее содержание V_2O_5 — в эгирине апатитового месторождения и в титаномагнетите (по данным Б. Н. Мелентьева); в юкспорском титаномагнетите — ниже.¹ В эгиринах Ловозерских месторождений содержание ванадия в общем не превышает десятой процента (на V_2O_5). Это очень серьезный вопрос, связанный с возможностью использовать эгириновые отходы фабрики при добыче мопарита.

24. Хром (Cr). Долгое время хром был совершенно неизвестен, но по мере изучения ультраосновных пород он стал обнаруживаться все в больших и больших количествах;² так, хром связан с плутонами Хабозера в виде смеси магнетита + хромита; в ничтожных количествах известен в норитах и пироксенитах Мончи (нередко в ядре магнетитовых зерен); однако наибольшие скопления хромитов (с 28% окиси хрома) обнаружены ЛГРУ в змеевиках Подас-тундры, где необходимы специальные исследования, несмотря на отдаленность этого интересного района. Промышленное значение пока неизвестно. Дальнейшие поиски хромита и хромовых шпинелей необходимы в разных выходах ультраосновных пород (например, на Сальной тундре).³

25. Марганец (Mn). Для этого элемента имеется ряд очень интересных данных, однако, чисто геохимического характера. Несомненно, повышенный кларк марганца в щелочных породах особенно Ловозерских тундр⁴ выявляется в образовании минералов, исключительно богатых марганцем — шизолите (16% MnO + 9% MnO_2), ильмените (15%), астрофиллите (до 8%), чинглусуните (14.5%) и др. Ожидать практически ценных месторождений марганцевых руд вторичного типа на Кольском полуострове не приходится.

26. Железо (Fe). Мы имеем на Кольском полуострове ряд очень ценных и разнообразных концентраций железа, показывающих, несомненно, повышенный кларк железа, даже в щелочных породах (особенно в Ловозерских тундрах).

1) магнетитовые кварциты в гнейсах (см. стр. 48),

2) контактные месторождения магнетита (см. стр. 55),

3) титаномагнетиты основных и щелочных магм (см. стр. 90),

4) богатые железом эгирины в щелочных массивах (см. стр. 97).

Все эти типы могут быть использованы в соответственной обстановке как руда для черной металлургии. Особое геохимическое и промышленное значение имеет железо в сульфидах Мончи в «цветном поясе»; частично, в виде огарков, при обжиге оно может служить для получения хорошей краски и частично для передела на металл.

27. Кобальт (Co). Кобальт в своей геохимии связан на Кольском полуострове исключительно с никелем комплекса Мончи («цветного пояса»), причем, несмотря на все колебания отдельных анализов, среднее

¹ Содержание ванадия в титаномагнетитах тундры Вырмес не доказано; в валуне по р. Туломе содержание V_2O_5 при 21% TiO_2 всего только 0.09%. В титаномагнетитах Африканды содержание ванадия также весьма низкое. О ванадии в титаномагнетитах см. в главе III стр. 91.

² Необходимо опробование на хром всех титаномагнетитов основных магм.

³ Геохимически интересно повышенное содержание хрома (до 0.05) в титаномагнетитах Хибин и мончикитах Ловозерских тундр.

⁴ А также в фойяитах Хибинских тундр (астрофиллит, арфведсонит и эвколит).

соотношение этих двух металлов определяется 1 : 20 (25).¹ Однако нет никакого сомнения, что и в пределах исследованных глубин жильных выделений мы имеем некоторое обогащение кобальтом в наиболее отдаленных от очагов дериватах; частично это относится к пирротиновым выделениям по Никелевому ручью в Волчьих тундрах, где соответственно более телемагматическому характеру в пирротинах обнаруживается несколько более повышенное содержание кобальта, а также видимы простым глазом листочки молибденита. Однако общий геохимический анализ кобальта и сравнение Кольского полуострова с аналогичными районами Полярной Канады, заставляет ожидать и здесь месторождений типа гидротермальных кобальтовых руд (Bastin, 1939). Характерно, что так же, как для района Кобальт в Канаде, мы должны ожидать их в более отдаленных от магматических очагов участках.² Они должны быть связаны с более холодными процессами геохимических растворов, богатых серебром, ураном, гематитом и карбонатами. По аналогии с Медвежьим озером, в Полярной Канаде, мы можем искать эти образования и более молодых хронологически очагах, проникающих в древние свиты, причем наиболее вероятным методом поисковых работ явится изучение радиоактивности полиметаллических жил. Открытие этого типа рудных образований весьма вероятно, тем более, что своеобразные красные брекчии района Хабозера и Пинозера заставляют ожидать наличие сходных образований как раз в южной половине Кольского полуострова. Интересно некоторое содержание кобальта в минералах Ионы.

Но как бы то ни было, уже в настоящее время в Монче-тундре имеется для кобальта одна из трех самых ценных сырьевых баз этого металла в Союзе.

28. Никель (Ni). В отношении никеля Кольский полуостров может считаться второй мировой базой этого металла, и запасы его настолько значительны, а прогнозы настолько благоприятны, что можно спокойно говорить о крупной добыче этого металла.

В основном почти все месторождения³ укладываются в вышеописанную дугу «цветного пояса», тесно примыкают на севере к месторождениям Печенги (Петсамо) на финляндской территории и, повидимому, заканчиваются у горла Белого моря на левом берегу Поноя.

Помимо этого главного пояса, мы имеем как будто бы еще ответвление, идущее от Мончи через Сальные тундры на стык с Подас-тундрой; равным образом, нам известна на севере от Ловозерских тундр, на восток от р. Вороньей, Пулмас-тундра с серпентинитами, частично обогащенными никелем; закономерно связан никель с ультраосновными интрузиями, как вторично обогащенными в зонах серпентинизации (Кучин-тундры и Подас-тундры), так и теми, которые носят чисто первичный характер (пирротины Монче-тундры).

Содержание никеля в других основных плутонах иного генезиса практически ничтожно и колеблется около 0.1% (например, в некоторых частях древних массивов около Хабозера).

Ряд известных никелевых месторождений еще не ооконтурен, намечаются и новые участки в районах «цветного пояса», например, в вер-

¹ Для чистого минерала пентландита Е. Захаров установил колеблющиеся отношения Co:Ni между 1:11 и 1:32.

² Этот прогноз частично подтвердился находкой кобальтоносного пирита (без Ni) с почти 1% кобальта в апофизах сульфидных жил Волчьей тундры. (Е. И. Захаров. Кольская база АН).

³ Кроме того, известно несколько повышенное содержание Ni в фальбандах Порьей губы и в пирротинах осадочных свит карельских отложений (сотые доли процента).

ховьях р. Стрельны, в Волчьих тундрах и в особенности в Сальных тундрах, у устья Пооя и в ряде других точек.

Проблема распространения никеля на Кольском полуострове требует систематической постановки поисковых работ при помощи методов геофизики, выяснения генезиса жильного комплекса типа Ниттис-Кумужья, их тектонических структур, углубленного геохимического и минералогического изучения как самих жил, так и дисперсных руд типа Сопчи.

29. Медь (Cu). Медь в отдельных сульфидных образованиях известна в разнообразных комплексах Кольского полуострова.¹ Она связана и с молодыми полиметаллическими жилами (Кандалакшский фиорд), и с древними фальбандами (Порья губа), и с отдельными выделениями сульфидов в пегматитах древних гранитных массивов Ионы и частично в нефелиновых сиенитах Хибинских и Ловозерских тундр и габбро-диабазам разных возрастов. Однако практическое значение имеют только месторождения, связанные с основными породами «цветного пояса»,² причем первичные (?) сульфиды самих карельских осадков бедны медью. В основном медь в огромном количестве сосредоточена вместе с железом и никелем в первичных сульфидных выделениях ультраосновных пород и в тектонических жилах Монче-тундры. При наличии резких колебаний соотношений меди и никеля в этих месторождениях, все же в общем количестве меди в изученных частях примерно по отношению к никелю составляет 1:2. Это же соотношение установлено и для финляндской части «цветного пояса». Однако теоретические предпосылки заставляют думать, что с глубиной будет увеличиваться содержание никеля в промышленных месторождениях и, наоборот, подобно Сёдбери в Канаде, будут встречаться отдельные скопления чистого халькопирита. Равным образом (и это подтвердили и разведочные работы на Ньюде) в периферических частях месторождений и в самих контактных зонах медь начинает преобладать над никелем.

Однако до сих пор нигде не обнаружено богатых скоплений настоящих медных апофиз, очень характерных, между тем, для месторождений Петсамо (Печенги), где медь, по данным Вегмана, мигрирует легче и дальше, чем никель (1929). Тем не менее, надо продолжать искать медные скопления халькопирита в наиболее отдаленных и наиболее поздних выделениях основных магм.

30. Цинк (Zn). Мы не знаем практических месторождений цинка на Кольском полуострове, хотя отдельные минералогические наметки довольно многочисленны. Встречается цинк среди сульфидов Хибинских (напр., в ловчорритовом месторождении) и Ловозерских тундр (сфалерит темный — марматит), особенно с молибденитом, в очень небольшом количестве обнаружен в медно-никелевых рудах Мончи, но главное его количество связано с более молодыми полиметаллическими рудами Кандалакшского фиорда и северо-западной части Мурманского побережья: сфалериты разных окрасок, с содержанием германия, галлия (до 0.01%) и кадмия (много). Хотя и в царское время неоднократно делались попытки создания промышленных предприятий на этих жи-

¹ Особый генетический тип, требующий изучения и разведки, намечился в контактах древних габбро с гранулитам; так, А. А. Поликанов указывает интересные скопления сульфидов (до 8—10%) с пирротитом и халькопиритом в Кацким-тундре, а в верховьях р. Кацким.

² Особый интерес представляют очень мало изученные и совершенно неразведанные кварцево-борнитовые жилы около Руссинихи (устье Пооя), где отмечается куприт и медные карбонаты. Это, может быть, верхи каких-либо сульфидных месторождений Карелии.

лах, но ни одна из них не привела к благоприятным результатам, и до сих пор у нас нет ясных данных о том, можно ли ожидать здесь настоящих промышленных месторождений, которые, несомненно, представляли бы большой интерес, в частности по своим редким металлам. Теоретические предположения не позволяют отрицать эту возможность, особенно по отношению к архипелагу Кандалакшского фиорда (где содержание цинка в отдельных образцах доходит до 2%).

Наиболее интересным является повышенное содержание цинка в рудах магнетита Ионы и в связанных с ними скарнах;¹ повидимому, содержание цинка достигает 0.15—0.20, что может быть уловлено при доменном процессе. Присутствие сфалерита пока не обнаружено, хотя вероятно.

Для цинковых руд полиметаллических жил Кандалакшского фиорда очень интересно весьма повышенное содержание германия в темных разновидностях марматита. По мнению В. А. Токарева, это содержание достигает промышленных количеств (?). Что это явление носит постоянный характер, видно из того, что столь же высокое содержание германия наблюдалось и в марматитах Мурмана.

31. Галлий (Ga). Спектроскопические исследования установили распространение галлия в нефелинах Хибинских тундр, преимущественно в тех разновидностях, которые связаны со средними фазами геохимического процесса; и при переходе к высокотемпературным выделениям и в более холодных частях пегматитовых жил содержание галлия падает. Цифры, которые даются для галлия в нефелинах, очень невелики;² однако есть основания думать, что в ходе металлургических процессов выделения алюминия из нефелина галлий будет накапливаться, а при известном методе электролиза можно ожидать и его обособления. Вопрос до настоящего времени технически не изучен в достаточной мере и требует дальнейшего детального изучения технологами.

Очень интересно изучение на галлий алюминиевых пород района Кейв, а также мусковитов, связанных с гранитными пегматитами целочных гранитов.

В общем проблема галлия на Кольском полуострове заслуживает большого внимания, но до сих пор еще не поставлена достаточно четко.

32. Германий (Ge). Данных о распространении германия в кислородных соединениях на Кольском полуострове не имеется, хотя возможно его частичное накопление вместе с титаном в отдельных типах титановых руд.³ Зато очень интересно повышенное содержание этого элемента в черных сфалеритах Кандалакшского фиорда, особенно в черном марматите Ройменской жилы, где содержание германия достигает действительно очень высокой цифры — 0.1%. Эти два факта показывают наличие своеобразной германиевой провинции в полиметаллических комплексах Кольского полуострова. Необходимы дальнейшие исследования.

33. Мышьяк (As). Мышьяк играет исключительно ничтожную роль в месторождениях различных генетических типов. Интересно отметить, что в нормальных рудах Монче-тундры обычные аналитические методы не дают возможности установить его присутствие и лишь в контактных зонах этого же месторождения отмечалось, в старых анализах

¹ Возможно наличие цинка в шпинелях и, может быть, в самом магнетите.

² Меньше 0.01%, хотя именно эту цифру намечал В. М. Гольдшмидт. Определения С. А. Боровика дали в нефелинах 0.0001—0.005; содержание повышается в поздних пегматитах, где достигает 0.01 и, может быть, 0.05%. В цеолитах содержание низкое, хотя иногда в шпреуштейнах доходит до 0.05% (С. А. Боровик, 1941).

³ Спектроскопически доказан в буром сфене Ловозерских тундр.

Нюдауйвенча, несколько повышенное содержание мышьяка. Ничтожное содержание мышьяка (арсенипирита) отмечается в осадочных пирротинах «цветного пояса» (4-й килом). После специальной работы Кольской базы АН над апатитами Хибинских тундр установлено было в них содержание мышьяка в размере 0.0002%,¹ что показывает ничтожное распространение этого элемента в щелочной магме Хибин.² Нет данных о содержании мышьяка в полиметаллических рудах, частично в древних фальбандах Кадалакшского залива, хотя иногда отмечаются зернышки арсенипирита. Таким образом, мы должны установить общий дефицит мышьяка на Кольском полуострове, что является весьма положительным фактором для его туковой промышленности, но вместе с тем и фактором отрицательным по отношению к образованию скоплений золота, с которым обычно всегда ассоциируется в природе мышьяк. Отсутствие золотых месторождений в кварцевых жилах может быть частично связано именно с недостатком мышьяка и других его аналогов, повидимому, необходимых для переноса этого благородного металла. Впрочем, несмотря на ничтожное содержание мышьяка в сульфидах Мончи, нельзя отрицать того, что в небольших количествах этот элемент из весьма дисперсного состояния будет накапливаться в коттрельной пыли; этим сможет быть вызвано его вредное влияние на некоторые типы катализаторов, если будет предпринято получение серной кислоты из отходящих сернистых газов (что нужно иметь в виду).

34. Селен (Se). Селен обнаружен пока в пределах Монче-тундры с средним содержанием несколько тысячных процента, что является нормальным для руд этого типа, например Сёдбери в Канаде. Накопления этого селена, частью в коттрельной пыли, но главным образом и шламах от электролиза черной меди, обуславливает практически возможную добычу селена ежегодно в весьма достаточном количестве. Таким образом, селен в настоящее время является совершенно реальным объектом серьезного практического значения мончетундровского комбината. Содержание селена в разных рудах колеблется довольно значительно, причем селен накапливается раз в десять больше в железной шляпе по сравнению с магнетито-халькопиритовыми жилами.

Интересно, что отношение S:Se изменяется весьма закономерно в сторону увеличения относительного содержания селена по мере охлаждения процесса.

Обычный спутник селена — теллур — до сих пор в минералах Монче-тундры не обнаружен. Поскольку селен преимущественно накапливается в продуктах постмагматической концентрации, является весьма интересным опробование на селен тех наиболее телемагматических рудных выделений, обогащенных кобальтом и серебром, которые найдены, например, в Волчьих тундрах. Необходимо опробование на теллур (аналогично Сёдбери в Канаде) электролитических шламов.

35. Б р о м (Br). Для брома по ряду косвенных предположений приходилось ожидать повышенного содержания этого элемента в породах щелочных плутонов. Действительно, работы Л. С. Селиванова в Биогеохим. лабор. АН показали, что повышение брома идет параллельно с повышением хлора, тогда как иод преимущественно уходит в газовую фазу при остывании магматического комплекса и его надо ожи-

¹ В некоторых месторождениях падает до 0.00007. Как будто бы намечается некоторая закономерность и содержание As₂ меньше в апатитах внешней дуги.

² Спектроскопически мышьяк отмечен в молибденовых рудах Тахтарвумчорра. Анализы Горного института в концентратах молибденита установили содержание As 0.01—0.025%.

дать с пониженными коэффициентами. Частично в Хибинах бром даже накапливается по сравнению с Си. Поэтому геохимически надо ожидать несколько повышенного содержания брома в содалите, гакманите и эвдиалите.

36. Рубидий (Rb). Для рубидия мы имеем ряд данных только по отношению к полевым шпатам хибинского и ловозерского плутонов, где его количество весьма незначительно и не играет никакой роли, даже геохимически (меньше 0.2%). Исключая поэтому для поисков рубидия и цезия все магматические нефелино-сиенитовые жилы, мы должны обратить особое внимание на возможность накопления рубидия в некоторых пегматитах восточных щелочных массивов. Хотя максимальное количество этих элементов накапливается в тех литиевых геофазах, которые в общем в этих сильно размытых массивах Кольского полуострова, как правило, отсутствуют, тем не менее привлекают особое внимание образования густозеленого амазонита контактных зон восточного щелочного гранита, особенно в районе озера Сейявра. Этот тип амазонитов обнаружил высокое содержание рубидия (по данным Ю. М. Толмачева и А. Н. Филиппова), в связи с чем возникает вопрос о возможности накопления этого элемента в контактных зонах восточных щелочных гранитов. Это же относится к амазонитам жил Канюзера.

38. Стронций (Sr). Стронций принадлежит к очень важным элементам Кольского полуострова и концентрируется исключительно в связи с щелочными массивами, замещая кальций и редкие земли в ряде силикатов, титаносиликатов, титанатов, карбонатов, фосфатов и др.¹

Мы можем прямо говорить о стронциевой провинции Хибинских и Ловозерских тундр (особенно в хибинитах и рисчорритах), причем эти же черты обогащения стронция частично обнаруживает и массив Африканды и, вероятно, Турьего мыса.²

Весьма возможно, что длительный и грандиозный размыв щелочных массивов должен был обогатить окружающие моря стронцием и привести к образованию в осадочных свитах значительных скоплений вторичных стронциевых минералов. Однако последующий снос таких «вероятных» остатков не оставил нам последних, и нам приходится считаться сейчас исключительно с стронцием первичных минералов, извлечение из которых этого элемента представляет несомненные технологические трудности.³ Не говоря об очень многочисленных минералах, в которые стронций входит в количестве отдельных процентов, мы должны на первое место по возможностям извлечения этого элемента выдвинуть минерал саамит, т. е. фосфат апатитовой группы с содержанием до 12% окиси стронция,⁴ так как одновременно с этим в нем обнаруживается свыше 4% (4.9%) редких земель; мы имеем в саамите своеобразное соединение, технологическая переработка которого может дать достаточ-

¹ Нормально в промышленном апатите содержание 0—2%, реже повышается до 3%, в ловозерском — до 5%, в саамите внешней дуги — до 12%, в ринколите — до 3.5%; в лампрофиллите (моленграфите) — 14—16%, анцилите — 10—12%.

² В этом отношении, вероятно, совершенно аналогичны и др. щелочные массивы агпаитового типа: Бразилия, Пилансберг в Ю. Африке, Илимасук в Гренландии и, может быть, Магнет-Ков в США; для всех этих массивов необходима проверка химических анализов на «кальций». Сейчас это уже доказано при проверке кальциевого моленграфита, оказавшегося типичным лампрофиллитом.

³ Косвенным подтверждением этого является, несомненно, повышенное содержание стронция в баритовых жилах в г. Корабль, которые, несомненно, связаны с процессами, следовавшими за интрузией щелочных магм. Анализы жильного тела дали суммарное содержание SrSO_4 — 1.86% (при 97.96% BaSO_4).

⁴ В апатите Ловозерских тундр содержание SrO доходит до 5.5%, при TR_2O_3 — 3.20%; в апатите внутренней дуги — до 5.6%.

ное количество стронция и редких земель при фракционированном осаждении сульфатов или нитратов (см. саамит, стр. 235).

Во всяком случае, перед технологами стоит интересная задача — разработать этот вопрос и найти при переработке саамита на удобрения метод эффективного извлечения одновременно и стронция и редких земель, имеющих большое практическое, в частности оборонное, значение.¹

Вопрос этот должен быть также продуман, согласно интересным исследованиям С. И. Вольфовича над новыми методами извлечения редких земель из апатита (1939 г.).

39. Иттрий (Y). Вопрос о нахождении соединений иттрия на Кольском полуострове представляет значительный интерес, так как до настоящего времени мы считали установленным, что редкие земли, имеющие столь грандиозное распространение в щелочных массивах, принадлежат по преимуществу к цериевой и лантановой группам и что редкие земли типа иттрия, иттербия и гадолиния содержатся в количествах, в несколько десятков раз меньших. Эти аналитические данные химиков, однако, не полностью подтверждаются рентгено-спектроскопией, которая указывает в некоторых минералах несколько повышенное содержание иттриевых солей.² Этот вопрос требует дальнейшей разработки, хотя надо думать, что теоретически правильно мнение химиков о том, что щелочные массивы не являются промышленным источником солей иттрия. Общая геохимия этого элемента говорит нам о том, что иттриевая группа по преимуществу связана с кислыми дериватами гранитных магм, и поэтому соединения этой группы преимущественно связаны с гранитными пегматитами. Так вопрос стоит по отношению к пегматитам Карелии, где мы как раз имеем в минералах значительное содержание именно иттриевых минералов. Поэтому было бы логично думать, что источник иттриевых солей мы должны искать на Кольском полуострове не в щелочных пегматитах, а к востоку — в образованиях щелочных гранитов; до сих пор, однако, соответственные минералы здесь не найдены, но мы ждем как в них самих, так и в шлихах прежде всего ксенотима, а затем иттриевых и скандиевых соединений типа тортвейтита и др. Мы склонны как раз думать, что при дифференциации редких земель надо именно ожидать накопления, и притом весьма значительного, иттриевых соединений в образованиях гранито-щелочной магмы. Проверка этого прогноза должна быть поставлена (см. ниже, при цирконии).

40. Цирконий (Zr). Вопрос о минерале цирконе освещен выше, при разборе эвдиалита и других соединений циркония (стр. 100). Необходимо, однако, иметь в виду, что до сих пор, кроме единичных находок,³ нам неизвестно распространение минерала циркона в гранитных пегматитах разных типов гранитов. Тем не менее, находки кристаллов циркона в россыпях восточных щелочных гранитов наводят на мысль, что мы здесь можем встретить промышленные запасы этого минерала, причем должны ожидать накопления цирконов, как раз богатых иттро-

¹ Необходимо иметь в виду, что, согласно опытам акад. Д. Н. Прянишниковой, стронций не является отрицательной примесью в агрохимии. Применение стронция в последние годы весьма расширяется (белое, иризирующее стекло, глазурь, эмаль и т. д.).

² Высокое содержание окиси иттрия (Y_2O_3) наблюдается в вудъяврите — до 4% и в ловчоррите — до 3%; обычно его содержание не превышает нескольких десятых долей процента. Однако при выветривании и изменении редкоземельных минералов количество иттрия, подобно торю, относительно несколько увеличивается; так, в вудъявритах сумма редких земель иттриевой группы достигает 3—5%.

³ Интересны крупные кристаллы циркона в валуне щелочного гранита Кулюкского слюдяного месторождения (Г. В. Холмов).

вой группой и особенно обогащенных гафнием (вместе с ксенотимом и, может быть, монацитом).¹

Этот вывод, однако, может рассматриваться как теоретическое предположение, требующее постановки настоящих шлиховых работ в различных районах гранитных массивов Кольского полуострова.

До настоящего времени с промышленной точки зрения привлекали к себе внимание циркониевые соединения Хибинских и, главным образом, Ловозерских тундр, причем и здесь сам циркон не был встречен в сколько-нибудь значительных количествах и не принимался при поисковых работах во внимание. Столь же малое значение в промышленном отношении имеет и другой богатый цирконием минерал — катаплеит, с содержанием окиси циркония в 30%.

Что касается до эвдиалита, то, несмотря на очень крупное его распространение в Ловозерских тундрах, вопрос об его использовании до последнего времени не получил разрешения, благодаря трудности обогащения и отсутствию разработанной и сравнительно простой методики выделения циркония из руд, содержащих менее 50% эвдиалита. Практическое разрешение задачи может быть достигнуто лишь двумя путями: или путем нахождения новых технологических приемов, которые позволят эффективно использовать грандиозные суммарные запасы известных руд (относительно бедных), содержащих в среднем 20—25% эвдиалита, т. е. 3—4% окиси циркония; или же путем нахождения и разведок богатых эвдиалитовых жил и шпир, преимущественно в юго-западной части Ловозерских тундр, а также в районе восточных отрогов Вавнбед. И то и другое должно быть поставлено на очередь.

41. Ниобий (Nb). 73. Тантал (Ta). — Вопрос об этих элементах достаточно детально освещен выше, на стр. 97. Помимо лопарита, некоторое значение могло бы иметь попутное извлечение ниобо-танталовых окислов из ловчоррита (содержание окиси ниобия до 2.5%) и из кнопит (перовскита), что, однако, технологически еще совершенно не ясно.

Содержание пятиокиси Nb и Ta в чистых минералах
(весов. %) ²

Минералы	Nb ₂ O ₅ + + Ta ₂ O ₅	В том числе Ta ₂ O ₅	Месторождения
Ферсманит	15—17	0.36	Хибинское
Лопарит	9—12	0.65	Хибинское и Ловозерское
Мурманит	6—8 ²	ок. 0.6	Ловозерское
Вудьяврит	4—5	—	Хибинское
Юкспорит	4.3	—	Хибинское
Кальц. ринкит	3.8	0.04	Хибинское
Титаноловентит	3.0	—	Ловозерское
Ринколит	2.6	—	Хибинское
Ловчоррит	2.5	—	Хибинское
Стенструмин	2.1	—	Ловозерское
Кнопит	1—2	—	Африканда
Сфен	1—1.8	—	Хибинское
Эвдиалит	0.6—1.6	0.06	Хибинское и Ловозерское
Рамзаит	1.6	—	Хибинское и Ловозерское
Эрикит	0.90	—	Ловозерское

¹ См. Е. Костылева. Изв. АН, серия геолог. 1940, вып. 2, стр. 118.

² В основном анализы даны по данным Кольской базы АН. Определения тантала ориентировочны и требуют проверки. Обогащение ниобием наблюдается в разновидностях мурманита, подвергшихся вторичному изменению.

Основной рудой на ниобий является лопарит: 8—12% пятиоксида ниобия и несколько десятых долей процента (0.6—0.8) тантала. Лопарит хорошо обогащается и легко хлорируется. Вопрос о выборе районов добычи и наиболее выгодных для эксплуатации горизонтов освещен на стр. 191. Во всяком случае, нельзя отрицать того, что в Ловозерских тундрах мы имеем крупнейшие в мире грандиозные скопления ниобиевых руд, заслуживающих очень большого практического внимания и допускающих уже сейчас внедрение в металлургию специальных видов стали.

42. Молибден (Mo). См. в главе III, молибденит, стр. 88. Вопрос о молибдене в Хибинах много раз обсуждался на научных совещаниях, и много сотен тысяч рублей было истрачено на его поиски на Кольском полуострове. Надо прямо сказать, что поиски эти не привели к благоприятным результатам, и полученные пока итоги поисковых и разведочных работ не дали благоприятных ответов по вопросу о промысленных источниках этой руды. По отношению к Хибинским и Ловозерским тундрам ответ получен скорее отрицательный, хотя надо сказать, что разведки наиболее интересного в Хибинах — Тахтарвумчоррского — месторождения не доведены до конца и нижние, наиболее интересные, горизонты рудных жил, скрытых под осыпями, не были обследованы. Равным образом, осталось не обследованным внутреннее молибдено-пирротинное кольцо; тем не менее, общее впечатление таково, что в щелочных плутонах мы пока не имеем оснований ожидать очень крупных промышленных запасов этого металла.¹

Не более благоприятно обстоит вопрос и по отношению к молибдену гранитных месторождений. Жилы с крупными кристаллами молибденита и у Кандалакши, и по р. Пече, и в верховьях Туломы не дают нигде сколько-нибудь крупных скоплений молибдена, и до сих пор вопрос о возможности нахождения здесь молибденовых месторождений остается не решенным или скорее решенным в отрицательную сторону. Это, однако, вовсе не должно удерживать нас от дальнейших поисков, что, в частности, особенно относится к району рр. Ионы и Туломы, где в древних гранитах возможно нахождение интересных месторождений.

Необходима систематическая проверка на молибден содалитов и других минералов нефелиновой группы, особенно из Ловозерских тундр, так как известно повышенное содержание этого элемента в содалитовых решетках (молибдо-содалит).

Очень интересно, что молибденит отмечается на Кольском полуострове в очень различных генетических условиях:

1. В гранитах разных возрастов, особенно олигоклазовых, порфирировидных и щелочных гранитах (кварцевых жилах и богатых кварцем пегматитах).

2. В сплошных жильных выделениях пирротина в Волчьих тундрах.

3. В пирротинах кремнистых карельских пород внешнего кольца Хибин. Также во внутреннем пирротинном кольце.

4. В кварцевых жилах и контактах щелочных гранитов (восточная часть полуострова).

5. В альбитовых жилах нефелиновых сиенитов Хибинских тундр и изредка в Ловозерских, где он обычно связан с более поздними геофазами G—H.

Насколько широко рассеян молибден по всему стратиграфическому

¹ Требуется дальнейшей проверки находки молибденита в крупных кристаллах в кварцево-полевошпатовых жилах (с ильменитом и щелочным асфиболом) в щелочном граните тундры Гремяхи. Необходима проверка содержания молибдена в пирротинных рудах ст. Апатиты и в кварцевых жилах по новой Ионской ж. дороге.

разрезу кольских пород, видно из того, что в схематической таблице А. А. Полканова (1936 г.) значок «Mo» повторяется шесть раз, начиная с саамской эпохи диастрофизма и кончая палеозоем.

Это еще более подчеркивает сложность проблемы и поисков и прогнозов молибдена в условиях Кольского полуострова, хотя в соседней части Карелии молибден преимущественно связан с посткарельскими гранитами.

46. Палладий (Pd). Палладий является главным платиновым металлом сульфидных руд Мончи, идет симбатно с никелем; его количество вполне достаточно для промышленного использования, вместе с другими платиновыми рудами, причем в общем, несмотря на сильные колебания соотношений платины и палладия, содержание последнего элемента обычно в несколько раз превышает первый; по существу можно говорить о том, что руды Мончи содержат палладий как основной вид платиновых металлов. Встречаются ли при этом рутений и родий, остается до сих пор не изученным, но весьма вероятно, что наравне с палладием возможно будет играть роль родий (а не рутений). Равным образом, на ряду с платиной небольшую роль должен играть и иридий. Однако вопрос этот требует детальных аналитических исследований, которые проводятся на Кольской базе АН.

Иначе обстоит с платиновыми металлами хромитовых шпир, см. платина, стр. 131.

47. Серебро (Ag). Четыре источника серебра могут приниматься во внимание при анализе Кольских месторождений:

1. Содержание серебра в сульфидных рудах Монче-тундры, по существу ничтожное, не играющее никакой роли.

2. Древние фальбанды с золотом и медью — практическое значение сомнительное (содержание в чистом колчедане до 32 г на т).

3. Полиметаллические руды Кандалакшского фиорда, знаменитые своим самородным серебром.¹ Промышленное значение, при трудностях разработки и эксплуатации, не доказано. Необходимы, однако, дальнейшие исследования. По аналогии с Норвегией, надо ожидать повышенного содержания серебра в сфалеритах.

4. Наиболее интересным типом для серебряных руд должны были бы явиться апофизы комплекса Мончи, богатые кобальтом, серебром и, может быть, ураном. Они до сих пор не найдены. Некоторые намеки на них имеются в Волчьих тундрах. Поиски их, по аналогии с Канадой, должны быть поставлены с применением методов геофизики и, в частности, радиометрии. Надо ожидать, что этот тип руд будет связан с повышенной активностью.

48. Кадмий (Cd). Повышенное содержание кадмия (наравне с Ge и Ga) отмечается в сфалеритах жил Кандалакшского фиорда, а также 0.11% его установлено в темном сфалерите Тахтарвумчоррского месторождения молибденита. Надежд на возможность промышленных скоплений нет.

49. Индий (In). Индий до сих пор не отмечен на Кольском полуострове, и мы не видим особых оснований ожидать его в рудах отдельных комплексов,² за исключением цинковых обманок полиметаллических руд, где он отмечен спектроскопически в работах В. А. Токарева и С. А. Боровика.

¹ Аналогично знаменитому руднику Конгсберг в Норвегии, скопления серебра должны быть связаны с местами пересечения древних фальбанд более молодыми полиметаллическими жилами.

² Многочисленные специальные исследования на In С. А. Боровика в минералах Хибинских и Ловозерских тундр указали на ничтожное содержание индия.

50. Олово (Sn). Геохимия оловянного камня не указывает на безнадежность его поисков на Кольском полуострове, как это могло казаться на первое время.¹ Два района привлекают особое внимание в этом отношении. Первый, это — Ионские «контактные» месторождения с характером скарнов, в которых анализы уже установили присутствие цинка (см. стр. 58) и олова. По некоторой аналогии с рудами Питкаранты в Карело-Финской республике есть основания ожидать и здесь нахождения промышленных запасов этих элементов, при условии, что будут особо изучены скарново-сульфидные процессы, которые, по имеющимся пока данным, не имеют мощности, характерной для вышеуказанного карело-финского месторождения. Все же, в виду некоторой случайности проведенных здесь пока поисково-разведочных работ, вопрос не может быть решен достаточно определенно; однако достоверных количественных определений не имеется.

Вторым районом, перспективным на олово, являются щелочные граниты разных районов, но особенно — восточных молодых гранитовых плутонов. Указываемые здесь находки отдельных кристаллов касситерита в пегматитовых жилах заставляют с полным вниманием отнестись к изучению этих районов и к шлиховому опробованию элювия, аллювия и деллювия щелочных гранитов как большого северного плутона, так и массива реки Стрельны.

Одно время отмечалась необходимость поисков оловянных руд в связи с породами типа рапакиви на южном берегу Кольского полуострова. Однако геохимические предпосылки для этих поисков пока недостаточны, хотя в сфалеритах, связанных с этими гранитами, олово отмечается.

В основном поиски оловянных руд должны вестись систематически и планомерно, путем организации станнометрических съемок (шлиховых в первую очередь), по преимуществу в восточных частях Кольского полуострова и в районе, лежащем между Ионией и Кандалакшей.

Особый интерес, согласно обычным правилам Блонделя, при поисках олова связан с наиболее молодыми гранитами, т. е. с процессами «самообогащения» остаточных гранитных магм (см. стр. 169).²

51. Сурьма (Sb). Мы не имеем никаких, ни практических, ни теоретических данных, чтобы вести поиски на этот элемент. Имеются лишь непроверенные данные на содержание сурьмы в полиметаллических рудах Мурмана. Также имелись анализы апатитовой руды Хибин со следами сурьмы, однако точной проверки не было.³

52. Теллур (Te). До сих пор теллур не обнаружен в рудах Мончи, но, по аналогии с канадским месторождением Седбери, надо ожидать его в пирротиновом комплексе, причем количество его, если считаться с указанной аналогией, должно быть примерно в 50 раз меньше, чем содержание селена (ср. стр. 121). Такое количество не

¹ Не исключено несколько повышенное содержание олова в лопаритах и сопутствующих им минералах. Спектроскопически отмечено олово в шерловых турмалинах на р. Вороньей. Связь олова с ниобо-титанатами очень резко проявляется, например, на Ильменчорутиле Ильменских гор, где при хлорировании отделяется хлорид олова. Спектроскопически олово доказано в рамзаите, стенструпине, сфене и эвдиалите Ловозерских тундр.

² Остроумные выводы Блонделя полностью оправдались, например, на Украине, где найдены были россыпи касситерита как раз в связи с наиболее поздними гранитами типа рапакиви; ср. такое же положение и в Карело-Финской республике, где известные месторождения Питкаранты связаны с гранитами этого типа.

³ Так, анализы Горяого института (Ленинград) дали для молибденовых концентратов месторожд. Тахтарвуичорра содержание Sh 0.017—0.018%.

может быть обнаружено химическим путем в существующих рудах, но может быть доказано в шламах электролитических заводов, где можно ожидать встретить теллур вместе с селеном.

Однако даже если эти предположения полностью оправдаются, все же мы будем иметь весьма скромные запасы этого полезного ископаемого с возможной годовой добычей порядка только нескольких сотен кг металла.

53. Иод (J). Вопрос об иоде неоднократно ставился на очередь, но, к сожалению, хозяйственные организации избегали изучения иода на Кольском полуострове. Мы действительно имеем все основания не считать его сколько-нибудь реальным полезным ископаемым на Кольском полуострове. Но мы должны отнестись с надлежащей серьезностью к отдельным имеющимся определениям и общим положениям, которые подсказывают вероятность недостатка иода на территории горных районов полуострова. В связи с этим известную опасность для местного населения представляют заболевания щитовидной железы; эта опасность тем более возможна для горных районов Кольского полуострова, что аналогичные явления уже наблюдались в районах, бедных иодом, в Карелии и Западной Финляндии. Особенно остро этот вопрос встает по отношению к более высокогорным территориям, например, Хибин и Ловозерских тундр,¹ где недостаток этого элемента может сказаться на молодом поколении, из года в год обуславливая недостаток питания щитовидной железы, что столь характерно, например, для некоторых горных местностей Кавказа или Альп. Своевременная борьба с недостатком иода (если действительно будет доказан дефицит его содержания в воздухе, в воде и почвенном покрове) должна быть поставлена на очередь, как важнейшая задача, тем более, что она не представляет особых трудностей; обычно в Канаде и Северной Америке в районы, угрожающие заболеваниями зоба и кретинизмом, завозится соль из таких морских бассейнов, которые содержат повышенное количество иода (например, у нас — черноморская осадочная соль, в противоположность каменной соли Бахмута или Илецкой защиты). Борьба с недостатком иода тем более необходима, что мы имеем (особенно в Хибинах) другие трудности в области питания — избыток фтора и недостаток кальция, что, вместе взятое, несомненно, грозит рядом осложнений в физиологическом питании.

55. Цезий (Cs). Вопрос о цезии обстоит так же, как и о рубидии (см. стр. 122). Мы можем ожидать встретить цезий только в связи с рубидием в зеленых амзонитах щелочных гранитов. Скопления этого элемента возможны лишь в более холодных пегматитовых геофазах, которые до сих пор на Кольском полуострове не обнаружены, хотя возможность их открытия (по аналогии с недавно открытым месторождением в Швеции — Варутреск) отрицать нельзя. В амзонитах восточных щелочных массивов Ю. М. Толмачевым и А. Н. Филипповым отмечается повышенное содержание цезия (г. Иньпор и Кедикуайв).

56. Барий (Ba). Барий принадлежит к относительно редким элементам Кольского полуострова.² По имеющимся данным, нет больших перспектив для промышленных его месторождений, за исключением кальцито-баритовых жил, которые связаны с более молодыми красными иотгыйскими песчаниками прибрежных частей на юге. По всей вероятности, главное количество бария связано с более поздними пост-

¹ Имеются лишь определения весьма заниженного содержания иода в апатите.

² Отмечается в ряде минералов Хибинских и Ловозерских тундр (лампрофиллит до 2%); в породах Хибин обычно содержание BaO от 0.10 до 0.26%, что почти целиком должно быть отнесено к полевым шпатам.

карельскими калиевыми гранитами, разрушение которых могло привести к образованию тех песчаников и аркозов, из которых сложены иотнийские или девонские (?) осадки Кольского фиорда.¹ Несомненный интерес представляет открытие чисто баритовых жил по р. Кице в архейских гнейсах, образующих целое поле, заслуживающее более детальной разведки. Генетически не ясно. Также требует выяснения местоорождение баритовых жилок на южном берегу Кутовой губы.

57. Редкие земли (TR). Редкие земли принадлежат к самым интересным элементам Кольского полуострова. Нет никакого сомнения в том, что не только в Союзе, но может быть и во всем мире мы не имеем столь крупных скоплений этих элементов, как в щелочных массивах Кольского полуострова.² Основные черты этих элементов: преобладание лантана, церия, неодимия и празеодимия, т. е. наиболее щелочных членов этой группы, при значительно меньшем содержании более тяжелых и наиболее кислых членов редких земель (среди которых особенно важными были бы поиски европия и туллия). К сожалению, до сих пор мы не имеем ясной картины распределения отдельных редких элементов в составе не только главного источника их — апатита, но и в других редкоземельных минералах.³ Ведь достаточно упомянуть о том, что редкие земли входят в состав апатита в количестве от 1 до 4%.

Такое содержание редких земель открывает грандиозные возможности их использования даже в том случае, если технологи будут извлекать попутно в ходе процесса не свыше четверти всего теоретического содержания, но и при этих условиях мы можем считать, что имеем дело с мировым источником редких земель, на которые и должно быть обращено особое внимание.⁴

Крупнейшим источником являются и скопления лопарита, в котором содержится до 34% окислов этих элементов, что при годовой добыче тысячи тонн лопарита (примерно 70 т ниобия) дает возможность эффективно и дешево получать в качестве приложения до 300 т редких земель, полностью обеспечивающих ряд отраслей нашей про-

¹ Проблема бария особенно интересна для Тимана, где мы имеем огромные скопления кварцевых конгломератов с баритовым цементом. Весьма вероятна связь с среднедевонскими диабазами.

² В одном апатито-нефелиновом поясе окислов редких земель содержится около 8 миллионов тонн! Интересно и весьма повышенное содержание TR в почвах Хибин, И. Старынкевич (1940).

³ Рентгеноскопическое исследование дает для лопарита такой состав редких земель:

Ce_2O_3	La_2O_3	Nd_2O_3	Pr_2O_3	Sm_2O_3	Y_2O_3
% ₁₆	10	5.5	3.0	0.1	0.5

Аналитические данные химиков дают иные цифры; иные соотношения приводит и лаборатория ЦНИГРИ (1935):

Ce_2O_3	La_2O_3	Nd_2O_3	Pr_2O_3
26	12	13	1.5

Отмечается также более низкое содержание самария. Интересно отметить, что спектроскопические определения Ломоносовского института АН (1936) заметили некоторое различие в составе редких земель разных минералов: так, в ловчоррите относительно больше европия, чем в апатите. Особенно разительно различие между составом редких земель в Хибинских минералах и минералах гранитных пегматитов Северной Карелии, где преобладают иттрий и иттербий. Определение большого содержания иттрия в апатите Хибин, сделанное в Одесской лаборатории, требует проверки (Е. Бурксер. Тр. VI Менделеевского съезда).

⁴ Однако не следует забывать, что, согласно опытам акад. Д. Н. Прянишникова, содержание редких земель в фосфатных удобрениях оказывает положительное стимулирующее влияние на растения.

9. Полезн. ископаемые Кольск. п-ова

мышленности. По сравнению с этими двумя источниками отходит на второй план ловчорритовое месторождение, которое дает в среднем бедные руды, с содержанием всего лишь 0.7—0.8% редких земель и потому не обеспечивает нормальный путь развития промышленности, тем более, что метод обогащения был весьма мало удачным и сложным, а технологический процесс не позволял эффективно и технологически дешево извлекать редкие земли из этого минерала.¹ Поэтому правильная организация промышленности редких земель, с использованием для этой цели запасов самого апатита и разведочные работы на саамит (с содержанием редких земель до 4%) — такова неотложная задача, которую необходимо разрешить для того, чтобы в ближайшее время наладить эту важнейшую отрасль промышленности и обеспечить разные отрасли оборонной, стекольной, электропромышленности и металлургию достаточным количеством редких земель.² Однако наравне с этой важнейшей задачей, стоящей на очереди перед промышленностью многих наркоматов, необходимо разработать методы разделения редких земель на отдельные составные части и получение чистых редких земель, особенно тех групп, которые приобрели в последние годы особое применение в тонкой радиопромышленности и атомной физике: европия, туллия и эрбия.

С редкими землями в Хибинах тесно связана судьба тория, содержание которого практически не превышает 1%, кроме очень редкого стенструпина (10% ThO₂).

Наконец, мы не можем не обратить внимание на то, что наравне с огромным суммарным распространением редких земель в щелочных массивах в редчайшем эриките Ловозерских тундр содержится до 56% суммы их окислов, а в лопарите сумма Th₂O₃ достигает 34%.³

72. Гафний (Hf). Этот элемент является нормальным спутником циркония. Однако его содержание, по имеющимся данным, в эвдиалитах невысоко и не доходит до тех цифр и процентов, которые необходимы для промышленного извлечения этого элемента (не превышает 0.1—0.4%). Поэтому вряд ли представляется возможным получение гафния из циркония щелочных массивов, но стоит неотложная задача поисков чисто цирконовых минералов в щелочных гранитах, где, по Г. Гевеши, содержание гафния должно быть повышенным и может достигать нескольких процентов (см. цирконий стр. 123).

73. Тантал (Ta) (см. ниобий стр. 124). Как мы видели выше, тантал играет весьма подчиненную роль по сравнению с ниобием; в лопарите (и в других ниобовых минералах Хибинских тундр) обычное отношение Ta:Nb = 1:13. Извлечение его из ниобовых соединений воз-

¹ Содержание в чистом минерале до 18% окислов церия, лантана и иттрия.

² При организации очень крупной ниобовой промышленности количество получаемых попутно редких земель может достигнуть не только сотен, но и тысяч тонн в год. Для таких количеств промышленное использование не подготовлено, и надо поставить во всей широте исследовательскую работу по расширению применения редких земель в самых разнообразных отраслях промышленности. Это тем более необходимо, что нет никакого сомнения в том, что значительное количество редких земель будет давать и разложение новыми методами апатита (в частности, саамита).

³ Приводим содержание Th₂O₃ в минералах Хибинских и Ловозерских тундр (в %) без тория: эрицит — 56.0, стенструпин — 25.1, эвдиалит-эвоцит — 1.7—2.2, лопарит — 33—34.5, ринколит — 17.9, апатит — в средн. 1.0—(0.7), вудьярит — 14—30.9, ловчоррит — 16.0, саамит — до 4.1, циркон — 0.5. С геохимической точки зрения нельзя не отметить установленное П. Н. Чирвинским повышенное содержание ортита (богатого церием) в древних архейских гнейсах района Нивы, а также в нескольких точках полосы между ст. Апатиты и Зашекс. Крупные кристаллы ортита найдены в секущих микроклиновых пегматитах около сел. Кандалакша (М. С. Шевченко и И. Н. Ногтев).

можно лишь при нахождении особых методов разделения этих двух минералов, над чем работает Институт неорг. химии Академии Наук и ВИМС. Пока нет оснований ожидать других соотношений между ниобием и танталом в минералах щелочных массивов, так как в последних в общем красной линией проходит относительное преобладание элементов более высоких рядов периодической системы Менделеева: например, стронций преобладает над барием, ниобий над танталом, молибден над вольфрамом, никель над палладием, палладий над платиной, сера над селеном, селен над теллуром и т. д. и т. п.

Однако, если мы перейдем к щелочным гранитам массивов восточной части Кольского полуострова, то мы можем здесь ожидать иных соотношений; здесь уже был найден колумбит, в котором обычные отношения ниобия и тантала, надо думать, должны изменяться в пользу тантала (по сравнению с лопаритом). Находки колумбита в районе верховий Стрельны подтверждают эту мысль, а анализ аналогичных минералов юго-западной Финляндии показывает, что в условиях глубинных месторождений древних щитов мы можем ожидать нахождения не только богатых танталом колумбитов, но даже и так называемых танталитов, в которых тантал преобладает над ниобием; именно такие поиски и должны быть проведены в районе древних гранитов Кольского полуострова, и есть все основания ожидать, что они смогут привести к благоприятным результатам; однако промышленных скопления этих минералов можно ожидать лишь в случае нахождения обогащенных россыпей.

74. Вольфрам (W). Месторождения вольфрама на Кольском полуострове весьма интересны; до сих пор имеются неясные и не проверенные указания¹ на нахождение вольфрама в пирротинах молибденового месторождения южного отрога Кукисвумчорра, а также весьма вероятно некоторое содержание вольфрама в лопарите. Однако вряд ли можно говорить о находке какого-либо серьезного месторождения этого элемента в связи с щелочными магмами. Зато представляет несомненный интерес нахождение вольфрамитов в пегматитовых и контактных зонах восточных гранитов Кольского полуострова, причем необходимо обратить самое серьезное внимание на пегматиты гранитов верховий р. Стрельны, а также на контактные зоны северной полосы у оз. Сейявр. Необходима постановка шлиховых работ в этих районах.

75. Рений (Re). Вопрос распространения рения в щелочных массивах заслуживает внимания, однако, вопреки первоначальному ожиданиям, содержание рения в молибденитах Тахтарвумчоррского месторождения не обнаружено при спектроскопическом обследовании. Необходимо проверить содержание рения в титановых минералах и, в частности, в перовскитах и титаномагнетитах. Интерес представляет проверка на рений молибденитов Волчьих тундр и всего пирротинового комплекса Мончи. Пока не имеется каких-либо конкретных указаний на возможность нахождения здесь промышленных запасов этого элемента.

78. Платина (Pt) (см. стр. 41). Небольшое содержание платины не позволяет говорить об ее значительных запасах в мончетундровском комплексе, при неясности закономерностей распределения. Однако необходимо поставить поиски платиновых металлов в ряде районов ультраосновных маг, в особенности в тех из них, которые связаны с сульфидами и хромитами. В первую очередь речь может идти о массивах Хабозера и Подас-тундры. Отмечается платина и в пирротинах

¹ Отмечен лишь металлографически.

около ст. Апатиты. Необходимы шлиховые работы, особенно в последнем районе, где находка скоплений хромита повышает вероятность нахождения платины.

79. Золото (Au) (см. стр. 39).¹ Необходимо детальное изучение золота в разных типах пирротинов и выяснение несогласий между анализами советских ученых и Финляндии по отношению к содержанию золота в пирротинах типа Мончи. О шлиховых работах см. стр. 28. Необходимы поиски кварцево-халькопиритовых жил с золотом (типа оз. Энаре и Надвоиц).² Во всяком случае, необходимо выяснить, с каким типом гранитов связано более повышенное золото. Эта задача может быть решена только детальным геохимическим обследованием гранитов. При этом, по аналогии с другими районами докембрийских щитов, преимущественную роль в концентрации золота играют протерозойские (а не архейские) граниты. Хотя эта аналогия не может являться решающей, но все же она указывает, что в серии гранитных выделений идет постепенное накопление в наиболее молодых выделениях более подвижных элементов, к которым относятся и золото и олово.

Необходима постановка геофизических исследований и поисков более богатых фальбанд в районе Кандалакшского залива: в них отмечается до 8 г золота на тонну колчедана (мыс Педунов).³

80. Ртуть (Hg). Никаких данных о нахождении ртути не имеется, и ожидать ее скоплений нельзя.

81. Таллий (Tl). Ожидать серьезных месторождений руд этого элемента не приходится. Наиболее телемагматические дериваты Мончевского комплекса могут представлять некоторый интерес для поисков таллия. Геохимически таллий отмечается в астрофиллите Хибин (до 0.001%) — по новым данным Ф. Абрамова.

82. Свинец (Pb). Вопрос о запасах свинца в полиметаллических рудах см. стр. 195. Нахождение больших скоплений свинца мало вероятно. Геохимически очень интересен свинец в щелочных плутонах, где он или образует галенит или входит в состав сфалерита (свыше 1%).⁴

83. Висмут (Bi). Данных о нахождении не имеется. Если будут открыты телемагматические жилы типа Мончи с повышенным содержанием кобальта и серебра, то в них необходимо искать и висмут. По аналогии с некоторыми месторождениями Северной Швеции, необходимы поиски висмутовых руд. Отмечался аналитически в следах в апатито-нефелиновой руде.

90. Торий (Th). Вопрос концентрации тория представляет значительный интерес. Однако в общем до сих пор не имеется сколько-нибудь обнадеживающих результатов, и надежд на нахождение таких

¹ Необходимо внести полную ясность в нашумевшее одно время открытие богатого золота в сфеновых концентратах. Точные анализы установили содержание золота в чисто геохимических процентах, т. е. практически привели к цифрам очень низкого порядка, отвечающего содержанию золота во всех кварцевых жилах. Несмотря на такие результаты анализов, вопрос о дальнейшем изучении накопления более подвижных и более летучих химических элементов в кровле апатитовых месторождений не может и не должен быть снят с очереди.

² В 1934 г. установлено россыпное золото в левых притоках р. Ноты.

³ В литературе золото отмечается:

1) в пиритах Мотовского залива (Мурман) (пирито-баритовой жилы),
2) в пирротинах пирротиновой жилы Хибин (Рисчорр) следы (?),
3) в цинковой обманке полиметаллических жил окр. Умбы — ничтожное количество.

Старые промывки песков велись по летописным данным по рр. Коле и Поноу.

⁴ Заслуживает в этом направлении особого обследования свинцовая долина Ку-кисвумчорра, где галенит в крупных скоплениях встречен в апатито-сфено-арфведсо-нитовой россыпи.

минералов, как монацит, пока не имеется. Что же касается до щелочных нефелино-сиенитовых комплексов, то здесь содержание тория по отношению к редким землям, к сожалению, очень незначительно, не превышает одного процента (за исключением очень редкого стенструпина 10.23% ThO_2) и, в лучшем случае, доходит до нескольких десятых процента (в лопарите — $0.7-0.8\%$), не давая надежд на нахождение промышленных запасов чисто ториевых минералов. Тем не менее, нельзя отрицать, что, в противоположность урану, накопление тория несомненно частично связано со щелочными массивами, и потому детальное исследование редкоземельных минералов на торий и постановка углубленной радиологической съемки на радиоторий имеют все основания. Надо при этом отметить, что такая съемка имеет большое значение для поисков не столько самого тория, сколько редких земель, как это показали геофизические работы при поисках ловчорритовых жил на плато Юкспора.

Среднее содержание тория в породах Кольского полуострова, и в частности Хибин, невысоко и лишь в типичных тингуаитах достигает $30-80 \cdot 10^{-4}\%$.

Геохимически очень интересно отметить, что ThO_2 при разложении сложных соединений в общем накапливается; так, например, в продуктах изменения ловчоррита, получившего наименование вудъяврита, его содержание достигает весьма заметных величин.

92. Уран (U) см. стр. 97. Ожидать скоплений урана в плутонах щелочных пород не приходится.¹ Представляет некоторый интерес уран, содержащий минерал в контактных зонах щелочных гранитов восточной части полуострова. Что касается полиметаллических жил с ураном и серебром, то см. стр. 150.

Урановая смолка с красными и желтыми ореолами вторичных образований в древних пегматитах известна в Бабинской Имандре, среди амазонитов контактных пегматитов Кейв, где она совершенно аналогична ураниниту карельских пегматитовых жил.

По опыту работ в Сев. Карелии вряд ли можно ожидать промышленных запасов уранинита этого пегматитового типа.²

¹ Общее содержание урана в породах Хибинских тундр не высоко и повышается лишь в тингуаитах ($9-27 \cdot 10^{-4}$). Наиболее повышенное содержание урана дается для ловчоррита (0.23% U_3O_8).

² О возможном повышенном содержании урана и тория в гиперборейских свитах Кльдьина и полуострова Рыбачьего см. стр. 199.

Глава пятая

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОЛЬСКИХ КОМПЛЕКСОВ¹

«Та страна, которая превысит другие страны в знании химии, завоюет в будущем первое место и по богатству и по общему народному благосостоянию».

Уильям Рамсей
(английский химик)

I

На основании приведенного детального анализа отдельных химических элементов и их поведения на территории Кольского полуострова мы можем сейчас подойти к некоторым выводам общего значения и использовать современные методы геохимии для того, чтобы не только осветить своеобразные комплексы химических элементов и их миграцию на Кольском полуострове, но и наметить новые пути в поисках еще не открытых богатств. Современная геохимия в этом отношении выработала целый ряд методических подходов как в полевой работе, так и при теоретическом анализе накопленных материалов. Она указывает, что сочетания химических элементов в земной коре весьма закономерны, что столь же закономерны законы перемещения этих элементов и что вопросы концентрации и рассеяния атомов, определяющие собою образование промышленных месторождений, вытекают из характера поведения каждого элемента в отдельности.²

Вместе с тем особое значение в геохимии представляет группировка химических элементов в определенные так называемые геохимические комплексы, причем изучение этих комплексов подсказывает и вопросы концентрации и рассеяния, парагенезиса и последовательности выпадения, характерного поведения при обогащении и т. д.³

В настоящее время геохимики пользуются чаще всего развернутой формой менделеевской таблицы, которая дана на фиг. 13—14 для двух более хорошо изученных Кольских комплексов: с одной стороны, щелочных плутонов типа Хибинских и Ловозерских тундр; с другой — так называемого «цветного пояса» или комплекса Мончи.

На этих развернутых таблицах менделеевской системы определенными значками указаны, во-первых, наиболее важные и ведущие химические элементы, во-вторых, элементы имеющие обычное (среднее) значение, в-третьих, элементы, присутствующие в количествах ниже

¹ В основу положен доклад акад. А. Е. Ферсмана на юбилейной сессии Ученого Совета Кольской базы в г. Кировске 2 января 1940 г.

² А. Е. Ферсман, Геохимия, IV, 1939 г., а также А. Е. Ферсман, Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых, изд. АН, 1939.

³ А. Е. Ферсман, К характеристике геохимических комплексов, ДАН, 1940.

средних кларков, и, наконец, отмечены и те элементы, которые пока известны только в следах или определении которых находится под вопросом.

Изучение таких геохимических диаграмм позволяет не только сделать ряд выводов о соотношении и связи отдельных элементов между собою, но и предсказать наиболее вероятные находки и тех элементов, для которых клетки в означенных диаграммах оказываются свободными. В дальнейшем мы подвергнем анализу прежде всего наиболее хорошо изученные комплексы Кольского полуострова, определяющие собой его главное практическое значение, а именно: комплекс Хибинский, обнимающий элементы, связанные в своей истории с щелочными нефелиновыми массивами, и Мончекомплекс, связанный с выделением металлов из ультраосновных пород.

Продолжая сравнения этих комплексов между собою, мы перейдем к дальнейшим выводам о природе других геохимических комплексов, известных на территории Кольского полуострова, а именно — комплексов щелочных и щелочноземельных гранитов, с характерным для них так называемым плумазитовым соотношением элементов, и к элементам рудных гидротермальных полиметаллических жил.

II. КОМПЛЕКС ХИБИНСКИХ И ЛОВОЗЕРСКИХ ТУНДР

Этот комплекс хорошо изучен с точки зрения распространения отдельных химических элементов, и благодаря многочисленным точным химическим анализам необычайно сложных минеральных тел, открытых в Хибинских и, особенно, в Ловозерских тундрах, мы имеем возможность сейчас сделать весьма детальный обзор геохимии этих плутонов, вероятно, с такой детальностью, какая не возможна ни для одного месторождения щелочных пород на земле.

Приведем сначала основные характерные черты их геохимии:

1. Наиболее характерной для геохимии Хибинского комплекса является возможность разделения его элементов на следующие пять групп:

а) наиболее типичные и ведущие элементы — фосфор, ниобий, титан, стронций, цирконий и редкие земли (преимущественно из цер-лантановой группы);

б) главные элементы — натрий, алюминий, кремний, калий, кальций, сюда же нужно отнести фтор и, может быть, хлор;

в) элементы среднего значения — водород, углерод, кислород, сера, железо, марганец, тантал и торий (в этой же группе приходится выделить, несомненно, повышенный кларк¹ железа, марганца и серы, а также определенный избыток кислорода);

г) элементы аксессуарные — бор, магний, ванадий, молибден, медь, цинк, галлий, иттрий, барий, гафний, свинец, уран и радий;

д) элементы в следах — литий, бериллий, мышьяк, бром, иод, золото (сюда же относятся малодостоверные элементы — висмут и вольфрам).

В этом анализе характерно некоторое преобладание титана над цирконием; из редких земель наблюдается преобладание церовой группы над итровой. Характерно также превышение натрия над калием, недостаток кремния, в общем — повышенное содержание кислорода и своеобразное соотношение щелочей и алюминия. Отношение суммы щелочей к алюминию мы называем коэффициентом агпаитности; для нашего

¹ В монографии «Хибины, их прошлое, настоящее и будущее» я пытаюсь определить количественно кларки концентрации элементов Хибин.

18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	H																H	He
He	Li	Be	B	C	N	O											F	Ne
Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S										(S)	Cl	Ar
Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ma	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	X
X	Cs	Ba	TR	Hf	Ta	W	Ra	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	nB5	Rd
Rd	nB7	Ra	Ac	Th	Pa	U												

● Ведущие и главные. ○ Средние. ○ Аксессуары. ○ В следах и под вопросом.

Na Элементы практического значения.

Hf Элементы возможного практического значения.

Фиг. 13. Менделеевская таблица в развернутом виде с нанесенными на нее химическими элементами Хибинских и Ловозерских тундр.

комплекса он в общем колеблется между 1.0 и 1.5, что говорит о значительном преобладании щелочей над алюминием.

Как мы знаем, противоположными свойствами характеризуется выделенный В. М. Гольдшмидтом плумазитовый комплекс, в котором наблюдается значительное превышение алюминия над щелочами и щелочными землями. Об этом речь будет ниже (при характеристике комплекса Кейв).

2. По отношению к менделеевской таблице мы наблюдаем очень интересное явление. Элементы Хибинского комплекса связаны с левой частью развернутой таблицы, причем ведущие элементы занимают совершенно определенное и довольно замкнутое поле — блок в левой и частично средней части этой таблицы. Этот блок определяется, прежде всего, элементами — алюминий, кремний, кальций, титан, стронций, цирконий, редкие земли и ниобий. Из вертикальных групп менделеевской таблицы наиболее представлены 1-я, 3-я, 4-я, 5-я при отсутствии резко выраженного, но все же заметного преобладания нечетных элементов.

Но особенно характерно для Хибинского комплекса преобладание более высоких степеней окисления, что, очевидно, связано с избытком кислорода. Таковы соединения железа в виде полуторной окиси, церия — частью в виде 4-валентного иона и марганца — 3- и 4-валентного.

Из этого же вытекает, что в противоположность обычным горным породам в геохимии щелочных плутонов преобладают вообще элементы и окислы наиболее высоких валентностей, что особенно характерно для валентности 3 (алюминий, иттрий, частично редкие земли, бор, ванадий, марганец, железо) и валентности 4 (углерод, кремний, титан, цирконий, редкие земли, — среди них особенно церий, — гафний, торий, молибден, марганец и уран).

Наконец, — и это замечательно интересно, особенно для Ловозерских тундр, — огромная роль элементов с валентностью 5 (фосфор, тантал; нужно ожидать и повышенного состояния протокатиния).

3. С геохимической точки зрения интересен характер ионов, образующих кристаллическую решетку минералов; анионы простые с валентностью 1 — хлор и фтор, с валентностью 2 — кислород и сера.

Для катионов мы наблюдаем валентность 1—2—натрий, калий, кальций и стронций; валентность 3 — алюминий, иттрий, железо, редкие земли и ванадий.

Мы имеем основание считать, что 3-валентные катионы по большей части (неполно) превращены в комплексные анионы, что относится и к катионам с валентностью 4—5.

Это явление имеет огромное значение в геохимии плутонов, так как в результате превращения (благодаря щелочности расплавов) многовалентных катионов в низковалентные комплексные отрицательные ионы мы наблюдаем ряд свойств этой системы, которые мы называем агпайтовыми (см. ниже п. 5), а в условиях кислых эманаций, богатых фтором, наблюдаем разрушение этих комплексов вновь с образованием свободных окислов или простых солей, как то: анатаза, циркона, кварца, гематита или ильменита; должны также ожидать и бадделейта (двуокиси циркония).

4. С точки зрения геоэнергетической и генетической самый список элементов и их количественное распространение является совершенно исключительным и указывает на характерные черты этих массивов.

Прежде всего очень характерным является то обстоятельство, что большинство указанных элементов щелочных плутонов образует ионы шарового (сферического) типа. При этом в большинстве случаев размеры этих ионов по величине их радиусов весьма велики. Это приводит к особым ионным соединениям, кристаллизация которых приурочена (благодаря особенно малым размерам комплексных ионов) к более низким температурам. Отсутствие характерных катионов с диполями и с сильной активной или пассивной поляризацией ведет в данном случае к отсутствию обычных рудных процессов и почти не дает характерных атомных металлических решеток. Отсюда вытекают и своеобразные общие энергетические показатели химических элементов, в общем низкие энергии решеток (U) и низкие эки (ЕК) и взки (ВЕК), благодаря чему сами минералы, образующиеся путем сочетания этих ионов, обладают строго определенными физическими и минералогическими свойствами.

Так, благодаря указанным, в общем низким, энергетическим показателям мы наблюдаем преобладание минералов относительно малой твердости (например, эвдиалита по сравнению с цирконом, нефелина — с полевым шпатом, бериллиевых силикатов — с твердыми алюминатами и т. д.). Преобладают и минералы довольно высокой растворимости, что характерно, например, для циркония, образующего минерал эвдиалит, само название которого заимствовано от греческих слов «хорошо растворяющийся».

Наконец, благодаря отсутствию характерных поляризационных систем (с сильными диполями), мы не имеем или почти не имеем здесь минералов с металлическим блеском и с темной черной окраской, за исключением лишь своеобразных бурых, буро-красных и желтоватых тонов, характерных для некоторых железных, ниобовых и циркониевых соединений, где мы преимущественно подозреваем одновременное присутствие ионов разной валентности.¹

Очень интересно сравнить с точки зрения агпайтности наиболее ведущие минералы в гранитных и щелочных магмах. В первых преобладает твердый кварц, во вторых — относительно более мягкий нефелин. В первых — ксенотим, во вторых — апатит; в первых — циркон,

¹ Таковы черные тона эгиринов 1-й генерации ($Fe^{+3} + Fe^{+2}$), титаномагнетита (по той же причине) и т. д.

во вторых — эвдиалит. В общем эта же причина приводит к светлым тонам — зеленовато-серым в нефелиновых сиенитах, что вытекает из характерных черт самих сложных решеток вязей.

Вместе с тем указанные геохимические черты ионов и их решеток вызывают ряд важных технологических свойств, которые и используются промышленностью. Таковы легкая растворимость ряда силикатов и титано-силикатов, цирконо-силикатов и фосфатов (например, апатита, саамита, нефелина и даже лопарита). Отсюда намечается огромная роль гидрометаллургических процессов для извлечения наиболее ценных и редких составных частей этих минералов — титана, церия, редких земель, фосфора, частично ниобия, и применимость методов хлорирования, действующего очень успешно по отношению к этим образованиям.

5. Как уже сказано, общая характеристика щелочных плутонов связана с преобладанием сильно щелочных растворов (расплавов, флюидов), благодаря чему господствует агпаитовый характер образований, преобладание суммы калия и натрия над алюминием, образование сложных комплексных минералов, фиксация последними щелочей и кальция и, наконец, вместо нормальных роговых обманок и авгитов, образование эгирина, богатого натрием и окисью железа. Отсюда и так называемая агпаитовая — обратная последовательность кристаллизации, ибо цветные компоненты в значительной части выпадают после бесцветных, — после нефелина и полевых шпатов, благодаря чему конечные стадии процессов оказываются обогащенными титаном, цирконием и железом, и — в противоположность образованиям плумазитовых магм и гранитных пегматитов — остаточные расплавы дают начало в наиболее типичных случаях темным комплексам из эгирина, энигматита, ильменита, лампрофиллита и эвдиалита.¹

6. Своеобразие геохимии Хибинского комплекса ведет к накоплению ряда мало обычных минералов в ходе процессов и создает (именно в результате агпаитовой кристаллизации) месторождения совершенно новых неизвестных в промышленности полезных ископаемых. Таковы: апатит, саамит, нефелин, лопарит, ловчоррит, сфен, knobит (перовскит), эвдиалит, эгирин и др.

7. Это своеобразие новых видов минерального сырья выдвигает необходимость проработки и новых методов технологии, благодаря которым намечаются новые технические возможности, в частности — в использовании титана, редких земель, ниобия, фосфора и алюминия.

8. Таким образом, с геохимической точки зрения мы можем охарактеризовать Хибинский комплекс как ассоциацию минералов весьма сложного состава со сложными кристаллическими решетками типа вязей и пластин с большим преобладанием в качестве катионов натрия и кальция и, особенно, стронция, с возникновением сложных отрицательных ионов алюмо-ферри-церро-титано-цирконо-ниобо-кремневых кислот.

Характерно для всего комплекса повторяющееся во всех месторождениях обилие стронция и титана с особым преобладанием последнего над цирконием, резко заметным преобладанием ниобия над танталом и широким распространением фосфора.

Таковы замечательные геохимические черты этих единственных в мире по своим минеральным богатствам агпаитовых щелочных массивов.

¹ Это лишь частично относится к лопариту и рамзаиту.

К этому надо прибавить слабое развитие гидротермальных процессов и почти полное отсутствие поверхностного изменения минералов в условиях полярного климата.

На основании сказанного внимательное рассмотрение менделеевской таблицы с нанесенным на ней комплексом щелочных плутонов дает возможность предсказать некоторые характерные черты поисков новых веществ в Хибинских и Ловозерских тундрах.

Прежде всего посредине всего блока бросается в глаза свободная клетка скандия. Отсутствие скандиевых минералов является совершенно понятным, так как скандий в своей геохимии следует за магнием или за иттрием, т. е. за двумя элементами, которые в нашей менделеевской таблице щелочных плутонов занимают, как видно, место акцессорных. Поэтому трудно думать, что мы найдем в Хибинах или Луявгурте какие-либо крупные скопления и специальные минералы скандия. Но, исходя из направления левой диагонали менделеевской таблицы, мы должны ожидать вхождения скандия в соединения циркония, так как мы знаем, — согласно полярному изоморфизму, — что цирконий охотнее входит в решетки скандия, чем скандий — в решетки циркония. Возможны поиски скандия и по горизонтальным линиям менделеевской таблицы — в минералах титана, и по вертикали — в соединениях редких земель. Но и здесь энергетически его вхождение будет мало вероятным.

Необходимо, далее, подвергнуть анализу серьезный вопрос о вольфраме. Положение вольфрама в менделеевской таблице, как видно, таково, что его нужно ожидать, прежде всего, в ниобиевых и частично — в ниобо-титановых минералах. Некоторые спектроскопические данные подтверждают эти наблюдения, но пока все же мы не должны забывать, что комплексы вольфрамово-кремневых кислот щелочных расплавов обладают особенно большой подвижностью и не могут фиксироваться как раз на этой стадии дифференциации магмы. Все же проверка ниобиевых минералов на вольфрам необходима.

Далее очень серьезным является вопрос об олове. В небольших количествах оно неизбежно присутствует во всех ниобиевых минералах. Это подтверждают анализы кюпитов других месторождений (например, Канады). Ничтожные следы олова найдены и в допаритах и в других минералах. Однако ожидать в этом парагенезисе промышленных скоплений олова нет никаких оснований.

Очень интересна проблема элементов, занимающих более высокое место в щелочном блоке. Так, любопытно положение бериллия, который в Ловозерских тундрах в последнее время найден в виде очень хорошо индивидуализированных минералов. Ждать нахождения литиевых соединений, — в особенности скоплений рубидия и цезия, — на основании данной таблицы не приходится.

Сравнение Хибинского комплекса с другим см. ниже (на стр. 143).

III. КОМПЛЕКС МОНЧЕ-ТУНДРЫ

Под именем комплекса «Монче», мы еще в 1931 г. выделили группу пород, минералов и связанных с ними рудных месторождений, объединенных определенным типом химических элементов. Речь идет о выделениях ультраосновных пород, богатых магнием и железом, с теми скоплениями сульфидов, которые определяют богатство медно-никелевых месторождений «цветного пояса».

Подобно Хибинскому комплексу, этот комплекс не ограничивается

только Монче-тундрой, а охватывает целый ряд отдельных ультраосновных плутонов, о которых подробнее будет изложено в главе VI.¹

Как видно из прилагаемой таблицы (фиг. 14), комплекс Монче значительно проще, чем своеобразный и сложный комплекс Хибинских тундр.

Мы видим на диаграмме, что химические элементы занимают главным образом верхние ряды таблицы и ее середину. Весь низ, и слева и справа, почти совершенно свободен. Этим определяется и ряд типичных черт тех химических элементов, которые характеризуют собой минерализацию этого комплекса.

Мы видим, прежде всего, огромное преобладание четных элементов, что вообще отвечает значению четного числа в ультраосновных магмах.

Действительно, все четные вертикальные группы: 2-я, 4-я, 6-я и, особенно, 8-я, заняты большим количеством значков, чем нечетные, расположенные между ними.

Характерно, что поле Монче-комплекса занимает, главным образом, центр таблицы и ее неон-аргоновые ряды; поле вытянуто от середины к левому верхнему углу менделеевской таблицы.

18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	H																	He
He	Li	Be	B	C	N	O											F	Ne
Ne	Na	Mg	Al	Si	P										S	Cl	Ar	
Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ma	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	X
X	Cs	Ba	Tl	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rd
Rd	nB7	Ra	Ac	Th	Pa	U												

Фиг. 14. Химические элементы «цветного пояса» и связанных с ним основных интрузий (комплекс Мончи).

Если исключить 3 черных точки в левой части, принадлежащие типичным шаровым ионам, а также оставить без внимания ионы 4-й группы, которые образуют сложные отрицательные комплексы, то мы видим, что, в сущности, все химические элементы группируются в определенном треугольнике и что все они принадлежат к семейству железа или платины.

Характерные черты этих атомов — асимметрия внешнего электронного строения, наличие незаполненных орбит, образование в решетках характерных диполей; отсюда сильные поляризационные свойства соединений и образование атомных металлических решеток.

Трудно представить себе более резкое различие, чем мы устанавливаем между ранее описанным Хибинским комплексом и комплексом Монче.

Из указанных выше свойств вытекает, как мы уже сказали, и ха-

¹ Не следует забывать, что протяжение этого пояса свыше 400 км (с перерывами).

рактически минеральных тел: это без исключения — металлические, черные или темнозеленые соединения. Самые комплексы представляют собой темные, почти черные горные породы или сплошные сверкающие металлические жилы.

Прогноз по отношению к этому комплексу может быть сделан довольно определенно. Снова мы можем говорить о скандии: в рассеянном виде как спутник магния он является в данном случае совершенно обязательным. Вместе с селеном, исходя из ряда теоретических представлений, мы ожидаем небольших количеств теллура (см. аналогию с Канадой). Небольшая роль цинка и его преобладание над кадмием уже устанавливается анализами. Возможно нахождение германия и в очень небольших количествах олова.

В общем, непонятым в условиях комплекса Монче является слабое развитие серебра и золота. В этом отношении может быть сделан, однако, совершенно определенный прогноз. В аналогичных рудах на финляндской территории в Петсамо и в очень сходных во многих отношениях рудах рудника Оутокумпу в Южной Финляндии встречается повышенное содержание этих металлов. Между тем, наши анализы в комплексах Монче не обнаруживают иногда даже следов нахождения золота или серебра. Однако сравнение Монче с указанными выше двумя финляндскими месторождениями, позволяет совершенно определенно установить, что в части месторождений Монче мы имеем более глубокие горизонты геохимического разреза, так как в них отсутствуют те характерные гидротермальные процессы, которые приводят в обычных месторождениях ультраосновных пород к образованию сплошных змеевиков или тальково-хлоритовых пород.

Этому отвечает и более пониженная температура процессов финляндских месторождений и более повышенное в них содержание меди, что видно, например, из отчетов соответствующего производства меди в Финляндии.

Из этого приходится сделать вывод, что золото и серебро связаны с более дистальными частями месторождений и хронологически и топографически относятся к более поздним и более отдаленным участкам от тех магматических очагов, которые положили начало выделению медно-никелевых руд.

Практические выводы для поисков напрашиваются из этого сами собой (например, повышенный кобальт в пирротинах и пиритах среди гнейсов Волчьей тундры, здесь же поиски золотых жил).

Наконец, несколько слов надо сказать о ванадии. Следует ожидать, что он должен присутствовать в пироксенитовых фациях этого комплекса. Однако сравнительные анализы титаномагнетитов разных генетических типов показывают нам, что как раз в основных и особенно ультраосновных магмах Кольского полуострова содержание ванадия в титаномагнетитах очень не высоко. Поэтому ожидать здесь крупных скоплений ванадия мы не можем.

Исходя из дальнейших прогнозов, мы должны совершенно четко говорить о поисках более крупных скоплений хромитов, — очевидно, в участках, измененных оливиновых массивов с образованием змеевиков,¹ — а также должны подвергнуть химическому испытанию на рений те высокотермальные молибдениты, которые встречены в одной

¹ Это, прежде всего, надо относить к Подас-тундре, но надо сказать, что по генезису, геохимии и возрасту этот ультраосновной пояс больше напоминает ультрабазиты Каледонских цепей Норвегии, чем комплекс протерозойского «цветного пояса». Этому отвечает и повышенное в нем содержание хрома, при низком проценте никеля (лишь во вторичных жилах).

из жил среди сульфидов Волчьей тундры и представляют, может быть, новую строку в развитии цветной металлургии Кольского полуострова (об этом см. в главе VI).

IV. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОХИМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Прежде всего представляет значительный интерес сравнение между собою геохимии обоих плутонов Хибинских и Ловозерских тундр. Надо сказать, что по мере дальнейшего изучения минералогии Ловозерских тундр вырисовывается все большее сходство между обоими образованиями. Тем не менее, для Хибинских тундр необходимо установить значительное преобладание фосфора, редких земель, титана и натрия, в то время как в Ловозерских, несомненно, преобладают: цирконий (над титаном), ниобий и особенно железо вместе с марганцем.

Таким образом, оказывается, что Ловозерские тундры по геохимическому комплексу более далеко отстоят от пегматитовых образований щелочных магм, например, щелочных гранитов, чем Хибины.

Между тем, между пегматитами Хибинских тундр и кварцевыми жилами щелочных гранитов центрального водораздела (в щелочных гранитах) наблюдается ряд аналогий. Так, и в тех и в других встречаются минералы астрофиллитовой группы, а также преобладают титаномагнетит и ильменит.

Что же касается взаимоотношений геохимического комплекса крупных щелочных плутонов с отдельными концентрическими интрузиями южного пояса, то здесь при ряде сходных черт все же наблюдаются большие различия. В последних в значительной степени преобладают кальциевые минералы, а натрия отходит на второй план; одновременно с этим особенное значение приобретают титаномагнетиты и ряд титаносиликатов; из редких — отмечается только лампрофиллит.

Большая роль кальция и железа южных плутонов скорее устанавливает некоторые связи между щелочными интрузиями южного пояса и Ловозерскими тундрами. При этом характерно, что очень типичный черный титановый гранат (шорломит) южного пояса (Иона, Африканда, Хабозеро и др.) и Турьего мыса встречен, как будто, в единичных образцах и в контактной зоне Ловозерских тундр.

Далее, сравнивая геохимические комплексы щелочных массивов с комплексами пегматитов гранитной магмы, мы все же должны установить очень резкое различие между этими двумя ассоциациями.

В то время как в пегматитах гранодиоритовых магм преобладают соединения иттриевой группы, как ксенотим, в минералах щелочных плутонов преобладают редкие земли церолантановой группы.

Пытаясь установить генетический ряд общей связи между отдельными образованиями, мы могли бы, — правда, в очень условной форме, — расположить щелочные плутоны и пегматиты Кольского полуострова в такой ряд:

1. Обычные щелочноземельные граниты и их пегматиты.
2. Щелочные граниты и их дериваты.
3. Образования контактных умптекитов и фойяитов Хибинских тундр — в них, несомненно, наблюдается некоторое сходство с Лангезундфиордом и, следовательно, с миаскитовым типом щелочных магм.

4. От контактных зон Хибин мы переходим к более типичным образованиям Хибинских тундр, которые носят уже все черты агпайтовых магм, однако, со средними величинами агпайтового коэффициента.

5. Крайнее место в этом ряду занимают луавритовые, уртитовые и частью апатитовые интрузии; к этой группе, в общем, относятся более поздние внедрения нефелиновых и апатитовых флюидов Хибинской тундры и, в частности, некоторые комплексы Ловозерских тундр.

Различие между Хибинским щелочным комплексом и комплексом Монче-тундры является очень резким и намечает пути дифференциации глубинных магм в двух противоположных направлениях.

Списки элементов обоих комплексов как бы взаимно дополняют друг друга, причем четные номера Мончи пополняются нечетными Хибин. Центральное поле, занятое комплексом Монче, ассоциируясь с блоком элементов щелочных плутонов, заполняет всю среднюю и левую части менделеевской таблицы.

Наконец, значительно бóльшая роль гелиевого и неоновового ряда комплекса Монче заполняет пробелы в диаграмме щелочных плутонов в верхней левой части.

Сравнение этих двух комплексов может привести к ряду очень интересных выводов.

Хибинский комплекс

Щелочной нефелино-сиенитовый тип.

Пегматитовые накопления конечной кристаллизации.

Температура застывания 1000—100°.

Характерные элементы: Na, Al, P, Ti, Zr, Nb, Ta.

Обилие различных элементов; известно 65—66; из них имеют или могут иметь практическое значение около 33—35.

Совместное нахождение элементов четных и нечетных с явным преобладанием последних в левой части менделеевской таблицы.

Некоторое преобладание элементов типа 4q+3.

Часть редких элементов принадлежит типу 4q.

Преимущественное развитие элементов как очень малых радиусов по сравнению с 0,2—0,64 Å, так и очень больших — 0,97—1,30 Å.

Можно ждать еще элементов In, Re.

Летучие элементы и соединения: F, Cl, CO₂, H.

Комплекс Монче-тундры

Основной и ультраосновной тип.

Протокристаллизация магматическая с отщеплением сульфидного избытка при высоких температурах.

Начало кристаллизации силикатов выше 1000°, с окончанием выпадения сульфидов около 400°.

Ca, Mg, Fe, Cu, Ni, Co, (Zn), Co₂—S, Se.

Бедность элементами — известно только 29, из которых практическое значение имеют или могут иметь только 9.

Преобладание элементов четных.

Преобладание элементов типа 4q.

Более редкие элементы принадлежат типу 4q+3.

Преимущественное развитие элементов средних радиусов по большей части 0,68—0,98 Å.

Можно ждать элементов P, Cl, Sc, отчасти Ge.

Летучие элементы S, Se.

Различие настолько характерно, что трудно говорить о случайности этого явления. Скорее можно предполагать общность некоторого корня — как процесс дифференциации единой магмы, а самые комплексы — как взаимодополняющие части одного глубинного целого.

V. АНАЛИЗ ОТСУТСТВУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОМПЛЕКСАХ ЩЕЛОЧНЫХ ПЛУТОНОВ И МОНЧИ

Приведенное выше сравнение заставляет нас глубже продумать геохимическую природу отдельных Кольских комплексов и попытаться, может быть, в несколько смелой форме, наметить ряд положений, вытекающих из приведенного анализа.

Дело в том, что по мере более детального изучения геохимических черт отдельных районов мы все более и более убеждаемся, что так называемое различие петрографических провинций сводится не столько к каким-то различиям первичного характера в самих магмах, сколько к характеру дифференциации и распределения отдельных элементов преимущественно данной системы.

Когда, например, для какого-либо района указывают преобладание в магмах оловянного камня, то, в сущности, обычное объяснение, — что мы имеем дело в данном районе с магмой, первично обогащенной оловом, — является лишь попыткой уклониться от определенного ответа. Более того, в большинстве случаев более углубленный анализ таких районов находит правильное объяснение образования месторождений путем выявления специфических черт кристаллизации, наличия ряда особенностей тектоники и структуры или, в особенности, тех физико-химических условий, при которых происходило остывание данного массива.

Поэтому, рассматривая какую-либо крупную тектоническую и геохимическую единицу, мы считаем неправильным злоупотреблять объяснением о наличии каких-то первичных специфических черт магматического бассейна данного района. И тем более мы не считаем это применимым к огромной территории Кольского полуострова, тесно связанной в своей геохимии с очень сходными образованиями западной части Фенноскандии. Поэтому мы склонны думать, что образование крупных скоплений отдельных химических элементов, известных на территории Кольского полуострова, естественно, заставляет предполагать одновременное накопление других элементов менделеевской системы в других частях кольских образований.

Мы думаем, что общая сумма химических элементов, подсчитанных для отдельных крупных районов, должна в общем отвечать средним кларкам земной коры. Поэтому мы высказываем довольно смелую мысль, что сочетание комплексов щелочных плутонов с комплексом Мончи должно наметить те свободные места суммарной геохимической таблицы, которые где-то, когда-то, в каких-то специфических условиях Кольского полуострова должны были быть накоплены или обратно рассеяны, но так, что в общем их суммарные количества не вышли за нижние пределы нормальных кларков данного химического элемента.

Действительно, если мы сложим чисто механически, не прибегая пока к количественным подсчетам, лишь две диаграммы щелочных плутонов и комплекса Мончи, то увидим, что остаются не заполненными две части таблицы Менделеева: с одной стороны будет не заполнен низ в левой части; если к тому же расположить галоиды слева, то мы убедимся, что вся крайне-левая часть таблицы, и особенно ее низ, окажется не захваченной нашим суммарным комплексом.

Какие элементы не попадают в этой части таблицы в нашу сумму? Прежде всего, частично калий, главным образом — рубидий и цезий, — из щелочной группы; в значительной степени барий и радий, содержание которого, как мы видели из данных Л. В. Комлева, в общем даже ниже среднего содержания в обычных горных породах. Сюда относятся и пониженные данные для актиния, протоактиния и

урана. Весьма пониженные цифры мы имеем даже для гафния, обычного спутника циркония. Тантал значительно уступает ниобию. Вольфрам мы знаем только по непроверенным спектроскопическим данным.

Таким образом, если к этому еще отнести несомненный дефицит нижней части группы галоидов — иода, то мы убедимся, что, действительно, определенный блок в общей менделеевской таблице окажется незаполненным суммой двух описанных выше комплексов.

Мы убедимся, вместе с тем, что отсутствуют элементы большей частью больших атомных весов, больших радиусов, следовательно, малых энергетических показателей; это элементы, дающие наиболее растворимые химические сочетания, которые в ходе последовательной магматической или гидротермальной кристаллизации должны накапливаться в самых поздних процессах и в частях, более отдаленных от самого магматического очага.

Если мы всмотримся в намеченный список отсутствующих или плохо представленных химических элементов,¹ то увидим в нем типичную ассоциацию более холодных типов гранитных пегматитов, именно, ассоциацию тех конечных геофаз пегматитовых процессов, которые характеризуются избытком лития и бора (также дефицитных в нашем подсчете).

Следовательно, первая группа химических элементов, которую мы должны ожидать, — если при суммировании всех комплексов мы ожидаем получения более или менее полностью всей менделеевской таблицы, — приводит нас к необходимости ожидать где-либо, особенно в районах восточных частей Фенноскандии, накопления гранитных пегматитовых остатков с указанной выше характерной минерализацией пегматитов типа V, VI и VII.

По существу, именно этих образований мы почти не знаем на Кольском полуострове. Правда, они почти отсутствуют и в других частях Фенноскандии, и долгое время до открытия пегматитовых жил в Варунреск (в Швеции) мы считали, что литиево-фосфатные пегматиты гранитных магм являются исключительно редкими и почти исключенными на территории Фенноскандии. Действительно, как правило, мы должны считать, что основные типы гранитных пегматитов на Кольском полуострове (см. стр. 79) не опускаются дальше типа III, в редких случаях — IV; в то время как мы совершенно не знаем настоящих топазовых пегматитов, бериллиевые встречаются несколько чаще (в районе Кейв) и еще чаще встречаются и играют очень большую роль чисто полевошпатовые и мусковитовые.

В нашей работе по пегматитам мы установили, что эта особенность распределения пегматитов является общей для всех размытых древних щитов. Пегматиты — литиевые, фосфатные и щелочные, связанные всегда с наиболее дистальными частями гранитных интрузий, залегают, как правило, вне материнских гранитов, в покрывающих их породах. Температура их образования не превышает 400—500°. Эти верхние части древних гранитных магм по существу могли сохраниться в условиях многократной эрозии и абразии Фенноскандии и, в частности Кольского полуострова только в исключительных случаях. Мы считаем, что вообще в Фенноскандии от пегматитовых процессов сохранились главным образом только корни, и поэтому мы можем надеяться встретить более поверхностные образования только в специфических условиях зон опускания. Пока особенных надежд на территории Кольского полуострова в этом направлении мы не имеем. Тем не менее, углубленный анализ поставленной проблемы подводит нас и к другой ее

¹ (K), Rb, Cs, Li, B, Ba, Ac, Hf, Pa, W, U и частично Th.

постановке, которой мы коснемся подробнее, когда будем разбирать характерные черты гранитных геохимических комплексов и попытаемся наметить изменения в свойствах связанных с ними пегматитов по мере перехода от наиболее древних гранитов к гранитам более молодым и, в частности, к щелочным гранитам герцинского возраста.

Мы убедимся (стр. 170), что по мере перехода к более поздним гранитам в последних оказывается большее содержание летучих компонентов и, в частности, фтора. В них нередко наблюдаются образования более низких температурных геофаз: действительно, в процессе кристаллизации следуют обычно серые и серо-зеленые плагиоклазовые пегматиты, далее розовые микроклин-пертиты, которые в свою очередь сменяются голубовато-зеленым амазонитом¹ и усилением роли альбита.

Отсюда наша основная установка: необходимость в поисковой работе обращать особое внимание на пегматитовые образования наиболее поздних гранитов, в частности, — порфириовидных гранитов типа рапакиви и щелочных. В них мы имеем основание скорее ожидать появления того дополнительного блока менделеевской таблицы, который столь характерен для конечных геофаз (F—G—H) гранитных пегматитов и который, в общем, как таковой, до сих пор отсутствовал в минералогии и геохимии Кольского полуострова.

Каково отношение этого блока к комплексу Кейв, для нас не очень ясно. Но во всяком случае, по своей геохимической истории комплекс Кейв необычно тесно связан с комплексом щелочных гранитов и, по всей вероятности, генетически должен рассматриваться вместе с ним.

Однако, складывая комплекс Мончи и комплекс щелочной, мы, помимо свободных полей в левой части менделеевской таблицы, наблюдаем особый пробел в ее правой части. В сущности, начиная с 12-й вертикальной группы менделеевской таблицы, наши значки на обеих диаграммах носят довольно неуверенный характер и, за исключением только серы и отчасти селена, мы, в сущности, должны говорить о почти полном отсутствии характерных металлов полиметаллических жил.

Действительно, совершенно не затронуты значками ртуть, индий, таллий, сурьма и теллур; под вопросом или в ничтожных количествах отмечается мышьяк, висмут, олово, кадмий и даже золото. Значком аксессуарного содержания элементов отмечены галлий и серебро. Более четкие обозначения, говорящие о большей роли элемента, мы в этих двух комплексах имеем прежде всего для меди и частично для цинка.

Таким образом, почти вся группа так называемых ионов купротипа отсутствует в нашей суммарной таблице.

Что это за ионы и каковы их характерные черты? Уже то, что они являются ионами типа купро, с незаполненными электронными оболочками, указывает нам на их специфические особенности при образовании кристаллохимических решеток. Это ионы сильной активной поляризации. В тесной связи с пассивно поляризуемыми ионами, как сера и селен, они дают начало соединениям не ионного типа, а полуметаллическим или металлическим, — непрозрачным характерным рудам тяжелых металлов. Высокая поляризация этих систем ведет к сильному понижению температуры плавления и температуры кипения образованных ими кристаллических решеток. Отсюда значительная летучесть этих соединений, растворимость их при особых условиях как в щелочных, так и в кислых растворах, способность обособляться и отделяться от магматических очагов, несмотря на их повышенный атом-

¹ Это становится особенно логичным, если мы вспомним, что цвет голубых амазонитов связан, вероятно, с повышенным содержанием рубидия.

ный вес, и осаждаться лишь в наиболее отдаленных дериватах общей геохимической системы концентров. Следовательно, в общем анализе этой (отсутствующей) системы мы наблюдаем некоторую общность черт с первым отсутствующим блоком (крайним левым), который, правда, характеризовался типичными шаровыми ионами, но отличался вместе с тем значительной их величиной и подвижностью (но не летучестью) в самих магматических расплавах. И в данном комплексе отсутствующих атомов и ионов типа купро мы видим мало симметричные атомные системы, подвижные, не остающиеся в самих расплавах, легко переходящие в летучие комплексы и осаждающиеся сравнительно поздно по охлаждению постмагматических флюидов.

Таким образом, при резком различии внешних свойств обеих отсутствующих групп мы, тем не менее, наблюдаем некоторую общность конечного результата.

И первый отсутствующий блок и второй, рассматриваемый сейчас, должны были накапливаться не в глубинах, а в более отдаленных от очагов частях или же в более поздних образованиях охлаждающейся физико-химической системы.

Мы видим, таким образом, что в условиях Кольского и всего Фенноскандинавского массива, — в условиях, при которых сохранились в основном лишь глубинные корни процессов, в нем трудно ожидать сейчас крупных скоплений этих летучих компонентов, и только в специфических условиях более отдаленных от очагов частей или же в наиболее поздних дериватах — последних геофазах охлаждения глубинных массивов — мы можем ожидать их накопления.

Как мы знаем, это явление, действительно, наблюдается на Кольском полуострове. Тот комплекс полиметаллических жил, который мы подробнее будем разбирать в следующей главе, характеризуется именно этими чертами. Он, повидимому, в главной массе не связан непосредственно с каким-либо массивом гранитного или иного типа и принадлежит к выделениям, значительно более поздним, чем те геохимические процессы, которые лежат в основе ведущих геохимических комплексов Кольского полуострова.

Анализ этих полиметаллических жил полностью отвечает нашему предположению. В них содержится цинк с повышенным содержанием галлия и германия, небольшим содержанием индия и олова. В них известны свинец и медь, повидимому, встречается сурьма и кадмий, и только мышьяк, ртуть и таллий являются не доказанными (даже спектроскопически), принадлежа к еще более летучим химическим элементам, накопление которых мы встречаем вообще только в наиболее холодных отдаленных частях термальных растворов. Менее ясна судьба висмута и олова.

Таким образом, и этот 4-й блок менделеевской таблицы — недостающий при суммировании комплексов Мончи и щелочных плутонов — оказывается, встречается на Кольском полуострове, но в относительно малых количествах, и практическая роль его остается под большим сомнением.

VI. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНЦЕНТРАЦИЙ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

На основании сказанного выше мы можем видеть, что из четырех характерных геохимических блоков, на которые можно разбить менделеевскую таблицу, только два блока, связанных, с одной стороны, с ультраосновными породами, а с другой — с нефелиновыми магмами, представлены большим количеством элементов и ведут к очень круп-

ным скоплениям и промышленным месторождениям. Блок гранитных пегматитов ограничивается лишь начальными фазами их кристаллизации, сравнительно прост и однообразен по своей минерализации; нижняя левая часть менделеевской таблицы в ней отсутствует.

Равным образом слабо представлен и правый блок элементов типа купро, охватывающий обычные цветные металлы.

Мы могли бы к этому еще прибавить, что вообще очень слабо представлен и пятый блок, который объединяет 1-ю и 17-ю группы менделеевской системы. Это блок поверхностных галоидных солей, который, как таковой, не может быть встречен в образованиях Кольского полуострова в той специфической и геохимической обстановке, которая связана с геологической историей полуострова.

Если мы суммируем все наши данные о процессах концентрации элементов на Кольском полуострове, то сможем прийти к некоторым выводам общего характера:

1. Максимальные накопления встречаются для следующих 13 типов химических элементов: натрия, магния, алюминия, кремния, фосфора, серы, титана, железа, никеля, меди, циркония, ниобия и группы редких земель.

2. В этом списке наблюдается весьма характерное преобладание элементов верхних рядов менделеевской таблицы; при этом наиболее тяжелые элементы связаны практически лишь с наиболее поздними интрузиями щелочных пород.

3. Наконец, замечательно то, что хронологически образование крупных концентраций идет в общем порядке перехода от верхних частей менделеевской таблицы книзу. Так, архей характеризуется особенно накоплением железа (и фосфора); протерозой — цветными металлами (алюминий, магний, никель, медь), а также кремнием и серой; палеозой — накоплением элементов щелочных магм с концентрацией циркония, ниобия, редких земель, фосфора и стронция.

Эта последовательность, как мы видим, отвечает и тем выводам, которые мы сделали об отсутствующих двух блоках. В более поздних процессах преобладают нижние части — крайняя левая и крайняя правая.

Заканчивая на этом наш геохимический обзор химических элементов Кольского полуострова, мы должны подчеркнуть ту исключительную роль, которую играет пользование менделеевской таблицей для выводов чисто практического характера.

Менделеевская таблица, выражающая закономерности свойств химических элементов, устанавливает в связи между ними и их энергетические черты. Она сама подсказывает наиболее характерную последовательность природных процессов как в пространстве, так и во времени. Геохимические концентры, следуя законам геоэнергетики, неизбежно несут черты определенных направлений менделеевской таблицы. Поэтому в поисковой работе геологоразведчика и геохимика на Кольском полуострове неизбежно должны учитываться те закономерности, которые выражаются менделеевской таблицей; надо помнить слова известного химика Ф. С о д д и: «менделеевская таблица является истинным компасом не только для химиков, но и для всех натуралистов, исследующих законы природы».

VII. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

Во введении к нашей монографии мы подчеркивали значительное сходство геохимии Кольского полуострова, да и всего Фенноскандинавского щита с минеральными образованиями щита Канадского.

Сходство это тем более важно, что Канада за последние годы в исследовании своих полярных частей пришла к целому ряду ценнейших практических выводов и открыла ряд месторождений очень большого практического значения. Поэтому нам очень интересно сравнить геохимические комплексы Канады и Кольского полуострова и попытаться установить их общие черты и различия.

Прежде всего мы можем указать резкое сходство пяти геохимических комплексов в обоих щитах:

- 1) железо и титан в древнейших архейских породах;
- 2) медь, никель, железо, кобальт, сера, палладий, платина — типы Мончи, Сёдбери;
- 3) фосфор, кальций, магний, отчасти натрий — типы апатитовых пегматитов: Онтарио;
- 4) калий, натрий, хлор, фтор, алюминий — тип щелочных магм (тип Онтарио, Хибин);
- 5) калий, натрий, алюминий, фтор, кремний, уран, отчасти ниобий и тантал — тип гранитных пегматитов.

Однако, помимо этих пяти типов, на Кольском полуострове имеется ряд других, неизвестных пока на территории Канады. Но и наоборот, в Канаде наблюдаются еще три очень важных ассоциации, которые пока неизвестны на территории Кольского полуострова, но которые, между тем, являются по своему промышленному значению ведущими в горном хозяйстве Канадской части Северной Америки.

Речь идет о трех комплексах:

- 1) железо, мышьяк, золото и сера;
- 2) кобальт, уран, серебро (в меньшей степени никель) и сера;
- 3) литий, рубидий, цезий.

Отсутствие этих трех последних ассоциаций на территории Кольского полуострова требует своего объяснения.

Прежде всего, все они относятся к той группе образований, которые, действительно, меньше всего представлены на Кольском полуострове, т. е. к наиболее отдаленным, как мы говорим, пери- или даже телемагматическим образованиям. Они накапливаются в более холодных частях геохимических концентров, не в самой материнской породе, а на известном расстоянии от ее контакта — иногда в 2—3 км. Повидимому, отсутствие этих ассоциаций в значительной степени может быть объяснено тем, что на Кольском полуострове покрывавшие его супракрустальные и осадочные образования в течение последующей долгой геологической истории были размывы и уничтожены. Как раз в Канаде мы наблюдаем такой размыв древней кристаллической основы щита только в северных полярных частях; южнее древний щит перекрыт сложной системой палеозойских отложений, и поэтому условия накопления дистальных частей геохимических процессов в этой части совершенно иные.

Но все же, несмотря на отсутствие этих поверхностных образований на Кольском полуострове, нельзя отрицать возможности сохранения этих типов в каких-либо особых районах опускания или особой тектонической обстановки. Именно в таких условиях был найден в Швеции тип литиевых месторождений, по минерализации пегматитов весьма сходный с пегматитами штата Манитоба в Канаде. Поэтому мы не можем считать совершенно исключенным нахождение этих трех типов, и, наоборот, призываем к поискам их, однако, в совершенно определенных генетических условиях:

1. Золотые жилы пока неизвестны на Кольском полуострове. Правда, что в общем скопления золота в древних щитах более характерны

для протерозойских образований, чем для древнего архея, и на территории Фенноскандии мы вообще не знаем настоящих золотых месторождений. Но все же в районе оз. Энаре (Инари) в Финляндской Лапландии известны небольшие россыпи золота, которые промываются и в настоящее время, а также кварцевые жилы с сульфидами и золотом, не имеющие, впрочем, практического значения.¹ Авторы, по видимому, — впрочем без особенных оснований, — относят эти жилы к каледонским процессам.

Отсутствие золота все же остается не вполне понятным на территории Кольского полуострова. Поиски его необходимы главным образом в районах гранитных интрузий верховий Ионы, р. Гирвас и верховий Ноты, может быть, частично и в связи с щелочными гранитами на востоке; так, известны удачные промывки на золото в нижнем течении Поноя.

Мы должны сказать, что в общем до сих пор не велось систематического шлихового опробования речных систем, что ледниковый процесс в значительной степени смыл и разрушил древние россыпи, если они существовали. До сих пор мы не имеем никакой картины распределения золота (хотя бы геохимической) в отдельных массивах гранитного типа и их дериватах.

2. Необычайно интересная проблема связана с поисками кобальто-серебряных жил типа «Кобальт» в Канаде. Эти образования должны быть найдены в районе никелевых месторождений «цветного пояса», однако непременно в значительно более отдаленных частях от магматических расплавов. Их можно, по видимому, ожидать в Волчьих тундрах и прилегающих частях Свинцовой тундры и в некоторых районах, прилегающих к Сальной тундре. Они возможны вокруг Федоровой тундры и, может быть, Панских высот. Мы знаем, что этот тип обычно связан с двумя характерными признаками: во-первых, с обилием окисного железа, красным гематитом или красными доломитами, и, во-вторых, с повышенным количеством урана и радия и, как мы видим по Медвежьему озеру в Канаде, переходит иногда в настоящее радиевые месторождения (с серебром!).

Поэтому напрашиваются и методы поисков этих тел: с одной стороны, на основании красного цвета жильных дериватов, с другой — при помощи радиоактивной съемки, которая может обнаружить теми или иными приемами наличие хотя бы несколько повышенного содержания радиоактивных минералов.

В связи с этим приходится вспомнить об очень интересных образованиях жильного типа в южной части Кольского полуострова, особенно в районе р. Нивы и Хабозера. Это — своеобразные зоны смятия или даже «взрывные» трубки, заполненные красными окремнелыми брекчиями. Природа и возраст этих брекчий не изучены. Мы их прекрасно наблюдали в низовьях р. Нивы, при начале работ по проведению тоннеля Нива-III; их наблюдал Н. А. Елисейев и В. А. Афанасьев в районе Хабозера. Обломки этих красных образований встречаются в довольно большом количестве среди валунного ледникового материала по правому берегу Нивы. По нахождению этих красных валунов я даже удачно предсказывал места наиболее вероятного расположения зон брекчиевидных разломов. Проведенные химические анализы не подтвердили пока предположения о нахождении в них хотя бы следов тяжелых металлов или серы.

¹ Фиркс (1906) описывает кварцевые жилы в дейократовом гранулите с пиритом, гематитом, халькопиритом и с содержанием золота и висмута (на юг от озера).

Но, тем не менее, напрашивается их сравнение с некоторыми образованиями кобальто-урановой формации, и их дальнейшее изучение является весьма важным.

3. Наконец, отсутствие на Кольском полуострове литиевых пегматитов, как мы уже видели, объясняется опять-таки наличием у нас по преимуществу корней геохимических систем. Однако нахождение литиевых пегматитов возможно и, пожалуй, довольно вероятно в тех частях опускания древних гнейсовых комплексов, где сохранились более высокие горизонты, уцелевшие от эрозии.

Это относится в особенности к востоку Кольского полуострова и его центральным частям вдоль р. Поноя: сохранившаяся здесь в виде горной системы Кейв полоса вероятного протерозоя и громадные поля щелочных гранитов подсказывают необходимость поисков литиевых пегматитов с их специфическими полезными ископаемыми.

Глава шестая

ОТДЕЛЬНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

В земное недро ты, химия,
Проникни взора остротой
И, что содержит в нем Россия
Драги сокровища, открой!

М. Ломоносов, 1750

Приведенный выше материал по отдельным полезным ископаемым и химическим элементам дает основные фактические данные для характеристики геохимических процессов на территории всего Кольского полуострова. Он намечает уже сам по себе ряд прогнозов и позволяет делать выводы общего теоретического и практического значения. Для уточнения анализа и прогнозов отдельных районов мы могли бы в дальнейшем ограничиться обзором отдельных частей Кольского полуострова и дать характеристику тех процессов, которые в них наблюдаются, и тех образований, которых можно еще ожидать в ходе дальнейшей геологической работы. Однако прекрасный 2-й том Географического словаря Кольского полуострова, составленный под редакцией проф. В. П. Воцинина, дает такой основательный и новый материал по геологии и полезным ископаемым отдельных районов, что я решил не давать в настоящей монографии обзора по отдельным районам и ограничусь лишь в главе седьмой краткой характеристикой отдельных геохимических узлов.

Наша задача в настоящем разделе сводится к более углубленной геолого-геохимической характеристике отдельных наиболее важных геохимических комплексов. При этом мы исходим из идей, что геохимическая методика поисково-разведочных работ сильна только тогда, когда она изучает не только судьбы отдельных элементов, но в особенности законы их сочетания, взаимоотношений и поведения в определенной геологической и в особенности тектонической обстановке.

На территории Кольского полуострова в настоящее время мы можем наметить семь следующих наиболее интересных и характерных геохимических комплексов:

1. Древний гнейсовый комплекс (свиония) с подчиненными ему основными и кислыми интрузиями.

2. «Цветной пояс», относящийся, вероятно, к нижней половине протерозоя и заканчивающийся интрузиями ультраосновных пород.

3. Кианитовый пояс больших Кейв, вероятно, относящийся к верхнему протерозою.

4. Комплекс гранитов разных возрастов, начиная с свиония и кончая молодыми герцинскими щелочными гранитами.

5. Щелочные интрузии нефелиновых и связанных с ними пород.

6. Полиметаллические жилы.

7. Послеледниковые образования.

8. Отложения гиперборей.

Дальнейшая характеристика этих отдельных комплексов является несколько неоднородной, поскольку некоторые из них геохимически изучены очень хорошо, другие же, наоборот, требуют еще детальных полевых и лабораторных исследований.

1. ДРЕВНИЙ ГНЕЙСОВЫЙ И СЛАНЦЕВЫЙ КОМПЛЕКС

1. Архей-свионий. Как показали детальные работы А. А. Полканова, в основном речь идет о мощных свитах биотитовых и гранатовых сланцев с подчиненными им мигматитами олигоклазовых и микроклиновых гнейсо-гранитов. Им подчинены древние амфиболиты, габбро-друзиты, сильно метаморфизированные, и реже ультраосновные породы. Их пересекает ряд интрузий пост-свиония, принадлежащих к длительной эпохе Саамского горообразования и внедрявших прежде всего серые плагиоклазовые, а потом розовые микроклиновые граниты.

Намечается три совершенно ясных полосы: северная, окаймляющая Кольский полуостров с севера и хорошо изученная А. А. Полкановым на западе и Н. П. Лупановой и А. К. Болдыревым на востоке; южная полоса, с перерывом тянущаяся вдоль Кандалакшского фиорда и далее по Терскому берегу до горла Белого моря; и, наконец, средняя полоса, которая в общем доходит только до Имандры, в северной своей части протягивается к северу от щелочных плутонов Хибин и Ловозерских тундр, а в южной сменяется более сложным комплексом центральных низовий Кольского полуострова.

Таким образом, в схеме Кольский полуостров окружен с севера и юга двумя полосами гранито-гнейсов, а в середине между ними наблюдается сложная и пестрая смена пород другого (более молодого) возраста и состава. Более четко на севере и на юге намечаются интрузии гранитов, красными полосами выступающие на карте.

По существу, в этой свите мы имеем дело с древними осадочными породами, сильно метаморфизованными и гранитизированными позднейшими интрузиями. Геохимические характерные черты этих осадков заключаются, в общем, в высокому содержанию глинозема, благодаря чему при метаморфизме в ряде районов мы наблюдаем скопления кианита и силлиманита. К этим осадкам местами, в геосинклинальных понижениях были приурочены отложения (вероятно, вдоль прибрежных полос морей) магнетитовых песков, превратившиеся в дальнейшем, частью путем простой цементации, частью путем некоторого переноса и метасоматоза, в рудные магнетитовые сланцы большой чистоты. Грандиозность этого процесса связана с особыми условиями гипергенеза (Н. Страхов, 1940).

В этой осадочной древней свите, очевидно, были и мергелистые и известковые прослойки. О первых мы судим по наличию метаморфических зон скаполитовых пород, частью по амфиболитам и по кое-где сохранившимся, правда, очень редким, линзам известняков (и в меньшей мере доломитов). Интересно, что эти линзы в большинстве случаев оказались местами наименьшего механического и химического сопротивления, были прорваны более молодыми породами и положили начало своеобразным месторождениям очень важного промышленного значения. Сюда относятся, вероятно, месторождения магнетита Ионы, титановые месторождения у станции Африканда и, наконец, оливиниты Хабозера. Единственная линза таких карбонатных пород, сохранившаяся в менее измененном виде, найдена у ст. Апатиты (Долгмитовая варака), где, однако, возраст этих пород не может считаться оконча-

тельно установленным. Следующий ряд геохимических образований связан с гранитными интрузиями пегматитов, приуроченных как в лейкократовым плагио-гранитам, так и к гранитам микроклиновым. Мы имеем ряд очень характерных описаний этих образований у ряда геологов ЛГРТ.

И, наконец, последней группой, имеющей практическое значение, являются приуроченные к этой же серии фальбанды Порьей губы, с характерным накоплением в них пирротина и с несколько повышенным содержанием серебра и золота.

Таким образом, намечается следующий¹ основной список полезных ископаемых этого комплекса:

- А. Железные (магнетитовые) руды.
- Б. Силлиманит, кианит и гранат.
- В. Линзы известняков и доломитов.
- Г. Пегматиты.
- Д. Фальбанды.²

Частично к полезным ископаемым можно отнести и некоторые амфиболиты и габбро, могущие иметь некоторое значение как материал для литья.

Перейдем к краткому анализу поисковых признаков и поисковых задач по отношению к каждой из этих групп полезных ископаемых:

А. Нет никакого сомнения, что распространение осадочно-метаморфических железных руд далеко не ограничивается известными нам полосами Кольского фиорда, Шоппуя и Примандрья. Уже отдельные находки О. А. Воробьевой у озера Вайкис показывают, что в свите преимущественно биотитовых сланцев можно ожидать многочисленных линз магнетита, при том с более высоким содержанием железа; в частности, это наиболее вероятно в районах менее дислоцированных, где можно ожидать нахождения и первичного красного железняка. Поэтому углубленное изучение всей этой гнейсовой зоны, которая до последнего времени не привлекала к себе достаточного внимания, является одной из ближайших задач геолого-поисковой работы. Для поисков таких железных руд необходимо прежде всего выделить громадную область в 1000 км² в северо-западной части Кольского полуострова. Затем магнитометрической съемкой, меридиональными ходами, должна быть пересечена эта свита по всей территории восточного продолжения северной полосы, примерно по линиям отдельных рек — Вороньей, Харловки, Иоканги и др. Менее вероятно нахождение магнетитовых линз в южной полосе, окаймляющей Кандалакшский фиорд. Здесь мы встречаем вместо магнетита обилие граната³ и вообще повышенное содержание глинозема.

Б. Что касается месторождений кианита, силлиманита и граната, то о них подробно мы говорили в главе 3-й, при описании этих минералов. По сравнению с гранатами Кейвских месторождений мы не придаем большого значения мелкозернистым гранатам в гнейсах, встречаемым в большом количестве, например, в окрестностях Кандалакши (Железная тундра) или Колвицы.⁴ Нет ясных данных и относительно распространения линз силлиманита, за исключением тех образований, которые описаны на стр. 83 (на север от Ловозерских тундр). Некоторыми геологами

¹ О нахождении сульфидов в основных интрузиях этих комплексов см. стр. 161.

² Сюда же относится широкое использование гнейсов как строительных материалов.

³ Именно обилие этого минерала, вероятно, и вызвало наименование «Железная тундра», Железное ущелье в районе Кандалакши и Колвицы.

⁴ За исключением нескольких замечательных участков на запад от Пулозера и отдельных точек на р. Туломе.

эти силлиманиты считаются связанными с воздействием щелочной магмы Ловозерского плутона на более молодые породы, чем архей. Однако прямых доказательств этого нет, и поиски силлиманитов, особенно в районе Кировской железной дороги, не исключены; при наличии Лоух и Кейв эти месторождения вряд ли смогут представить большой практический интерес, хотя нельзя забывать, что технически силлиманит является более выгодным сырьем, чем кианит.

В. Что касается линз известняков и доломитов, то, как я уже указывал, с ними связан совершенно исключительный интерес, и поиски их именно в пределах гнейсовой свиты очень важны. Вместе с тем интересно отметить, что эти линзы или даже метаморфизованные их остатки сравнительно редко встречаются в северной полосе. Это обуславливает значительную бедность полезными ископаемыми области гранитов, идущих вдоль Мурманского побережья. Однако уже в центральной полосе в районе магнетитовых кварцитов и сланцев некоторые петрографы (П. Н. Чирвинский) отмечают остатки карбонатных пород; только в южной полосе мы встречаемся с рядом настоящих карбонатных линз, из которых очень немногие сохранились в целости, а другие превращены молодыми интрузиями в новые, весьма ценные геохимические комплексы.

По аналогии с древнейшим свионием Норвегии и Швеции, мы имеем основание думать, что в большинстве случаев эти линзы образованы известняками, а не доломитами, так как, например, промышленность Норвегии по получению карбида кальция основана на использовании мраморовидных известняков из линз древних свит. Однако это положение не является обязательным, и если оно полностью применимо к Ионе, то оно не отвечает типичному доломиту Доломитовой вараки около станции Апатиты (который, впрочем, может иметь и более молодой возраст). В том же южном районе мы встречаем своеобразные скаполито-диопсидовые породы (Вадозеро), как продукты метаморфизации и скарнирования древних карбонатных линз.

Все это заставляет нас обратить самое серьезное внимание на поиски карбонатных линз и их остатков по всей южной полосе. Надо сказать, что на это до сих пор не было обращено достаточного внимания. Поиски не легки в этом сильно задернованном районе, покрытом ледниковыми наносами. Нет достаточно четких признаков для нахождения карбонатных пород, тем более, что они обычно встречаются в понижениях рельефа и нередко покрыты болотами и даже озерами. Единственным методом поисков новых карбонатных линз являются методы геофизики, которые согласно опыту, с успехом проведенному у ст. Титан, показывают, что удается с достаточной легкостью отбить известняки или доломиты от вмещающих их пород, в особенности гнейсов.

Г. Что касается пегматитов, то и здесь мы не можем похвастаться достаточно четкой и ясной картиной. Несмотря на наличие хороших чисто минералогических описаний отдельных жильных полей, мы все же должны сказать, что руководящих принципов для поисков и выявления закономерностей пегматитовых полей в указанном районе мы до сих пор не имеем. Пегматиты с их важными полезными ископаемыми — слюдой, кварцем и полевым шпатом — связаны в этом районе с обоими типами гранитов — олигоклазовых и микроклиновых. Интересно отметить, что в ряде месторождений, например в поле р. Ионы, преобладают как раз плаггиоклазовые пегматиты, хотя генетически они связаны с микроклиновыми пегматитами.

Н. Г. Судовиков в вышедшей в 1939 г. монографии по петрологии западного Беломорья совершенно справедливо указывает на ряд харак-

терных черт этих пегматитов и намечает некоторые поисковые признаки, которые, в сущности, еще не изучены и должны быть проверены в поле. Он отмечает следующие характерные черты пегматитов этой свиты пород: частую приуроченность их к основным породам, замкнутую линзовидную форму тела, отсутствие видимой связи гранитов с самими пегматитами, развитие пегматитов на площадях, где отсутствуют значительные массы гранитов. В общем отмечаются бедность пегматитов минерализаторами и характер зонального строения. Он считает, что пегматиты являются образованиями чисто мигматического характера и, может быть, даже в некоторых случаях напоминают те палингенетические образования, о которых писал Хольмквист в своих шведских работах. Надо, однако, думать, что далеко не все пегматиты могут быть объяснены этим путем.

Основные выводы поискового характера, очень важные для дальнейшей работы по разведке и поискам пегматитовых образований, сведены Н. Г. Судовиковым в следующие 4 пункта:

1. Промышленные тела пегматитов формируются в определенной зоне гранитизации, расположены в некотором отдалении от центрального поля развития гранитов.
2. Появление промышленных пегматитов ограничивается со стороны центрального поля теми условиями, при которых основные породы, заключающие пегматиты, еще способны давать расколы, а окружающие гнейсы не доведены до состояния пластичности.
3. Поэтому благоприятными являются зоны в которых присутствуют породы различной пластичности в указанных условиях (в частном случае основные породы среди гнейсов).
4. Поисковая работа должна быть направлена в зоны средней степени гранитизации.

Д. Древние фальбанды. За последние годы фальбанды северной Карелии и Порьей губы неоднократно обследовались рядом исследователей: И. И. Гинзбургом, Д. С. Белянкиным, В. А. Токаревым и другими. Хотя в районе Порьей губы и намечено 37 точек этих фальбанд мощностью от 30 до 35 см, а длина фальбанд местами достигает 200 м, однако эти работы не установили наличия сколько-нибудь ценных промышленных запасов, и только в 4 линзах намечаются возможности, требующие некоторой разведочной работы. Между тем, конечно, комплекс химических элементов, связанных с фальбандами, довольно интересен. Наличие цинка, меди, серебра, золота, олова, никеля, кобальта, а также железа и титана, следов мышьяка, ванадия, молибдена и галлия — все это показывает очень своеобразную минерализацию, связанную, вероятно, по существу, с древними плагиоклазовыми (олигоклазовыми) гранитами (стр. 19). Единственное, на что сейчас следовало бы обратить внимание, это на необходимость выяснения продолжения фальбанд к северу и на изучение их свойств и распространения как на островах Кандалакшского фиорда, так и к северу от Порьей губы.¹ Особенно важно проследить точки пересечения этих фальбанд более молодыми кальцито-баритовыми жилами с серебром.

Е. Общее заключение по поисково-разведочной работе в области древнейшего гнейсового комплекса. Исходя из сказанного, мы должны прежде всего признать, что, в противоположность ранее господствовавшему представлению, древние кристаллические сланцы свиония заслуживают детального исследования и углубленной поисковой работы. При этом северная полоса нуждается, главным образом, в поисках соединений глинозема и

¹ Как будто бы намечается аналогичный тип фальбанд по р. Слюдянке.

железа (частично граната), а южная — в поисках известковых и доломитовых линз и связанных с ними процессов наложенной минерализации. Что касается пегматитовых образований, то они одинаково интересны как в северной, так и в южной части. Исходя из сравнительного анализа кольского архея и докембрия Алдана, Д. С. Коржинский считает, что Кольский комплекс измененных осадочных свит архея не принадлежит к самым глубинным фациям метаморфизма (1939).

II. «ЦВЕТНОЙ ПОЯС»

Понятие о «цветном поясе» на Кольском полуострове рождалось постепенно, по мере выяснения распространения основных и эффузивных пород на его территории. Долгое время намечались лишь отдельные кусочки этого пояса, получавшие особые названия, как то: Имандра — Варзуга, Печенга — Кучин, Кучин — Кеулик и т. д. и лишь десять лет тому назад в работах А. А. Полканова, Б. М. Куплетского и А. Е. Ферсмана наметилось существование целого пояса, который пересекает с некоторыми перерывами весь Кольский полуостров и связывает Тунтури-формацию Печенги (Финляндия) с выходами основных пород у горла Белого моря (севернее устья р. Поноя).

Таким образом, наметился своеобразный грандиозный пояс очень сложного строения, вытянутый в виде латинской буквы S, с почти меридиональным протяжением вдоль оз. Имандры и с широтным восточным крылом. Мало-помалу стала выясняться тесная связь этого пояса и с осадочными известняками, доломитами и кварцитами. Б. М. Куплетским и А. А. Полкановым вскоре было выявлено основное стратиграфическое положение этого пояса. Ими этот пояс совершенно справедливо был отнесен к карельским отложениям. В известной части его можно отнести к низам протерозоя и может быть считать аналогом ятулия южной Финляндии.

По существу этот пояс морфологически состоит из двух довольно независимых частей:

1. Осадочная туфогенная, эффузивная свита — по существу «цветной пояс».
2. Приуроченные к нему более поздние интрузии основных и ультраосновных пород, относящиеся к карельскому и посткарельскому диастрофизму.

Совершенно понятно, что поздние интрузии не обязательно приурочены к этим своеобразным отложениям, но топографически и частью генетически все же с ними весьма тесно связаны.

Мы рассмотрим каждую из этих частей в отдельности.

А. Осадочная и туфогенная свита. Благодаря работам Н. И. Соустова¹ в центральной части, П. В. Соколова — в восточной, вырисовывается в общем довольно сложная картина стратиграфии этого пояса. При этом сложность ее заключается в том, что в разных частях пояса мы имеем весьма различный состав, различные стратиграфические разрезы, очень различные условия тектоники и весьма различные генетические и фациальные типы осадков. Если сравнить отдельные части между собой и особенно — с хорошо описанной формацией Тунтури (Печенги), то мы должны будем признать все же, что к востоку мощность этого пояса значительно уменьшается, тогда как на территории Финляндии, по данным Вегмана, достигает грандиозной цифры в 10—15 км.

¹ Н. И. Соустов. Протерозойская спилито-диабазовая формация. Труды Инст. геол. наук, вып. 26, 1940.

Все это объясняет и сложность стратиграфических разрезов и запутанность генетических соотношений.

Значение этого пояса, как такового, определяется теми полезными ископаемыми, которые к нему приурочены. Если не считать тех металлов, которые связаны с ультраосновной магмой карельских или вернее посткарельских плутонов, то с самой осадочной туфогенной свитой связаны следующие полезные ископаемые:

пирротин и пирит,

(халькопирит),

молибденовый блеск,

линзы известняков и доломитов,

кварциты, габбро-диабазы для плавления и дорожного строительства, углистые прослойки, переходящие в графит (или шунгит?).

В виду особого значения указанных полезных ископаемых возникает, прежде всего, ряд основных проблем, требующих изучения свиты как таковой. Эти проблемы мы можем свести к следующим:

Прежде всего необходимо изучение связи отдельных разрозненных частей и оконтуривание всего пояса, тянувшегося (с перерывами) на протяжении свыше 400 км. Полевые исследования последних лет показывают, что распространение этой свиты много шире и грандиознее, чем те отдельные части и пятна, которые нам известны в настоящее время. Весьма возможно, что более значительная часть «цветного пояса» скрыта под ледниковым покровом, часть сильно метаморфизована и превращена в новые образования.

При этом исследовании мы, однако, должны обратить внимание на исключительное сходство некоторых частей этой свиты с верхнедевонскими отложениями, найденными в отдельных ксенолитах в Ловозерских тундрах. Поэтому установление соотношения ее с верхним девонном имеет очень большое значение.

Вторая задача сводится к необходимости составления очень четкого стратиграфического разреза этой свиты, выяснения ее соотношения с подстидающими гнейсами, что особенно важно, так как до сих пор получается впечатление, что она залегает аллохтонно на поверхности гнейсов. Впрочем, в Риж-губе (Имандра) обнаружено непосредственное, но трансгрессивное залегание протерозоя на архей.

Составление настоящего стратиграфического разреза, конечно, возможно лишь путем детального исследования тектоники, которая позволит разгадать порядок соотношений между отдельными свитами и расположить их хронологически в точную систему.

Из этого вытекают и проблемы изучения тех отдельных полезных ископаемых, которые мы выше перечислили.

I. Прежде всего, наше внимание привлекает проблема пирротина и пирита. Эта проблема ставилась до 1934 г. совершенно иначе, так как известные тогда месторождения пирротинов наружного кольца Хибинской тундры, в районе так называемого Пирротинового ущелья, несомненно, так или иначе генетически были связаны со щелочным плутоном. Однако, по мере усиления разведок свиты Имандра — Варзуга, стала выясняться независимость этих месторождений от самого плутона. Совершенно справедливо С. В. Константов и И. И. Соболев в 1934 г. пришли к убеждению о связи пирротина с самой свитой как таковой и преимущественно — с ее габбро-диабазовыми интрузиями. Доказательством этого являются находки линз пирротина на острове Высоком, а также в Вити-губе, и, наконец, то, что в большом отдалении от самого плутона пирротин переходит в пирит (в кубах) и местами носит типично осадочный и даже конкреционный характер. Поэтому весьма вероятно,

что аномалии, обнаруженные около ст. Апатиты, будут отнесены к первичным колчеданам (характера пирита) и в общем окажутся генетически совершенно независимыми от действия щелочного плутона. Дальнейшим доказательством этого являются и находки крупнейших пирротиновых линз на севере от Нотозера, где нет никаких оснований предполагать их связь с щелочными интрузиями.

Все это заставляет пересмотреть имевшуюся до сих пор схему поисковых работ и считать возможными поиски месторождений пирротинов по всему «цветному поясу», преимущественно в районах развития габбро-диабазовых интрузий.

2. Месторождения молибденита и халькопирита в этом поясе до сих пор имеют лишь чисто минералогический характер (см. о них стр. 89). По всей вероятности, молибденит все же связан с интрузиями нефелинового сиенита и генетически не имеет ничего общего с самой свитой. Трудно высказаться совершенно определенно о природе отдельных кристалликов халькопирита, которые встречаются как в пиритовых месторождениях, так и в породах (амфиболитах) Варзуги. Весьма вероятно, что в этом случае мы имеем дело с выделением меди из диабазовых интрузий, что представляет, несомненно, некоторый интерес. В сущности, о возможном значении медных соединений нам приходится судить по очень интересному участку «цветного пояса» в районе устья р. Поноя. Здесь обнаружена значительная площадь свыше 100 км² основных зеленокаменных пород, причем в их контакте с гранитами встречены жилки медных руд, куприта, борнита (у маяка Орлова), крупнокристаллического магнетита (Мельничный ручей вблизи селения Поноя), а также и ряд полиметаллических жил, очевидно, более позднего возраста. Этот район заслуживает специальных поисков и разведок, так как показывает, что с «цветным поясом» могут быть связаны и более серьезные месторождения меди (генетически независимые от никелевого типа Мончи). Но вместе с тем район низовой р. Поноя указывает и на другие полезные ископаемые, которые до сих пор не отмечались в центральной и в западной частях «цветного пояса»: это — образование магнетита. Отрицать возможность нахождения в этом поясе железных руд, и в особенности красных железняков, мы не можем. Поэтому тонкое магнитометрическое изучение его может дать совершенно неожиданные результаты, особенно в восточных частях этого пояса, где мы, несомненно, переходим к меньшим мощностям и где условия внедрения интрузий и характер эффузий были иные, чем в глубокий полугеосинклинальной зоне, отвечающей району, примыкающему к финляндской границе.

3. Как мы видели, одним из исключительно интересных образований «цветного пояса» являются линзы известняков и доломитов, встреченные Н. И. Соустовым в 12 км от ст. Титан. Поиски аналогичных линз на западе не привели пока к благоприятным результатам. Отдельные линзочки по Вити-губе, Риж-губе и в предгорьях Чуна-гундры обнаружили значительный метаморфизм и даже полное окремнение отдельных, некогда несомненно известковых образований. Между тем, значительная мощность этих карельских образований по Варзуге, описанная инж. Риппасом и Н. Н. Гутковой, заставляет думать, что между ст. Титан и Варзугой будут найдены еще многочисленные линзы аналогичных образований и что такие находки не исключены и далее к востоку. Только углубленный анализ, прежде всего, стратиграфического разреза, и применение магнитометрической и гравитационной съемки позволят ответить на этот вопрос.

4. Наконец, эта свита заслуживает особого внимания по нахождению в ней углистых образований, перечисленных детально на

стр. 38. Мы уже указывали, что если где-либо на Кольском полуострове нужно реально искать остатки битуминозных пород, то почти исключительно в осадках «цветного пояса», где в районе между ст. Хибинь и ст. Апатиты мы знаем очень характерные графитовые сланцы, переходящие местами в почти чистый графит.

Значение этих находок особенно подчеркивается в последних работах П. Н. Чирвинского и совершенно справедливо его мнение о необходимости более углубленного изучения и поисков углисто-битуминозных пород как раз в этой свите, на всем ее протяжении — от оз. Имандра до рр. Паны, Варзуги, Стрельны, Пурнача и устья р. Поноя.

б. Ультраосновные интрузии. Как мы уже говорили, в эпоху карельского диастрофизма после отложения свиты «цветного пояса» на огромных площадях северной Норвегии и Кольского полуострова, а также Финляндии, произошли многочисленные интрузии ультраосновных пород, которые привели к образованию мощных горных хребтов и крупнейших скоплений медно-никелевых руд. Мы назвали этот комплекс в главе пятой Монче-комплексом, так как наибольшего своего развития он достигает в районе Монче-тундры.

Основные породы, кроме эффузивных циклов карельской эпохи, образуют по возрасту два комплекса, из которых один частично связан с периодом отложения самой карельской свиты и потому испытал на себе динамометаморфизм, а второй — с периодом посткарельских движений, положив начало как раз тем самостоятельным и не затронутым метаморфизмом массивам ультраосновной магмы, которые явились носителями мирового скопления руд меди и никеля.¹

Детальный анализ ультраосновных пород К. П. будет дан в специальном томе II «Произв. силы Кольского п-ва» в статьях В. К. Котульского, П. В. Соколова и др. (1941).

В настоящее время мы можем соединить все известные нам точки ультраосновных массивов с никелевым оруденением, причем мы получим S-образную дугу, отвечающую в общем карельским отложениям «цветного пояса», но лишь с отклонением в районе Мончи и Волчьей, так как, помимо северо-западного крыла, здесь намечается крыло западное, которое в широтном направлении через Сальную тундру связывается с Подас-тундрой на границе Финляндии. Наконец, помимо этой дуги с двойным разветвлением, мы можем указать на наличие маленьких линз аналогичного типа в северной части Кольского полуострова (Пулмас-тундра), но их геологическая природа и связь их с «цветным поясом» нам мало известны.²

Если, таким образом, мы ставим в связь с карельским диастрофизмом наиболее интересные выходы ультраосновных пород, то этим мы ни в коем случае не должны утверждать, что все ультраосновные поро-

¹ Очевидно, мы имеем на Кольском полуострове не менее трех возрастов ультраосновных пород. Пока ориентировочно мы можем наметить:

а) Древнейшие сильно метаморфизованные, почти без сульфидов. Редки.

б) Посткарельские — свиты Монче с медью и никелем. Слабое изменение в змеевики.

в) Более поздние (типа Подас-тундры), может быть, каледонского возраста, с хромом, почти без сульфидов и никеля. Сильная гидратация с образованием змеевика и метаморфизм — с образованием антофиллита. Кольцевое строение (Н. А. Курылца).

г) Герцинские, связанные с щелочными магмами — Африканда, Гремяха.

² Повидимому, эти месторождения связаны с сохранившимся здесь кусочком протерозоя «цветного пояса». Необходимы исследования оруденения, частично связанного, как в Печенге, с озмеевикованием пород.

ды Кольского полуострова укладываются в эту схему. Дело в том, что вопрос обстоит гораздо сложнее, и по мере того, как изучаются ультраосновные породы, впервые открытые Конради на Кольском полуострове в 1912 г., вырисовывается и все многообразие возрастных соотношений этих пород. Как будто мы не знаем настоящих архейских ультраосновных магматических образований, тем более, что многие из них должны были в ходе метаморфизма превратиться в амфиболиты или в пироксениты.

Однако и в «цветном поясе» змеевиковый пояс Подас-тундры, может быть, относится не к протерозою, а имеет более поздний возраст и связан с древним палеозоем. Наконец, по всей вероятности, оливинитовые массивы и оливино-пироксенитовые породы Хабозера и Африканды имеют еще более молодой возраст и связаны с герцинским периодом диастрофизма.

Таким образом, мы должны признать недостаточность наших знаний об ультраосновных породах, их распространении и генетических соотношениях. А между тем, чем дальше изучается природа Кольского полуострова, тем все определеннее вырисовывается огромное значение этих пород в деле минерализации и накопления железа, меди, никеля, кобальта, платиновых металлов, серы и селена. Поэтому проблема ультраосновных пород должна быть поставлена как одна из задач ближайшей исследовательской работы. К тому же, за последнее время в работах американца Г. Ф. Гесса, частью напечатанных в трудах Международного конгресса в Москве (том 2, стр. 279, 1939 г.), указывается, что интрузии ультраосновных пород вообще на территории земного шара следуют строго определенным закономерностям. Г. Гесс связывает образование перидотитов и серпентинитов с прогибами земной коры и с первыми фазами выделения магматических пород в геосинклиналях, за которыми обычно следуют интрузии гранодиоритов и гранитов. По его мнению, оливиновые пояса мира, это — структурные оси, имеющие большое протяжение, никогда не ограничивающиеся отдельными куполовидными образованиями, всегда связанные с ранними стадиями глубинных процессов геосинклиналей. Прекрасным примером такой структурной оси являются оливинитовый пояс Урала, знаменитый пояс Саян и Танна-Тувы и др.

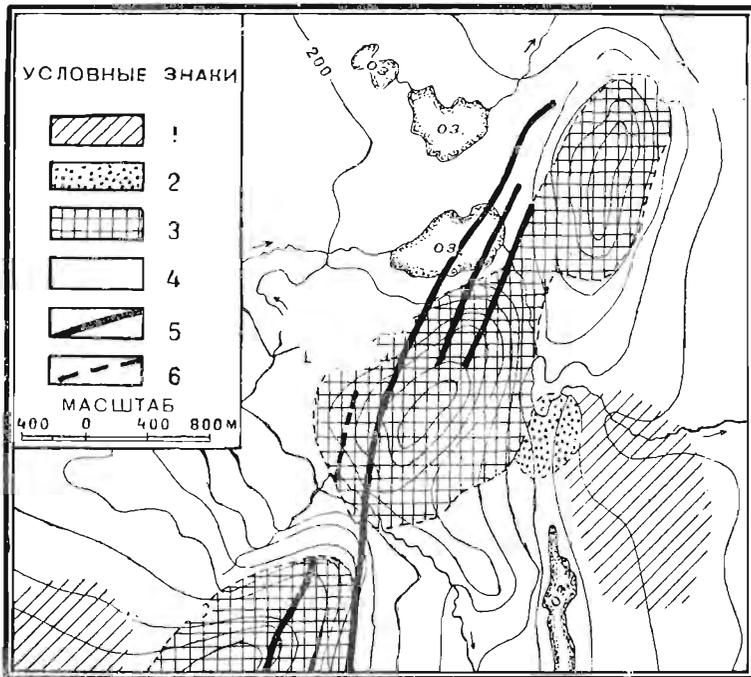
Исходя из этих интересных идей, «цветной поясе» Кольского полуострова вырисовывается, как очень важная тектоническая ось прогиба, чему действительно отвечают и наши современные представления о строении этой части Фенноскандинавского массива.

Для того чтобы дальше сделать ряд выводов большого теоретического и практического значения, дадим вкратце характеристику наиболее изученного района Монче-комплекса, именно рудничного района Монче-тундры, прекрасно освещенного за последние годы многими сотнями буровых, а также новыми геологическими исследованиями. Дальнейшее изложение мы дадим вкратце по сводке В. К. Котульского, подготовленной им к Международному геологическому конгрессу 1937 г.

Помимо главного габбрового хребта Монче-тундры, имеющего северо-западное простирание, в районе Монче-озера и Монче-губы привлекают внимание предгорья главного хребта, занятого рядом вершин, частью покрытых лесом. Сюда относятся горы Ниттис, Кумужья варака и Травяная варака, а также две вершины, лишенные леса, — Сопчуйвенч и Нюдауйвенч. Массивы Ниттиса, Кумужьей и Травяной представляют собой одно геологическое целое, причем вершины первых двух сложены пироксенитами, которые внизу обогащаются оливинитом и

переходят сначала в оливинные пироксениты и затем — в перидотиты, со слабым наклоном всех пород на восток. Эти породы пересекаются более молодыми жилами, среди которых отмечаются жилы перидотита (хронологически тесно связанные с самой интрузией) и значительно более молодые жилы габбро-диабазовых и кварцевых порфиров.

Вся эта система оливинно-пироксенитовых пород, как показали буровые, лежит на диорито-гнейсах, причем между ними и ультраосновны-



Фиг. 15. Геологическая схема ультраосновных интрузий Мончегундры (по В. К. Котульскому). В этой схеме частично вырисовывается поворот жильного поля на южном продолжении жил—сначала к югу, а затем к юго-востоку.

1 — биотитовые гнейсы; 2 — гиперстеново-кордиеритовые роговики; 3 — пироксениты и перидотиты; 4 — четвертичные отложения; 5 — сульфидные жилы; 6 — магнетитовые жилы.

ми породами обнаружены переходы через оливинные пироксениты к кварцево-биотитовым норитам, которые можно рассматривать как некоторого рода реакционную кайму. Биотитовые гнейсы в глубине сменяются кордиеритовыми гнейсами древнего свиния. Однако местами между ними внедряются нориты разного типа.

Интересно, что в нижней зоне ультраосновных пород, а также в переходных пироксенитах и реакционных норитах встречаются сульфидные вкрапленности, которые частично проникают и в подстилающие гнейсы, но там заметно беднеют никелем и медью.

Несколько иной характер носит массив Сопчуайвенча. В основном он сложен пироксенитами и бронзититами. Однако под ними скважины встретили оливинные пироксениты, чем обнаружили, что в общем строении Сопчи имеет большое сходство со строением Кумужей. В глубинах так же, как в Кумужей, скважины вошли в кордиеритовые диорито-гнейсы. Самый массив пересекается как бы отдельными пластами перидотитов и оливинных пироксенитов, которые, как правило,

содержат вкрапленность сульфидов и несколько напоминают «риффы» комплекса Бушвельд. Таких пластов, как известно, несколько — с разным, но в общем невысоким содержанием сульфидов. Однако ценность их заключается в постоянстве руды и в возможности ее массовой добычи.

Встреченная при бурении здесь же небольшая жилка, или шпир хромита не имеет общего распространения.

Что касается строения Ньюдауйвенча, на который в свое время возлагали много надежд, то оно отличается исключительно большой сложностью. Здесь наиболее распространенной породой является норит. Под ним залегает так называемый «критический горизонт», к которому приурочены шпире сплошных сульфидов, окруженные вкрапленностью сульфидов же.

Интересно отметить, что ядро этих шпире состоит из богатого никелем пирротина. К периферии увеличивается количество халькопирита и магнетита. Иногда сульфиды как бы выжаты в трещины. Однако никаких подводящих протоков или каналов к этим линзам найдено не было. Под «критическим горизонтом» залегают снова нориты, в которых имеются отдельные горизонты с вкрапленностью сульфидов, но в общем не постоянные.

Что касается контактов массива Ньюдауйвенча, то они весьма сложны и мало изучены. Интересно, что в этих контактах встретились только-хлоритовые породы, а также кварцевые жилы с вкрапленностью халькопирита, с малым содержанием никеля, и магнетитовые жилки, до сих пор не изученные.

К этой геологической характеристике мы можем добавить и ниже следующее краткое описание рудных полей, составленное, главным образом, по данным Н. С. Зонтова и И. Н. Чиркова.

Как видно уже из предыдущего изложения, мы имеем дело в комплексе Мончи с 5 типами рудных процессов, из которых каждый обладает своими специфическими свойствами:

1. **Донные залежи**, связанные с придонными частями массива Кумужьей и, вероятно, Нитгиса. В состав руды входят минералы слагающей породы реакционной каймы. Сами рудные соединения составляют небольшой процент и представлены пирротином, пентландитом и халькопиритом, рассеянными в виде мелких агрегатов в промежутках между силикатами, как последний продукт кристаллизации. В общем наблюдается неравномерное распределение сульфидов в донной залежи. С глубиной по падению залежь обогащается сульфидами, и оруденение становится более равномерным.

Примерно аналогичными свойствами обладает и донная залежь Сопчи, которая, однако, констатирована с крутым падением лишь у северного контакта, и в ней с глубиной содержание сульфидов повышается. Но промышленное оруденение приурочено к значительно более низким отметкам, чем на Кумужьей.

2. **Рудные жилы**. Нет никакого сомнения, что это самый интересный и важный промышленный тип, на котором, по существу, в настоящее время работает рудник. Это — коренные сульфидные жилы. Для них характерны очень крутые углы падения и несколько неправильное столбообразное и четкообразное строение при очень большом протяжении, определяемом километрами; интересно местное заполнение рудой тектонических «камер».

Замечательна внешняя характеристика жил, состоящих сплошь из рудных минералов, почти без всякой примеси жильных минералов, с очень резкими контактами с вмещающими породами. Изредка на кон-

тактах — тонкие кальцитовые прослойки или слабая хлоритизация и ничтожное отапливание. Само рудное тело лишено каких-либо полостей. Оно сплошь состоит из высокопроцентного агрегата пирротина, пентландита, халькопирита, магнетита и других более редких минералов, изученных Кольской базой Академии Наук (см. фиг. 16).

№ п/п	Минералы	Позднемагмат. фаза	Эпимагматич. фаза	Гипергенные образования
1	Магнетит	—	—	—
2	Ильменит	—	—	—
3	Пирротин	—	—	—
4	Пентландит	—	—	—
5	Халькопирит	—	—	—
6	Кубанит	—	—	—
7	Валлерит	—	—	—
8	Сфалерит	—	—	—
9	Неизв. дел. мин.	—	—	—
10	Оливин + пироксен.	—	—	—
11	Вторичные гидросиликаты	—	—	—
12	Пирит	—	—	—
13	Магнетит	—	—	—
Зона окисления				
1	Лимонит	—	—	—
2	Самородная медь	—	—	—
3	Куприт	—	—	—
4	Малахит	—	—	—
5	Хризоколл	—	—	—
6	Моренозит	—	—	—
Зона цементации				
1	Марказит	—	—	—
2	Бравойт	—	—	—
3	Вторичный мин. по бравоиту	—	—	—
4	Неизв. Ni мин. по пирротину	—	—	—
5	Вторичный мин. по кубаниту	—	—	—
6	Ковеллин	—	—	—
7	Халькозин	—	—	—

Фиг. 16. Таблица минералов и последовательность их выпадения в рудных жилах Мончи (из И. Н. Чиркова, 1939).

Эндеогенные		Экзогенные	
Минералы	Химическая формула	Минералы	Химическая формула
Магнетит (I, II)	Fe_3O_4	Лимонит	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$
Ильменит	$FeTiO_3$	Самородная медь	Cu
Пирротин	FeS	Куприт	Cu_2O
Пентландит (1, 2, 8)	(Fe, Ni) S	Малахит	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$
Халькопирит	$CuFeS_2$	Хризоколл	$CuSiO_3 \cdot nH_2O$
Кубанит	$Cu_2Fe_4S_7$	Моренозит	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$
Валлерит	$Cu_2Fe_4S_7$ или	Марказит	FeS_2
Сфалерит	ZnS	Мельниковит — пирит (мельниковит — марказит)	FeS_2
Неизвестный платиновый минерал (?)	—	Бравойт	(Fe, Ni)S
Пирит	FeS_2	Второй минерал по бравоиту	—
		Неизвестный медный минерал по пирротину	—
		Второй минерал по кубаниту	—
		Ковеллин	Cu_2S
		Халькозин	Cu_2S

Преобладающими минералами в рудах в порядке выделения их являются: магнетит, составляющий до 10% объема рудной массы, пирротин — до 75%, пентландит — 7—8%, халькопирит — 6—7%. Осталь-

ные минералы встречаются в очень незначительных количествах. Отдельные минералы, как показало минераграфическое изучение, кристаллизовались последовательно. Отношение Ni : Cu (в среднем) 2 : 1, для Ni : Co—25 : 1.

Любопытно отметить, что наблюдается довольно резкая дифференциация, причем иногда встречаются жилы чисто пирротиновые, иногда чисто халькопиритовые. Имеются магнетитовые жильные образования. Наконец, в отдельных участках встречены чистые скопления богатейшего пентландита (с содержанием в минерале Ni до 35%). С поверхности сульфидные жилы окислены до глубины 13—15 м. Имеется и небольшая зона сажистых руд с мощностью всего лишь 20—30 см, с обычными промежуточными свойствами.

3. Третий тип — рудные оливиновые пироксениты Сопчи образуют ясный, отчетливый горизонт, залегающий мульдобразно, со слабым падением внутрь массива на 10—12°. Рудные минералы (пирротин, пентландит и халькопирит) рассеяны в породе в виде тонкой вкрапленности, заполняющей промежутки между силикатами.

Распределение сульфидов в общем равномерное. Наблюдается обеднение с запада на восток, так что выходы пласта на восточном склоне содержат сульфиды в незначительных количествах. Часть никеля находится в оливине и в силикатах. Среднее содержание невысокое, но общий запас и постоянство руды очень значительны.

4. Тип четвертый — горизонт рудных оливиновых норитов Ньюдайвенча. Этот горизонт обогащен вкрапленностью сульфидов. Распределение последних неравномерное.

5. Тип пятый — шпировые руды и критический горизонт Ньюдайвенча. Оруденение неправильное. Помимо обычных трех вышеупомянутых минералов, наблюдается пирит и магнетит. Никель незначительно преобладает над медью. Общего значения этот тип не имеет.

Анализируя таким образом месторождения комплекса Мончи, мы можем сделать целый ряд выводов и наметить ряд проблем для дальнейшего их изучения.

С одной стороны, совершенно обособленными (и генетически и промышленно) являются отдельные горизонты бедных, рассеянных руд. На Сопче они изучены в достаточной степени детально как с точки зрения их залегания, благодаря обилию пересекающих их скважин, так и геологически (В. К. Котульский), минералогически и технологически (К. Ф. Белоглазов). Эти бедные руды, повидимому, являются первичными образованиями магматических расплавов и в точности отвечают по своему проценту тому низкому содержанию сульфидов, которое удерживается в основной магме, согласно теории И. Фохта. Поэтому даже трудно ожидать нахождения более богатых горизонтов первичных магматических руд. С этим типом руды мы встречаемся и в других месторождениях «цветного пояса». В них никель всегда резко преобладает над медью. Небольшое количество хрома сопровождает кристаллы титаномагнетита. Часть никеля в этом типе всегда связана с силикатами, причем, однако, и в этом случае никель не всегда входит в состав решетки силиката, а в большинстве случаев образует рассеянные в нем мельчайшие включения сульфида. Общий запас этих руд и сравнительно легкая их обогащаемость создают, несомненно, крупный резерв для медно-никелевой промышленности Кольского полуострова. Но нельзя отрицать и ряд очень серьезных дефектов этих руд — бедность среднего содержания и трудность помола при обогащении.

Второй тип — донные залежи — изучен пока еще недостаточно. Имеющиеся данные заставляют обратить на него самое серьезное внимание.

Нет никакого сомнения, что он во многих отношениях напоминает нам доменные залежи аналогичного месторождения в Южной Африке — Грикуаланда. Несмотря на большую глубину (что является минусом и для эксплуатации), на этот тип месторождения должно быть обращено серьезное внимание. Есть полное основание думать, что здесь мы встретим довольно крупные скопления руд, особенно в более глубоких частях нижнего контакта.

Наибольший интерес, несомненно, связан с рудными жилами. Открытие рудных жил совершенно изменило перспективу дальнейшего развития медно-никелевого дела на Кольском полуострове, позволило сразу наладить производство и дало крупный промышленный эффект.

Поразительная чистота руды, высокое содержание цветных металлов, возможность легкой отборки сплошных и чистых рудных жил, отделенных, как бы отрезанных ножом от боковой породы, — все это создало предпосылки для энергичной эксплуатации именно этого типа месторождений. Однако геологическое, минералогическое изучение в значительной степени отстало от эксплуатационных работ; отстала частично и эксплуатационная разведка, и вследствие этого мы и до сих пор не имеем еще полного ответа на целый ряд основных теоретических и практических вопросов, связанных с этими замечательными жилами, вытянутыми, как тонкие пластины, поперек Ниттис и Кумужьей.¹ Прежде всего, в общем неизвестно протяжение этих жил к северо-востоку. Весьма вероятно, что многие из них заканчиваются на Травяной варачке так называемыми конскими хвостами, на что имеются уже указания. Однако для целого ряда жил, особенно проходящих через озерко, расположенное между Кумужьей варачкой и Травяной варачкой, требуются дальнейшие исследования. Менее всего известно протяжение этих жил на юг и их поведение в центральной и юго-западной части горы Ниттис. Есть все основания предполагать вместе с В. К. Котульским, что эти жилы продолжают тот поворот, который характерен уже в их северной части на карте и фактически как бы окаймляет Нюд-озеро и Мончегубу с востока, юга и запада.

Если это представление правильно, тогда наши жилы должны быть скрыты под наносами в районе Сопчи-озера и затем вновь обнаружиться в глубинах самой Сопчи, загибаясь все более и более — сначала прямо на юг, а потом на юго-восток. Однако с такого рода толкованием можно согласиться лишь при условии специфического представления о характере этих жил и их выклинивании по глубине. Разведочные буровые на Кумужьей и Ниттис показали, что параллелизовать жилы, обнаруженные на глубинах 500 м, с жилами, работающими на более высоких отметках, представляет большие трудности. Эти трудности могут зависеть частично от незнания тектоники, благодаря чему не всегда возможно сопоставление сброшенных частей одной и той же жилы. Но, может быть, эти трудности зависят и от другого, а именно от того, что жилы выклиниваются в обе стороны, представляют своеобразные линии разломов, закрытых и вблизи и наверху. Некоторое несомненное уточнение и даже выклинивание главных промышленных жил с глубиной установлено работами; но одновременно с этим теми же буровыми установлено и наличие в глубинах новых богатых жил, которые на поверхности неизвестны.

¹ Одной из важнейших, еще не решенных задач является вопрос о температурном интервале кристаллизации сульфидов в жилах. Надо надеяться, что детальные исследования И. Н. Чиркова и А. Г. Бетехтина разрешат эту задачу. Пока на основании имеющихся данных можно говорить о вероятном интервале в 500—700°, не выше, и лишь частично может быть ниже.

Все это показывает, что нам неясен даже механизм образования тех грешин, которые были заполнены сульфидными магмами. Неясной остается и другая сторона вопроса — изменение химизма этих жил с глубиной. Теоретически надо думать, что с глубиной будет несколько повышаться содержание никеля. Однако среди более мощных жил, открытых буровыми на глубинах, как раз указываются не никелевые жилы, а медные.

Опыт Сёдбери в Канаде показывает, что ряд глубинных дериватов как раз богат медью. Поэтому и в этом вопросе нельзя пока еще сказать веского слова по отношению к глубинам. Зато по отношению к поверхности могут быть сделаны определенные выводы. Так, несомненно, что медь мигрирует дальше и легче, чем никель, и поэтому в наиболее отдаленных от очагов частях медь будет преобладать над никелем. Действительно, халькопирит нормально осаждается после никелевого пирротина.¹ Отсюда во всех контактных месторождениях мы наблюдаем в боковых породах оруденение скорее медное, чем никелевое.²

Если эти идеи правильны, то мы должны ожидать в более отдаленных частях жил преобладания меди. Это может быть отнесено прежде всего к Травяной вараке. Частично это должно относиться и к жилам Волчьей тундры, причем там мы можем даже говорить о возможности нахождения и следующих комплексов, богатых медью, серебром и кобальтом (см. об этом стр. 150).³

Наконец, что касается разных типов рудных образований Ньюдайвенча, то здесь мы имеем достаточно сложную картину, разгадать которую во всех деталях пока трудно; но все же, анализируя систему в целом, мы не можем думать, что месторождения медно-никелевых руд ограничиваются тремя указанными выше основными промышленными типами: рассеянными рудами отдельных горизонтов, донной залежью и богатыми рудными жилами. Мы попрежнему, повторяя свои первые выводы исследования 1930 г., считаем, что условия для обогащения сульфидов должны были создаваться также по контактам в наружной зоне ультраосновных массивов.⁴ Мы попрежнему считаем нужным, по аналогии с массивами Норвегии, ожидать накопления сульфидов в самих контактных зонах. Некоторые указания в этом направлении дают нам и месторождения Петсамо и Норвегии и некоторая часть контактов Ньюдайвенча.

Приведенные выше соображения основываются на сравнительном анализе месторождений Мончи и других медно-никелевых месторождений всего мира. Любопытно, что Монча обладает рядом сходных черт с Сёдбери, с одной стороны, с Норвегией — с другой. Однако ряд моментов создает довольно резкое различие между этими типами. Наибольшее сходство, конечно, наблюдается с месторождением Южной Африки в Грикуаланде, прекрасно изученным в 1937 г. в лаборатории П. Ниггли, в Цюрихе (L. Scholtz).

Все эти положения соответственным образом применимы и к другим массивам ультраосновных пород Кельского полуострова. В некоторых из них наблюдается полная аналогия с указанными типами (Федорова

¹ Интересно, что в Грикуаланде платиноиды растут с увеличением содержания меди.

² В этих же условиях возможны поиски сульванита Cu_3VS_4 с высоким содержанием пятиокси ванадия.

³ В Волчьей тундре действительно чистый пирротин местами преобладает над вентландитом. И. Н. Чирковым установлен и пирит (марказит?) с несколько повышенным содержанием кобальта (до 1%).

⁴ В этом отношении очень показательна Сильная тундра, где в контакте с гнейсом (до 1 м) отмечается накопление сульфидов.

тундра),¹ при отсутствии, однако, жильного типа, в других (как например, в Подас-тундре) мы скорее наблюдаем сходство с месторождением Печенги, где процесс накопления руд связан с обильным превращением ультраосновных пород в змеевики. Во всяком случае, вся геохимическая характеристика Монче-комплекса, данная нами и освещенная в предыдущей главе (стр. 139), позволяет уже сейчас сделать ряд прогнозов о дальнейшей судьбе медно-никелевой промышленности. Грандиозность цветного комплекса, постоянные новые открытия отдельных никелевых точек позволяют говорить о крупном масштабе самих процессов накопления меди и никеля и вместе с тем намечают и вопросы распределения отдельных элементов этого комплекса — никеля, меди, железа, кобальта, палладия, может быть, серебра, золота, а также селена и ожидаемого нами теллура.

Специальная конференция Кольской базы летом 1939 г. пришла в Мончегорске к следующим выводам:

Исходя из убеждения, что перспективы Мончегорского района еще далеко не исчерпываются выявленными запасами богатых руд, необходимо вести дальнейшие поисковые и разведочные работы в следующих направлениях:

А. Прослеживание рудных жил по простирацию как на север — в направлении магнитной аномалии севернее Травяной, так и на юг — по южному склону Ниттиса, включая также и массив Сопчи.

Б. Разведка жил на глубине, т. е. в донной части плутона и ниже дна, где возможны иные типы богатых месторождений сульфидных руд (по аналогии с Грикуаланд).

В. Развитие разведочных работ вкрест простираия.

Г. Поиски сульфидных месторождений в габбровом массиве Мончегорского района и в прилегающей части свиты Имандра—Варзуга.

Д. Расшифровка магнитной аномалии к северо-западу от Ниттиса до Ярва-вараки.

III. ГЕОХИМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «СВИТЫ КЕЙВ»²

В главе третьей при описании самого кианита мы привели главные характерные черты замечательного комплекса Кейв, тесно переплетающегося в своей геологической и геохимической истории с щелочными массивами восточной части Кольского полуострова. Мы там уже указывали, что в горах Кейв имеем замечательную свиту (повидимому, протерозойского возраста) отложений, следующих в определенной последовательности, начиная с биотитовых гнейсов в основании и кончая песчанисто-известковыми толщами в верхней (по преимуществу западной) части Кейв. Интересно при этом отметить, что современные возвышенности отвечают синклиналям, а депрессии — антиклинальным поднятиям, разделяющим два синклинория. При этом наблюдается замечательная закономерность: в районах наибольшего погружения складок залегают мусковитовые сланцы и мусковитовые кварциты нижней серии, в антиклиналях же залегают кианиты и кианит-ставролитовые породы, которые благодаря своей большей стойкости не выветриваются, чем облегчаются их поиски и эксплуатация открытыми работами.

Геохимия всей этой свиты еще совершенно не ясна. Неясными являются и те сложные процессы метаморфизации, которые привели к образованию этой мощной свиты пород. Достаточно указать, что, по данным Л. Я. Харитоновой, у селения Каневка вся эта свита имеет

¹ Федорова тундра пока не оправдала надежд.

² См. сборник Ленингр. геол. управл., 1940, № 5, «Большие Кейвы».

мощность более чем 250 м. Повидимому, справедливо мнение исследователей этого района П. В. Соколова, Н. А. Кумани (1937), Л. Я. Харитоновна (1938), П. А. Борисова (1933—1939), что мы имеем здесь дело с протерозойскими отложениями песчано-глинистых пород, которые в течение дальнейшей истории несколько раз были перекристаллизованы. Начало этим процессам положили сланцы с андалузитом и хиастолитом, затем, под влиянием высокого давления, они преобразовались в кианитовые сланцы, благодаря чему и встречаются параморфозы кианита по хиастолиту. Правда, в отдельных частях первая фаза андалутизации пород отсутствует. Однако образованием кианита не окончился ход геохимических процессов. Внедрение щелочных гранитов вызвало новую щелочную и кварцевую метаморфизацию, что коснулось преимущественно нижней гнейсовой толщи свиты, лишь слабо задев продуктивную толщу с кианитом, замещая ее частично слюдой — мусковитом. Тем не менее, влияние внедрения позднейших щелочных гранитов оказалось необычайно сложным, и мы в районах самых западных частей свиты Кейв встречаем ряд ореолов вокруг гранитов, с мощным образованием пегматитовых жил, инфильтрацией кварца и возникновением целых «кварцевых массивов» и жильных выделений. Ход миграции отдельных элементов нам не вполне ясен, но если мы примем, что в первичной толще мы имели минералы глинистого состава, то при первой фазе метаморфизма они должны были дать примерно 70% андалузита и 25% кварца; к этому кварцу надо еще прибавить первичный кварц самой песчаноглинистой толщи. Что произошло с этим кварцем избыточного характера с момента образования андалузита, недостаточно ясно. Весьма вероятно, что он оставался на месте, образуя кварц-андалузитовые и позднее кварц-кианитовые комплексы. Таким образом, под действием высокого давления и относительно высокой температуры шел сначала распад глины на андалузит и кварц: в областях более повышенного давления андалузит превращался в кианит; в районах особо повышенного стресса при температурах, еще более высоких образовывалась зона силлиманита. С этой точки зрения возможно объяснить образование силлиманитов на север от Ловозерских тундр как раз воздействием Ловозерского плутона на ранее образовавшиеся андалузитовые или кианитовые породы.

Что касается самого воздействия щелочных гранитов на свиту Кейв, то здесь, повидимому, мы имеем два основных процесса, которые с практической точки зрения весьма важны: с одной стороны, некоторую гранитизацию этой свиты и внедрение щелочных растворов с преобразованием нижних толщ кианита в мусковит; с другой — огромное окварцевание. При этом, нужно думать, что этот процесс был связан не только с выносом кварца из самих щелочногранитных частей, — что менее вероятно, — но и приурочен к миграции того избыточного кварца, который присутствует во всех свитах как продукт отщепления при распаде каолинового ядра. Во всяком случае, перед нами стоит большой важности проблема изучения взаимоотношений свиты Кейв и щелочных гранитов, и здесь мы ждем ряда исключительно интересных образований, в виде обильной и своеобразной миграции ядра элементов гранитных магм (о последних см. подробнее в разделе, посвященном геохимии гранитных магм, стр. 171).

IV. ГЕОХИМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ГРАНИТОВ

Мы уже частично, описывая комплекс архейских гнейсов и сланцев, указывали на большое значение интрузий саамских и позднейших гранитов при гранитизации древних кристаллических свит. Нет ника-

кого сомнения, что проблема гранитов Кольского полуострова, так же как и соседних Карело-Финской республики и Финляндии представляет исключительную важность и остроту, так как в основном стратиграфия древних кристаллических свит в значительной степени строится на взаимоотношении возрастов гранитов разных типов и разных периодов диастрофизма. В настоящее время исследователи Кольского полуострова Б. М. Куплетский и А. А. Полканов выделяют пять главных типов гранитных интрузий, которые можно условно свести к следующей таблице:

I. Олигоклазовые граниты и гранодиориты. По существу, это — гранито-гнейсы и мигматиты древней архейской свиты. Это по преимуществу серые (зеленоватые) породы, частично богатые олигоклазом, переходящие, с одной стороны, в типичные мигматиты пегматитового характера, с другой — в типичные олигоклазовые гранодиориты (гнейсо-диориты), причем, в сущности, настоящие граниты здесь сравнительно редки, и, согласно данным Н. Г. Судовикова, они необычайно тесно переплетаются с самим мигматическим процессом.

II. Далее следуют калиевые постархейские граниты второй фазы саамского диастрофизма. Это розовые микроклин-граниты, вернее также гнейсо-граниты, гранито-гнейсы, мигматиты; очень часто они влетаются (мигматизируют) в олигоклазовые граниты первой группы, и разделение их в поле является довольно трудным (например, на восточном Мурмане). Сюда относятся розовые микроклин-граниты восточного Мурмана, районов Варзуги, Сергозера, а также граниты и гранито-гнейсы Ионы, Ковдоры и верховой Гирваса и ряда других мест. Как и с первыми гранитами, с ними тесно связаны характерные пегматиты, богатые или плагиоклазом или микроклин-пертитом, причем лучшие слюдяные месторождения приурочены как раз к этим гранитам (Иона, Стрельна). Сюда относятся как массивные разности (собственно гранитная фация), так и типично гнейсовые (гнейсо-граниты); первые по возрасту несколько моложе, особенно в порфириовидных разностях северо-восточного Мурмана.

III. К карельским и посткарельским приходится относить микроклин-овые граниты второй генерации. Это также микроклин-овые граниты и гранито-гнейсы, причем взаимоотношения этих пород с предыдущим типом не всегда удается установить.

IV. Рапакивиобразные и порфириовидные граниты. Эта группа типичных посткарельских гранитов довольно резко отличается от всех предыдущих. В основном — это дискордантные массивы настоящего гранитного типа, частью с красивой порфириовидной структурой, лишенные (или почти лишенные) гнейсовидности, в большинстве случаев характеризующиеся довольно резким контактом с окружающим их древним комплексом. Сюда относятся такие прекрасные строительные и декоративные граниты, как граниты фиорда Ара-Поррьяс, граниты Варзуги и Умбозера. В работах В. А. Токарева проводится мысль о том, что именно с этим типом гранитов в районе Умбы связаны рудные полиметаллические жилы, причем он даже устанавливает определенные концентры этих жил разной минерализации вокруг умбинского массива. Эта очень заманчивая и интересная идея до сих пор не проверена; между тем, и с общегеологической и с практической точки зрения она представляет очень большой интерес. В то время как граниты первых трех генераций в общем относительно бедны соединениями фтора, для гранитов посткарельских мы должны констатировать несколько повышенное содержание этого элемента, а также ряд и других летучих химических элементов, показывающих, что мы имеем

дело с несомненно более поздней интрузией, накопившей в себе более значительные количества подкоровых летучих компонентов.

V. Щелочные граниты. Совершенно исключительный интерес связан с щелочными гранитами, возраст которых приурочивается или к каледонским, а вернее всего, — к герцинским движениям.¹ Щелочные граниты оказываются гораздо более распространенными на территории Кольского полуострова, чем это раньше предполагалось, и в настоящее время выясняется их широкое распространение как на северо-западе, так и на юге и особенно на востоке. На западе Б. А. Поповым и А. А. Полкановым отмечался щелочной гранит между фиордами Лица и Титовка, связанный с типичным нефелиновым плутоном Чаквуайв. В этой же западной части известна значительная область щелочных гранитов, богатых энigmatитом и эгирином, которая установлена на тундре Гремяхе, в среднем течении Туломы. Наконец, и в южном районе намечается ряд пород, в районе Умбы, напоминающих щелочные граниты востока.² Однако главное поле щелочных гранитов связано с центральной частью полуострова, где наметилась огромная область, примерно 4400—4500 км², тянущаяся к востоку и разделенная свитой Кейв на ряд отдельных полей и выходов. Эти розовые или светложелтые граниты отличаются своеобразной флюидально-гнейсовидной структурой. Однако эта гнейсовидность не является результатом позднейшего метаморфизма, что было доказано рядом исследований. Щелочные граниты прорезаны в разных направлениях многочисленными жилами кварца и пегматитов, в особенности в их контактных зонах. По отношению к проблеме полезных ископаемых эти граниты представляют область еще очень мало изученную, но намечающую собой ряд новых ценных открытий. Так, в самом граните и его пегматитах уже известны находки горного хрусталя (морион), циркона, флюорита. По общему типу генезиса мы ждем еще оловянного камня. Как в самом граните, так особенно в его контактной зоне мы ждем монацита и частично ксенотима, в контактах с известковой частью Кейв — шеелита. В контактной зоне пегматитов уже сейчас известны прекрасный поделочный амазонит, керамический полевой шпат, слюда — мусковит, кварц, обильный флюорит, берилл, ильменит, повидимому, также молибденит, вольфрамит и касситерит, вероятно еще криолит. В кварцевых жилах контактных зон наблюдаются своеобразные скопления арфведсонита, минерала из группы астрофиллита и титаномagnetита, т. е. комбинация, несомненно, напоминающая контактные зоны умптекита Хибинских тундр. Наконец, во внешних зонах контактов мы наблюдаем мощные скопления граната, флюорита, мелкокристаллического мусковита, андалузита и графита.

Наиболее крупные и наиболее интересные месторождения этого типа описаны нами в главах, посвященных гранату и мусковиту; сюда относятся в первую очередь районы оз. Сейявра, Белой тундры, Урмарараки и верховий р. Стрельны. Своеобразие этих гранитных интрузий, их исключительная мощность и дифференциация в краевых частях позволяет ставить вопрос о нахождении здесь крупных месторождений двух наиболее вероятных минеральных комплексов, свойственных этому типу горных пород. С одной стороны, как раз в этих условиях зале-

¹ Вероятно, небольшая часть щелочных гранитов более древнего возраста (например, района р. Умбы и Горьей губы).

² На новой миллионной геологической карте мы схематически подсчитываем для щелочных гранитов и сиенитов 10 полей щелочных гранитов в северо-западной полосе (площадь в 170—180 км²); 20 полей в восточн. и центр. частях (площ. в 4400 км²) и 6 главных полей в южной (площ. 120—140 км²).

гают месторождения криолита в знаменитом Ивигтуте в Гренландии; в некоторую связь с аналогичной геохимической обстановкой можно поставить месторождения магнетитовых руд Кирунаваары. Во всяком случае, необходимо самое детальное исследование всего этого района путем применения методов магнитометрии, частью воздушной, и радиологии. Необходимо систематическое шливовое обследование всего района щелочных гранитов Кейв и детальное изучение аксессуарных минералов.

Общее заключение. Таким образом мы видим, что щелочные граниты Кейв как бы продолжают намеченный нами процесс перехода от менее минерализованной гранитной магмы к более минерализованной. Этим подтверждается идея Седергольма, который указывал, что, анализируя ряд гранитов в последовательности их возрастов, он устанавливает несомненное обогащение поздних гранитов летучими компонентами и в частности увеличение в них среднего содержания урана и тория. Если даже эта последняя мысль как будто не подтверждается исследованиями Радиевого института Академии Наук, то все же мы не можем не отметить общей геохимической тенденции минерализации гранитных магм Фенноскандии.

Граниты Кольского полуострова и их минерализация нуждаются в детальном и всестороннем обследовании.¹

V. ЩЕЛОЧНОЙ КОМПЛЕКС

Необходимо прежде всего подчеркнуть совершенно исключительную теоретическую и практическую роль щелочных комплексов Кольского полуострова. Именно они сыграли ведущую роль в превращении этой окраины в промышленный центр, и до настоящего времени самые крупные, самые важные объекты горной промышленности так или иначе геохимически и генетически тесно связаны со щелочными магмами и их дериватами.

Достаточно привести лишь следующий небольшой список этих образований, чтобы доказать правильность этой идеи:

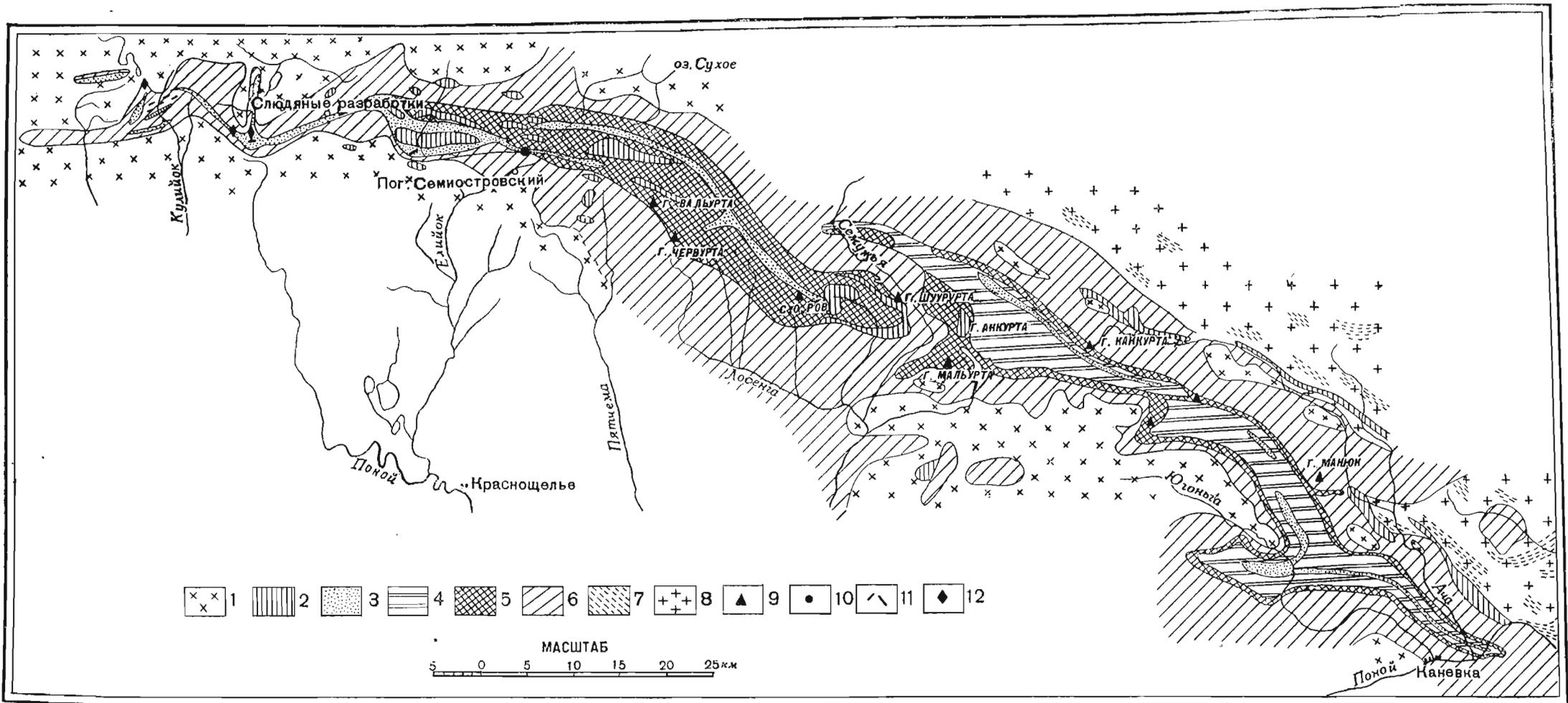
Иона — магнетит, апатит,
Африканда — кнопит и титаномагнетит,
Хабозеро — оливинит, титаномагнетит,
Рырмес-тундра — титаномагнетит,
Турий мыс — флюорит,
Ловозерские тундры — лопарит и эвдиалит, (виллиомит),
Хибинские тундры — апатит, нефелин, титаномагнетит,
ловчоррит, титанит и др.

Если мы сюда отнесем еще так или иначе связанные со щелочными магмами многочисленные полезные ископаемые щелочных гранитов и их контактов, то убедимся, что по существу огромный цикл важнейших объектов связан именно со щелочными магмами.

С другой стороны, с теоретической точки зрения проблемы щелочных магм нигде не могут быть поставлены с такой глубиной и широтой, как именно на Кольском полуострове, ибо именно здесь мы наблюдаем совершенно исключительное многообразие и разнообразие щелочных пород, начиная от типичных нефелиновых сиенитов, до щелочных гранитов и щелочных сиенитов.

Достаточно привести нижеследующие цифры: для пород нефелино-сиенитовых магм и их дериватов мы знаем пока 20 более крупных вы-

¹ Вероятно, при этом будет разрешен и спор о генезисе гранитов, о процессах гранитизации и т. д. Ср. идеи О. Баклунда и Н. Магнусона (1938—1939).

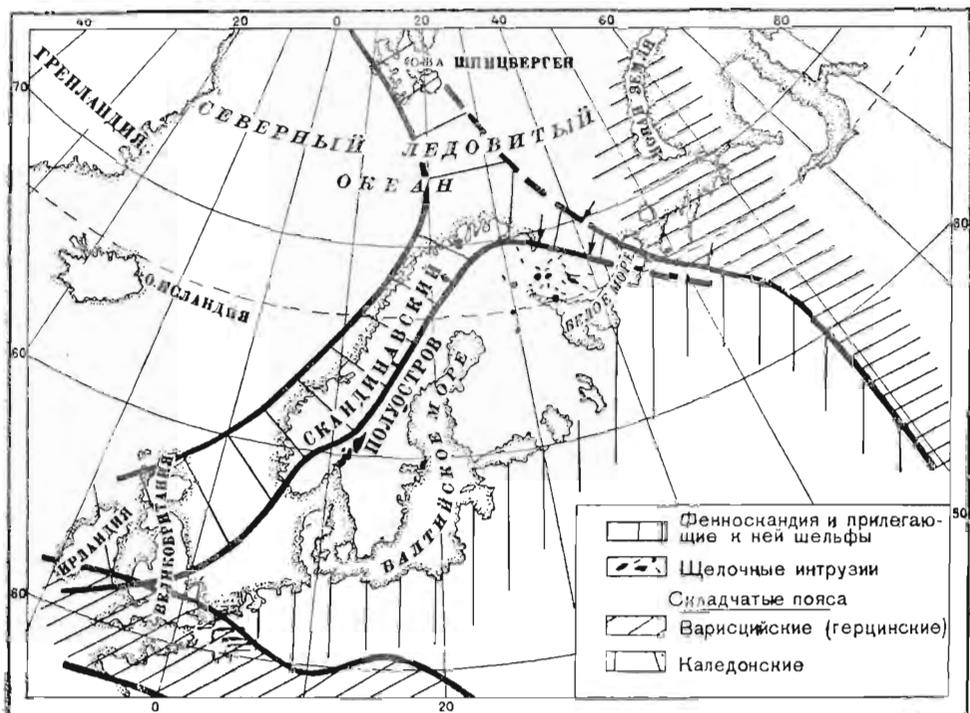


Фиг. 17. Геологическая карта кейвской свиты (из статьи П. А. Борисова, 1940).

Составлена Л. Я. Харитоновым и С. Д. Смирновым по материалам 1933—1939 гг. и геологов ЛГУ П. В. Соколова, Т. Л. Никольской, М. Д. Вагановой, Л. Я. Харитонova и Ю. С. Неуструева.

1 — щелочной, гранит; 2 — осадочные породы; 3 — кварц-мусковитовые сланцы; 4 — кианит-мусковито-ставролитовые сланцы; 5 — кианитсодержащие сланцы (без расчленения на «продуктивный» горизонт и сланцы со ставролитом); 6 — биотитовые и биотит-гранатовые гнейсы кейвской свиты; 7 — мигматиты микроклинового протерозойского (?) гранита; 8 — микроклиновый гранит, архей; 9 — месторождение кианита (в «продуктивной» толще); 10 — месторождение графита; 11 — месторождение слюды (мусковита); 12 — месторождение абразивного гравата-альмандинна.

ходов и десятки других, связанных с отдельными жилами. Для щелочных гранитов и сиенитов мы можем подсчитать по миллионной геологической карте около 40 отдельных полей и выходов; причем особенно велики суммарные площади этих пород. Так, для Хибинских и Ловозерских тундр суммарная площадь равняется почти 1900 км². Еще гораздо значительнее площадь щелочных гранитов, достигающая по подсчетам внешних выходов от 4700 до 4806 км². Эти цифры несравнимы с



Фиг. 18. Схематическая карта складчатых поясов Северной Европы (по А. А. Полканову, 1937). Щелочные интрузии нанесены грубо схематически черными пятнами. Направление каледонского движения обозначено стрелками.

цифрами ни одного крупного щелочного массива, как, например, Пилансберг в Южной Африке, Магнет-Ков в Северной Америке или щелочные массивы западной Гренландии.

Обзору геохимии и минеральных образований, связанных со щелочными гранитами, мы посвятили выше ряд строк и поэтому сейчас остановим наше внимание главным образом на нефелиновых сиенитах и их дериватах.

В согласии с данными Б. М. Куплетского и А. А. Полканова, мы можем установить и общие тектонические черты этих своеобразных образований. Все интрузии щелочных пород по существу приурочены к разломам или разрывам древних щитов. Наиболее крупные из этих разломов приурочены к границам протерозоя, который как бы в виде грабена опущен в древнейшие образования архея. Главные эти разломы, сочетаясь своими двумя главнейшими направлениями — меридиональным и северо-северо-западным, дают начало выходам глубинных магм, образующим в совокупности пояс, который можно было бы назвать центральным. Он тянется посередине Кольского полуострова; вдоль него, с северо-запада на юго-восток, к нему приурочены крупнейшие

интрузии Хибинских и Ловозерских тундр и щелочных гранитов центрального водораздела. С севера и с юга к этому главному поясу прилегают области распространения малых разломов и интрузий щелочных пород. Южная зона прослеживается от линии Гирваса и оз. Ковдора до Кандалакши и далее к Турьему полуострову. Может быть, к этой же зоне относится и замечательная полоса, расположенная севернее, следующая в том же простирании, — Африканда и Хабозеро.¹ Возраст этих интрузий определяется тем, что они, несомненно, дискордантны по отношению к докембрию, местами контактно изменяют породы верхнего девона. Отсюда с достаточной точностью датируется их наиболее вероятный возраст: первые фазы герцинского диастрофизма, т. е. примерного периода, отвечающий начальным фазам образования Урала. Радиологи определяют этот возраст приблизительно в 300 млн. лет. Конечно, этим самым датируется лишь часть указанных плутонов и главным образом — Хибинь, Луяввурт и Африканда. Однако весьма вероятно, что мы имеем дело с рядом интрузий различных возрастов.² Так, можно думать, что последовательность образования пород гораздо более сложна, чем она, например, оказывается на плутоне Гремяха — Вырмес, где интрузивная деятельность началась с комплекса габбро- и щелочных сиенитов, за которыми следовали нефелиновые сиениты и щелочные граниты.

Что эта последовательность не всюду выдерживается, видно из того, что в районе щелочных гранитов Кейв обнаружены нефелиновые сиениты, более молодые, чем граниты.

Намеченные выше 3 главных пояса дают значительно более сложную картину, чем та, которая была намечена В. С. Брёггером в 1920—1921 гг.: в своей схематической картине он проводил большой щелочной пояс по внутренней стороне каледонской дуги, но связывал с ней образования не хронологически, а скорее тектонически. Для него в то время были известны лишь большие плутоны центральных частей Кольского полуострова, Турий мыс и два главных щелочных месторождения Финляндии — Куола-Ярви и Иивара.

Сейчас картина значительно усложнилась. Пояс Брёггера загибается гораздо круче к юго-востоку в западной части Кольского полуострова. Действительно, следуя краю Каледонид и примыкая к северной границе Кольского полуострова, этот пояс разломов вновь появляется на Тимане, где в последнее время обнаружены также щелочные породы.

Таким образом, подтверждается картина, что во внешней части Каледонских цепей, в районе Кольского полуострова были вызваны, так же как и на Тимане, давлением с северо-востока подкоровые движения магмы, которые искали себе выход к земной поверхности, использовали для этого разломы и места механически и химически наиболее податливые.

Картина Брёггера сейчас сливается в единый пояс, в который закономерно ложится и Куола-Ярви с его магнетитом и известняками, и Фён с его железными рудами в Южной Норвегии, и щелочные породы Северной Шотландии.

Как было уже указано, по типу интрузий можно различить несколько различных образований. Больше всего выходов приходится на щелочные граниты, ряд точек приходится на нефелиновые и щелочные сиениты, 4 точки — на комплексные интрузии щелочных и основных

¹ Южнее мы наблюдаем полосу Куола-Ярви — Кукаозеро.

² Это же относится и к щелочным гранитам. Интересно, однако, что возраст Ловозерских тундр одинаков с Хибинями — около 270—300 млн. лет.

пород. Наконец, большое количество точек приходится на жилные месторождения щелочных и полущелочных пород.

Нет никакого сомнения, однако, что те точки, которые указываются пока на геологической карте, являются лишь небольшой частью тех многочисленных прорывов, которые ломали и нарушали единство древнего кристаллического щита.

Характеристику центрального пояса мы даем по отдельным большим массивам в нижеследующих специальных главах. Щелочные граниты описаны выше (стр. 171). Нам нужно кратко остановиться на характеристике двух боковых поясов — северного и южного

А. СЕВЕРНЫЙ И ЮЖНЫЙ ПОЯСА

Северный пояс характеризуется рядом небольших жил в районе Харловки (Пухозеро и Контозеро), не представляющих большого интереса. Небольшой массив между Титовкой и Лицей детально описан А. А. Полкановым. Чагве-Уайв (А. А. Полканов, 1938) также не представляет какого-нибудь интереса. Наиболее важным в этой системе массивом является массив Вырмес-Гремяха, который в общем изучен очень детально в большой заканчиваемой опубликованием монографии А. А. Полканова. Для нас в этом массиве наиболее интересна, с одной стороны, последовательность кристаллизации пород — от более основных к более кислым, — и с другой — накопление титаномагнетита, достигающее довольно значительных количеств в отдельных частях массива (до 70—80%).¹

Как мы уже говорили, северный пояс, таким образом, в общем дает пока мало интересных практических данных.

Гораздо интереснее пояс южный, к которому относятся самые важные минеральные образования Кольского полуострова и в отношении которого мы ожидаем еще очень крупных открытий. В противоположность главному поясу здесь имеются преимущественно небольшие щелочные образования, начиная с отдельных жил щелочных пород, встречаемых в большом количестве по р. Ниве, а в своих эффузивных фациях по р. Умбе. Однако главный интерес связан с протыканием древних свит в местах их наименьшей устойчивости. Мы думаем, что еще западнее р. Ковдоры, в верховьях р. Ноты будут открыты те нефелиновые сиениты, о которых писал Ш. Рабо. Далее к востоку следуют железорудные месторождения Ковдоры — Ионы, которые, по данным магнитной съемки, очевидно, протягиваются довольно далеко на восток под ледниковым покровом.

Открытие своеобразных конгломератов с обильной галькой из известняка и магнетита на Телячем острове, около Кандалакши, показывает, что, по всей вероятности, аналогичные образования мы встретим и в районе, прилегающем к р. Канде и к разлому Кандалакшского фиорда. Намечаются находки магнетита и на севере от Ионы в районе р. Гирвас (1940).

Далее к востоку этот ряд заканчивается образованиями Турьего мыса.

На север от Кандалакшского разлома мы встречаем параллельную ему линию Африканды и Хабозера (может быть, к этой линии относится и Иона).

Последние работы и очень детально проведенная разведка дали нам прекрасную картину геохимии и петрологии Африканды. Это очень сложная интрузия, проникающая в линзы известняков (или доло-

¹ Ср. А. Полканов и Н. Елисеев. Изв. АН, серия геолог., 1940, вып. 2, стр. 55—72.

митов), вероятно, свионийского отложения среди олигоклазовых и гнейсо-гранитов. Центральная часть массива площадью 0,25 км² занята эруптивной брекчией из рудных оливинитов и пироксенитов. Эта брекчия в свою очередь пересекается густой сетью жильных выделений, начиная с пироксеновых пегматитов и кончая нефелиновыми натролито-кальцитовыми жилами.

Геохимически и минералогически плутон Африканды изучен очень хорошо. В новой работе В. Н. Флоровская (1939) насчитывает 45 минералов и устанавливает четыре этапа основной интрузии и два этапа позднейшей — щелочной.

Интересно при этом отметить, что генетически титаномагнетит и кнопит связаны со всеми четырьмя этапами магматических интрузий и отсутствуют только в самых последних стадиях щелочных дериватов. Полезными ископаемыми в данном случае являются: титаномагнетит с колеблющимся содержанием от 8—10, реже до 15—16% двуокиси титана и кнопит. Очень важным как с теоретической, так и с практической точки зрения является изменение в составе кнопита в ходе процесса: так для более поздней генерации указывается более высокое содержание редких земель (от 2,2 до 7,08%), а для пятиокиси ниобия — от 0,0 до, примерно, 1%.¹

Массивы Хабозера, согласно исследованиям В. А. Афанасьева, носят более сложный комплексный характер. Из них северный, расположенный на Озерной вараке, в 2 км к юго-западу от Хабозера, является типичным щелочным образованием. При этом в центральной части массива преобладают темноцветные породы типа пироксенитов. Полезных составных частей в нем не известно.

В контактовой зоне наблюдается развитие нефелиновых пород и канкринитовых образований. И, наконец, самый контакт с гнейсом представлен карбонатитами, канкринитовыми сиенитами и своеобразными породами мигматитового типа.

Более основной характер носит месторождение Лесной варакы (Хабозеро) с крупными скоплениями оливинита и титаномагнетита, с ксенотитами доломита.

Наконец, крайняя восточная точка южного пояса с Турьим мысом, о котором имеется огромная литература и который по своей минерализации не мог еще в 1840 г. не обратить на себя внимания В. Бётлинга, когда тот писал:

«Здесь встречаются настолько разнообразные породы, что не хватает существующей научной номенклатуры для того, чтобы их обозначить, и только очень подробное описание этого места может дать представление об их характере».

Общее заключение. Каковы же специфические черты щелочных плутонов Кольского полуострова и в особенности — его южной полосы?

Прежде всего, нет никакого сомнения, что в общем они следуют общей тектонической схеме направлений разломов с северо-запада на юго-восток. Затем в своей основе они приурочены к нарушению равновесия в древнем щите, вероятно, под давлением сильных каледонских движений, шедших с северо-востока. По представлению О. Баклунда, они являются типичными перфорациями древнего щита, расположены дискордантно по отношению к его древней «стратиграфии». Они являются как бы гвоздями, протыкающими снизу щит Фенноскандии.

¹ Месторождение хорошо разведано (больше 2000 м разведочных канав и 14 скважин глубиной до 200 м). См. Труды Кольской базы 1940, V, стр. 31—70 (статья П. Н. Чирвинского, М. С. Афанасьева и З. Г. Ушаковой).

Очень характерно для них кольцевое строение. Оно в ряде случаев напоминает аналогичное образование вулканов и субвулканов Северной Америки и Шотландии.

Работы Баклунда (O. Backlund), Моделя (Modell), Ричея (J. Richey), Бухера (1933—1936), Дикси (1937), Андерсона (E. M. Anderson) и др. дают нам анализ механики их развития. Интересно при этом, что не только кольцевому строению следует расположение самих петрографических типов, но и все их геохимические черты распределения химических элементов, минеральных видов и полезных ископаемых носят кольцевой характер.

В первых картах Хибин В. Рамзая это кольцевое строение не было понято. Оно впервые было сформулировано для Хибинских тундр академической экспедицией уже после первых трех лет работы, но окончательное оформление получило лишь в 1928—1930 гг. в петрографической карте Б. Куплетского 1932 г. и в съемочных работах Н. А. Елисеева и его учеников.

Второй характерной чертой этих образований является их внедрение не только в механически ослабленные зоны, но и в зоны особого химического состава и петрографического строения, облегчающие проникновение из глубины расплавов и их дериватов. Таковыми в области докембрийских отложений, конечно, являются линзы известняков и доломитов. Поэтому совершенно понятным является то, что подкоровые расплавы, выскивая себе пути к выходу на земную поверхность, проникают как раз в участки, богатые карбонатными породами. Под влиянием высокой температуры (800° и выше) они их разлагают, выделяют угольную кислоту, которая вместе с парами воды и летучими газами¹ вызывает местами взрывной характер таких образований. Избыток кальция кладет начало разнообразным соединениям с кремневой кислотой, часть которых остается на месте, а часть, согласно теории Дэли, спускается в глубину, освобождая более подвижные расплавы, богатые щелочами. Обилие летучих компонентов и общая геохимическая обстановка вызывают ряд особых явлений, с образованием вулканических и тектонических брекчий, термальный метасоматоз и т. д.

Такое представление указывает, что самый возраст известняков и доломитов не играет роли, и эти плутоны с одинаковыми геохимическими результатами образуются в известняках как древнего архея (Иона), так и протерозоя (Куола-Ярви и Иивара).

«Характерно, что в одних случаях, как, например, на Гремяхе или Африканде, интрузии начинаются с основных пород и далее следует фаза нефелиновых пород и щелочных гранитов. В других случаях, как в щелочных гранитах центрального водораздела и в Хибинских тундрах, интрузивный цикл начинается с кислых пород и оканчивается основными жильными породами — мончикитами, пикрит-порфиритами, щелочными пироксенитами, диабазами и т. п. Наконец, в третьем типе интрузий все разнообразие пород ограничивается лишь щелочными жильными породами основного типа, что мы имеем на Турьем мысе, Кольском фиорде и в окрестностях Кандавакши. Если допустить, что все щелочные интрузии Кольского полуострова связаны между собой, и если принять образование этих интрузий как единый генетический цикл, хотя и продолжавшийся в течение долгого времени и, вероятно, в несколько этапов, то предположительно можно наметить такие этапы формирования щелочных интрузий:

¹ F, Cl, CO₂, H₂O, P₂O₅ — основные летучие компоненты; отчасти переходят в виде летучих — Fe, Ti, Zn. Особенно велика роль угольной кислоты в Ионе.

Первый этап. Связь с основной магмой — месторождения Гремяхи, Африканды, Хабозера, Песъвараци.

Второй этап. Преобладание кислых интрузий — все месторождения щелочных гранитов Хибин, Луяврурта.

Третий этап. Фаза основных щелочных жил — месторождения Турьего мыса, Кольского фиорда, окрестностей Зашейка и т. д.

В отдельных месторождениях эти этапы перекрывают или накладываются друг на друга. Так, в месторождении Гремяхи мы имеем породы I и II циклов, в Хибинских тундрах — II и III циклов и т. д.» (Б. М. Куплетский, 1939).

Однако один геохимический процесс остается для нас не совсем ясным. Это — генетическая связь этих образований с накоплением железных руд.

Интересно, что три очень сходных массива — Фён в Норвегии, Иона на Кольском полуострове и Куола-Ярви в Карело-Финской республике — все характеризуются накоплением железных руд. В первом случае — красных железняков, во втором и третьем — магнетита и титано-магнетита и магнезиоферрита.¹

Очевидно, ход десиликации известковых образований под влиянием глубинных (может быть, базальтовых) магм освобождал значительное количество летучих соединений железа, которые разлагались в условиях, богатых угольной кислотой, и в зависимости от избытка свободного кислорода приводили к накоплению магнетита или красных железняков. Во всяком случае, мы должны во всех образованиях этого типа искать скопления железных руд и применять геофизические методы магнитометрии для их поисков и оконтуривания.

Как ни значительны научные исследования, произведенные за последние годы на щелочных породах вышеописанных трех поясов Кольского полуострова, все же основные проблемы их генезиса еще не решены, и мы попрежнему стоим перед огромным количеством научных вопросов, от разрешения которых будет зависеть и правильная поисковая работа, и настоящие продуктивные промышленные разведки, и, наконец, нахождение новых полезных ископаемых, столь богатых и разнообразных в этих геохимических образованиях.²

Б. ХИБИНСКИЙ МАССИВ

Благодаря многолетним исследованиям геологические и геохимические черты Хибинского массива изучены достаточно детально и позволяют в настоящее время сделать ряд выводов как общетеоретического, так и практического характера. Произведенные ЦНИГРИ и Ленинградским геологоразведочным управлением геологические и петрографические съемки, а также структурные съемки группы Н. А. Елисеева позволили окончательно расшифровать строение этого массива и наметить его геологическую историю. Хотя в отдельных частных вопросах имеются еще значительные расхождения между некоторыми взглядами петрографической экспедиции Академии Наук Б. М. Куплетского и работников ленинградских организаций, тем не менее, в общем картина получилась довольно согласная.³ Наиболее сложным вопросом, до сих

¹ Это явление типично и для Якупиранги (Бразилия) и для Магнет-Ков (США).

² См. Б. М. Куплетский. К вопросу о генезисе щелочных пород, ИАН, сер. геолог., № 2—3, стр. 329—339, 1936.

³ Новая работа Н. А. Вологовской (1939) показывает большую сложность приконтактных зон, в которых умпекит встречается не только как краевая фация, но и как образование более ранних фаз (до крупнозернистого хибинита).

пор не решенным в ту или другую сторону, являются взаимоотношения главных пород хибинских тундр и тех фойяитов, которые заполняют центральную часть Хибинских тундр. Мы дадим ниже краткую

Типы пегматитовых выделений Хибинских тундр

(по Е. Е. Костылевой, 1937)

Вмещающие породы	Основные группы месторождений	Главные минералы, определяющие в пределах группы различные типы месторождений	Т и п ы
Хибиниты крупнозернистые и трахитоидные	I. Эгирино-микроклиновая	Эвдиалит, энигматит, лампрофиллит, ринколит, лопарит	1. Эгирино-микроклиновыи 2. Эвдиалито-энигматитовый 3. Эвдиалито-лампрофиллитовый 4. Эвдиалито-ринколитовый 5. Эвдиалито-рудный 6. Эвдиалито-лопаритовый 7. Эгирино-рамзачтовый 8. Нептунитовый 9. Кварцево-полевошпатовый
Фойяиты	II. Роговообманково-микроклиновая	Эвколит, астрофиллит сфен, альбит	10. Роговообманково-микроклиновыи 11. Эвколито-астрофиллитовый 12. Эгирино-астрофиллитовый 13. Эвколито-альбитовый 14. Эвколито-апатито-сфеновый
Неравнозернистые	III. Эгирино-роговообманково-анортитовая	Ловчоррит, пектолит, юкспорит, астрофиллит, нефелин, циркон, ильменит	15. Ловчоррито-ринколитовый 16. Пектолит-юкспоритовый 17. Эгирино-астрофиллитовый 18. Нефелино-полевошпатовый 19. Цирконо-ильменитовый

петрографическую, геологическую характеристику массива, согласно данным Б. М. Куплетского (1937—1939), а затем перейдем к основному вопросу о кольцевом строении геохимических процессов.

Петролого-геологическая характеристика

Хибинские тундры занимают площадь, по данным новых съемок, около 1145 км². Площадь соседних Ловозерских тундр по исправленным данным новой съемки определяется примерно в 650 км². Однако эти большие площади щелочных плутонов значительно уступают крупным интрузиям щелочных гранитов в бассейне рр. Поноя, Пана и Стрельны, которые, повидимому, занимают не менее 4 тыс. км. Строение хибинского плутона в плане характеризуется кольцевым сложением, причем периферические части заняты крупнозернистыми нефелиновыми

сиенитами, между которыми в кольцо разломов внедрились серии более молодые неравномерно зернистых нефелиновых пород и еще более поздние породы ийолит-уртитового ряда с апатито-нефелиновым комплексом. Что касается фойяита центральной части Хибинских тундр, то время его остывания устанавливается по-разному различными исследователями.

Внедрение магмы, поступавшей, вероятно, со стороны района Тульи, сопровождалось одновременным прогибом основания щелочного плутона. Весьма вероятно, что магма внедрялась по механически наименее устойчивому контакту между древним архейским ложем гнейса и кристаллических сланцев и слоями протерозоя — «цветного пояса», а может быть, и девонских отложений. Интересно отметить, что контакт различных типов нефелиновых сиенитов следует все время по указанной выше дуге, опоясывающей центральное понижение бассейна р. Тульи, вследствие чего все контакты неизменно падают к этому центральному понижению. В западной части дуги падение апатитового пояса определяется в $25-40^\circ$, в северной и северо-восточной части оно достигает $70-75^\circ$, в юго-восточной части оно делается весьма сложным и так, что частью здесь отмечается падение в $50-70^\circ$ (на севере и северо-западе), частью отмечаются очень пологие падения в $15-20^\circ$ (на Суолуайве). Эти углы несколько увеличиваются с глубиной, что установлено глубокими буровыми в апатитовом месторождении. В наружных частях плутона, сравнительно плохо изученных до сих пор, несмотря на их особый минералогический интерес, имеются контакты несогласные, которые в значительной степени носят тектонический характер.

Формирование самих нефелиновых сиенитовых плутонов происходило в несколько периодов, которые могут быть обобщены в следующем виде:

1-й период — внедрение щелочных магм и образование крупнозернистых хибинитов в краевой части массива с появлением безнефелиновых сиенитов — умптекитов непосредственно у контакта и кристаллизацией белых фойяитов в центральной части массива. В то время когда в наружной части этого пояса хибинит носит крупнокристаллический характер, в частях внутренних, особенно прилегающих к Тахтарвумчорру и Вудъяврчорру, появляются трахитоидные разности, которые отличаются своей структурой и особенно большим количеством пегматитовых жил.

2-й период — новое поднятие магмы по кольцевым разломам щелочного массива, связанное с кристаллизацией сложной серии мелкозернистых нефелин-сиенитов, частью эгириновых, частью роговообманковых, частью слюдяных. Для них характерно проникновение по пологим трещинам в хибиниты и образование ряда переходных типов. По простиранию они очень часто сменяют друг друга, причем наиболее интересные разности получили название рисчорритов — слюдяных нефелиновых сиенитов. В то время как эгириновые нефелиновые сиениты бедны минерализаторами и для них характерно отсутствие пегматитовых жил, совершенно иную картину представляют рисчорриты, к которым приурочен ряд интереснейших месторождений ильменита, циркона, флюорита, слюды, астрофиллита, ринколита, ловчоррита и других, т. е. комбинации минералов с титаном и цирконием. Вообще, для этой зоны характерно богатство магмы водой. Более сложным является вопрос о контакте рисчоррита с центральными фойяитами, возраст которых, как было указано, является еще не выясненным. На этих контактах имеются своеобразные породы, богатые альбитом со структу-

35% нефелина, через ийолит с 35—60% нефелина до чистых уртитов, содержащих 75—90% нефелина. Детальное изучение этих пород наметило следующий схематический разрез интрузии от лежащего бока к висячему:

- 1) нижний контакт — лейстовые хибиниты,
- 2) плотные ийолиты и мельтейгиты,
- 3) гнейсовидные ийолиты,
- 4) плотные уртиты,
- 5) ийолит-порфиры и уртит-порфиры с идиоморфными выделениями нефелина,

6) апатито-нефелиновые породы — верхний контакт.

В этой картине можно, несомненно, видеть тенденцию гравитационной дифференциации с увеличением к лежащему боку более тяжелых меланократовых разностей и с усилением к висячему боку светлых уртитов и порфиров. Апатитовое тело в основных месторождениях приурочено к висячему боку ийолит-уртитовой породы и имеет согласное с ним залегание с падением под углом 25—40°. В основном оно представляет собой дугу в 45 км, мощностью 10—200 м. По своему строению оно распадается на верхнюю богатую зону с пятнистой структурой (апанейт), обусловленную включениями в ней зерен нефелина и цветных минералов: она состоит из 75% апатита, 15% нефелина и до 5—10% эгирина и титаномагнетита с содержанием фосфорной кислоты в среднем 30.5%; нижняя полосатая или сетчатая зона слагается своеобразными породами из перемежающихся слоев апатита и нефелина, которые книзу постепенно обогащаются нефелином и переходят в подстилающие уртиты. Здесь преобладает нефелин, в меньшем количестве встречаются эгирин, титаномагнетит и сфен; количество фосфорной кислоты колеблется в пределах 7—20%, что дает содержание апатита в породе 20—50%. В Юкспорском месторождении такое разделение апатито-нефелиновой породы на две зоны не наблюдается, зато верхний контакт рудного тела обогащен здесь своеобразной апатито-нефелиновой породой с призматическими кристалликами сфена. Имеется несколько теорий, объясняющих такое строение и расслоение апатитовых месторождений, однако, все они сходятся на том, что мы имеем здесь тесную связь апатита и нефелина, что внедрение флюидальных расплавов связано с остаточными пегматитовыми процессами богатой летучими соединениями щелочной магмы, и имеются разногласия только относительно места разделения апатита и нефелина на две больших самостоятельных интрузии. При этом интрузия фосфатной части магмы раздробила ранее остывшие части, ассимилировала сетчатые руды и привела к образованию пятнистых. Однако после внедрения главной массы апатитовой магмы, тектонические движения не прекратились, на что указывает как наличие характерных пегматитов апатит-нефелиновой породы, так и в еще большей степени поздние тектонические разломы, заполненные кальцитом и связанные с довольно сильной гидротермальной переработкой апатито-нефелинового тела. Явления ассимиляции фосфатной магмы ийолит-уртитовой породы, ее легкая подвижность и способность проникновения по мельчайшим трещинам — все это указывает на высокую температуру фосфатного флюида и на большое количество летучих компонентов и заставляет относить эти фосфаты не только к типично магматической, но и к флюидально-пегматитовой фазе.

4-й период — радиальные разломы щелочных массивов и проникновение по трещинам молодых жильных пород, секущих как хибиниты, так и серию мелкозернистых нефелиновых сиенитов. Интрузии жиль-

ных пород и связанных с ними трещинных образований, вероятно, происходили в следующей последовательности:

- 1) микрошонкиты и жильные нефелиновые сиениты,
- 2) тингуаиты, щелочные трахиты и щелочные базальты,
- 3) тералиты, шонкиниты и оливиновый якупирангит,
- 4) мончикиты, пикрит-порфирит и рудные пироксениты,
- 5) гидротермальные растворы и указанные выше кальцитовые жилы с превращением нефелина в шпреуштейн.

Интересны площади, занимаемые отдельными типами пород, согласно подсчетам М. П. Фивега:

Хибиниты	700 км ²
Фойяиты	300 "
Мелкозернист. и рихсчорриты	100 "
Ийюиты, уртиты, апатито-нефел. породы	30 "
Разные	20 "
	1150 км ²

Дуговое строение. Уже намеченная петрологическая характеристика показала, что самым замечательным свойством Хибинских тундр является их дуговое, концентрическое строение. Идея о таком распределении горных пород минералов и химических элементов по отдельным дугам (или подковам) была намечена работой хибинских экспедиций Академии Наук еще в 1922 г., и она одновременно была положена в основу сначала поисковой, а потом и разведочной работы. После ее подтверждения геологическим и геохимическим картированием эта идея сделалась руководящей для всего анализа хибинского плутона. Выяснение его структуры, происхождения и хода дифференциации, проблемы рассеяния и концентрации химических элементов в Хибинских тундрах — все это зависит от применения и уточнения этой идеи. Мы знаем в настоящее время, что такое кольцевое строение характерно не только для настоящих вулканов, но и для так называемых (по Клоосу) субвулканов как щелочных, так и базальтовых магм. На основании многочисленных исследований Э. М. Андерсона, Тилея, Ричея и О. Ю. Баклунда, теории кольцевых извержений и связанных с ними кольцевых разломов являются решающими для обоснования всех вопросов промышленного освоения Хибин и намечают пути дальнейших поисков и разведок.

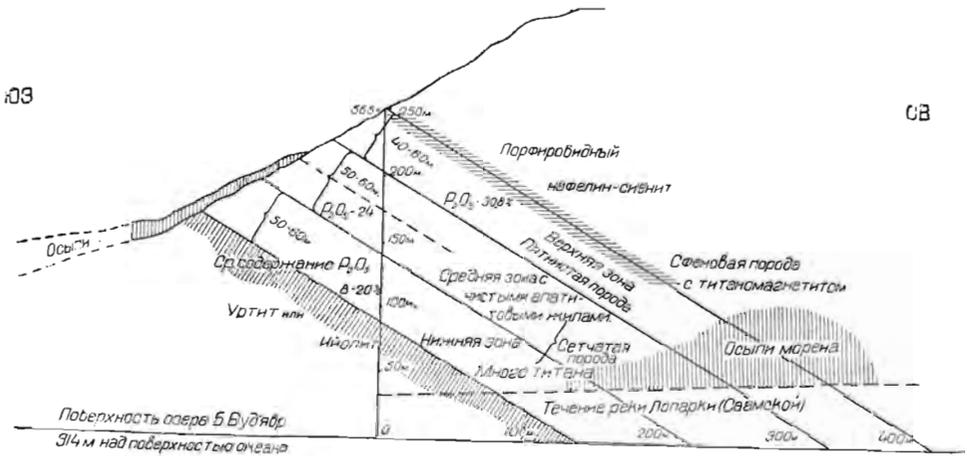
Для понимания значения этих дуг необходимо отметить, что, в общем, радиус нашей системы приблизительно равняется 25—28 км. Отсюда по наружному контакту, нанесенному более точно на карте Н. А. Елисеева, протяжение контактной зоны определяется примерно в 140 км, что же касается апатито-нефелиновой дуги, то, как показали более поздние исследования, при радиусе круга в 14 км, ее протяжение достигает 85—90 км, из которых на отрезке дуги в 45 км открыты отдельные точки апатитового оруденения. Наконец, внутренняя, четко выраженная дуга между фойяитами и рихсчорритами, с которыми связаны внутренние пирротиновые оруденения, должна теоретически измеряться примерно длиной в 60 км.¹

Второй характерной чертой этих дуг является их падение к центру. Многочисленные замеры показали, что мы имеем довольно сложную картину этого падения, но все же в общем для некоторых дуг она выдерживается достаточно определенно. Так, нормальное падение ур-тито-apatитовых пород в центре определяется в 30—35° с отклоне-

¹ Эти дуги, однако, не вполне концентричны, и их центр закономерно и последовательно перемещается к востоку.

ниями обычно до $25-40^\circ$, и лишь в северной части отмечаются более крутые падения до 70° . Как показал анализ аналогичных образований в Шотландии и в Северной Америке, конечно, эти падения изменяются с глубиной, и, как мы увидим в дальнейшем, переходят в более крутые азимуты.¹

Перехожу к описанию важнейших геохимических дуг, столь различных по своей морфологии, характеру химических соединений и генезису. При этом я буду придерживаться порядка, обратного принятому для петрографического описания Хибинских тундр, т. е. начну от центра низовий р. Тульи и закончу районами, стоящими за пределами



Фиг. 20. Схема зонального строения апатито-нефелинового месторождения Кукисвумчорра (по А. Е. Ферману).

самого хибинского плутона. Такое расположение материала имеет свои удобства (с точки зрения анализа геохимических явлений), но, конечно, не отвечает возрастным взаимоотношениям, для которых необходимо было бы идти в обратном порядке.

1. Центральная часть Хибинских тундр, занимающая в низовьях р. Тульи как бы открытую к востоку часть подковы. Геохимически эта область изучена плохо; в общем, повидимому, она занята вся без исключения выходами фойяитов. Однако огромный ледниковый нанос не позволяет точно картировать эту область. Среди четвертичных отложений, характерных для этого района, мы должны указать на образование торфа в низовьях рр. Тульи, Майвальты и Каскасьюнайока. Кроме того, здесь кое-где намечаются диатомовые осадки, скопления которых обычно связаны с особым легким распадом нефелиновых пород в водоемах, прилегающих к сиенитовым массивам. Месторождения высокосортового диатомита низовий р. Тульи, к сожалению, до сих пор остались совершенно не изученными, а между тем, они, равно как и месторождения торфа, расположены исключительно близко к г. Жировску, правда, будучи отделены от него Саамским перевалом.

2. Основные первичные дуги протягиваются западнее этого центрального района, причем на первое место в нашем порядке мы ставим систему центральных фойяитовых пород, граница которых довольно

¹ Этот прогноз полностью оправдался в глубоких буровых Кукисвумчорра, достигших 200 м абс. выс. над океаном (1940).

резко обрывается вдоль наружной зоны рихсчорритов и мелкозернистых сиенитов. Наружный контакт в этом случае является исключительно резким, и с ним геологи и исследователи непосредственно встречаются при посещении наших массивов. Каждый, кому приходилось проходить через многочисленные перевалы, ведущие в центральную низину Хибин, не мог не обратить внимания, что первый листочек астрофиллита и первый кусок медового яркожелтого сфена он находит только в районе этих перевалов, преимущественно на склонах, обращенных к центральной низине. Это приурочение эвколито-сфенового комплекса с астрофиллитом и цеолитами является типичным для фойяитов, о которых мы говорим. Однако попутно нельзя не отметить, что в этом отношении, несомненно, имеется некоторое сходство между фойяитами центральных частей и породами внешних комплексов массива. Так, в районе контактов мы встречаемся с этим же комплексом минералов, особенно с астрофиллитом и лопаритом, которые присутствуют в некоторых зонах центральных фойяитов.¹

3. Как сказано, область фойяитов отделяется от биотитовых нефелиновых сиенитов и мелкозернистой породы очень своеобразной дугой, связанной по преимуществу с пирротинами, к которым приурочена цинковая обманка, свинцовый блеск и местами молибденовый блеск. Эта дуга, богатая альбитом, располагается на самых восточных карнизах Рихсчорра и Кукисвумчорра, местами носит характер типичного контактного процесса и может быть, как это некоторые думают, приурочена к полосе зажатых покровных пород, так как в целом ряде случаев она напоминает роговики метаморфического характера. Менее ясны взаимоотношения этой дуги с расположенной в ее районе внутренней апатитовой дугой Эвеслогчорра.

К сожалению, очень важное пирротинное кольцо изучено до сих пор очень плохо, а между тем, с ним связана довольно обильная минерализация, и промышленное ее значение может оказаться более существенным, чем мы это думаем сейчас.

4. В зоне так называемых рихсчорритов, т. е. слюдяно-эгириновых пойкилитовых сиенитов мы встречаемся с двумя весьма важными зонами, из которых первая в нашем порядке — зона позднейших разломов с накоплением в них минералов поздней в значительной степени гидротермальной минерализации. Сюда относятся скопления розового юкспорита, многочисленные цеолитные жилы, особенно характерные для Юкспора, и некоторые сульфиды.

5. Гораздо более интересной и важной с практической точки зрения является следующая дуга, вероятно, генетически связанная с предыдущими.

Речь идет о своеобразной зоне ловчорритовых ринколитовых минералов, с которыми мы встречаемся прежде всего в долине Саамской, которая протягивается далеко по дуге на север и юго-восток.

Это одно из самых замечательных в мире месторождений по накоплению редких земель и тория, тем более, что к нему приурочены месторождения редчайших в мире минералов ловчоррита, ринколита, ферсманиита, вудъяврита, карбоцера и других. Эта дуга начинается на Кукисвумчорре, — где она слагается из многочисленных месторождений ринколита, — перебрасывается через долину Саамскую на плато Юкспора, образует знаменитое ловчорритовое поле, далее загибается к востоку, протягивается через ущелье Гакмана в район очень труднодоступных обрывов перевала Юкспорлака, где открыто ее продолже-

¹ См. примечание на стр. 181.

ние в виде разнообразных жил из ловчоррита и ринколита. Дальше к востоку эта дуга не прослежена, однако, через 2—3 км она сменяется месторождением ферсманита, богатого ниобием. Мы видим, таким образом, что наша пятая зона характеризуется обилием редких земель церовой группы, ниобием и титаном. Ее изучение по всему протяжению совершенно необходимо.

6. Далее по направлению к наружной части массива следует зона уррита и апатитовых выделений со всей ее сложностью и своеобразностью образований. Здесь, на протяжении 45 км, намечен ряд фестонов апатито-нефелиновой руды, местами обогащенной титаномагнетитом и сфеном.

Идя от кровли к почве, мы можем говорить о нахождении на верхнем контакте (т. е. внутреннем) своеобразной контактной зоны со сфеном, эвдиалитом и реже титаномагнетитом.

Далее следует богатая зона зернистого или пятнистого строения (частично со сфеновыми пятнами), ниже его залегает полосчато-нефелино-apatитовая порода с жилами и линзами титаномагнетита, и, наконец, в основании всего этого комплекса лежат породы типа уррита, ийолита и малиньбита. Эта зона повторяется столь закономерно в ряде точек на пространстве 45 км, что мы можем говорить об очень определенных химико-физических законах распределения отдельных составных частей и намечающемся сходстве дифференциации этой зоны с процессами флотации на Кировской обогатительной фабрике.

В согласии с новыми идеями, здесь можно говорить о ликвации или дифференциации остаточной апатито-нефелиновой магмы.

7. За зоной апатито-нефелиновых руд следует очень интересный пояс своеобразных разломов, примерно идущий по линии долины Куки-свуа. Он пересекает ряд разнообразных пород и, повидимому, представляет собой линию разломов более позднего времени, по которому поднимались эманации, богатые летучими компонентами — углекислотой, фтором, парами воды. Отсюда характерная кристаллизация этих пород с обогащением цеолитами, плавиковым шпатом, жильными образованиями — более позднего вторичного альбита, циркона, образовавшегося при разрушении эвдиалитовых минералов и т. д. В этой же дуге оказывается и ряд молибденовых месторождений в типичных поздних альбититах, несущих с собой молибден, цинк, железо, фосфорную кислоту и углерод, в виде графита.

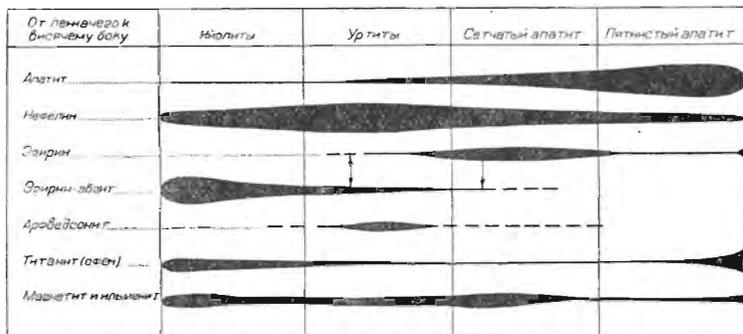
8. Параллельно указанной выше дуге типичных пневматолитов на склонах Поачвумчорра мы наблюдаем наружную апатитовую дугу, простирающуюся на пространстве нескольких километров и залегающую в совершенно иных геохимических условиях, чем центральная апатито-нефелиновая дуга. В данном случае мы имеем дело с своеобразным жильным телом, залегающим в хибините, и обогащенным калиевым полевым шпатом. Это дуга саамита, богатого редкими землями и стронцием.

9. Переходя к зоне характерных лейстовых сиенитов, мы должны в ней отметить наличие двух поясов, которые в значительной степени переплетаются между собой. Мы имеем здесь дело с интересным внешним поясом ринколито-ловчорритовых месторождений. К этому поясу приходится относить и классическое месторождение ловчоррита на горе Ловчорр, и выходы замечательных ловчорритов Вудъяврчорра, и ряд точек, обогащенных ринколитом в ущелье Рамзя и на Часначорре. Крайняя северная ее точка — жила Черника, в которой преобладает ринколит, и льявчоррское месторождение эвдиалита.

10. Как указано, с предыдущей зоной тесно переплетается очень

своеобразный процесс, который был назван нами часначоррским типом месторождения и который характеризуется не столько отдельными типичными жилами, сколько миаролами и линзами пегматитового типа, богатыми прекрасно выраженным эвдиалитом, большими кристаллами энigmatита и массами зеленого эгирина второй генерации.

11. Наружная зона крупнозернистого хибинита сменяется в самих контактах умптекитом, в котором расположен ряд месторождений пегматитовых жил с эвдиалитом и лопаритом; как было сказано выше, часть этой контактной зоны отличается обилием роговой обманки и астрофиллита, чем напоминает кристаллизацию фойяитов центральных районов Хибинских тундр.



Фиг. 21. Схема относительной роли отдельных минералов в разрезе апатито-нефелинового пояса. Слева направо — от постели залежи к кровле и к верхнему контакту. Схема применима к месторождениям Куэльпора, Кукисвумчорра и северной части Юкспора.

12. В этой же зоне в самом хибините в отдельных частях Тахтарвумчорра изредка встречаются линзы первичного пирротина. Генетически, несомненно, они связаны с самим нефелиновым сиенитом.

На этом заканчивается обзор отдельных дуг, тесно связанных с нефелиновым сиенитом.

Далее следует экзоконтактная зона, в которой также можно различать несколько концентрических образований. Прежде всего, около самого контакта мы наблюдаем пояс отторженцев и выделений нефелиновых сиенитов в окружающие сланцы и роговики. В отдельных случаях эти отторженцы, обогащаясь кварцем, превращаются в типичные жилы гранитного типа, в других — в них наблюдается повышенное содержание сульфидов, и они непосредственно переходят в пирротиновые месторождения наружного кольца Хибинских тундр. Об этом говорит и содержание в них молибдена и тесная связь их с нефелиновыми сиенитами в районе Пирротинового ущелья.

К этому кольцу относятся линзы графита и многочисленные аномалии сначала с пирротинном, а в большем отдалении от массива и пирритом.

На этом заканчивается система геохимических дуг, из которых сложены Хибины и окружающая их контактная зона. За ними начинаются дуги иного порядка и иного происхождения, но морфологически сходные и столь же определенно рисующие закон концентров. Речь идет о тех разломах, которые наблюдал Г. Д. Рихтер в своих исследованиях оз. Имандры и которые рядом концентрических зон окаймляют к западу хибинский плутон. Повидимому, аналогичные дуги намечаются и на востоке — в районе Умбозера.

Таким образом, на основании нарисованной выше картины, имеется необычайно правильная система геохимических дуг, по форме приближающихся несколько к вытянутой в широтном направлении подкове. Мы можем наметить чисто теоретические и соответственные центры этих дуг, которые будут лежать для наружных поясов — в вершине Тулиока, несколько севернее второго цирка Эвеслогчорра, а для апатитового пояса километров на пять восточнее указанной точки. Таким образом, нам приходится представлять наши дуги, как накладывающиеся друг на друга кольца вокруг некоего центра, перемещавшегося во времени с запада на восток.

Для хибинского плутона эта особенность внутреннего строения характеризуется Н. А. Елисеевым таким образом:

«1) закономерным расположением отдельных комплексов пород (за исключением самых молодых лампрофиров), начиная от наиболее древних по периферии плутона и кончая наиболее молодыми во внутренней части плутона;

2) широким распространением стратифицированных, первично слоенных пород и

3) наличием довольно часто встречающихся эруптивных брекчий на контакте двух комплексов пород.

Вопрос о механизме центральных интрузий, — а хибинский плутон является самой большой по размеру глубинной интрузией концентрического строения в мире, — в настоящее время нельзя считать окончательно разрешенным. Э. М. Андерсон, как известно, объяснил возникновение кольцевых и конических разрывов в теле плутона, сопровождающихся повторными интрузиями, внутренними напряжениями в теле плутона. Разрывы по конусообразным поверхностям, по Андерсону, появляются от увеличения давления в магматическом резервуаре и представляют собою трещины натяжения, возникающие в местах наименьшего давления. Кольцевые разломы, наоборот, возникают вследствие уменьшения магматического давления и сопровождаются опусканием центральной части плутона.

В своей новой работе он пытается математически объяснить, с одной стороны, характерные особенности возникающих в центральных интрузиях кольцевых разрывов, сопровождающихся опусканием центральной части плутона и возникновением кольцевых интрузий, с другой стороны, разрывов по коническим поверхностям, сопровождающихся коническими интрузиями.

В хибинском плутоне кольцевые интрузии массивных хибинитов и позднее — ричесорритов сопровождали опускания центральной части плутона. Такие опускания объясняют причину закономерной смены более древних комплексов относительно более молодыми, по мере движения от периферии к центру плутона.

Срезание и выклинивание неполных колец отдельных интрузивных комплексов в восточной части плутона, эксцентрическое расположение колец и, наконец, закономерная смена относительно более древних комплексов пород все более молодыми по мере передвижения от периферии плутона к центральной его части, — все это отчетливо указывает на последовательное перемещение центров отдельных конических и кольцевых интрузий к востоку. С этой точки зрения становится понятной асимметрия плутона.

Такое перемещение центров отдельных кольцевых и конических интрузий весьма характерно для центральных интрузий.

Предположение о расположении выводного канала в восточной части хибинского плутона согласуется с отмеченным выше фактом

нарушения правильной зональности в восточной части плутона и одновременным нахождением здесь на небольших участках пород различных фаз интрузии (выклинивающиеся части серповидных полос)» (Н. А. Елисеев, 1939).

Описанные выше дуговые процессы мы можем разбить на три группы:

1) процессы, определяемые сменой горных пород разного типа и происхождения;

2) процессы, связанные с постепенным охлаждением магматического очага от периферии к его центру;

3) наконец, третья группа — явления чисто тектонического характера, которые вызывались расколами и разломами как в начале самого остывания массива, так и в его последующей истории.

Анализ аналогичных явлений Э. М. Андерсона показывает нам, что сокращение общего объема таких плутонов связано с образованием концентрических разломов и опусканием отдельных частей вдоль этих разломов.¹

Время этих образований должно отвечать различным моментам и фазам остывания плутона, но особенно резко эти образования должны проявляться тогда, когда закончилось остывание основных частей, тогда как в центральных частях еще сохранилась расплавленная магма. Одновременно с образованием концентрических разломов должны были идти и разломы к ним перпендикулярные, радиальные, с чем мы встречаемся не только на замечательной карте озера Имандры, но и в распределении более молодых жильных пород и позднейших жил.

За последние годы все более и более выясняется, что многие ущелья и трещины в орографических кольцах Хибинских тундр по своему происхождению связаны с радиальными разломами. Сюда относится знаменитое ущелье Рамзая, а также те характерные кальцитовые жилы, которые пересекают рудник Кукисвумчорра; они связаны с выносом больших количеств летучих компонентов, положили начало образованию кальцита и разложили целые зоны нефелино-апатитовой породы.

Как видно из сказанного, дуговые процессы и разломы не только связаны с охлаждением самого массива, но, очевидно, продолжались и в последующей геологической истории Хибин, налегая на старые дуги, постепенно их омолаживая или вызывая новые опускания. Эти расколы в районе Хибинских тундр полностью отвечают аналогичным дислокациям молодого возраста, о которых писал для Фенноскандии Седергольм.

С ним связано и современное поднятие Хибинских тундр и неравномерное понижение отдельных частей ловозерско-хибинских комплексов, ибо эти плутоны оказываются внедренными, как посторонняя механическая система в более гибкую и подвижную свиту древних кристаллических гнейсов и сланцев.

Еще одна характерная черта бросается в глаза при анализе Хибинских тундр: разломы и расколы, хотя в общем идут по дугам, но все

¹ Кольцевое строение складается из двух систем кольцевых образований магматических расплавов вдоль стенок, от наружных к внутренним и из системы разломов по опрокинутому конусу, идущим тоже по кольцевым сечениям: в нижних частях плутона обе системы: первичная — магматическая и вторичная — механическая идут, примерно, в одном и том же направлении с падением и тех и других к центру (главная часть Хибин); в верхних разрезах кольцевых магматических образований отложения магматических расплавов залегают более или менее горизонтально с резким загибом вниз по краям массива, а система радиальных трещин сечет их вкрест (Ричей).

же как бы складываются из двух преимущественных направлений: меридионального и широтного, особенно в местах перегиба подковы, т. е. на северо-западе и на юго-западе. Не трудно видеть, что к этим пунктам приурочены и более резкие проявления геохимических процессов, а вместе с тем и наибольшие и наиболее интересные скопления полезных ископаемых.

Проведенный анализ подсказывает нам ряд крупнейших вопросов теоретического и практического значения. О них подробнее будет сказано в подготовляемой к печати монографии о Хибинах. Здесь же мы остановимся лишь на некоторых выводах прогнозного и поискового характера.

Как видно, одной из задач исследования должно быть систематическое протягивание вышележащих дуг. Это протягивание до сих пор более планомерно проведено лишь в западных частях дуг, но оно совершенно не выяснено на востоке, где мы вновь можем ожидать повторения тех переломов подковы, которые характерны на западе — в ее северном и южном углах — и где одни дуги налегают на другие. Поэтому одной из первейших задач исследования является изучение протяжения, прежде всего, следующих, наиболее интересных дуг: внутренней ловчорритовой дуги, большого апатито-нефелинового пояса и внутренней пирротитовой дуги. Однако изучение этих проблем на востоке затруднено мощным ледниковым наносом. Весьма вероятно, что для их решения необходима будет постановка буровых работ как по периферии больших поясов, так и частично во внутренних частях Хибинских тундр, причем особенно заманчивым является проведение где-либо в верховьях Тулии глубокой буровой, которая смогла бы достигнуть 2—3 км глубины и помочь в разрешении ряда проблем глубинных процессов хибинского плутона.

Такая буровая сможет натолкнуться на ряд интересных зон, богатых сульфидами (?) и апатитами. Она, по всей вероятности, принесет сильные напорные артезианские воды и может явиться источником водоснабжения города Кировска.

В заключение настоящего обзора приведу одно замечание, имеющее большое значение для поисковой работы. В Хибинах и даже в Ловозерских тундрах мы наблюдаем характернейшие явления особой минерализации пограничных зон. Действительно, в кольцевой смене пород Хибинских тундр места контактов, или вообще места соприкосновения между породами разного типа, всегда оказываются связанными с накоплениями минеральных тел, выделением летучих погонов, термальных вод, с образованием жил, особенно контактных, или, как сейчас говорят, контаминационного характера. При этом очень часто мы наблюдаем пневматолитические или гидротермальные разрушения пород с превращением, например, нефелина в содалит или даже шпреуштейн. В своей интересной работе по палеогидрогеологии Хибинских тундр П. Н. Чирвинский приводит многочисленные примеры таких образований.

Это явление особой минерализации стыка пород может частично объясняться тем, что кристаллизация пород центральных дуг следовала каждый раз после некоторого перерыва и давала возможность накопления летучих компонентов. В других случаях это явление объясняется тем, что зона соприкосновения пород разного типа в общемеханической системе плутона является местом наименьшего сопротивления для образования расколов и проникновения из глубины газов, растворов и новых порций магмы.

Интересно, что это явление в несколько иной форме наблюдается широко и в Ловозерских тундрах, где в своеобразной «стратиграфиче-

ской» колонке последовательных интрузий почти всегда наблюдаются пневматолитические изменения в местах налегания пород разного характера. Это наблюдение привело Н. А. Елисеева к представлениям о широкой роли автопневматолита в минерализации Ловозерских тундр. В частности, именно с этим процессом он увязывает главные скопления лопарита.

Таким образом, на основании сказанного мы можем наметить интересные поисковые признаки для исследователей щелочных плутонов Кольского полуострова: «внимательные поиски минеральных скоплений в местах соприкосновения пород разного типа».

В. ЛОВОЗЕРСКИЕ ТУНДРЫ

Этот щелочной массив, открытый впервые экспедицией В. Рамзая еще раньше Хибин, долгое время оставался относительно мало изученным, и лишь в последние годы на него было обращено самое серьезное внимание, благодаря чему накопился обильный исследовательский материал.

С одной стороны, исследования Редметразведки потребовали детальных поисково-разведочных работ в отдельных «стратиграфических горизонтах», богатых лопаритом, что и привело к детальному картированию и обследованию всего массива рядом исследователей и к обобщению этого материала в многочисленных новых работах Н. А. Елисеева и его сотрудников.

С другой стороны, петрогенетические проблемы, особенно южной части Ловозерских тундр, детально были освещены в ряде экспедиций О. А. Воробьевой, а запутанная сложная минералогия и геохимия расшифрованы многолетними исследованиями тонкого минералога В. И. Герасимовского.

Таким образом, мы сейчас имеем довольно точную картину строения и геохимии этого массива, но все же вопросы генезиса отдельных минеральных образований остаются не решенными и являются предметом горячих дискуссий.

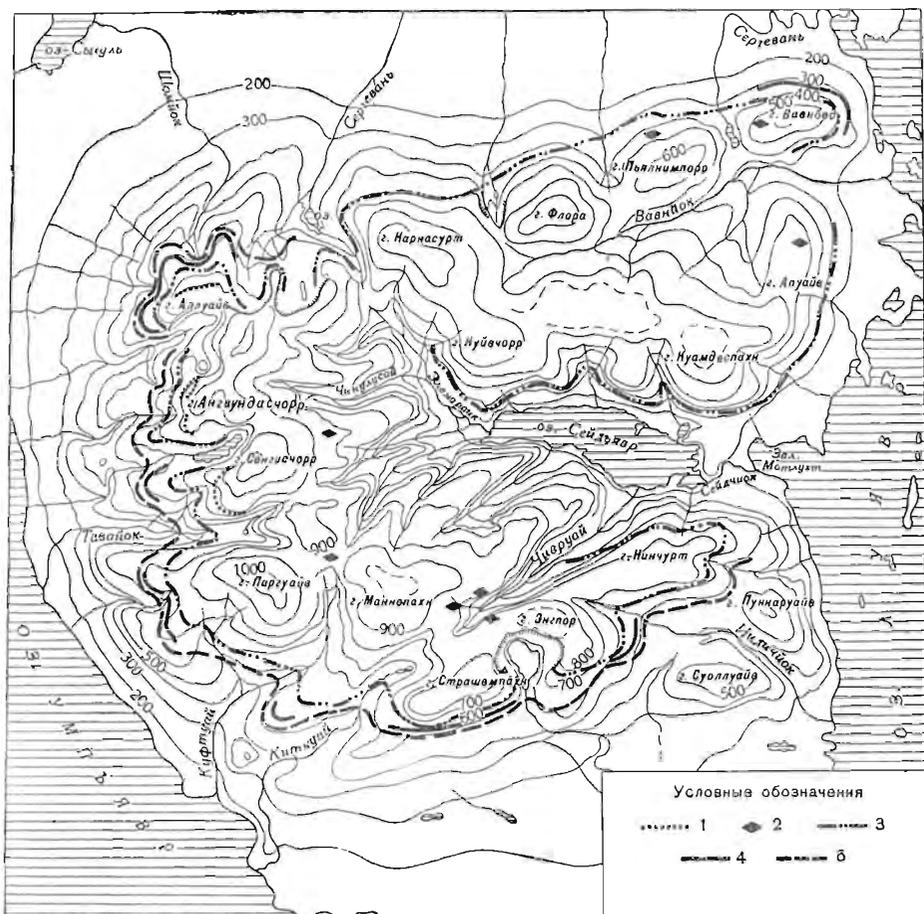
Ловозерские тундры поднимаются до высоты 1130 м над уровнем океана, занимая гораздо большее пространство, чем это намечалось по старой карте В. Рамзая, а именно — около 650 км². Их контакты детально изучены, причем в кровле обнаружены в виде ксенолитов остатки метаморфизованных пород верхнего девона.

В основном ловозерский плутон является сложным интрузивным телом, возникшим в несколько фаз интрузии, причем геологически различаются следующие комплексы, начиная с более древних, следовательно, нижних горизонтов массива:

1. Мелкозернистые нефелиновые и щелочные сиениты, тавиты, уртиты, ювиты, фойяиты.
2. Лопаритоносный комплекс ювитов, фойяитов, уртитов, луявритов и снова фойяитов.
3. Комплекс эвдиалитовых луявритов и порфириовидных луявритов.
4. Молодые жильные породы, пересекающие три указанные выше комплекса. Сюда относятся в первую очередь мончикиты и тингуаиты.

Породы первых трех комплексов обладают своеобразной стратификацией, которую можно рассматривать с чисто структурной точки зрения так же, как изучают свиты осадочных пород. Весь комплекс слабо падает к северо-востоку на 10—12°. Однако его тектонические особенности несложны: простая схема намечает как бы кольцо, окружающее центральную область озера Сейдъявра, но с приподнятыми внутренней и

внешней частями, благодаря чему получается как бы корытообразно-изогнутый пояс. Особенно важно то, что лопаритоносный комплекс, нормально обладающий пологими углами наклона первичной полосатости, по мере приближения к контактам у северной и западной границ плутона, повидимому, становится все круче и у самого контакта оказывается даже почти вертикальным.



Фиг. 22. Схематическая карта горизонтов, богатых лопаритом, в Ловозерских тундрах (по Н. А. Елисееву).

1 — лопаритовые порфирияльные дуэвриты; 2 — эвдиалитовые породы; 3 — лопаритовые дуэвриты и уртиты; 4 — лопаритовые маляньиты; 5 — ювиты и уртиты.

На карточку не внесены открытые в 1939 г. Кольской базой АН рудные горизонты уррита в южной части разреза (на значительных протяжениях южных склонов Ловозерских тундр).

Это намечает собой ряд очень сложных, но и очень важных проблем поискового характера.

Вышележащий комплекс эвдиалитовых дуэвритов обладает огромной мощностью — от 300 до 600 м в различных местах плутона. По данным О. А. Воробьевой, он занимает почти половину всей поверхности Ловозерских тундр, и эвдиалитовые дуэвриты, подобно породам лопаритового комплекса, на контактах обладают почти вертикальным падением. Механизм интрузии оказывается необычайно сложным, а процессы образования полосатых структур еще далеко не выяснены.

Очень важным является сравнение ловозерского плутона с хибинским. Оба они, несомненно, возникли из единой родоначальной магмы и, примерно, в одно и то же время. Хибинский и Ловозерский массивы, тем не менее, являются самостоятельными интрузиями, причем первый, как мы видели на стр. 189, представляет собой очень сложное тело, состоящее из системы конических и кольцевых интрузий. Ловозерский — имеет гораздо более простое строение; форма его близка к пластообразной интрузии, сформировавшейся в три интрузивных фазы.

В общем, комплекс, особенно лопаритовый, Ловозерских тундр можно сопоставить с интрузией апатито-нефелинового тела и в особенности подстилающих его уртитов и ийолитов. Возможно, что интрузия лопаритового комплекса по времени как раз отвечала более поздним фазам остывания хибинского массива.

Однако особенно интересна и своеобразна геохимия и металлогения Ловозерского плутона. Мы имеем здесь дело с грандиозными концентрациями ниобия, редких земель и титана, причем эти скопления по преимуществу связаны с верхними горизонтами комплекса. Равным образом, в выше лежащем комплексе наблюдается концентрация преимущественно циркония. Здесь снова наблюдается тенденция к приуроченности наибольшей концентрации циркония к верхним горизонтам комплекса. Равным образом, такую же тенденцию обнаруживает и ниобий (по сравнению с титаном — в лопаритах).

По данным В. И. Герасимовского, характерными избыточными элементами Ловозерской тундры являются: натрий, железо, титан, цирконий, ниобий, марганец, редкие земли, стронций, хлор, фтор и, по всей вероятности, для некоторых более глубинных горизонтов, и фосфор.

Тот же автор отмечает необычную роль воды в образовании комплексов.

Полезные ископаемые ловозерского комплекса

Исключительный по своим геохимическим особенностям Ловозерский массив с практической точки зрения особенно интересен по двум минеральным видам, распространение которых только сейчас начинает выясняться: лопариту и эвдиалиту. Несмотря на детальные исследования всего комплекса, к этим двум полезным ископаемым, может быть, в дальнейшем еще присоединятся мурманит (ниобий) и, как отход обогащения, — эгирии некоторых типов, чистый нефелин, а также виллиомит. Типы концентрации лопарита см. стр. 97, эвдиалита см. стр. 100. Однако окончательно решенной схемы эксплуатации до сих пор не имеется, а вопрос о наиболее выгодной точке, — после открытия аналогичных горизонтов, богатых лопаритом на юге тундр, — неясен. Главным образом, неясны запасы и характер наиболее богатых эвдиалитом жил, так как затруднения при обогащении в настоящее время не позволяют рассчитывать на эффективное использование относительно бедных эвдиалитовых луавритов. А между тем, по данным О. А. Воробьевой, скопления жильного эвдиалита редки и как будто не могут обеспечить очень больших масштабов добычи.

Каковы же могут быть дальнейшие прогнозы по отношению к Ловозерским тундрам?

Неясны вообще зоны контактов. Нет ли оснований ожидать в них некоторой дополнительной концентрации элементов?

С одной стороны, в боковых породах намечается влияние щелочного эруптива, и, может быть, ему обязаны своим образованием те силлиманитовые гнейсы, которые известны на север от Ловозерских тундр (хотя точная генетическая связь не доказана). Гораздо интереснее и вероят-

нее ряд скоплений некоторых элементов, например, циркония и титана в эндоконтакте луюврита, и потому внимательное прослеживание контактных зон совершенно необходимо.

Что касается заслуживающих внимания элементов, то к ним относятся только редкие земли, ниобий, титан, цирконий. Пока мы не имеем оснований искать каких-либо других крупных скоплений, кроме ванадия в эгирине пневматолитических фаз процессов, может быть, бериллия в некоторых пегматитах и молибдена в эвдиалитовых породах, однако все эти три металла пока мало изучены. Из отдельных минералов мы не имеем пока оснований ожидать других полезных ископаемых, кроме лопарита, эвдиалита и мурманита. Однако нельзя отрицать, что при совершенно исключительном накоплении в ловозерской магме особенно редких земель и особой роли летучих компонентов, как фтор (без воды), цирконий, титан и ниобий, возможно встретить еще и иные их геохимические и минералогические сочетания, особенно в двух специфических частях массива, где дифференциация его магмы должна была идти особенно интенсивно: в верхних частях, насыщенных летучими компонентами и, может быть, частично связанных с ассимиляцией девонской кровли, и в контактах с фенитизированными гнейсами.

В Ловозерских тундрах можно поставить вопрос о возможности нахождения чистой двуокиси циркония — бадделеита: с одной стороны, его можно ожидать в первичной его разновидности (черных кристалликов) в самих магматических породах, с другой — в продуктах гидротермальной переработки эвдиалитов (типа коллоидальных фавас Бразилии). Открытие этих образований непосредственно глазом затруднительно, и надо поставить специальные поиски путем анализа шлихов элювия и аллювия.

Вообще применение шлиховых методов в районе Ловозерского массива может принести очень много интересного и открыть ряд совершенно новых минеральных тел, и если мы и не ожидаем встретить крупные промышленные скопления этих минералов во вторичных месторождениях, все же шлиховый анализ и составление шлиховых карт могут дать очень ценные результаты для изучения самих первичных месторождений.

Любопытно отметить особое сходство минеральных образований Ловозерских тундр, прекрасно изученных В. И. Герасимовским, с образованиями Илимаусук в Гренландии и особенно с щелочными массивами восточной Бразилии. Это ставит вопрос о необходимости сравнительного изучения этих трех сходных геохимических образований. Особенно интересны поиски в шлихах специальных минералов типа фавас, в особенности — гамлинита, гойяцита, горсейкита, флоренсита, рутила и др. Согласно последним работам В. И. Герасимовского и открытию (на основе указаний В. И. Вернадского) им виллиомита (фтористого натрия), может быть поставлен вопрос о поисках — как в самом массиве, так и в окружающих породах — и других фтористых соединений, как криолит.

Прошедшая в Москве при Академии Наук специальная конференция по ниобию (февраль 1940 г.) показала, что Ловозерские тундры должны считаться мировыми месторождениями по ниобию.

Открытые в южной части тундр нижние горизонты уррита до 1.5—2 м мощности с содержанием лопарита до 5% открывают новые перспективы перед ниобиевой промышленностью (И. В. Зеленков, Кольская база, 1939).

Легкая обогащаемость минерала, легкое хлорирование и возможность попутного использования большого количества редких земель и титана позволяют поставить вопрос об организации ниобиевой промышленности на очередь дня.

Однако это же совещание отметило, что геологи не сказали еще своего последнего слова по отношению к строению Ловозерского плутона и распространению в нем геохимических процессов. Открытие в 1939 г. нового горизонта лопаритоносных уртитов, лежащих на низких абсолютных отметках (что очень важно для целей эксплуатации), показало, что новые открытия могут идти как по линии нахождения новых лопаритоносных горизонтов в общем сечении комплекса, так и в направлении поисков мест большей концентрации в каждом данном «стратиграфическом горизонте». Своеобразная корытообразная тектоника с опущенными хвостами «пластов» по контактам предопределяет и направление указанных выше поисков.

VI. КОМПЛЕКС ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЖИЛ

Как мы уже частично указывали при характеристике сульфидов, на Кольском полуострове, еще с начала XVIII в., отмечались полиметаллические комплексы с типичными рудами цинка, свинца и серебра. С ними было связано у рудоискателей XVIII в. много радужных надежд, на них было потрачено много денег при довольно беспорядочных разведках середины и конца XIX в. Много раз посещались они различными исследователями: М. Мельниковым (в 1892—1897 гг.), Е. С. Федоровым, А. К. Болдыревым (в 1902 г.), В. Рамзаем и Бреннером (в 1911 г.), Д. С. Белянкиным и Б. М. Куплетским (с 1917 г.), Д. С. Белянкиным и В. И. Влодавцом (1922—1924 гг.), В. И. Влодавцом (1929 г.), М. П. Мирошниченко (1930 г.), А. П. Лебедевым (1930 г.), С. С. Курбатовым и П. В. Соколовым (1931 г.), В. А. Токаревым (1933—1934 гг.) и другими.

Многочисленные исследования в наиболее полной форме сведены были В. А. Токаревым в нескольких работах (1934—1936 гг.) и установили ряд интересных геохимических проблем, но, в сущности, основной задачи не разрешили — задачи о генезисе этих месторождений, об их возрасте и связи с определенными тектоническими и геохимическими моментами истории Кольского полуострова. Прежде всего, неразгаданным является их распространение лишь по периферии Кольского полуострова, в районах наиболее молодых разломов и расколов. Мы знаем их на многочисленных островах Кандалакшского фиорда в связи с несомненной системой дислокаций по линии этого фиорда. Мы встречаемся с ними и далее, по Терскому берегу. Они попадают и в районе мыса Орлова в горле Белого моря. Наконец, в значительных количествах они устанавливаются на западном Мурмане, в районе молодых дислокаций полуострова Рыбачьего и особенно в губе Базарной. Эта непосредственная связь с разломами является характерной, но не надо забывать, что современные разломы в ряде случаев являются не чем иным, как омоложенными старыми тектоническими линиями, начало которым положено значительно ранее. Неясной остается и генетическая связь с глубинными типами горных пород. На западном Мурмане большинство геологов-практиков говорило о постоянной связи этих жил с жилами диабазов. Эта связь служила даже поисковым признаком для геологов-проспекторов.¹ Однако весьма вероятно, что эта действительно существующая связь объясняется чисто механическими причинами, и внедрение более молодых термальных процессов находит себе удобный выход как раз по ослабленной зоне, между различными по своей пластичности и механическим свойствам породами — гнейсами и секущими их диабазами.

¹ А. К. Болдырев очень определенно связывал жилы с аegитовыми дериватами диабазов и, может быть, диоритов.

Неясным остается вопрос и относительно возраста полиметаллических жил. В очень интересной минералогической работе В. А. Токарева как будто намечается зональность жильного поля на Терском берегу, вокруг Умбинского рапакивиобразного порфириовидного гранита. Если правильность этих наблюдений будет установлена, то возраст жильного комплекса, по всей вероятности, будет отвечать процессам карельского периода диастрофизма (что мало вероятно). Но весьма возможно, что и в данном случае эта зональность вытекает не из генетической связи жил с гранитом, а опять-таки из характера механической системы. Тем более, что умбинский гранит дискордантно внедряется в свиту древних кристаллических сланцев.

Если приравнять к этим полиметаллическим жилам и жилы, богатые баритом и плавиковым шпатом в районе горы Корабль, а также баритовые жилы по р. Лице, то можно условно говорить о каледонском возрасте этих образований, так как вмещающими породами в этом случае являются красные песчаники, вероятно, иотния. Но можно установить и некоторые связи между этими жилами и герцинскими процессами, положившими начало щелочным интрузиям и, наконец, можно соглашаться с Хаузенем, что мы на самом деле имеем здесь очень молодые процессы, которые связаны с альпийской фазой орогенеза, так как к ним действительно приурочены основные линии новейших разломов Фенноскандии.¹

Мы видим из этого обзора, насколько неопределенны наши данные о возрастных взаимоотношениях этого геохимического комплекса, но как бы то ни было мы все же должны считать, что этот комплекс моложе большинства других образований Кольского полуострова. Он все же в общем завершает ход геохимических процессов, и мы нигде не встречаемся с ними сингенетично в условиях метаморфических свит.

Несомненно, что одной из очень характерных черт полиметаллических жил является зональность в этих образованиях. Она была установлена В. А. Токаревым, который наметил следующие четыре типа жил:

барито-кварцевые, флюорито-кальцитовые, сплошные кальцитовые и кварцево-кальцито-рудные.

Наиболее интересны жилы последние и для них известно около 30 точек, из которых, однако, только 4 могут еще представить некоторый интерес для дальнейшей промышленной разведки. Геохимически все они относятся совершенно определенно к холодным термам и отвечают по моей классификации геофазам Н и J. Общая характеристика этих жил дается в нижеследующей таблице (стр. 197).

Зональность строения этих жил определяется следующими чертами: к первой генерации относятся пирит, кварц с небольшим количеством плавикового шпата; ко второй — ряд рудных минералов в кальцитовом теле; к третьей — образования гребенчатого кварца и к четвертой — корочки флюорита. В пустотах жил иногда наблюдаются (на Западном Мурмане) кристаллы горного хрусталя и кальцита.

Барит занимает промежуточное положение; как редкость встречается еще апофилит. С геохимической точки зрения состав этих жил определяется следующими элементами: цинк, кадмий, германий, галлий, серебро, свинец, олово (спектроскопически). Далее для них характерны

¹ Можно говорить об особом типе гидротермальных жил тундры Пулмас (Полмос), которые связаны с кварцевыми жилами — отторженцами протерозойского гранита. Они в общем несколько отличаются от жил кольской периферии, более сходны с жилами Юнона, содержат Cu, Pb, Zn, Ag, Au и Sn.

Схема жильных полей Умбы

(по В. А. Токареву, 1936)

Геофазы	1 фаза процессов		2 фаза процессов		3 фаза процессов
	I	II J	III K	IV L ₁	V L ₂
Минералы	Полевой шпат Пирит Кварц I, II Флюорит I	Халькопирит Сфалерит Аргентит Галенит Кальцит I Апофиллит	Кварц IV (лимонит) Малахит Азурит Кальцит II Флюорит II	Ковеллин Церуссит	Охры Дендриты
Элементы типичные	Fe, S, F K, SiO ₂	Cu, Zn, Ag, Pb, Ca S, CO ₂ , SiO ₂	SiO ₂ CO ₂	Cu, Fe, Zn CO ₂ , F	Fe, Mn
Характеристика	Сильное воздействие на стенки — щелочная среда t порядка 200—300°	Брекчии рудные Щелочная среда	Спокойная кристаллизация t около 100°	Окисление и перекристаллизация Слабокислая среда t около 50—0°	Выветривание t порядка 0°

фтор, кальций, барий, кремний, углекислота и частично, в продуктах окисления, серная кислота.

Наиболее интересными минералами этих жил является сфалерит. Он изучен очень хорошо с точки зрения спектроскопического состава и характеризуется определенными закономерными свойствами для разных генераций: устанавливается последовательная кристаллизация сфалерита, причем по мере охлаждения растворов черные и бурые тона минерала сменяются красным, оливковым и, наконец, светлозеленым до почти бесцветного.

Этот геохимический ряд в общем отвечает определенным законам самоочистки цинковой обманки, тем более, что одновременно с изменением цвета изменяется и спектроскопический состав. В светлых разностях наиболее холодных частей растворов преобладает только кадмий, зато в черных марматитах, особенно умбинского месторождения (Ройменское), спектроскопически наблюдается большое количество примесей, особенно много отмечается здесь германия, причем, по мнению ряда исследователей, содержание этого элемента могло бы считаться промышленным, если бы запасы сфалерита были достаточными.

Одновременно с изменением цвета и очисткой химического состава изменяется и агрегатное состояние сфалерита: темные сорта редко дают кристаллы, светлые, наоборот, встречаются в прекрасно образованных кристаллических многогранниках.

Какие же геохимические выводы мы можем сделать для характеристики этих образований? Прежде всего, мы имеем в них дело с совершенно типичными термальными процессами средних и низких температур (300—100°), с совершенно обычной, характерной для этих образований последовательностью кристаллических элементов: преобладание цинка в более высоких температурных процессах, свинца и серебра —

в более низких. Пересечение этими жилами зон, обогащенных сульфидами (древних фальбанд), ведет к осаждению сульфидов серебра или к выпадению этого элемента в виде больших скоплений самородного металла.

Однако общая минерализация этого комплекса на Кольском полуострове настолько слаба, что не подсказывает пока сколько-нибудь радужных выводов в области промышленности, но зато с теоретической точки зрения отвечает именно тем идеям, которые мы приводили при анализе общей геохимии Кольского полуострова: полиметаллические жилы заполняют пробелы в менделеевской таблице, преимущественно в ее правой части.

Попрежнему и здесь мы можем говорить об отсутствии наиболее холодных, наиболее отдаленных от очагов типов минерализации, и поэтому в нашем комплексе отсутствуют такие металлы, как таллий, мышьяк, сурьма, ртуть и др., поиски которых практически беспредельны.

VII. ГЕОХИМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НОВЕЙШИХ ОТЛОЖЕНИЙ

Проблемы поверхностной миграции химических элементов на Кольском полуострове представляют совершенно исключительный интерес как с теоретической, так и с практической точек зрения. Особенно интересно это потому, что мы имеем возможность на Кольском полуострове наблюдать поверхностные образования на трех резко отличных комплексах — щелочном (богатом более легко растворимыми соединениями), гранитном (бедном кальцием, магнием и железом) и, наконец, основном (амфиболиты, габбро, ультрабазиты и т. д.). Однако во всех случаях мы имеем дело, кроме того, со специфическими условиями современного климатического режима с чистыми водами севера, щелочным их характером и сильным гидролизом пород. Ход гипергенных процессов на Кольском полуострове еще совершенно не изучен, однако, мы можем наметить следующие замечательные его черты:

1. С химической точки зрения процессы заключаются в окислении, гидратации, преобладании механических разломов над процессами химическими, выносе щелочей и полуторных окислов.

2. Полезными ископаемыми, связанными с ходом этих процессов, являются:

воды	см. стр.	65
диатомит	" "	63
глины	" "	37
ракушечники	" "	35
торф	" "	37
сапрпель	" "	38
нефелиновые пески	" "	73
кварцевые пески	" "	37

3. Из приведенного выше списка видно, что речь идет о накоплении трудно растворимых осадочных продуктов остаточного характера, по преимуществу соединений четырехвалентных ионов кремния и углерода.

4. Для щелочных массивов особенно интересна легкая разлагаемость большинства минералов поверхностными слабокислыми водами, таковы: нефелин, содалит, эвдиалит, ферсманит, ловчоррит, ряд цеолитов и особенно апатит

5. Наравне с фиксацией и меньшей подвижностью кремнезема мы наблюдаем еще более тонкие реакции при выветривании титаносиликатов Хибинских тундр. Здесь с необычайной резкостью проявляется способность некоторых окислов накапливаться даже с сохранением кри-

сталлической решетки. И. Д. Старынкевич показала, что при выветривании ловчоррита идет вынос щелочей кальция, фтора и кремнезема и одновременно накапливаются в остатке редкие земли и титан. При этом торий и церий сохраняются в больших относительных количествах, что ведет к накоплению в некоторых вторичных минералах окиси тория до 4%. Очевидно, что с этим же процессом мы встречаемся при образовании почв в районе щелочных плутонов, что неизбежно должно сказываться на биохимических процессах.

VIII. ОТЛОЖЕНИЯ ГИПЕРБОРЕЯ

До моей поездки на Тиман (март 1940 г.) я не придавал значения тем осадкам гиперборейской свиты, которая встречена в обрывках на Рыбачьем полуострове и Кильдине и значение которой для полезных ископаемых мне не представлялось особенно интересным.

Между тем, нет никакого сомнения, что старые идеи О. Холтедаля и В. Рамзая, обновленные новыми фактами и выводами А. А. Чернова, говорят за то, что к этому же гиперборею надо отнести и свиту «М» кристаллических сланцев Тимана с ее радиоактивными водами. Конечно, метаморфизм этой свиты на Тимане гораздо интенсивнее, и осадки мелкого шельфа превращены в филлиты, кварциты и даже амфиболиты, но общая аналогия и мощность (свыше 400—500 м) весьма сходны. Одной из характернейших черт этой свиты «М» является высокое первичное содержание в ней урана и тория (U и Th), что подтверждено новыми анализами. Это первичное высокое содержание может быть связано лишь с первичным повышенным содержанием этих элементов при накоплении мелководных осадков и в связи с разрушением гранитов, обогащенных этими элементами. Если эта свита Тимана «М» действительно аналог гиперборея Кильдина и Рыбачьего полуострова, то можно ожидать повышенного содержания урана и тория в отдельных горизонтах,¹ особенно глинистых разностей этой свиты и на Кольском полуострове. Необходимы специальные точные исследования. Интерес повышается не вполне ясным соотношением этой свиты и свиты Кейв, с ее кианитами и кварцевыми полями. Между тем, грандиозные кварцевые конгломераты северного Тимана могут получить свое объяснение в разрыве предполагаемого продолжения свиты Кейв на восток к Тиману. Намечается близость этих отложений к спарегмита южной Норвегии.

Значительные площади, занимаемые отложениями гиперборея, заставляют особо внимательно отнестись к изучению связанных с ними жильных процессов (кварц, барит, целестин, стронцианит, сульфиды).²

¹ См. А. Е. Ферсман. Материалы к минералогии Ухтинских радиевых месторождений. ИАН, Геологическая сер., № 3, 1940.

² Д. Таннер (1936) указывает на образование в линзах темносерого известняка на северном берегу Рыбачьего полуострова, образования кон-ин-кон. Как мы знаем, химически последние связываются или с кальцитом, или, еще чаще, с стронцианитом или целестином. Необходима проверка.

Глава седьмая

ОБЩИЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

I. ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В настоящей главе мы попытаемся в кратких чертах дать техно-экономический анализ базы минерального сырья, причем будем исходить не только из теоретических предпосылок, но и из того десятилетнего опыта, который мы имели с момента организации горного дела на Кольском полуострове. Равным образом в анализе дальнейших путей развития нашей горной заполярной промышленности очень важно учесть опыт промышленного развития других полярных стран, в частности Канады.

Интересно в общем отметить, что за 10 лет роста Кольская горная промышленность прошла в основном пути Канады, пройденные последней за 40 лет. Если считать на единицу населения, то до 1886 г. в Канаде приходилось ценности горной продукции на 2 доллара, только к 1932 г. она достигла 25 долларов.

Не беря на себя всю полноту тех важных практических выводов, которые могут быть сделаны из намеченных перспектив минерального сырья, мы остановимся прежде всего на основных специфических чертах этого сырья и на тех видах промышленности, для которых мы имеем достаточные запасы сырья и выгодное его распределение по отношению к хозяйственным и промышленным узлам. Опыт первых десяти лет апатито-нефелиновой промышленности, а также пяти лет медно-никелевой показал ценность тех установок, которые были положены в основу использования этих комплексов и которые мы можем свести к нижеследующим двенадцати пунктам:

1. Исключительно выгодное географическое расположение минерального сырья на относительно небольшой территории с небольшими расстояниями между узлами и отдельными месторождениями. Эта конденсированность минерального сырья резко отличает его от рассеяния сырья в других горных промышленных районах, например, Сибири или Средней Азии, и является даже более ясно выраженной, чем на Урале, так как между крупнейшими промышленными месторождениями мы наблюдаем на Кольском полуострове расстояния всего в 50, максимум в 100 км.¹ Эта географическая особенность является исключительно характерной и облегчает ряд моментов в процессе промышленного освоения.

¹ Исключение представляет лишь район Ксйв, Стрельны и низовий Пооя; однако и они объединяются во второй, восточный горнопромышленный комплекс с очень небольшими расстояниями и прекрасными водными путями и своей крупной энергетической базой.

2. Выгода географического положения Кольского полуострова, по существу, тесно связана с его окружением тремя морями — незамерзающим Ледовитым океаном, Белым морем и Ботническим заливом Балтийского моря. Можно найти в западной части Кольского полуострова, в районе к западу от Чуна-тундры, такую точку, которая будет отстоять примерно на 200—300 км от этих трех морей. Мурманская магистраль связывает Полярный океан с Белым морем. Намечаемая вторая «транс-мурманская магистраль» свяжет эти моря с горлом Белого моря и, наконец, законченная в мае 1940 г. постройка железнодорожной линии Кандалакша — Куола-Ярви — (Кеми-Хапаранда) создала третью важнейшую железнодорожную связь с северным заливом Балтийского моря и с Швецией.

3. Специфические черты самого сырья были достаточно освещены в главе II. Самой основной особенностью сырья является главным образом непосредственная связь его с магматическими месторождениями и образование при высоких температурах преимущественно из расплавов или остаточных пегматитовых флюидов (наиболее высокотемпературных геофаз). Эти специфические условия образования налагают определенный отпечаток на характер этих полезных ископаемых. С одной стороны, месторождения этих ископаемых тянутся на значительные глубины, вероятно, подвергаясь при этом некоторому изменению в своем составе. Отдельные сотни метров не являются пределом для определения запасов минерального сырья в глубину; допустимы в ряде случаев прогнозы на 400—600 м. С другой стороны, образование минеральных тел при высокой температуре ведет к тому, что в их кристаллическую решетку входят разнообразные химические элементы в качестве изоморфных примесей, а сами минералы выкристаллизовываются вместе, т. е. без разделения и резкого обособления на отдельные составные части. Таковы, в сущности, две самых характерных черты минерального сырья главных месторождений: с одной стороны, сложный химический состав самого сырья, требующий специфических технологических или минералогических методов в разделении и обогащении, а с другой — постоянное сочетание полезных ископаемых, что в свою очередь, вызывает необходимость организации обогатительных установок и механической или химической сепарации составных частей.

К этому главному типу месторождений тесно примыкают и месторождения руд контактного характера или пегматитовых образований, в которых мы наблюдаем примерно те же характерные черты.

Второй генетический тип полезных ископаемых связан с явлениями метаморфизма и сильных давлений. В противоположность первому мы наблюдаем в этом случае гораздо более чистые минеральные тела. Достаточно, например, сравнить железные руды магматического характера и метаморфических свит архея. В первом случае (например, магнетиты Ионы) при особом богатстве содержания железа мы, тем не менее, наблюдаем значительные примеси фосфора, окислов кальция, магния, цинка и даже олова. Во втором (например, приимандровские железистые кварциты) мы имеем гораздо более чистые руды, с очень низким содержанием фосфора и серы, но с меньшим процентным содержанием полезного металла. Эти черты характерны и для района Кейв с их чистыми кианитами, которые, несомненно, в основе своей связаны с процессами метаморфического изменения каких-то осадочных свит.

Наконец, третьей генетической чертой кольских полезных ископаемых является очень незначительное количество чисто осадочных биогенетических образований (если исключить из этой группы вышеуказанные метаморфические руды). Кроме диатомитов и измененных древних из-

	Древние платформы			Другие зоны (герцинские и альпийские)
	Основания			
	Архей	Протерозой	Палеозой	
Уголь			9	91
Нефть			43	57
Медь	23	9	13	77
Золото	14	14	52	20
Свинец	1		15	83
Цинк	23		17	81
Кобальт			35	
Алмаз		57	49	
Железо		39		61
Марганец		59 17		45
Олово		8.5		91.5
Асбест		16		84
Титан		64		36
Платина		49		51
Никель		15		85
Слюда	?	10.2		10
Графит		?		5.2

Фиг. 23. Сравнительная оценка годовой добычи полезных ископаемых, связанных с древними щитами. Цифры подсчетов отнесены геологом Блонделем к 1929 г. В них, таким образом, не входит использование полезных ископаемых Кольского полуострова. Цифры при заштрихованных квадратах отвечают процентам добычи данного полезного ископаемого по сравнению с другими генетическими типами. Таблица, несмотря на всю ее сложность, представляет несомненную ценность, показывая огромную роль особенно протерозойских образований в мировой добыче ряда полезных ископаемых и в особенности нерудных. В таблице, однако, недооценена роль архейских отложений, которые все более и более оказываются богатыми особенно железными рудами, и для них даже устанавливается специфический «железный век» геохимической истории. Вообще интересно составление такой таблицы для Кольского полуострова, что, однако, пока не может быть выражено количественно; но в основном изменения будут в следующем направлении: архей — значки будут для железа и слюды; протерозой — значки меди больше, железа меньше, несколько меньшая роль слюды и значительно большая относительная роль графита.

Достаточно привести следующий неполный список полезных минералов для характеристики этой мысли:

вестняков, торфа и небольшого количества глины, мы не наблюдаем здесь ни одного из обычных полезных ископаемых, связанных с образованиями земной поверхности. Отсюда полное отсутствие обычных солей (гипса, каменной соли), гипергенных железных руд, аналогичных руд марганца и т. д.

Из этой характеристики генетических условий кольских руд вытекает еще одна очень важная черта. Вследствие низкого эрозионного среза и сильного размыва не только ранее бывших осадочных пород, но даже верхов кристаллического щита и его плутонов, мы наблюдаем обычно только корни жильных и магматических процессов, и лишь в более отдаленных от очагов частях встречаем более крупные скопления более низкотемпературных образований. Отсюда особенное преобладание более высоких типов пегматитов (I—III), при отсутствии пегматитов лития и фосфора, сравнительно слабое развитие холодных полиметаллических жил (со свинцом и серебром) и полное отсутствие (пока!) тех телемагматических дериватов сульфидных жил, которые где-либо в отдаленных частях Мончи могли бы образовывать скопления кобальта, серебра и, может быть, урана.

4. Специфические свойства сырья. Наравне с выше приведенными особенностями происхождения полезных ископаемых на Кольском полуострове мы наблюдаем и вторую черту своеобразия самих веществ: очень многие из них являются совершенно новыми минеральными видами или же никогда не применявшимися ранее в мировой промышлен-

Для щелочей и алюминия	— нефелин, кианит и силлиманит
» фосфора	— апатит и саамит
» редких земель	— ловчоррит, лопарит, кнопит и саамит
» титана	— титанит (сфен), кнопит, (титаномагнетит)
» ванадия	— эгирин, (титаномагнетит)
» циркония	— эвдиалит
» ниобия и тантала	— лопарит и кнопит

Это своеобразие и разнообразие совершенно новых для промышленности видов сырья вызывает и особые условия их механической и технологической обработки.

В ряде случаев использование кольских минералов и пород представляется совершенно новой и притом сложнейшей научной и технологической проблемой. Разрешение этой проблемы не может, в общем, идти по каким-либо готовым рецептам и уже разработанным методам и поэтому требует очень большой творческой научно-исследовательской работы. Может быть, в этом лежит корень того, что в общем технологическая разработка ряда проблем, обогащение и химическая переработка отстают от геологических и геохимических исследований и создают задержки в организации соответственных областей промышленности. Таковы, например, проблемы хлорирования лопарита, получения силюмина из силлиманита и вся проблема извлечения алюминия из нефелина. Больше того, в ряде случаев неудачи в переработке и обогащении явились основанием для консервирования уже начатых промышленных опытов по использованию. Так было с ловчорритом и отчасти со сфеном. Для целого ряда объектов, как то: апатит и саамит, титаномагнетит и др., мы имеем лабораторно разработанные новые интересные технологические схемы, однако, отсутствие крупных опытно-заводских испытаний является особым тормозом для использования данного вида сырья.

Таким образом, нужно прямо сказать, что своеобразие типов полезных ископаемых вызывает необходимость всемерного форсирования, прежде всего, разработки технологических методов и испытаний их в опытно-заводском масштабе.

5. Грандиозность запасов. Как мы детальнее изложим в следующей главе на стр. 209, для двенадцати полезных ископаемых (шесть рудных и шести нерудных) мы имеем сейчас грандиозные запасы самого сырья. К этим двенадцати «китам» мы относим руды железа, меди и никеля, титана, циркония, редких земель и ниобия; нерудные вещества — нефелин, кианит, апатит, оливинит, керамический гранит и пегматит, абразивный гранат. Для всех этих двенадцати объектов имеются запасы, выходящие за рамки обычных промышленных месторождений. Для целого их ряда запасы будут увеличиваться по мере дальнейшего изучения уже известных месторождений и открытия новых. Таким образом, грандиозность запасов «двенадцати кольских китов» обеспечивает широчайшие возможности для организации промышленных центров, позволяет делать крупные капиталовложения на значительное число лет и обеспечивает правильный технико-экономический анализ дальнейшего развития промышленности, с расширением ее до пределов, нужных для общего развития страны в целом — сельского хозяйства, обороны и экспорта.

6. Рядом с вышеуказанными положительными чертами в списке полезных ископаемых Кольского полуострова есть ряд дефектов, учет которых совершенно необходим в целях правильной организации промышленных предприятий. Первым, наиболее характерным недостатком является полное отсутствие обычных видов химического сырья, на которых строится нормальная химическая промышленность, как то: угля,

нефти, различного вида солей, избыточного сернокислотного сырья. Только по отношению к серной кислоте за последние годы открытие Мончи намечает некоторый, правда, еще не достаточный источник для получения моногидрата. В остальном положение надо признать почти совершенно безнадежным, и поиски на месте месторождений указанных веществ имеют мало шансов на успех. Из этого специфического недостатка кольских недр рождается и необходимость создания особых специальных видов химической промышленности, основанной на тех веществах, которые имеются на Кольском севере в избытке, на смелом научном пересмотре существующих и общепринятых технологических схем и на комбинированном использовании сырья соседних районов Севера.

7. Наравне с этим отсутствием типичного химического сырья мы должны отметить и ряд других отрицательных моментов в списке полезных ископаемых Кольского полуострова. Эти моменты также связаны со спецификой геохимических процессов Фенноскандии. Прекрасным примером могут служить, например, месторождения минералов Хибинских и Ловозерских тундр, в которых кварц и кальцит — два самых обычных химических соединения — практически отсутствуют, и каждая находка их привлекает к себе особое внимание исследователей. Равным образом Кольский полуостров характеризуется полным отсутствием хлористых и сернокислых солей, отсутствием гипса и ангидрита, надежд на нахождение которых совершенно не имеется.

Глинистые продукты долгое время были совершенно дефицитными на Кольском полуострове и вызвали завоз простого кирпича из-под Ленинграда; однако сейчас простые керамические глины были найдены в достаточных количествах и позволили организовать свою собственную кирпичную и черепичную промышленность; однако более высокие сорта глин, огнеупорных и каолиновых, отсутствуют на Кольском полуострове, и поиски их пока безрезультатны.

Не блестяще обстояло долгое время дело и с карбонатным сырьем. Правда, открытие месторождений у ст. Титан и особенно Ионы наметило новые возможности в этом вопросе, но и в том и в другом случае мы имеем дело преимущественно с доломитами или с известняками не высшей марки чистоты, и потому проблема открытия особенно чистого известняка — мрамора, годного для тонких химических производств, попрежнему стоит на очереди на Кольском полуострове.¹

8. Совокупность приведенных выше данных вызывает для промышленности Кольского полуострова особые условия для организации комплексного хозяйства и взаимосвязи отдельных химических производств. На стр. 213 в следующей главе мы разбираем более детально этот вопрос на основании отдельных примеров, указывая возможность построения схемы такого комплексного хозяйства, но должны отметить, что организация этих новых путей социалистической промышленности исключительно облегчается на Кольском полуострове не только сочетанием в одном и том же горном массиве различных объектов, но и теми выгодными географическими условиями, которые связывают отдельные промышленные центры расстояниями всего в 50—100 км. Достаточно указать, что если мы из Кировска проведем круг радиусом в 100 км, то внутри этого круга окажутся все основные источники полезных ископаемых, за исключением только кейвских кианитов и еще мало разведанных торфяных массивов юго-восточной части полуострова.

¹ Очень интересны месторождения известняков протерозоя у Вуориярви около линии новой железной дороги Кандалакша — Куолайрви (см. стр. 34). На эти месторождения обращала внимание еще финляндская промышленность.

9. Характерной чертой Кольского полуострова и организации в нем промышленности являются крупные запасы дешевой и в общем очень хорошо зарегулированной электроэнергии. Однако, надо прямо сказать, что, несмотря на грандиозность запасов белого угля (правда, при довольно больших капиталовложениях), включенного в единое энергетическое кольцо, потребности транспорта, народного хозяйства и промышленности Кольского полуострова в общем будут опережать снабжение его электрической энергией, так как возможности использования грандиозных запасов сырья в общем уже сейчас превышают те энергетические лимиты, которые могут обеспечить силы кольской гидроэнергии.¹ Для ближайших десятков лет гидроэнергия решает основные линии народного кольского хозяйства: облегчает электрификацию железнодорожных путей, вызывает возможность перевода технологических схем и металлургии на электроплавку, электролиз и электрометоды переработки, — вообще заставляет форсировать в полном согласии с постановлением XVIII съезда партии развитие электрохимической и электрометаллургической промышленности.

Но одновременно со значительностью гидроэнергетических запасов мы должны отметить исключительно слабое снабжение Кольского полуострова тепловой энергией. В специальной главе ниже мы разбираем трудности этого вопроса и не можем скрыть, что основные задачи по организации промышленности и хозяйства должны сводиться к исключительной экономии топлива, — всех источников тепловой энергии.

Одновременно с борьбой со всякими излишествами в области использования дров, угля и нефти задача сводится к переводу процессов с тепловых на электрометаллургические и электрохимические; но вместе с тем, несомненно, что только широкое применение новых методов использования крупных торфяных массивов может вывести большую металлургию и большую промышленность Кольского полуострова на новые пути.

10. Характерная специфика заполярных условий, оторванность от рынков потребления и центров металлургической и химической промышленности вызывает необходимость в создании особого типа производства на Кольском полуострове. Организация новых промышленных предприятий в условиях тайги и тундр непосредственно связана с большим культурным и транспортным строительством и поэтому вызывает прежде всего необходимость ряда мероприятий по созданию городов и культурно-бытового обслуживания рабочих и служащих.² Эти особенности организации не позволяют проектировать сравнительно небольшие предприятия, а вызывают необходимость более крупных масштабов тех производственных единиц, которые одновременно и используют данное сырье и поднимают культурный и хозяйственный уровень целой области.

Таковы те предпосылки, которые должны быть вложены в промышленное использование полезных ископаемых. Опыт Хибинского центра, а в дальнейшем опыт Мончегорска доказали справедливость этих идей. Отсюда совершенно ясно, что с такими же масштабами надо подходить и к использованию других трех китов Кольского полуострова — к Йоне со всем ее циклом полезных ископаемых, к овладению комплексом полезных ископаемых Ловозерских тундр и особенно к использованию «Больших Кэйв».

¹ Это говорит за то, что в будущем кольское сырье должно частично подвергаться дальнейшей переработке на энергетических установках Северной Карелии (рр. Ковда, Кемь, Выга и др.) и еще более южных районов.

² Это была установка С. М. Кирова, которую он неоднократно высказывал на совещаниях и конференциях по овладению севером.

Такого рода подходы требуют крупных капиталовложений порядка десятков или даже сотен миллионов рублей, но зато они обеспечивают относительно низкую себестоимость продукции и возможность снижения накладных расходов.

Из этих же особенностей условий Кольского полуострова вытекает и другая черта. Несмотря на возможность организации дешевых и сравнительно недалеких внутренних перевозок на полуострове, одной из его основных черт является значительная отдаленность его в целом от главных промышленных центров страны, особенно — от сельскохозяйственных районов. Даже до Ленинграда Кировская железная дорога имеет протяжение в 1.5 тыс. км. Использование водных путей через Архангельск или по Сталинскому каналу хотя и облегчает условия дальних перевозок, но выдвигает ряд затруднений вследствие их сезонности, связанной с длительным замерзанием Белого моря. Поэтому борьба за низкую себестоимость сырья должна сочетаться с широко поставленной проблемой перевода этого сырья в продукты большей ценности, полуфабрикаты или даже конечные фабрикаты. Эта идея является решающей для всей промышленности Кольского полуострова, ибо случай с кратковременной затяжкой перевозок по Кировской железной дороге — в связи с военными действиями против белофиннов — привел к трудному положению с концентратом апатита, который не было возможности вывезти.¹ Химизация промышленности Кольского полуострова, получение комбинированных сверхфосфатов, электролиз и рафинирование меди и никеля — таков первый этап в разрешении этой проблемы. То же самое должно быть осуществлено по отношению в первую очередь к рудам титана и частично к нефелину, а также к редким металлам (см. подробно об этом на стр. 213, 248).

11. Одной из предпосылок, которые необходимо иметь в виду при дальнейшем построении промышленности на Кольском полуострове, является изменение во взглядах на трудности климатического режима полуострова. В полном согласии с высказываниями знаменитого американского полярного исследователя Стефансона о полярных странах, мы должны прямо сказать, что старые представления об «ужасах Русской Лапландии — Кольского полуострова» являются результатом малого знакомства и недостаточной приспособленности пришлого населения к Кольскому северу. Все представления царских чиновников, много раз высказывавшихся против укрепления Кольского полуострова, картины ужасов, гибели местного населения, рисовавшиеся путешественниками XVIII и XIX веков, например, писателем В. И. Немировичем-Данченко, исключительные опасения промышленного освоения севера, даже у Гёбеля, — все это сейчас в значительной мере уступило разумному и трезвому отношению к природе Кольского края. Сравнительно мягкий климат, обилие снежного покрова, при двух месяцах снежных буранов, частью в горных районах снежных лавин — таковы основные черты климатического режима, не представляющие особых трудностей в борьбе с ними, но заставляющие приспособить всю промышленность и народное хозяйство к специфическим условиям севера. Стефансон правильно говорил, что вся жизнь человечества постепенно перемещает свои центры к северу, что было время в истории культуры, когда северная Галлия, т. е. северная Франция, считалась по своей суровости недоступной для жизни. Даже в первые годы наших академических экспедиций (1920—1924) мы столкнулись с этими пред-

¹ Ведущее сейчас (1940) на всем Севере энергичное строительство железных дорог и подъездных путей знаменует решительный исторический поворот в судьбах европейского Севера.

ставлениями, которые одно время волновали и нас. Мы были убеждены вместе с местным пришлым населением, что лошадь не может выжить в этом крае, что в зимних условиях трудно организовать транспорт, что бураны и лавины не позволят говорить об организации постоянного жилья в Хибинских тундрах. Все эти представления полностью развеяны в настоящее время, а приспособление к длительной зиме вызвало и новую организацию жизни в заполярных условиях.¹

Но вместе с этим выявилась и следующая черта Кольского севера — возможность организации в нем собственного сельского хозяйства и снабжения промышленных центров собственными продуктами питания и кормами. Энергичная деятельность акад. И. Г. Эйхфельда, начиная с 1923 г., коренным образом реорганизовала все представления о доступности хозяйственных и огородных культур для Кольского полуострова. Совхозы «Индустрия», «Полярный» у селения Колы, «Нивский» на Ниве II показали, насколько неправильны были эти дореволюционные представления, и позволили в значительной степени обеспечить местный рогатый скот и лошадей собственными кормами, а местное население — ранними и относительно дешевыми овощами. В ряде своих работ акад. Эйхфельд подчеркивает, что возможности для огородных культур здесь совершенно беспредельны благодаря обилию солнца и длительному полярному дню, что дело лишь в достаточном количестве стекла и навоза, тогда без всяких дополнительных затрат можно будет достигнуть обеспечения местного населения теми необходимыми продуктами и витаминами, которые являются особо нужными для питания организма в районе Севера.

12. Наконец, очень важным для организации кольской промышленности в дальнейшем является грандиозность проделанной научной работы за последние 20 лет. Об этом говорят не только около 6000 научно-исследовательских работ, посвященных изучению отдельных хозяйственных проблем Севера (без прилегающих морей), причем около 40% относится к горному делу и проблемам технологии минерального сырья.² Об этом говорят и создавшиеся новые научные центры, с успехом работающие на Кольском полуострове, как Кольская база Академии Наук СССР в г. Кировске, филиал Географо-экономического научно-исследовательского института в Мурманске, Ленинградское геолого-разведочное управление, Биологическая станция АН в бухте Зеленцовой, Научный институт рыбного хозяйства, Институт полярного растениеводства и др. Об этом же говорят многие сотни новых химических анализов, позволяющих геохимику охарактеризовать большинство видов сырья. Об этом свидетельствуют приблизительно 700 научно-исследовательских партий, которые в течение последних 20 лет исколесили в разных направлениях — главным образом с географическими и геологическими целями — значительную часть районов Кольского полуострова.³

Составляя настоящий очерк, а также подготавливая к печати монографию о «Хибинах в их прошлом, настоящем и будущем», я неизбежно должен был познакомиться со всей исследовательской работой, которая была проведена на полуострове, начиная с 1923 г., когда я впервые попытался охарактеризовать полезные ископаемые Хибинских тундр. Затем

¹ См. стр. 231 об использовании промышленностью специфических черт Кольского полуострова и его климатического режима.

² Для печатной литературы имеем: до 1930 г. — 1000 ст.; после, до 1939 (включит.) — 6000 ст. по полуострову; 2000 — по морям, морским промыслам и побережью; 300—500 иностр. статей, 100—200 художественной литературы — всего до 10 000 названий по всему Кольскому полуострову и прилегающим частям морей.

³ Очень значительны фондовые неопубликованные материалы; во всех известных мне фондах хранится до 10 000 записок, отчетов и докладов.

много раз в течение истекших 20 лет Б. М. Куплетский, А. А. Полканов, П. А. Борисов, В. А. Асаткин делали попытки подведения итогов наших знаний в этом направлении. В интересном II томе географического словаря Кольского полуострова, составленном проф. В. П. Воцининым, подведены последние наши итоги в этом направлении. Мы видим, как постепенно, начиная с 20-х гг., стали расширяться наши знания о богатстве Кольского полуострова, составлена была первая точная геологическая карта (А. А. Полканова), дано петрологическое освещение пород в статьях Б. М. Куплетского, а в материалах Ленингр. геол. управления наметились контуры запасов и качества тех, примерно, 50 полезных ископаемых, которые характерны сейчас для полуострова.

И, тем не менее, мы должны сказать, что научно-исследовательская работа еще только началась, что приходится повторять то же, что было сказано по поводу Хибин, когда в 1920 году, в теплушке, на вопрос моих спутников, сколько же лет мы будем изучать Хибин, я ответил: «Десять лет». Слова мои были встречены с недоверием и смехом, но жизнь показала, что и указанная цифра была ошибочна. Прошло больше 20 лет с момента первой академической экспедиции на Кольский полуостров, а между тем даже наиболее изученные Хибин исследованы совершенно недостаточно, и многочисленные и очень сложные проблемы научного и практического значения еще далеко не решены.

В сущности, в отношении Кольского полуострова в целом мы переживаем сейчас совершенно такое же положение: несмотря на все успехи научно-исследовательской работы, мы знаем сравнительно небольшую часть территории полуострова, и я думаю, что будет правильно сказать, что геохимически с точки зрения распределения полезных ископаемых нам известны всего 8—10% его территории. Между тем, ряд районов покрыт сплошными болотами, тайгой и ледниковыми отложениями и не может быть легко освещен и выявлен без применения новых и систематически проводимых геохимических и геофизических методов поисков и разведки. Наравне с несомненными успехами геологии имеется значительное отставание чисто минералогических и геохимических работ. Полезные ископаемые с точки зрения их свойств и качеств изучены плохо. Анализ далеко не достаточен, и для целого ряда очень нужных и ценных полезных минералов мы совсем не имеем точных аналитических данных. Геохимическая картина миграции отдельных элементов, лежащих в основе прогнозов, пока только намечается, и то только для отдельных территорий. Ни одно из месторождений не разведано в достаточной степени на глубину, и потому неясны законы, по которым рудные тела изменяются качественно и количественно в глубинных зонах. Наконец, как мы уже говорили, исключительно отстают технологические работы. Здесь особенно нужны серьезные и глубокие исследования; здесь нужно применение тех новых смелых идей, которые позволяют по-новому построить химическое и металлургическое использование кольского сырья.

II. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСКОПАЕМЫХ БОГАТСТВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В главах III и IV мы дали детальный геологический и минералогический анализ приблизительно 50 полезных ископаемых, характерных для Кольского полуострова. Однако нигде в приведенных ранее указаниях не было дано более углубленной оценки запасов и качества этих полезных ископаемых и не было сравнения их с запасами

Классификация полезных ископаемых и химических элементов по хозяйственной ценности (на 1940 г.)

Местное сырье	Сырье, имеющее значение для северо-западной области	Сырье всеобщего значения	Сырье мирового значения	Сырье неопределенного значения
Гранит строительный Нефелиновый сиенит	Кварц чистый	Гранит керамический Оливинит	Апатит	Алмаз
Известняк (ракушечник) Доломит	Пегматиты Лестиварит	Халькопирит (медь) Пентландит (никель)	Саамит Нефелин Кианит	Графит Самородное серебро Самородное золото
Песчаник Кровельный сланец Кварцевый песок	Энстатит Кварцит	Апатит Саамит	Лопарит Кнопит	Галенит Сфалерит
Нефелиновый песок Глины кирпичные Торф	Нефелиновый песок Пирротин	Нефелин Мусковит	Магнетит (Титано-магнетит)	Плавиновый шпат Хлористый натрий Гематит Молибденит Виллиомит Мурманит
Сапропелит	Магнетит Диатомит Полевой шпат	Кианит Гранат абразивный Титаномагнетит	Редкие минералы для музеев	
Барит	Эгирии (с ванадием)	Сфен		Искусственные краски Гакманит
Вода	Поделочные и декоративные камни Жемчуг	Лопарит		
Дорожные материалы Асбест (антофиллитовый) Магн. силикаты (тальковые породы) Охры (Пирротин) Диатомит		Кнопит (перовскит) Эвдиалит Ловчоррит Фтор из апатита, стронций из апатита Редкие земли из апатита Титан Ванадий Кобальт Никель Медь Платиновые металлы (палладий) Цирконий		Берилл Пьезокварц (дымчатый кварц)
	Натрий (неф.) Калий (неф.) Сера (сульфидн.) Селен			

этого же вида сырья на территории нашего Союза или в месторождениях других стран, обслуживающих мировое хозяйство. Поэтому мы считаем нужным подвергнуть более детально анализу приведенный список и, прежде всего, дать классификацию полезных ископаемых и химических элементов по их хозяйственной ценности.

Подобная схема классификации и раньше давалась А. А. Полкано-

вым, В. П. Вошининым и автором настоящей работы, однако до сих пор она не охватывала полностью все виды полезных ископаемых, изведенной на 1940 г. на территории Кольского полуострова. Анализ приведенной таблицы показывает, что 12 полезных ископаемых могут быть выдвинуты на первое место по мировому или общесоюзному характеру запасов и исключительной их промышленной ценности. Эти 12 веществ являются основой дальнейшего развития горной промышленности Кольского полуострова, и поэтому необходимо дать краткую хозяйственную характеристику этих полезных ископаемых.

А. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

1. Апатит. Как известно, запасы апатитовой руды определяются миллиардами тонн. Чтобы оценить значение этих цифр, мы должны указать, что мировая добыча фосфоритов в год немногим превышает во всех странах 10—12 млн. т, и поэтому промышленные запасы Кольского полуострова, по существу, соответствуют сотням лет удовлетворения только ими всей мировой потребности фосфора (для удобрения и для других отраслей народного хозяйства и обороны). Особенную ценность при этом представляет саамит, о котором будет речь ниже, а также значительные запасы фосфора в железорудном мест. Ионы.¹

2. Неисчерпаемые запасы нефелина выражаются не в миллионах, а в миллиардах тонн. Трудно поэтому даже оценивать эти цифры, так как речь идет пока о чисто геологических запасах, использование которых зависит от успехов технологических приемов переработки нефелина. В данном случае не запасы, а технология решает задачу. Трудно даже сделать попытку перевести эту цифру на годовую добычу и сравнить ее с использованием нефелина и сходных материалов в мировой практике, но нет никакого сомнения, что мы имеем здесь источник для создания различных отраслей химической промышленности, основанных на использовании замечательного сочетания глинозема, кремнезема и щелочей (см. при нефелине, стр. 237).

3. Мы еще не имеем сколько-нибудь полных подсчетов запасов Кейвских кианитов, но, во всяком случае, они исчисляются десятками, и, может быть, достигают сотни миллионов тонн. Здесь точно так же, как и в отношении к апатиту и нефелину, запасы кианита являются самыми крупными мировыми запасами. Ни одна из работающих или известных в мире (Индия, Калифорния, Сев. Каролина и др.) точек кианита (силлиманита) не может быть сравнима с исключительными запасами кианита Больших Кейв, как мирового источника высоких огнеупоров и металлического алюминия (силумина).²

¹ Апатит имеет огромное экспортное значение (в Германию вывозилось до 1 млн. т, в Швецию — 300 тыс. т и т. д.). Цена фосфоритов на мировом рынке 3—4 доллара за тонну (на месте). Апатит добывается из щелочных пород еще только в месторожд. Ипанема в вост. Бразилии, где установлены его запасы лишь в 1 млн. т (годовая добыча порядка 100 тыс. т). Месторожд. апатита в южной Норвегии не работают; в Канаде — дают спорадически отдельные тысячи тонн. Намечается добыча в Манчжурии. Получается частично апатит при обогащении магнетитов шведских рудников. Но все эти запасы и добычи ничтожны по сравнению с масштабами Хибин.

Что касается качественной стороны, то ни один рыночный продукт в мире не может конкурировать с хибинским концентратом с почти теоретическим процентом фосфорной кислоты, тогда как в лучших фосфоритах Флориды и Северной Африки содержание ее доходит лишь до 35—36%.

² Мировая добыча кианита и силлиманита не велика и пока не превышает 20—25 тыс. т. Цены высокие, особенно на чистый концентрат, до 20—25 долларов за тонну.

4. **Керамический гранит** (и керамические пегматиты). Запасы керамического гранита Сайда губы отвечают 50 млн. т в тех скромных немногих подсчетах, которые даются пока для этого месторождения ленинградскими геологами, при общей годовой потребности в огнеупорах нашей страны, выражающейся в сотнях тысяч тонн. Мы имеем здесь запасы всесоюзного значения, притом запасы весьма высокосортного огнеупорного сырья. Исключительно велики запасы керамического пегматита, причем только для чистых сортов, почти лишенных вредных железистых примесей, запасы выражаются многими миллионами кубометров. Наиболее ценные сорта обнаружены в юго-западных районах Имандры и бассейнов впадающих в нее рек. Постройка Ионской железной дороги открывает перед ними широкие перспективы.

5. **Оливиниты**. Запасы оливинитов точно не подсчитаны. Однако распространение высокосортных сортов оливинитов на пространстве в несколько квадратных километров говорит о том, что мы имеем здесь дело практически с бесконечными запасами высокой марки огнеупорного сырья, выражаемого многими сотнями миллионов, а может быть, и миллиардами тонн. При относительно скромных пока потребностях в высоких огнеупорах типа форстеритовых кирпичей мы имеем достаточные запасы как для удовлетворения всей промышленности Союза, так и для экспорта.

Стоимость высоких марок оливинитов в США 6—7 долларов за тонну.

6. **Гранат абразивный**. Месторождения абразивного граната на Центральном водоразделе, несмотря на то, что изучены очень плохо, несомненно, занимают первое место у нас в Союзе и, вероятно, могут состязаться по запасам с месторождениями американских гранатов. При этом несомненно, что по качеству гранат Кольского полуострова много выше всех известных промышленных марок. Если сейчас до глубины 10—15 м запасы граната в отдельных точках определяются в 1 млн. т, то нет никакого сомнения, что при дальнейшем изучении всего сильно заболоченного и задернованного района эти запасы увеличатся во много раз. До сих пор единственным крупным поставщиком абразивного граната являлись США, ежегодно добывавшие 5—6 тыс. обработанного и расклассифицированного по величине зерна минерала (по цене до 60—80 долларов за тонну). Однако, в связи с успехами получения искусственных абразивов, этот вид сырья пока не имеет большого будущего, если не удастся получать его по цене не выше 50—70 р. за тонну обработанного материала.

Б. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Наравне с приведенными выше шестью неметаллическими ископаемыми мы можем наметить крупнейшие запасы руд черных, цветных и редких металлов.

7. **Руды железа**. Кольский полуостров исключительно богат рудами железа, и, несмотря на отсутствие сколько-нибудь планомерных поисковых и особенно магнитометрических работ, уже для двух районов приимандровских железистых гнейсов и месторождений Ионы мы имеем запасы многих сотен миллионов тонн металла. Если разведки подтвердят дальнейшее протяжение ионских магнетитовых месторождений к юго-востоку, то весьма возможно, что только в районе Ионы мы будем насчитывать до 1 млрд. т магнетитовой руды. Если мы вспомним, что сейчас знаменитая Кирунаваара — объект борьбы международного ка-

титана в Полярной Швеции, определяется приблизительно в 2 млрд. т, то должны будем признать совершенно исключительное значение месторождения Ионы, даже если качественно оно будет сравнимо лишь со средними экспортными марками шведской руды.¹

8. Титан. Наравне с железом Кольский полуостров должен быть признан мировым источником титана. Запасы руды здесь достигают сотен миллионов тонн, а содержание в них двуокиси титана превышает все известные в мире месторождения титана. Месторождения кнопита и сфена являются единственными в мире как по размерам запасов, так и по замечательному качеству этих руд, очень бедных железом.

Наравне с Уралом Кольский полуостров выходит по запасам на первое место в области снабжения титаном нашей промышленности, но по качеству, своеобразию и полезным примесям руды Кольского полуострова имеют преимущество.²

9. Руды меди и никеля. Мы не можем пока точно говорить о запасах руд этих металлов, поскольку для богатых руд они еще полностью не подсчитаны, но уже совокупность всех данных и особенно подсчеты, принятые для бедных руд Сопчуайвенча, показывают, что мы имеем здесь дело с запасами никеля и меди, выражающимися в многих сотнях тысяч тонн. Если мы учтем, что самые богатые никелевые месторождения Сёдбери (в Канаде) характеризуются запасами в несколько миллионов тонн, то, во всяком случае, запасы наших полярных месторождений по отношению к никелю занимают второе место после знаменитых месторождений Канады.³

10. Руды ниобия. Нет никакого сомнения, что месторождения лопарита в Ловозерских тундрах имеют мировой характер. Если, может быть, подсчеты Л. Б. Антонова были несколько преувеличены, когда показывали запасы ниобия в десятках миллионов тонн, то, во всяком случае, мы имеем здесь дело с настолько крупными запасами ниобиевых руд, что практически они неисчерпаемы, и потребность страны во многих тысячах тонн ниобия в год может легко покрываться из отдельных только участков этих грандиозных месторождений. В других странах мы не имеем ни одного аналога этим месторождениям, а запасы ниобиевых руд в Нигерии и Бельгийском Конго намечаются хотя и довольно значительные, но все же ограничиваются отдельными россыпными месторождениями. Ниобий, равно как и вышеупомянутый титан, а также редкие земли и цирконий, являются специфическими металлами кольских щелочных массивов, и на них должно быть обращено внимание в особом порядке.⁴

11. Руды редких земель. Как указано было выше, щелочные породы Кольского полуострова представляют грандиозные запасы редких земель. В одном только апатите содержится до 10 млн. т окислов этих металлов, а в лопаритах насчитывается около 3 млн. т в тех участках месторождений, которые практически разведаны и годны для эксплуатации. Мы видим, что эти цифры совершенно несоизмеримы с потребностью мирового хозяйства в редких землях и добыча хотя бы тысячи тонн редких земель из минералов Хибин при этих условиях в

¹ См. прилож. VII.

² Годовая добыча в мире ильменита — 250 тыс. т, чистого рутила — до 1 тыс. т. Титан еще не вышел на широкое поле черной металлургии и химической промышленности.

³ Годовая добыча Канады достигает 95 тыс. т (при мировой добыче 112 тыс. т). Норвегия дает до 1000 в год (с большими колебаниями).

⁴ Это особенно интересно, если иметь в виду годовую мировую добычу ниобия — 500 т (1938 г.) и выше (до 1000 т).

настоящее время является лишь задачей чисто организационного и хозяйственного характера.¹

12. По рудам циркония, представленным эвдиалитом, намечаются очень крупные запасы, выражаемые десятками миллионов тонн, однако промышленное их использование до сих пор стоит под вопросом, в связи с отсутствием достаточно разработанной технологической схемы обогащения и извлечения циркония.²

Вышеприведенные 12 видов полезных ископаемых, как сказано, определяют основные промышленные черты горного и горнохимического хозяйства Кольского полуострова, намечают собой источник для снабжения всей нашей страны рядом ценнейших металлов и неметаллических ископаемых, а в целом ряде случаев являются крупными статьями для экспорта в другие страны.

Если поступить по методам североамериканской горной статистики и условно капитализировать вышеприведенные руды по средним ценам в тоннах сырья на месторождении, то мы получим настолько крупные цифры, что они далеко выйдут за рамки сотен миллиардов золотых рублей. Однако овладение всеми этими богатствами в значительной степени зависит от успехов их хозяйственного и промышленного использования, а последнее требует крупных капиталовложений как в организацию транспорта, так и в энергетические установки и промышленные предприятия по постройке заводов и фабрик.

Если на основании опыта использования тех капиталовложений, которые легли в основу построения Кировской и Мончегорской промышленности, подсчитать необходимые средства, нужные для полного использования этих богатств (с расходами на дорожное, бытовое, промышленное и портовое строительство), то они выразятся цифрами совершенно иного порядка, чем те ценности, которыми характеризуются указанные выше 12 полезных ископаемых. Как ни случайны приведенные выше подсчеты, как ни недостаточно еще изучена промышленная ценность отдельных руд, все же мы совершенно спокойно можем говорить о полной целесообразности больших капиталовложений для расширения тех многообразных отраслей промышленности, которые связаны с использованием 12 основных видов полезных ископаемых Мурманской области.

III. КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На Кольском полуострове при дальнейшем развитии промышленности должны быть применены все те методы горнопромышленного комбинирования, которые являются характерными для социалистического хозяй-

¹ Точной мировой статистики нет, и цифры годовой добычи монацита не отвечают современной промышленности, так как все еще используются огромные отвалы церо-вых солей на заводах азербайджанских колпачков. Думаю, что годовая потребность всех стран (особенно для обороны) отвечает 2000—3000 т солей редких земель в год (включая и широкое использование в стекольном деле).

² Наблюдается огромный рост мирового потребления дешевых руд циркония (из песков). Годовая добыча минерала циркона превышает 8—9000 т (кроме циркита). Наша потребность пока удовлетворяется цирконом из разрушенных верхов марму-ральных снептов на Украине.

ства. В моей работе 1932 г.¹ были намечены следующие типы такого комбинирования:

1. Закономерное сочетание полезных ископаемых в одном районе, но не в одном и том же рудном теле — комбинирование горнопромышленное (как, например, использование всех составных частей пегматитовых полей).
2. Закономерное сочетание нескольких полезных ископаемых в одном и том же минеральном теле — горнохимическое комбинирование (например, апатито-нефелиновая порода).
3. Комбинированное использование различных ископаемых тел нескольких районов — территориальное горнохимическое комбинирование (например, использование серной кислоты Мончи для переработки хибинских апатитовых руд).
4. Межобластное промышленное комбинирование, например, использование девонских углей Чешской губы и углей Печоры для химических производств Кольского полуострова.

Мы можем на основании выработанных уже принципов комбинирования наметить следующие основные вопросы, которые требуют разработки техно-экономического характера и от разрешения которых будут зависеть дальнейший успех и эффективность горного и химического хозяйства Кольского полуострова.

Наиболее интересными и по существу исключительно государственными важными являются вопросы, связанные с продуманным комбинированием при использовании апатито-нефелиновой породы.

Основной принцип комбинирования апатито-нефелиновой породы при переработке заключается в использовании всей горной массы этого рудного тела, а именно: апатита как продукта, получаемого путем обогащения из руды, всего нефелина, идущего для разных отраслей промышленности, эгирина с учетом повышенного содержания железа и окиси ванадия и, наконец, 0,5—1% титаномагнетита с повышенным содержанием пятиоксида ванадия и 20% двуоксида титана. Разделение на эти основные части в общем ходе производственного процесса является первой задачей, которую должны решить обогатительные фабрики, уже намеченные к постройке.

Однако на этом вопрос не кончается. Использование апатита достигается полностью при условии извлечения из него не только фосфорной кислоты с переводом ее в более высокопроцентный продукт, но и других составных частей, а именно фтора, стронция и редких земель (а может быть и кальция). Использование нефелина требует такого технологического процесса, который путем введения кальция в шихту приводит к образованию цемента, свободной окиси глинозема и карбонатов щелочей. Каждый из этих процессов технологически сейчас продумывается в ряде отдельных установок и частично разрешается на разных заводах. Одновременно с этим намечается и тесная связь этих двух процессов, и работа, ведущаяся в этом направлении, ставит возможность использования фтора и кальция в апатитовом теле для нефелина и использования нефелиновых щелочей на переработку апатитовой руды. В сущности, сочетая составные части руды, а именно: фосфор, кальций, фтор, алюминий, кремний и щелочи, технолог должен скомбинировать технологический процесс, использовать все эти шесть составных частей в тех или иных промежуточных операциях и получить эти части в том или ином виде как химический продукт в результате технологических процессов. Эта схема разрешается пока лишь частично, но трудно представить себе более благодарную и более важную задачу, чем полное

¹ А. Е. Ферсман. Комплексное использование ископаемых сырья, Изд. Академии Наук, стр. 1—20, 1932 г. (доклад на Конференции Производителей Сил Госплана СССР).

разрешение ее именно в указанном направлении, ибо это даст исключительный эффект и приведет к возможности постановки ряда химических производств на кольском севере.¹

Конечно, весьма вероятно, что комбинирование в вышеуказанных направлениях нельзя разрешить полностью, исходя из хибинского сырья. Использование серной кислоты Мончи может в значительной части облегчить построение схемы химических процессов, а, с другой стороны, использование сернистых газов из пирротинов может внести новое изменение в решение этой задачи.

Во всяком случае, тот этап, на котором находится сейчас использование апатито-нефелинового тела, является лишь первым и далеко не совершенным, и дальнейшую разработку вопроса нужно развернуть во всю широту. Отметим, что вопрос использования эгирина и ванадия удачно разрешается исследованием Б. Н. Мелентьева и акад. Э. В. Брицке, использование редких земель и фтора — методом С. И. Вольфовича, кальция и фтора — методом инж. Л. И. Талмуда.

Второй комплекс совершенно очевидно вырастает на фоне Мончевского комбината. Речь идет не только о полном использовании всех составных частей руд Мончи, т. е. никеля, меди, платиновых металлов, селена, кобальта, — необходимо полное решение задач, с дополнительным использованием всех шлаков и отходов, огарков от обжига сульфидных руд и всех шламов, пылей и отходящих газов. Совершенно ясно, что сейчас намечается целый цикл научно-исследовательских работ для решения этой задачи:

А. Использование шлаков (для литья, «шлако-цемента», дорожного материала, удобрений и т. д.) с извлечением из них кобальта (вероятно, при помощи пирротинов Хибин). При высоком содержании никеля — использование в черной металлургии.

Б. Использование отходящих газов для получения сернистой и серной кислоты (селен и теллур (?) в пыли).

В. Использование шламов с извлечением из них платиновых металлов и селена.

Г. Использование пыли для извлечения селена и, может быть, некоторых других рассеянных элементов.

Д. Использование пустой породы при добыче богатых руд; частичное переработка их путем обогащения, а также использование для дорожных и строительных целей (магниево-силикатные). Использование на литье, шлако-бетон и т. д.

Е. Использование вытекающих шлаков по методу Л. А. Черникова путем внесения в них апатитового концентрата с получением особого типа удобрения с высоким процентом лимонно-растворимой фосфорной кислоты.

Ж. Использование хвостов обогащения на линии А и Д.

З. Использование безрудных норитов как хорошего строительного и облицовочного материала.

Мы видим уже из этого краткого перечисления, как много полезного и интересного с технологической точки зрения возникает при полном использовании всех ценных составных частей и всех отходов медно-никелевых заводов.

Ловозерский комплекс. Общий характер Ловозерского комплекса пока только намечается. В основе его лежит полное использование лопарита, т. е. одновременная утилизация его основных полезных

¹ При процессах электролиза фосфора намечается проблема использования фосфорных шлаков (керамика, стекло, строительные материалы) и отходящих газов.

составных частей— ниобия и тантала, титана и редких земель. Однако попутно можно будет говорить и о добыче эвдиалита и обогащательной установке для извлечения циркония. Необходимо ставить вопрос об использовании отброса этого производства — эгирина как плавня для заводов черной металлургии, особенно ценного в случае отсутствия в нем фосфора, и т. д. В общем, Ловозерский комплекс только сейчас начинает вырисовываться, но масштабы и характер его освоения требуют дальнейшей техно-экономической работы.¹

Очень интересен комплекс Ионы (Ены); в основе его лежит железная руда, в качестве первого продукта отделения — известняк; при правильной постановке обогащения отходов, кроме известняка, будет получаться и апатит. В скарновом процессе и, может быть, при самой металлургии железа возможны скопления окиси цинка. Ставится вопрос о нахождении олова. Отсутствие точных аналитических данных об этих металлах и их поведении при обогащении не позволяет достаточно глубоко наметить схему металлургических и химических процессов.

Пегматитовый комплекс. По мере дальнейшего расширения путей сообщения ряд районов, богатых пегматитовыми жилами, начнет вовлекаться в производство. Пегматитовый комплекс на Кольском полуострове должен быть, прежде всего, связан с добычей и использованием всех трех составных частей — слюды, полевого шпата и кварца и их сочетаний. Не говоря о побочных редких металлах, для которых мы пока по отношению к Кольскому полуострову не имеем достаточно точных данных, уже эти три полезных ископаемых при правильном их использовании обеспечивают очень крупные масштабы горнопромышленных предприятий для нужд местной промышленности. Возможна организация пегматитового завода (типа Кондопожского).

Отходы фосфорных заводов. Рациональное использование отходов фосфорного завода, несмотря на сравнительную незначительность их в весовом исчислении, все же представляет интересную задачу.

Получаемые шлаки² могут применяться как для дорожного дела, так и для получения шлако-бетона, а благодаря несколько повышенному содержанию фосфорной кислоты должны быть использованы в качестве удобрения для местных огородов и для совхозов ближайших районов. При большом масштабе заводов электровозгонки очень серьезную роль сыграет окись углерода, которая позволит получать водород для синтеза аммиака.³

Очень интересная область применения, на которую не обратили до сих пор достаточного внимания, намечается в использовании тепла и отходящих углекислых газов отдельных предприятий.⁴ Если подсчитать то количество калорий, которое выносится тепловыми или сушильными

¹ В делах Бюро НИС имеется очень обстоятельная записка техно-экономического характера о комплексном использовании ловозерских богатств (1936—1937). В основном составлена Б. И. Каганом.

² Из шлаков интересна отборка ферро-фосфора.

³ И, следовательно, сможет служить основой для получения азотной кислоты.

⁴ Отходы лесопильных заводов до сих пор не вовлечены в технологическую схему горнопромышленных комбинатов. Между тем, нет никакого сомнения, что, помимо организации собственно лесохимии, часть этих отходов в районах, ближайших к указанным предприятиям, может быть использована для восстановительных процессов. Это относится, прежде всего, к заводам в Зашейках, в Кандалякше и в меньшей степени (до постройки дороги Кировск — Лесное) к Умбинскому лесопильному заводу (в Лесном). Между тем, как раз дефицит восстановителей является одним из крупнейших затруднений в деле постановки ряда металлургических производств. Впрочем, было бы ошибкой переоценивать масштабы этих отходов.

установками, например, на обогатительной фабрике в Кировске, то мы получим исключительные цифры потерь той тепловой энергии, которая как раз дефицитна в этом крае. С другой стороны, значительно и выделение в воздух угольной кислоты, требующейся для химических или биологических процессов. В этом отношении блестящая работа Энергетического института Академии Наук показала,¹ что отходы труб промышленных центров с их избыточным теплом и угольной кислотой могут с успехом и весьма эффективно использоваться, особенно в пригородном хозяйстве, главным образом в районах, где, как на Кольском полуострове, имеется массовое огородное хозяйство и особенно велика потребность растений в повышенном отоплении и в повышенном снабжении их угольной кислотой.

Таким образом, мы видим, что комбинирование отдельных отраслей хозяйства друг с другом на Кольском полуострове имеет совершенно исключительное значение; оно должно вращаться во всю хозяйственную жизнь края, являясь частью, и притом очень важной, общехозяйственного плана, органически срастаясь со всеми его отраслями в целом. При этом необходимо подчеркнуть роль и значение самой организации хозяйства, которое должно быть подчинено единой организационной воле на принципах территориального использования всего природного сырьевого комплекса и всей хозяйственной конъюнктуры данного края. География промышленности является в значительной степени географией комбинированного использования местного сырья.

Идея комплексного хозяйства создает максимальные ценности с наименьшей затратой средств и энергии, охраняет наши природные богатства от хищнического их расточения и использует сырье до конца.

Она требует, однако, глубокого технологического продумывания, особенно сложного и трудного, но и особенно интересного в условиях Кольского полуострова, где мы имеем дело с новыми видами сырья, до сих пор не применявшегося нигде в мировой промышленности. Поэтому основной задачей работы в этом направлении является не только реорганизация самого хозяйства, но и постановка ряда исследовательских работ, которые шаг за шагом изучали бы отдельные звенья комплексных процессов.

IV. АНАЛИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ²

Нет никакого сомнения, что одним из серьезных и трудных вопросов кольской промышленности является недостаточное использование местного сырья. Причиной этого является, с одной стороны, косность хозяйственных организаций, которые еще с начала строительства привыкли к получению из-под Ленинграда таких материалов, как кирпич или известь, с другой — отсутствие сильного специального хозяйственного органа, который поднимал бы использование местного сырья, подготавливал карьеры, каменоломни и подъездные пути и вместе с тем хозяйственно осваивал бы отдельные территории, лежащие вне железной дороги. В виду всего этого местное сырье до сих пор не используется в достаточной мере, что и ведет к исключительной загрузке Кировской магистрали. Между тем, совершенно очевидно, что по мере развития промышленности строительство будет нуждаться в грандиозных количествах строительных материалов. Скорейший переход на использование

¹ М. Б. Равич и А. П. Сарычева. Изв. Энергет. Инст. VIII, стр. 85 (разбирается роль угольной кислоты и электроосвещения), 1940.

² См. предыдущую главу о комплексных методах использования.

многочисленных видов сырья, встречающихся на самом Кольском полуострове, представляет одну из важнейших задач, на которую необходимо обратить особое внимание. Можно выдвинуть нижеследующие группы местного минерального сырья:

1. На первом месте стоят строительные и вяжущие материалы. Если по отношению к глинам (см. стр. 16) вопрос с постройкой Кильдинского кирпичного завода получил правильное и плановое разрешение,¹ то нельзя сказать этого же относительно карбонатов, для которых месторождения у ст. Титан и Апатиты по качеству не обеспечивают потребностей местного характера. Постановка известковой промышленности на Кольском полуострове, с включением в нее, прежде всего, месторождения Ионы, составляет одну из первоочередных задач.

Следующей задачей является попытка использования доломита для получения специальных видов вяжущих веществ и цементов. В этом отношении практика Украины выработала ряд особых приемов, и нет никакого сомнения, что белый кристаллический («мраморовидный») доломит из месторождений Титана, при применении к нему новых методов переработки (по В. Будникову), позволит использовать это сырье для местной промышленности. Все же угроза недостатка цемента продолжает висеть над строительством будущего, и огромная потребность в цементе потребует самого радикального разрешения этого вопроса. Путь к его решению можно видеть или в скорейшей постройке глиноземного завода, с применением щелочного метода переработки нефелина на глинозем, в скорейшей постановке опытного завода «шлакового цемента», или в организации цементных заводов по типу Южной Норвегии (Бреви́г), где цемент, богатый кремнеземом, получается путем обжига гранитных пегматитов с извлечением при этом в отходящих газах летучих компонентов в виде щелочей. Этот путь был принят Норвегией для районов, лишенных других источников цементного сырья. Однако его дефектом является довольно высокий расход топлива, что для кольской промышленности мало приемлемо.

Надо скорее ставить вопрос об изготовлении силикатного кирпича и «шлакового цемента».

2. Как было указано выше, значительную роль в местной промышленности должны сыграть шлаки и отходы различных отраслей, в особенности металлургических и фосфорных заводов (см. стр. 215—216).

В качестве искусственных материалов надо, прежде всего, отметить шлаки фосфорного завода, которые частично используются в дорожном деле гор. Кировска, а также для получения шлако-цемента и шлако-кирпича. Свойства этого материала и способность его связываться теми или иными материалами совершенно исключительны; при развитии электровозгонки фосфора количество этого материала может оказаться весьма значительным. На видное место среди искусственных материалов мы ставим шлаки Мончетундровского завода. Исключительно важно рационально использовать их не только для дорожного дела, но и для разнообразных отраслей народного хозяйства края и прежде всего цемента. Речь может идти также о получении формовочного материала — кубиков для мостовых, разных сортов стеклянной ваты, специальных видов шлако-фосфатов, а также разного вида гранулированных дорожных материалов, которые по своему составу (обилию пироксена) несомненно могут иметь значение в качестве дорожного балласта.

¹ Хотя этим не должна исключаться постройка местных кирпичных заводов или заводиков (Кандалакша, Иона, Ловозеро и др.).

3. Очень важна постановка добычи и обеспечения местных заводов собственными огнеупорами и кислотоупорами. Создание своей небольшой огнеупорной и кислотоупорной промышленности является совершенно необходимым, тем более, что имеется прекрасная база и высокосортных кварцитов, и превосходных кианитов, и прекрасных оливинитов. При создании собственной сернокислотной промышленности на отходящих газах Мончи большое значение приобретает кварц для наполнения башен, а также кварцитовые плиты, которые могут заменить для внутренней облицовки кислотоупорные породы Кавказа.

4. Совершенно необходимым является создание на Кольском полуострове собственной керамической и стекольной промышленности. Решение этой задачи должно пойти по линии создания богатого глиноземом нефелинового стекла на небольших заводах, расположенных на берегу Имандры, на склонах Хибин, оно должно идти, прежде всего, по линии выработки собственной грубой керамики, черепицы, керамических труб и т. д., причем для этих целей, помимо нефелина, могут широко использоваться отходы полевого шпата при добыче слюды. Именно этот способ сможет двинуть дело организации теплоцентралей.

5. Весьма важно наладить среди вяжущих веществ такое производство, отходами которого являлся бы гипс, столь нужный для дальнейшего развития этого края. В этом отношении использование серной кислоты для разложения сфена или кнопита даст в качестве отходов значительное количество гипса, ценность которого в условиях Кольского полуострова очень велика, если учесть стоимость фрахта для подвоза гипса из ближайших месторождений (например, Шпицбергена или Северной Двины).

Кроме того, совершенно необходимо наладить использование диатомитов совместно с запасами торфяных масс, а также укрепление камнерезных мастерских в Кировске и других центрах.

Все вышезложенное еще раз подтверждает, что важнейшей задачей, стоящей перед промышленностью местного сырья на Кольском полуострове, является скорейшее использование всех указанных выше видов сырья для более эффективной работы транспортных магистралей на Кольском севере.

V. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БАЗА¹

Для оценки роли и значения сырьевых ресурсов полуострова очень важен анализ его энергетических источников. Источники энергии Кольского полуострова следующие: ветер, морские приливы, лес (дрова и отходы), уголь, торфи и гидроэнергия.

1. Запасы ветровой энергии на Кольском полуострове очень велики и в будущем определяют очень серьезный фактор кольской экономики; однако они требуют еще значительной технической проработки (согласно отдельным работам Энергетического института Академии Наук и СОПС). Мы имеем здесь, особенно по Мурманскому побережью, совершенно реальный источник энергии, недостатками которого, однако, являются исключительное непостоянство силы ветра, резкая изменчивость румбов и порывистость, что осложняет вопрос с технической стороны. Общий характер и месячные кривые силы ветра показывают, что наибольшей эффективности в его использовании можно будет достигнуть лишь при сочетании с гидроэнергией — путем создания искусственных водосемов высоких уровней; это особенно применимо к району Мур-

¹ См. статью А. Е. Пробста. Вопросы энергетики К. П. «Полярная Правда», 15/1, 1941.

манска для периодического наполнения верховых озер, частью уже потерявших свои водные запасы при водоснабжении города.

2. Использование морских приливов Ледовитого океана было намечено еще Комиссией производительных сил Академии Наук в 1916 г., но сейчас мы имеем уже первые опыты, проведенные для Мурманского побережья, где высота приливных волн достигает 3.85 м. Практически в настоящее время осуществляется опытное строительство на губе Кислой, на восточном берегу Ура-губы, с производительностью в 1 200 квт. Однако уже сейчас, до окончания этого опыта, нельзя отрицать реальности использования этого источника энергии, особенно для организации небольших станций. Наиболее эффективными такие станции окажутся в северных фьордах, менее эффективными на Терском берегу и в Кандакшской губе, где мы имеем менее подходящие географические условия, значительно меньшую амплитуду приливных волн и длительный зимний ледяной покров.

3. Леса (деревья) представляют собой ценный вид источника энергии для Кольского полуострова, так как в основном дефицитна на севере именно тепловая энергия, а также наблюдается недостаток восстановителей для промышленных химических производственных систем.

Согласно современным данным, запасы всех лесных массивов на Кольском полуострове измеряются 90 млн. м³, из них — около 35% дров и около 5—10% — отходов лесопильных заводов. Весь запас дров и отходов в переводе на условное топливо не превышает 4.5—5 млн. т. Эти запасы по сравнению даже с годовой потребностью области совершенно ничтожны, а медленное восстановление лесов (полтораста-двести лет) заставляет относиться к ним очень бережно. Тем не менее, приходится уже сейчас обратить очень серьезное внимание на возможность местного использования отбросов лесопильных заводов, которые совершенно теряются для промышленности.

4. Уголь, сланцы и газы. Геологические и геохимические предпосылки не позволяют ожидать сколько-нибудь значительных запасов минерального топлива, и только завоз угля из соседних районов может обеспечить эту потребность, в первую очередь путем установления регулярных морских перевозок из Воркуты на Кольский полуостров, со Шпицбергена и через Чешскую губу.

На странице 38 мы уже установили те находки соединений углерода, которые нам известны на территории Кольского полуострова. Все они носят чисто минералогический характер и не дают нам оснований надеяться на возможность нахождения собственного минерального топлива. Проблема угля много раз освещалась в литературе и на совещаниях, особенно на первой заполярной геологической конференции в Мурманске в 1933 г.; при этом наметились нижеследующие вопросы, связанные с возможностями снабжения углем Кольского полуострова:

А. Попрежнему нельзя снимать с очереди детального просмотра всей серии протерозойских отложений Кольского полуострова, в которых все же можно ожидать наличия не столько настоящих углей, сколько образований типа шунгита или графитоидов.

Б. Нельзя считать совершенно исключенной возможность нахождения где-либо в погребенных и опущенных участках полуострова угленосных свит палеозоя. Особое внимание в этом отношении должно быть обращено на центральные части Кольского полуострова и на низовья течения р. Поной. Однако больших надежд возлагать не приходится.

В. Нельзя считать совершенно исключенной возможность нахождения девонских или пермских углей в области между Онежским озером и Тиманом, особенно по рр. Вычегде и Сысоле; несмотря на отсутствие

глубоких бурений, общая геологическая картина все же подсказывает гораздо более сложный состав и строение палеозойских свит этого района.

Г. Наиболее интересной в настоящее время является роль верхнедевонских углей западного склона Тимана, которые открыты были в 1938 г. в 12 км от берега Чешской губы. Довольно значительные запасы угля весьма невысокого качества и возможность легкого транспорта в Мурманск и Кандалакшу определяют некоторое значение этих углей (см. прилож. IX).

Д. Однако до сих пор наиболее реальным источником снабжения Кольского полуострова углями остаются прекрасные угли Печорского клина, доставка которых может идти двумя, к сожалению одинаково сложными, путями: или по железной дороге Воркута — Котлас — Плесецкая — Беломорск — Кандалакша, что является мало выгодным в виду дальности перевозки, или комбинированным путем, т. е. путем перевозки их к Северному Ледовитому океану и далее морским транспортом в Мурманск.

Как видно из сказанного, проблема угля, а также сланцев, газов и нефти продолжает оставаться необычайно острой для Кольского полуострова и требует еще углубленной исследовательской работы на всем Европейском Севере Союза.

5. Торф (см. стр. 37).

Запасы торфа на территории Кольского полуострова весьма значительны, они определяются в отдельные сотни миллионов тонн воздушно-сухого торфа, что при переводе на условное топливо, по А. Н. Звонкову, дает запасы в 65—70 млн. т, являясь крупнейшим резервом тепловой энергии после дров. Надо при этом иметь в виду, что основные крупные запасы торфа расположены преимущественно на восток от 34-го меридиана, т. е. в районах, лежащих пока вне промышленных центров и далеко от Кировской магистрали. Однако исключительное богатство торфом юго-восточных частей полуострова, особенно районов рр. Варзуги, Стрельны и среднего Поноя, позволяет говорить о наличии здесь «Кольской Шатурки», которая в будущем определит основные черты топливоснабжения всей кольской промышленности. Речь может идти о газификации торфа с проводкой газопроводов до 200 км протяжением. Нет никакого сомнения, что торф этих районов может обеспечить потребности края на очень многие годы, однако до сих пор является нерешенным ряд чисто технических вопросов фрезеровки, сушки и использования торфа в довольно сложных и неустойчивых климатических условиях кольского севера. Именно на этой, чисто технической стороне вопроса должно быть сосредоточено внимание, тем более, что вообще торфяное хозяйство весьма трудоемко, требует организации обширных поселков с сезонным характером работы, что в условиях кольского севера затруднительно. При этих условиях себестоимость торфа оказывается весьма высокой.

6. Гидроэнергия. Несмотря на отсутствие многолетних наблюдений, мы имеем достаточно точные данные по запасам гидроэнергии рек Мурмана. Общая суммарная их мощность очень велика и по разным определениям колеблется от 1 млн. до 1200 тыс. kW при средней годовой возможной выработке в 8—10 млрд. kW/h. Примерно около половины этого числа приурочено к промышленному кольцу Кандалакша — Кола и, таким образом, снабжает западные части полуострова с их промышленными узлами. Указанные выше цифры еще увеличатся на 200—300 тыс. квт. при учете гидроэнергии соседних частей Карело-Финской республики по рр. Ковде, Кеми и др.

Такие огромные запасы отвечают 5—6 млн. т условного топлива

в год, что, конечно, представляет грандиозную величину, определяющую основные черты будущей энергетики края. Однако планомерное использование гидроэнергии кольского севера требует создания многочисленных плотин, каналов, крупных и мелких станций.

Даже небольшая река Белая при хорошем зарегулировании может дать 5.3 тыс. квт.

Особенно ценными чертами гидроэнергии Кольского полуострова являются ее постоянство, концентрация мощности в нижней трети реки, наличие крупных естественных водохранилищ, позволяющих их зарегулировать, а также чистота воды, спокойный сток в зимнее время под ледяной коркой и т. д.

Для нужд кольской промышленности можно говорить о четырех энергетических кольцах:

- 1) западное — по линии Кировской магистрали — 600—800 т квт
- 2) Выго-Кемское — 500 т квт
- 3) Кондопога — Петрозаводское — 200 т квт
- 4) Восточно-Кольское — до 800 т квт

ОБЩИЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИКИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Исходя из сказанного, мы видим, что вопросы энергетики требуют к себе на Кольском полуострове особого внимания при дальнейшем развитии горной и химической промышленности и народного хозяйства. Нужно думать, что горное дело и обрабатывающая промышленность в основном будут лимитироваться источниками энергии и в особенности топливом, поэтому изучение всех проблем, связанных с нахождением новых источников и более полным использованием старых, представляет одну из важнейших задач научно-технической работы.

При общей потребности края на 1942 год в 1 млн. т условного топлива общее энергетическое положение области на последние годы пятилетки надо считать весьма напряженным, и поэтому в целях промышленного использования необходим ряд мероприятий, в первую очередь следующих:

1. Использование довольно значительного количества энергии, которое может дать дополнительно по всей системе р. Нива.
2. Постройка Верхней Туломы с общей зарегулировкой стока и снятия пиков Туломы Нижней.
3. Форсирование разведок девонских углей Чешской губы.
4. Организация опытной установки по добыче и газификации торфа (испытание методов Б. К. Климова).

VI. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ УЗЛЫ

На основании вышеприведенных обзоров полезных ископаемых и полезных элементов Кольского полуострова мы можем в настоящее время наметить и те районы, в которых наблюдается максимальное сосредоточение полезных ископаемых и где в результате нахождения сложных геологических процессов наблюдается максимальная минерализация. Мы называем такие участки геохимическими узлами, и нет никакого сомнения, что такие узлы, при условии их анализа с энергетической, экономической и стратегической точек зрения, могут приобрести характер промышленных узлов.

На прилагаемой карточке (фиг. 24) мы наблюдаем расположение основных геохимических и промышленных узлов, причем по общему экономическому характеру главную роль играют следующие узлы: II Мончегорский, III Хибинский, IV Ловозерский, V — в ближайшие

годы должны присоединиться V Ионский, VI Кандалакшский и VII Кейвский. Меньшее значение пока принадлежит другим, кратко указанным ниже узлам (I, VIII—X).

Узел I — Нотозерский. Нотозерский узел расположен на северо-западном конце «цветного пояса» и потому заслуживает внимания по возможным запасам как никелевых руд, так и пирротина. Являясь в некоторой части восточным продолжением формации Тунтури финляндских геологов, этот узел заслуживает внимания не столько как источник меди и никеля, сколько, вероятно, как источник серноокислотного сырья, так как имеются все основания считать пирротины этого района довольно богатыми.

К этому же району относятся и месторождения ряда щелочных массивов, минерализация которых до сих пор еще плохо изучена, но для которых, во всяком случае, необходимо отметить высокое содержание титаномагнетитов. Если упомянуть еще о возможных запасах кианита, силлиманита и граната, о возможных находках молибденита, то мы должны признать, что этот район, прекрасно изученный в работах А. А. Полканова, несомненно заслуживает внимания с точки зрения промышленности. При этом надо отметить, что этот район находится в области сравнительно доступной, близко расположенной к Мурманску и к железнодорожным путям, и легко может быть связан железнодорожным путем с Кировской магистралью через Мурмаши до Ристикента. С другой стороны, этот район заслуживает внимания по своим строительным материалам и обилию высококачественных глин; кроме того, благодаря наличию защищенных от холодных ветров лугов он представляет ряд выгод для сельского хозяйства и для создания крупных оленеводческих совхозов. Наконец, особое значение имеют для этого района наличие здесь крупных запасов электроэнергии и прекрасные лесные массивы. Постройка Верхне-Тулумской станции не только обеспечит постоянную годовую мощность станции у Мурмашей в 48 тыс. kW, но даст дополнительно 60 тыс. kW, обеспечивая этим развитие в районе Мурманска очень крупной промышленности.

Узел II — Монче-примандровский. Как указано было выше, мы имеем дело с самым центральным и, повидимому, пока с самым важным геохимическим и промышленным узлом Кольского полуострова. В основе его лежат богатейшие руды меди и никеля с их ценными спутниками — кобальтом, платиной, палладием, селеном и, может быть, молибденом. Крупная медно-никелевая промышленность должна обеспечить здесь возможность создания и серноокислотного производства, а наличие своеобразных шлаков дает возможность применить здесь метод инж. Черникова для получения бескислотных удобрений при помощи апатита (фосфошлаки).

Второй цикл полезных ископаемых этого района связан с его железными рудами, запасы которых в этом районе достигают полумиллиарда тонн металла.

Наконец, здесь же мы имеем ценные сорта диатомитов в крупных запасах Нюдозера и района Пулозера, кварцит, нужный как флюс, глины — для кирпичного производства, разнообразные строительные материалы и небольшие, но все же совершенно реальные, запасы торфа.

В транспортном отношении этот район расположен очень выгодно, и проведенная в настоящее время ветка от ст. Оленьей к Монче обеспечивает пока первую линию связи с центром этого района — Мончегорском. Прекрасные летние транспортные пути могут быть созданы путем шлюзования рек по всей системе Мончи и Вити-реке; таким об-

разом, северная часть Имандры будет настоящей водной магистралью, которая позволит устанавливать удобное сообщение с различными районами этого горного узла. Большой ценностью его является обилие леса, а также возможность насаждения в нем сельскохозяйственных культур; здесь необходимо обратить особенное внимание на верховья р. Вити и Вити-губу, которая защищена от северных ветров и удобна для организации крупных сельскохозяйственных совхозов.

Район еще недостаточно изучен в своей западной части и, несомненно, протягивается до Сальных тундр, тем более, что, повидимому, последние являются некоторым резервом медно-никелевых руд.

III. Хибинский узел. Промышленное значение Хибинского узла в достаточной мере известно; в основе его лежат два полезных ископаемых — апатит и нефелин, которые используются в ряде отраслей промышленности: апатит — для удобрений и как источник редких земель, стронция и фтора, нефелин — как ценное сырье для разнообразных химических производств и в частности для получения глинозема (металлический алюминий). К этим полезным ископаемым присоединяется ряд других, которые определяют особую ценность этого горного узла; сюда относятся скопления редких земель (и отчасти тория) в ловчоррите и апатите, титановые и ванадиевые руды как отходы обогатительных фабрик. Большую ценность представляют и строительные материалы этого района: известняки, доломиты, строительные нефелиновые сиениты и высококачественные нефелиновые пески.

Пути сообщения обеспечиваются Кировской линией железной дороги. Внутренняя сеть автопутей еще недостаточна, но в настоящее время запроектированы новые дороги, как на север, так и на запад и восток. Намеченная автомагистраль Титан — Капустные озера — Умба соединит этот узел с Белым морем (сел. Лесное), а постройка железнодорожной линии от станции Титан на восток сделает район ст. Апатиты и Кировска крупным железнодорожным узлом Кольского полуострова.

Энергия этого района определяется, прежде всего, высоковольтной передачей энергии Нивских станций; неплохие, хотя и небольшие запасы торфа около самого Кировска, а главным образом ряд интересных торфяных массивов в районе верховий реки Умбы должны в будущем частично обеспечить тепловой энергией Кировск. Южные склоны Хибин, защищенные от северных ветров, создают прекрасные перспективы для развития земледелия и обеспечивают развитие крупных совхозов как около станции Апатиты, так и в районе р. Умбы и Капустных озер. Нет никакого сомнения, что мы имеем здесь дело с крупным промышленным узлом мирового значения.

В районе, например, Пирротинового ущелья (равно как и на Малом Куньяре) имеются все условия для организации всесоюзных здравниц.

IV. Ловозерский узел. Будущее Ловозерского узла мы можем представить себе в настоящее время, исходя из многочисленных исследований, произведенных в связи с проблемой создания ниобиевой промышленности. Основной задачей развития является использование лопарита с его составными частями, а также, может быть, попутное извлечение циркониевых руд в виде эвдиалита.

Силлиманитовые месторождения в районе Ловозера, богатые скопления диатомита около Ловозерского селения, многочисленные и разнообразные строительные материалы — все это представляет особую ценность при организации этого промышленного узла. Весьма вероятно, что при установлении связи с лежащим на юге «цветным поясом»

в орбиту его хозяйственных интересов войдут и возможные месторождения никеля и меди и крупные запасы торфа.

Этот узел находится в довольно хороших транспортных условиях, как связанный от Пулозера автодорогой, ответвление которой доведено до склонов Ловозерской тундры и ниобиевого рудника Аллуайва. Стоит вопрос о проведении или северного или южного варианта железной дороги (от Кировской магистрали). В южной своей части район обеспечен лесными материалами, а в низовьях Умбозера — крупными торфяными массивами. Имеющиеся специальные экономические записки в достаточной мере освещают будущее этого района.

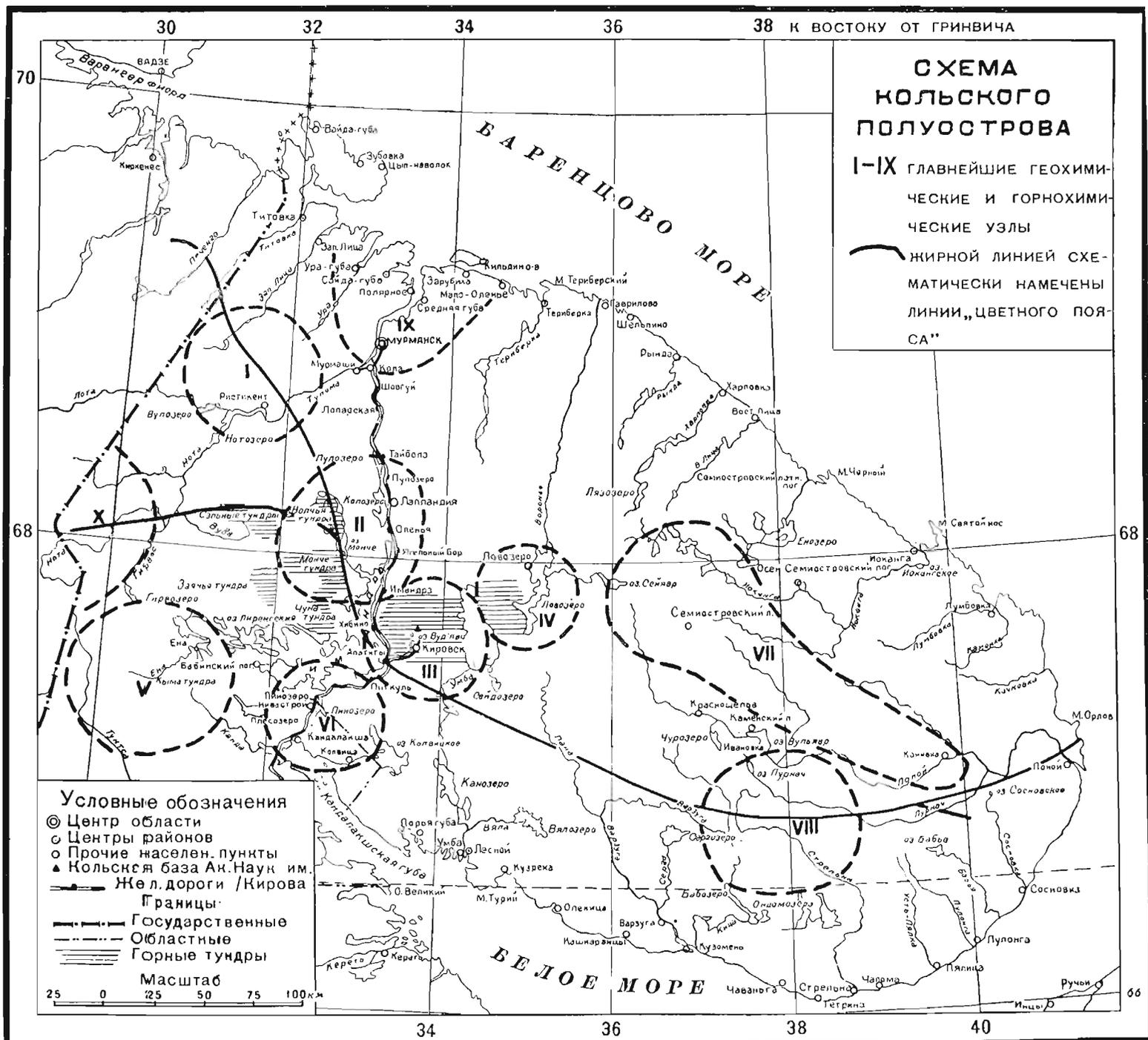
V. Ионский узел (Ковдорский). Этот узел, обрывавшийся ранее государственной границей, в настоящее время значительно расширяется в верховьях Ионы и рр. Канды и Тунцы, очень мало изученных финскими исследователями. В основе этого узла лежат мировые месторождения железных руд (с возможностью попутного извлечения апатита) и хорошие месторождения известняков. Сюда же относятся многочисленные керамические пегматиты с полевым шпатом и промышленной слюдой, жилы с чистым кварцем. Отдельные данные о цветных металлах (цинке и олове) пока требуют дальнейших исследований. Весь район заслуживает внимания по своим лесным массивам, небольшим, но реальным запасам гидроэнергии, крупным кормовым и сельскохозяйственным угодьям, отличается мягким и ровным климатом благодаря защите этого района хребтами Мончи и Чуна-тундры. Наиболее трудным вопросом в прошлом развитии этого района являлось полное отсутствие железнодорожных и гужевых путей, и поэтому самым важным является сейчас окончание автодороги из Кандалакши и железнодорожной линии из Пинозера.

VI. Кандалакшский узел.¹ Особенного внимания заслуживает Кандалакшский узел. Он тесно связан, прежде всего, с Африкандой — с ее мировыми запасами руд титана, железа с примесями редких металлов. Сюда же относятся крупные месторождения оливинитов как сырья для огнеупоров, дорожных материалов и агрономического сырья. Многочисленные пегматитовые и кварцевые жилы разбросаны по всему району; намечается возможность получения абразивного граната. Огромные энергетические запасы этого района, непосредственно прорезанного трассой железной дороги, его обслуживание на севере водными путями Имандры, а на юге — морскими путями через Кандалакшский залив придают ему исключительное значение и намечают превращение самой Кандалакши в один из крупнейших центров будущей химической и обрабатывающей промышленности Кольского полуострова и в крупный железнодорожный и транспортный узел. Обилие лесов, удобный сплав их через Колвицкое озеро или озеро Имандру обеспечивает этот район лесными материалами, что и вызвало постройку в нем двух лесопильных заводов — у Кандалакши и Зашеек. Защищенный от северных ветров, особенно высотами Железной вараки, этот район в южной своей части очень хорошо приспособлен для организации сельского хозяйства и огородничества.

Близость Ионского района и непосредственная связь с месторождениями Африканды, Хибин и Ловозера выдвигают этот район как центр для организации специальных заводов высококачественных легированных сплавов (ферро-ванадия, ферро-титана, ферро-циркония и т. д.).

VII. Кейвский узел. Район исключительного значения, еще да-

¹ См. особое приложение об этом узле на стр. 294.



Фиг. 24. Схема Кольского полуострова. Главнейшие геохимические и горнохимические узлы (I—IX).

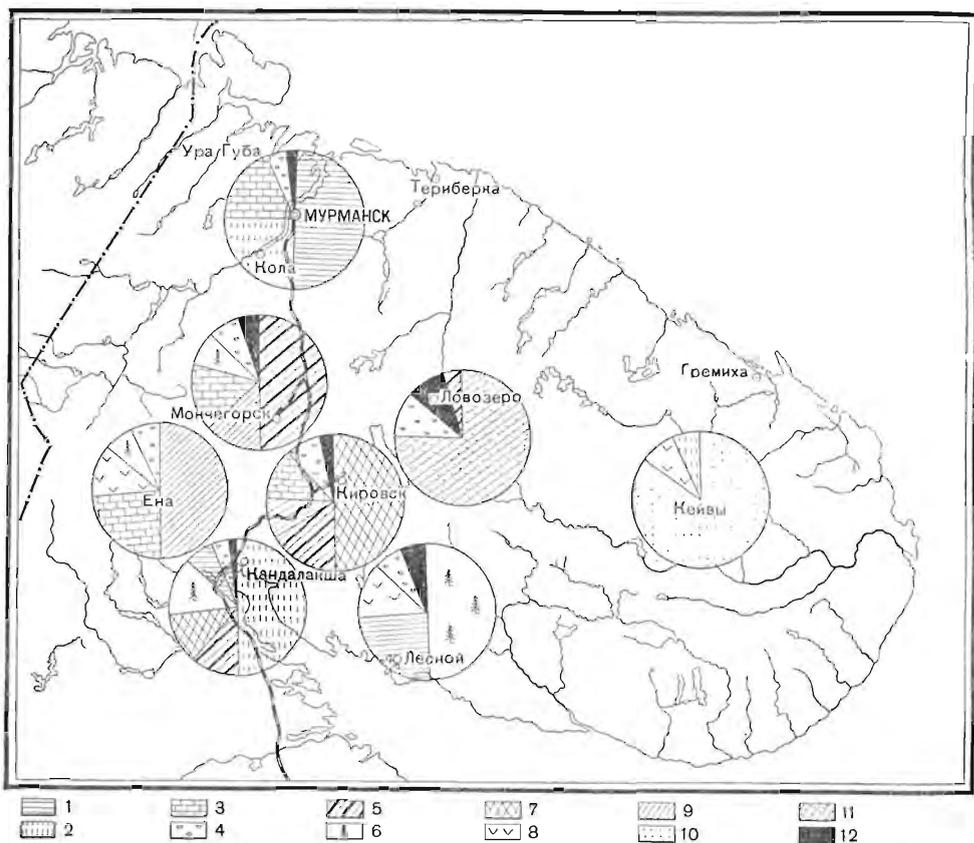
леко не обследованный, и потому должен рассматриваться как район перспективного характера. Основную роль в нем играют значительные запасы огнеупорного и алюминиевого сырья в виде кианита очень высоких сортов и грандиозных количеств. Значительную ценность этого района составляют запасы слюды, грандиозные скопления жильного чистого кварца, а также очень крупные запасы абразивного граната. Особое значение в этом районе приобретает и широкое развитие щелочных гранитов, с вероятными запасами ряда ценных минералов контактных пегматитов, в которых установлен декоративный амазонский камень; в россыпях указываются находки вольфрамита, оловянного камня и циркона (последний найден в обломках). Не исключены находки месторождения дымчатого пьезокварца. Несомненно, что этот район даст еще целый ряд полезных ископаемых, причем в первую очередь именно с ним должны быть связаны поиски флюорита и криолита — двух важнейших фтористых соединений. С общегеографической точки зрения, это — хозяйственный район, совершенно необследованный, который требует детального экономгеографического исследования всей своей территории. Находится он в очень трудных транспортных условиях, и будущее его развитие может быть обеспечено лишь путем проведения железнодорожной линии протяжением порядка 200 км от Кировской магистрали.¹

VIII. Терский узел. Постепенно начинают вырисовываться богатства Терского узла, но они еще очень мало изучены, хотя и обещают целый ряд ценных запасов полезных ископаемых. С одной стороны, частично он пересекается «цветным поясом», причем имеются указания на месторождения сульфидов меди и никеля. Главная часть узла связана с выходом щелочных и микроклиновых гранитов, к которым приурочены мощные пегматитовые жилы с крупными запасами прекрасной слюды и полевого шпата. Если мы еще отметим отдельные находки вольфрамита и касситерита, указываемые для этого района, а также своеобразные баритовые жилы по р. Кице, то увидим, что в этом районе имеется большое разнообразие полезных ископаемых, к которым присоединяются и грандиозные, лучшие на Кольском полуострове, торфяные болота с огромными запасами высококачественного торфа, диатомита и типичного сапропеля.

Район географически и хозяйственно изучен очень плохо. Его транспортные связи еще более сложны, чем в районе Кейв, причем в случае проведения северного варианта железной дороги — от Пулозера через Ловозеро на Семиостровский погост и Кейвы — этот район окажется попрежнему отрезанным от хозяйственных центров и Кировской магистрали. Только при условии проведения южного варианта железной дороги по направлению к Краснощелью и Каменке этот район может быть втянут в общехозяйственное использование.

IX. Северный узел. Непосредственно к Мурманску примыкает Северный узел, особенно интересный по многочисленным разновидностям керамических, строительных и декоративных гранитов и очень крупным скоплениям керамических пегматитов. Если мы сюда же отнесем точильные песчаники, кровельные сланцы и известняки острова Кильдина и полуострова Рыбачьего, кирпичные глины района Колы и Туломы, многочисленные кварцевые жилы в гранито-гнейсах, крупную зону железистых кварцитов, пересекающих Кольский фьорд, и, наконец, ряд выходов диабазов, годных для литья, — то мы увидим, что

¹ Очень интересный геохимический узел намечается в низовьях Поноя с месторождениями магнетита и цветных металлов.



Фиг. 25. Сырьевые узлы Мурманского хозяйственного комплекса (по В. П. Воишину). Характеристика относительного значения отдельных сырьевых объектов народного хозяйства. Динамика развития промышленности за последние годы уже в значительной степени изменила, а в будущем еще сильнее изменит относительный вес отдельных видов естественных производительных сил, причем особо надо ожидать повышения роли торфа, черной и цветной металлургии и расширенного использования огнеупоров и керамических материалов.

1 — рыба; 2 — гидроэнергия; 3 — стройматериалы; 4 — сельское хозяйство; 5 — цветные металлы; 6 — лес; 7 — горнохимическое сырье; 8 — слюда; 9 — железо; 10 — огнеупоры; 11 — редкие элементы; 12 — торф.

главное значение этого района заключается в обилии строительных и вяжущих материалов. Хозяйственное значение его вытекает из тесной связи с Мурманском и гор. Полярным, Мурманско-Кировской магистралью и из наличия прекрасных водных путей сообщения по фиордам западного и восточного Мурмана. Тулома (своими двумя электростанциями) и частично Кола обеспечат этот район электроэнергией в достаточном количестве.

Х. Узел верховий Ноты. Этот узел пока еще очень мало обследован и к тому же лежит в особо неблагоприятных транспортных условиях, занимая крайний юго-запад полуострова. Сюда относятся змеевиковый пояс Подас-тундры (асбест, тальк, хромит), пегматиты верховий Ноты, Гирваса и т. д.

ВИИ. НЕОБХОДИМЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Основными предпосылками для овладения минерально-сырьевой базой являются не только степень ее научного исследования и подготов-

ленности для эксплуатации, но и ряд общехозяйственных мероприятий, значение которых особенно подчеркивал С. М. Киров. В своих выступлениях он неоднократно указывал, что рост промышленности не должен быть оторван от хозяйственного и культурного овладения целым краем. Прошлые годы полностью подтвердили эту установку во всех областях нашего Союза. Поэтому успехи использования полезных ископаемых Кольского полуострова будут в значительной степени зависеть от всего хозяйственного и культурного строительства и, прежде всего, от дорожного строительства, расширения пищевой и кормовой базы и широчайшего использования местных строительных материалов, особенно местных вяжущих веществ. Подвергнем краткому анализу транспортные проблемы хозяйственного овладения полуостровом.

Железнодорожное строительство. Несомненно, одним из серьезнейших факторов развития Кольского края является планомерное железнодорожное строительство. Хотя проведенные за последние годы работы значительно водоизменили железнодорожную сеть полуострова и увеличили провозоспособность ее главной линии, но все же одна магистраль, пересекающая полуостров лишь в направлении с юга на север, является далеко не достаточной для дальнейшего овладения краем. Огромный сдвиг намечается в этом отношении благодаря заключению договора с Финляндской республикой и постройке специальной железнодорожной линии от Кандалакши через Куола-Ярви и Кеми для соединения с шведской железнодорожной сетью. Этот путь, устанавливающий новую географическую связь Кольского полуострова не только с Белым морем, Ледовитым океаном, но и Балтийским морем, сыграет огромную роль в дальнейших судьбах Кольского полуострова. Тем не менее, внутри самой области должна быть уже сейчас намечена и разработана сеть железнодорожных линий, вытекающих, прежде всего, из тех промышленных и хозяйственных узлов, которые нами были перечислены выше. Схематически мы можем наметить в первую очередь нижеследующие линии:

1. Зашеек (или Пинозеро) — Иона, 130—150 км. Исключительна важность этой дороги для овладения железными рудами и другими полезными ископаемыми района Ионы.

2. Титан — Федорова тундра — Краснощелье — Кейвы (в дальнейшем — продолжение до Йоканги), общей длиной до 250 км. Необходимо и ветка к Ловозерским тундрам в 30—40 км длины. Подход к Ловозерским тундрам, однако, возможен не только по этому южному варианту, а и по варианту северному, по линии существующего тракта Пулозеро — Ловозеро.

3. Кола — по линии р. Туломы — до Нотозера, с ответвлением на Кучин-тундру (до 75 км длиной). Важный участок, необходимый для постройки Верхне-туломской станции и возможности использования ископаемых богатств Нотозерского района.

4. Желательны подъездные пути от Мончегорска к Волчьей тундре 25 км, Хабозеро — Озерная варака — 8 км (для добычи оливинита) и др.

Строительство автострад. Наравне с железнодорожным строительством первой очереди необходимо во всей остроте поставить вопрос о строительстве автострад, причем вопрос о подходящих дорожных материалах, освещенный на стр. 105, решается весьма благоприятно.

Возражения против постройки автодорог на севере нередко основываются на опасениях, что в течение полугода эти автодороги находятся под снегом и теряют свои специфические черты автострад. Однако опыт

Канады, Северной Америки и наш блестящий опыт в отношении крупных автомагистралей на северо-востоке нашей страны показывают, что эти возражения неправильны. Поездка нашей академической бригады зимой 1940 г. как раз по этим автодорогам показала, какое огромное значение имеют они и зимой при сравнительно небольшой работе по очистке с помощью специально построенных тракторов. Опыт этих магистралей нам показывает, что строительство автострад совершенно реально и на Кольском севере, несмотря на его многоснежные и долгие зимы.

Прежде всего необходима постройка хорошо оборудованной автострады Кандалакша — Колы через весь полуостров, общим протяжением примерно в 270 км, с ответвлением на Кировск в 20 км и Мончегорск — в 30 км. Отдельные многочисленные участки этой автострады устанавливают сообщение, например, между Кандалакшей и Нивой, в пределах ст. Апатиты, между Колой и Мурманском и т. д.

Напрашиваются еще очень важные пути: Мурманск — Нотозеро, Мурманск — Териберка, Мурманск — Титовка. Особенно необходима постройка дороги Кировск — Умбозеро (истоки Умбы), а также магистрали Кировск — Капустные озера — до селения Умбы (Лесное) на Белом море.

Что касается Кандалакшского узла, то здесь напрашивается постройка путей Кандалакша — Иона (может быть, через Пинозеро) и Кандалакша — Колвица, с дальнейшим продолжением этого старого тракта до Умбы и далее до Кашкаранц, на Варзугу. Можно ставить вопрос и о возобновлении исторического зимника — Варзуга — Иоканга по течению рр. Лувенги и Иоканги.

Приведенные данные могут рассматриваться только как ориентировочные в разрешении большой и сложной задачи строительства дорог на Кольском севере.

VIII. ВОПРОСЫ ОХРАНЫ СЫРЬЯ

Вопросы охраны местного сырья не поставлены еще с достаточной широтой на Кольском полуострове, хотя еще в 1929 году акад. И. Г. Эйхфельд, со свойственной ему прозорливостью, горячо ратовал за организацию охраны, прежде всего, растительного сырья, гибнущего в районе новостроек.¹ Однако проблема охраны сырья касается не только растительного и животного мира, — она тесно связана с проблемами использования минерального сырья, так как переплетается с вопросами интенсификации технологических процессов добычи, обогащения и т. д. Перечислим, как пример, несколько наиболее важных задач в этом направлении, причем надо подчеркнуть, что овладение богатствами Кольского полуострова, несмотря на их значительность, ни в коем случае не должно привести к хищническому расточению и неполноценному использованию всей горной массы. Несмотря на грандиозность указанных выше (стр. 210) запасов крупнейших полезных ископаемых, необходимо бережное отношение к ним, исходя из тех принципов, которые были блестяще развиты в 1915 году акад. П. Вальденом в его известной академической речи «Обесценение материи».

1. Вода. Особенно важен ряд мероприятий по охране вод и внутренних водоемов. Загрязнение отбросами хозяйства, промышленности и особенно городских поселений угрожает в настоящее время Кировску (Большой Вудъявр) и может явиться угрозой для Кандалакши, если своевременно не будут приняты необходимые меры.

¹ См. деятельность Лапландского заповедника в Чуна-тундре.

2. Апатито-нефелиновое тело. Помимо ряда конкретных мероприятий по полному овладению всеми составными частями этого исключительного природного тела, необходимо бороться с рядом потерь породы в целиках при горных разработках; особенно надо бороться против пыли, разносящейся с апатитовой обогатительной фабрики по всему району и представляющей опасность не только для окружающей растительности, но могущей повредить и здоровью (в связи с возможностью заболевания силикозисом).

3. Отбросы и отходы Мончи. Особенно остро стоит вопрос охраны минерального сырья и природы, окружающей район Мончи. Прежде всего, на очереди стоит вопрос о борьбе с потерями в самом производстве ряда полезных веществ — никеля в боковых породах, кобальта в шлаках, селена в илах и шламах; но наибольшее внимание должно быть обращено на обезвреживание, улавливание и использование отходящих сернистых газов, с превращением их в серную кислоту. Их вредное влияние на растительность начало сказываться уже в конце 1939 г.

4. Несомненно, должен быть ряд важных мероприятий проведен для более эффективного использования пегматитовых полей и жил. Здесь часто наблюдается не только заваливание самих жил отвалами, но и потеря в этих отвалах большого количества кварца, полевого шпата и мелкой слюды, а иногда и берилла. Введение комплексных методов эксплуатации пегматитовых жил представляет одну из важнейших задач, стоящих на очереди.

5. Наконец, особо приходится отметить необходимость охраны на Кольском полуострове некоторых памятников геологического и геохимического характера. Вследствие усиленной эксплуатации различных месторождений и неправильно ведущихся разведок не сохранился для дальнейшего научного исследования ряд классических жил и месторождений, которые, однако, не имели большого практического значения. Следовало бы наиболее характерные, типичные жильные образования, являющиеся единственными по своему своеобразию и минералогической ценности, охранять, создавая вокруг них специальные районы охраны, и превращать их в заповедники. Речь может идти о замечательном месторождении карбоцера в долине Саамской, расчистке линзы ловчоррита над Ботаническим садом, цеолитной жиле над Горной станцией Академии Наук, замечательной флюоритовой жиле Почвумчорра и т. д. Весьма вероятно, что следовало бы один из коренных выходов саамита, у входа в ущелье Рамзая, сохранить от эксплуатации и включить его в список заповедных жил, требующих специальной охраны.

IX. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ЧЕРТ ПРИПОЛЯРЬЯ

Уже на стр. 26, после геологического очерка, мы отмечали ряд специфических условий Кольского полуострова, вызванных его геологическим прошлым и в частности — особенностями ледникового режима. Однако, помимо этих весьма важных специфических черт, мы в области климатической обстановки имеем дело с рядом особенностей, с которыми необходимо считаться при дальнейшей организации горной промышленности. Совершенно несомненно, что во всех отраслях мурманского хозяйства должна вестись упорная борьба с рядом отрицательных сторон приполярной природы. Однако эта борьба будет эффективной только в том случае, если удастся использовать эти отрицательные черты природы края путем превращения их в производительные силы.

В сущности из специфических явлений, связанных с характером приполярной природы, на Кольском полуострове используются только громадные запасы гидроэнергии и водоемы. Между тем, необходимо широкое использование ряда и других приполярных факторов.

1. Ветер. Как мы уже указывали, исключительное богатство ветровой энергии, особенно на Мурманском побережье, не используется, несмотря на то, что по своей эффективности занимает весьма важное место.

2. Приливы. Значительная амплитуда приливных волн океана только в самые последние годы привела к проектированию опытной станции в губе Кислой. Между тем, совершенно несомненно, что в области приливов мы имеем очень ценный источник местной энергии, использование которой как раз определяется специфическими чертами мурманского побережья — наличием узких и длинных фиордов.

3. Зимний снежный покров. Длительный снежный покров и его мощность неоднократно рассматривались как отрицательное явление в характеристике хозяйственного строительства на Кольском полуострове. Однако опыт Полярной Канады и особенно Аляски, показывает, что снежный покров как раз является весьма положительным фактором при умении использовать его при постройке снежных и ледяных дорог. Семимесячная зима позволяет организовать снежные пути с выпуклым рельефом полотна и большой эффективностью; к тому же эти пути, независимо даже от летних автотрактов, позволяют зимой проникать в наиболее труднодоступные районы, завозить в них продовольствие, перевозить при помощи тракторов лесные материалы и т. д. Именно снежный покров создает зимой очень широкую доступность всей территории Кольского полуострова, которая в летнее время почти недостижима вследствие обилия болот, озер, рек и тайги.

4. Летнее полярное солнце. Использование полярного солнца до сих пор еще не продумано ни биологами, ни химиками. Если ряд особенностей биологического развития растений и частично животных (рыб) объясняется особенностями летнего солнечного режима, то все же до сих пор двухмесячное полярное лето для многих целей недостаточно использовано, в частности — для ускорения роста деревьев. Здесь предстоит еще очень большая работа, особенно в связи с изучением и использованием повышенного содержания ультрафиолетовых лучей, характерного к тому же не только для летнего, но и для зимнего времени. Н. Калитин (Природа, 1940) подчеркивает необходимость постройки на севере теплиц особых конструкций с почти круговым вертикальным застеклением.

5. Зимние низкие температуры. Длительное сохранение низких температур является исключительно ценным для ряда химических процессов, но до сих пор ни технологически, ни экономически не использовано. Между тем, мы знаем, что семимесячные низкие температуры такого района, как Кандалакша, позволяют их использовать для ряда технологических процессов. Напрашивается применение вымораживания для добычи морской соли, а также тех своеобразных азотнокислых методов И. В. Белова и П. А. Волкова, которые используют низкие температуры для разделения азотнокислых солей, получаемых при разложении апатита.

Можно отметить еще целый ряд интересных технологических схем, которые могли бы быть использованы в условиях Кольского севера, особенно в Кандалакшском районе.

Глава восьмая

ОСНОВНЫЕ ОТРАСЛИ ГОРНО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

В настоящей главе мы вкратце наметим те основные промышленные производства, для которых имеется или намечается минерально-сырьевая база.

Надо иметь в виду, что за последние 10 лет составлялось большое количество записок техно-экономического характера разными организациями. В фондах Бюро НИС Наркомтяжпрома, СОПС, ГИПХ, Планового отдела треста «Апатит», Плановой комиссии Исполкома в Мурманске и во многих других организациях хранятся многочисленные материалы, освещающие те или иные техно-экономические возможности построения на Кольском полуострове разных отраслей промышленности, главным образом химических.¹ К сожалению, эти записки (хотя и устаревшие в ряде своих установок) все же критически не просмотрены, не сопоставлены, и до сих пор мы не имеем полной схемы наиболее рационального размещения и организации промышленных предприятий на территории Кольского полуострова. В дальнейшем изложении я намечаю лишь самые основные линии в этой проблеме, причем ориентировочно указываю наиболее четкие места.

В настоящее время можно говорить о следующих основных видах промышленности на Кольском полуострове:

- А. Горнохимическая промышленность
 - а) связанная с фосфором и его переработкой;
 - б) связанная с нефелином и его переработкой;
 - в) связанная с фтором;
 - г) с получением магниево-фторидных солей;
 - д) с обработкой редких элементов (см. ниже, пункт Г);
 - е) с получением серной и сернистой кислоты;
 - ж) с переработкой торфа.
- Б. Черная металлургия и в частности электрометаллургия высоко-легированных сталей и электросплавов.
- В. Цветная металлургия — алюминия, никеля, меди, кобальта и их спутников.
- Г. Гидро- и пирометаллургия редких элементов — титана, редких земель, ниобия, ванадия и циркония.
- Д. Бумажная и целлюлозная промышленность.
- Е. Промышленности — керамическая и стеклотканевая.
- Ж. Промышленность огнеупоров.
- З. Промышленность электроизоляторов.
- И. Абразивная.
- К. Строительных и декоративных материалов.

¹ Наиболее продуманная и обоснованная сводка имеется в технологической части монографии АН Минералы Хиб. и Лов. тундр (1937, Н. И. Влодавец и Б. И. Каган). Но эта работа не охватывает проблем всего Кольского полуострова.

Из фондовых материалов наиболее интересны сводки Л. И. Цукермана и М. И. Гензельовича. Наиболее полное, хотя и одностороннее, освещение мы находим в восьми томах записки Гидроэлектропроекта (Ленингр. отд.) под заглавием: «Водно-энергетическая схема Карело-Мурманского края». Все перечисленные материалы и сводки относятся к 1935—1936 гг.

I. ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Вопросы химизации Кольского полуострова тесно связаны с пятилетним планом народного хозяйства Союза ССР и являются тем новым этапом, на который должна переходить современная промышленность Кольского полуострова, до сих пор ограничивавшаяся преимущественно добычей и первичным обогащением главных своих веществ.¹

Мы знаем в настоящее время, что вообще в основе крупной химической промышленности лежат пять следующих видов сырья: вода, уголь (и другие битумы), сера, щелочи и хлор. Если мы посмотрим на список полезных ископаемых Кольского полуострова, то мы должны убедиться, что именно этот список не отвечает основным его богатствам. В сущности, ни солей щелочей в больших количествах, ни соединений хлора, ни угля, ни даже очень крупных источников серы и серной кислоты мы долгое время не знали на территории Кольского полуострова, и поэтому вся задача построения химической промышленности представляла до сих пор совершенно исключительные трудности. Только в настоящее время начинают вырисовываться новые пути для правильного овладения химическими проблемами переработки кольских руд. При этом необходимо учесть, что в настоящее время, — как это дальше будет изложено, — мы получили в Монче настоящий источник серной кислоты, может быть, еще в недостаточном количестве, но все же позволяющий построить по-новому проблему всего сернокислотного производства. Но мы не должны забывать, — и в этом, вероятно, заключается ошибка прошлых проектов, — что в сущности, на Кольском полуострове имеется совершенно исключительный источник для кислотных процессов — фосфорная кислота, свойства которой являются настолько ценными, что на ней могут быть основаны своеобразные и тонкие химические производства. До сих пор мы рассматривали фосфорную кислоту только как промежуточный продукт в процессе получения фосфатов, но не базировались в своих технологических схемах на использовании фосфорной кислоты как таковой.

Наконец, третья кислота, которая может быть принята во внимание при дальнейшем построении промышленности, это кислота азотная. Вопрос о получении собственных азотокислых соединений на территории Кольского полуострова сейчас может быть решен так же, как он поставлен и решен по отношению к азоту, например, в Норвегии, где благодаря избытку дешевой электроэнергии ее использование в значительной части идет на получение азота из воздуха.

Если, таким образом, сейчас и этот третий источник кислоты становится реальным, то вместе с тем намечается и совершенно новый подход в области получения и использования щелочей, основным источником которых является нефелин. Новые методы его переработки с выделением щелочей в виде карбонатов, определяют именно этот путь, обещающий дать Кольскому полуострову большое количество соды и поташа. Надо однако иметь в виду, что щелочи и, в особенности, хлор мы можем и должны будем получать на Кольском полуострове прежде всего путем вовлечения в химический процесс каменной соли. Отсутствие источников соли на севере до последнего времени составляло один из весьма серьезных отрицательных моментов в ее минерально-сырьевой базе. Только в настоящее время вырисовываются новые воз-

¹ Развитие электрохимии и специальных видов тонкой металлургии находит себе на Кольском полуострове особенно выгодные условия, отвечая как раз основным установкам XVIII партийного съезда.

возможности в этом вопросе, углубляющие, в сущности, давно известное использование соляных варниц для природных рассолов, разбросанных в разных местах северного края. Поставленное на основе прогноза проф. А. А. Чернова бурение в районе Котласа привело к открытию, — правда, на большой глубине, — реальных запасов каменной соли. Благодаря этому, появляются совершенно новые перспективы в снабжении натрием как химической промышленности севера, так и, в частности, всего ее рыбохозяйства. Несомненно, что в дальнейшем бурение не только откроет новые линзы каменной соли, но позволит и отыскать месторождения, лежащие в более выгодных глубинных условиях и, главным образом, географически расположенные ближе к Архангельску и Белому морю (см. подробнее стр. 311).

Таким образом, мы надеемся, что наравне с щелочами, получаемыми теми или иными методами из нефелина, кольская промышленность будет в ближайшие годы обеспечена хлором из коренных месторождений соли северного края.

Переходим к критическому рассмотрению отдельных видов химической промышленности, намечаемых на основе имеющихся сейчас данных.

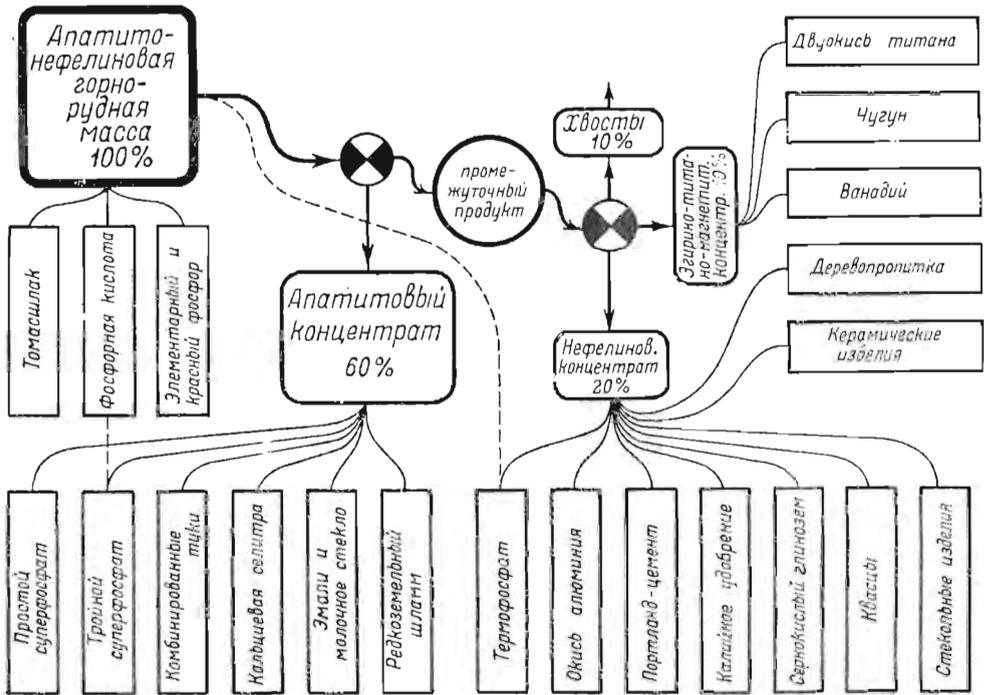
А. Использование фосфора¹ апатита и саамита. Цикл проблем, связанный с фосфором, необычайно широк, и надо сказать, что в настоящее время фосфорная промышленность Кольского полуострова находится еще в самом зачаточном состоянии, ограничиваясь первым этапом использования апатита; только выход на широкую дорогу комбинированных фосфатов явится решающим в этом вопросе и даст возможность вывозить из Кировска продукты с содержанием 55—60% фосфорной кислоты. Основные типы возможных и вероятных фабрикатов при разложении апатита серной, азотной или фосфорной кислотой следующие: суперфосфат, комбинированные фосфаты, двойные и тройные фосфаты, чистая фосфорная кислота, различные соли фосфорной кислоты.² Новые методы получения высококонцентрированных соединений фосфорной кислоты (разработанные в НИУ под руководством С. И. Вольфовича) намечают ряд путей для получения концентрированных фосфатов, содержащих 60—65% фосфорной кислоты, с попутным использованием части редких земель. Продукт Кировского опытного фосфорного завода, т. е. электровозгонка фосфора, долгое время оспаривался с экономической и даже технологической точки зрения; опыт Америки в этом отношении показал, что для получения дешевых удобрений метод электровозгонки является мало выгодным, потому что при электровозгонке получается значительно более чистая фосфорная кислота, чем это требуется для природных удобрений; поэтому до последнего времени опыт Северной Америки и, в частности, Канады, приводил к тому, что фосфорная кислота, получаемая путем электровозгонки из фосфора, использовалась не для удобрения, а главным образом как пищевой продукт, для получения фармацевтических препаратов и для аналогичных целей. Однако уже в 1939 г. в ряде американских специальных журналов намечались новые пути в области использования этой фосфорной кислоты, а также были открыты новые методы, при которых получение чистого фосфора не отделяется от процесса его окисления в фосфорную кислоту. Благодаря комбинированию этих двух процессов непосредственно в одном

¹ Мы еще далеко недостаточно широко используем фосфор и его соединения в промышленности.

² Подчеркиваем для Кольского полуострова интерес к получению фосфорнокислых солей магния, в ряде случаев более ценных для удобрения, чем соли кальция. Необходимы заводские опыты.

агрегате, происходит восстановление апатита и фосфорита до металлического фосфора и окисление этого фосфора в фосфорную кислоту. Во всяком случае, этот путь мы должны считать одним из самых интересных для Кольского севера.¹

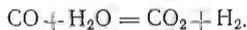
Вопросы получения термофосфата частично будут решаться



Фиг. 26. Схема промышленного комплексного использования Хибинских апатито-нефелиновых пород (из фондов Кольской базы АН, 1936). В настоящее время количественные соотношения расчета рудной массы несколько иные.

при разложении нефелина щелочным методом.² Получаемые как отброс при этом процессе поташ и соду, по намечаемому технологическому проекту, предполагается, особенно в их менее чистых сортах, направлять на получение термофосфата различного качества, вполне пригодного для всей Северной области, где применение суперфосфатов в условиях кислых почв является мало рациональным. Наконец, за последнее время начинают обращать на себя внимание новые методы получения так называемого фосфощлака (инж. Л. Черников). Путем забрасывания до 70% концентрата или апатитовой породы в еще неостывший шлак удастся, после некоторого дополнительного нагрева этого шлака в печи, получать очень своеобразные продукты, содержащие до 17% (а при не-

¹ Проблема получения на севере азотной кислоты исключительно важна. Напомним, что инж. С. И. Вольфович наметил интересную технологию, развитую в работах Кольской базы: использование отходов газов фосфорного завода (содержание окиси углерода 3,27 м³ на 1 т фосфора) с их конверсией с водяным паром и получением водорода для синтеза аммиака:



² Интересны пути разложения апатита водяным паром при 1300° (с прибавкой известняка).

которых условиях до 21%) фосфорной кислоты и используемые как весьма своеобразные удобрения с высоким содержанием кальция и магния. Ряд сельскохозяйственных опытов в этом направлении доказал эффективность этого метода. Наконец, нельзя не упомянуть об очень своеобразном и интересном методе комбинированного и полного использования апатита и нефелина, предложенном инж. И. Л. Талмудом. Метод этот находится в стадии проработки; он связан с преодолением больших аппаратурных трудностей ввиду необходимости использования фтора при высоких температурах, но, тем не менее, представляет исключительный интерес.¹

Б. Промышленность, связанная с использованием нефелина. В нижеследующем приложении мы даем краткую схематическую сводку отдельных, наиболее интересных применений нефелина в промышленности. Речь идет о новой главе силикатной технологии и химии (стр. 72). Отметим при этом, что использование трех полезных составных частей нефелина — щелочей, глинозема и кремнезема — намечает собой и методику их использования как каждого из них в отдельности, так и в ряде возможных группировок. Рассматривая каждый из них в отдельности, мы можем говорить о соде и поташе, о жидком стекле, или, вернее, сиштофе, и о глиноземе для алюминиевой промышленности. Можно комбинировать их и попарно; например, щелочи с кремнеземом — в виде высоких сортов жидкого стекла; щелочи с глиноземом — в виде ценных сортов алюминатов; глинозема с кремнеземом — в виде неокаолина и коагулянтов. Наконец, после разложения можно снова комбинировать все эти составные части между собой. Не трудно из дальнейшего усмотреть, что большая область химических процессов разложений нефелина связана с применением серной или сернистой кислоты; однако мы имеем возможность использования не только высококачественной серной кислоты, но и кислотных отходов разных производств, а также дешевой неконцентрированной сернистой кислоты. Конечно, успех широкого внедрения нефелина в хозяйство будет зависеть от себестоимости сырья; необходимо добиться, чтобы концентрат нефелиновой фабрики стоил дешевле.

Надо подчеркнуть, что до сих пор нефелин не вошел в обиход нашей промышленности и что в этом отношении нас обогнали Канада и США, в последние годы приступившие к широкому его использованию, хотя лабораторно и технологически проблемы нефелина в основном были решены уже в 1933 г.² в СССР.

1. ПРИМЕНЕНИЕ НЕФЕЛИНА ЦЕЛИКОМ³

Стекольная промышленность. Мы уже отмечали выше (стр. 72) положительные качества нефелина, в особенности нефелиновых песков, и отрицательные его черты — избыток содержания железа и некоторую тугоплавкость, созда-

¹ Я не касался вопросов широкого внедрения апатита в черную и цветную металлургию, применений его в эмалевом производстве и при получении молочных стекол. Детальные исследования керамического института в Ленинграде (1936) доказали успешную замену олова и циркония в эмалях и в стекле (заблещатель эмалевых стекол). Очень интересно успешное применение апатита вместе известняка в качестве плавня в цветной металлургии (Монча).

² См. интересную статью в «Кировском рабочем» от 30/III 1935 г. под заглавием «Приключения минерала нефелина».

³ См. Хибинские Апатиты. 1932, IV, также ст. А. Е. Ферсмана, 1931. Хиб. Апатиты III, стр. 33—39. В марте 1935 г. в Ленинграде состоялась Всесоюзная нефелиновая конференция; ее материалы были отпечатаны на ротаторе Ленингр. плановой комиссией. Последней сводкой был технико-экономический обзор Б. И. Кагана в январе 1937 г. (рукопись).

ваемую высоким содержанием окиси алюминия. Между тем, в последние годы (1938—1940) именно алюминиевые стекла начали привлекать к себе внимание промышленности (Горьковский стекольный завод), и поэтому понятен возникший интерес к более высоким и чистым сортам нефелина, содержащего после магнитной сепарации не свыше 0,7—0,8% окислов железа. Для обычного оконного полубелого стекла, для бутылочного стекла, облицовочных зеленых плит и изоляционного стекла мы имеем на Кольском полуострове непочатый край сырья при создании местной стекольной промышленности, и надо всемерно форсировать ее организацию на Кольском севере с целью прекращения привоза с юга разнообразных стекольных изделий, дающих значительное количество боя при транспортировке.

Грубая керамика. И в этой области нефелин является первостепенным источником для создания местной керамики, столь необходимой в культурном и городском строительстве. Изоляторы невысоких качеств, изоляционные трубы, керамические трубы разных сортов, керамические прокладки, каменная посуда домашнего обихода, изоляторы низкого напряжения, облицовочные кирпичи различных печей и химических установок — все это разнообразные и многочисленные области применения нефелина, в котором несколько повышенное содержание железа (не свыше 4%) и небольшое содержание фосфора не представляют опасности. К тому же вопрос применения нефелина в керамике прекрасно изучен в Керамическом институте (Ленинград) и испытан на заводах, где керамическая нефелиновая масса даже получила особое название — нефелита. Частично нефелин может использоваться для улучшения качества огнеупоров.¹

Эмаль. Гораздо сложнее вопросы применения нефелина для эмали. Они были удачно разрешены на Лысьвенском заводе на Урале при применении весьма чистого нефелина Вишневых гор.

Однако надо думать, что обычный нефелин Хибинских тундр не годится для высоких сортов чистой белой эмали, но вполне подходит для той бурой эмали на грубой керамике, которая в последнее время приобрела столь широкое распространение в кухонной посуде.

Бумажная промышленность. Применение нефелина для бумажной промышленности может идти в направлении использования самого нефелина с образованием сульфата алюминия и квасцов в ходе самого производства, а также того своеобразного продукта неоксалина, который может заменить природный каолин для белых сортов бумаги. Опыты, начатые в этом направлении с таким успехом на ленинградских бумажных фабриках, к сожалению, не были доведены до конца, а между тем, было бы очень важно использовать эти новые идеи для снабжения, например, Сегежского бумажного комбината продуктом из хибинского нефелина.

Жидкое стекло. Вопрос получения из нефелина жидкого стекла представляется очень интересным и заманчивым, причем технология может быть весьма разнообразной, так как речь идет о попытке сочетания кремнезема и щелочей при выделении и обособлении свободной окиси алюминия. Хотя эта задача до сих пор не разрешена, тем не менее совершенно очевидно, что даже более сложный путь через карбонаты является более выгодным, чем, например, получение жидкого стекла путем сплавления кварца с дефицитными содой или сульфатом.

Ультрамарин. Как указано на стр. 107, при анализе новых методов получения ультрамарина из содалита, доказана возможность получения этой синей краски из нефелина путем прокалки его с серой в замкнутом пространстве. Опыты в этом отношении велись лишь ориентировочно, а между тем, их результаты заслуживают большого внимания; однако и в данном случае присутствие в нефелине избыточного железа² является весьма отрицательным фактом.

Неокаолин. Под именем неоксалина мы подразумеваем своеобразный искусственный продукт — смесь гидратов глинозема и кремнезема, — который получается при осаждении щелочами растворов нефелина. Вопрос о получении этого продукта представляется очень интересным, так как получается белый дисперсный порошок, обладающий рядом свойств каолинового вещества. Может быть, путем нагревания удастся получить и ценную листоватую структуру, как это удалось получить в последнее время в опытах проф. Ноэля в Геттингене. Ход самого процесса осаждения может быть весьма различным. Однако, несомненно, его следует комбинировать с извещением щелочей.

¹ Применимость нефелина в резиновой промышленности не доказана, хотя имеются указания на то, что примесь до 6% нефелиновых хвостов укоряет вулканизацию и увеличивает эластичность продукта (Б. И. Каган, 1937). Любопытна попытка применения нефелина в качестве стирального порошка (марка «Белизна»), 1936.

² Хороший продукт получается из шихты: нефелин — 45 вес. частей; соды — 15 ч.; серы — 30 ч.; песка — 3 ч. и каолина — 5 ч. Очень ценна возможность снизить почти вдвое (по сравнению с каолином) расход соды на нашем севере, лишенном дешевого каолина; этот вопрос заслуживает большого внимания.

Нефелинование почв. Применение нефелина в сельском хозяйстве основано на его легкой разлагаемости слабыми органическими кислотами и наличии в нем довольно высокого содержания калия. Таким образом, нефелин оказывает двойное действие особенно на кислые почвы благодаря образованию алюмокремневого геля. Произведенные в разных условиях опыты привели к весьма ценным результатам, хотя вместе с тем отмечалось, что в некоторых случаях накопление геля глинозема является нежелательным.¹

Металлургия. В области черной металлургии применение нефелина отмечалось благодаря успешным опытам плавки на Урале титаномагнетита с нефелиновым шенитом (миасскитом Урала). Выяснилось, что нефелин играет ту же роль, что и соляной кокс или прибавка поваренной соли к шихте, — понижает температуру плавления, создает более легко подвижные шлаки; в этом отношении использование отбросов различного нефелинового производства и загрязненных железом нефелиновых хвостов представляет новую очень интересную проблему, которая до сих пор, однако, не нашла себе достаточного применения. Весьма возможно, что в будущем применение нефелина и нефелиновых пород будет широко использовано всей черной металлургией.²

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ГЛИНОЗЕМА ИЗ НЕФЕЛИНА

Получение металлического алюминия. При изучении использования нефелина исследователи столкнулись с вопросом дешевого и эффективного получения окиси алюминия для металлургии этого металла. В последние годы в этом направлении была проделана огромная исследовательская работа, и в настоящее время, после первых лабораторных исследований Академии Наук, опыта заводских испытаний ГИПХ'а, на Волховском заводе строятся соответственные цехи для внедрения нефелина в алюминиевое производство. Не детализируя этот процесс (исключительно важный для всей металлургии алюминия), мы должны сказать, что главное здесь не заключается в получении высокого процента глинозема, так как по существу в нефелиновых концентратах глинозема содержится только 30%, что значительно ниже даже простой глины (36%) и особенно бокситов (50—60%) и кианита (63%). Применение нефелина объясняется прежде всего исключительной легкостью его разложения кислотными и щелочными методами и возможностью одновременного извлечения и использования как щелочей в виде соды и поташа, так и портландцемента. Новые приемы переработки апатито-нефелиновой породы на основе обмена между составными частями нефелина, фтором и кальцием апатита, представляют собой исключительно заманчивую, но очень трудную задачу. Интересно привести некоторые подсчеты: для получения 1 т окиси алюминия по указанному выше методу и одновременно около одной тонны смеси безводной соды и поташа требуется 4.24—4.43 т нефелинового концентрата и 8—10 т известняка. Одновременно с этим получается еще 9.4 т портландцемента. Кроме того, требуется 4.25 т условного топлива, включая получение пара.

Хлористый алюминий. Большое значение в ряде процессов хлористого алюминия как катализатора, а также как промежуточного продукта при получении глинозема поставило проблему получения его и из нефелина. Решение этой проблемы находится в стадии технологической проработки.

Абразивы. При применении щелочных методов получения глинозема некоторые фракции этого окисла оказываются загрязненными кремнеземом и мало пригодными для получения высококачественного металла — алюминия. Их плавка с получением промышленного алундума является наиболее рациональным методом для использования этого отбросного продукта в качестве электрокорунда.

Коагулянты³ — алюминат натрия, сульфаты алюминия и квасцы.⁴

Квасцы. Обработка нефелина серной кислотой ведет к получению ряда ценных продуктов. С одной стороны, в осадке получается силикагель, в растворе — соли

¹ См. работы Конференции по нефелину в 1935 г. (Ленинград). Конференция подтвердила выводы, сделанные еще в 1907 г. акад. Д. И. Прянишниковым при изучении нефелиновых пород Турьего мыса, привезенных с Белого моря акад. Е. С. Федоровым.

² Нефелиновые пески могут быть употреблены в качестве шлакового покрова для уменьшения угара при плавке металлов, а также для наварки футеровки плавильных печей (Б. И. Каган, 1937).

³ См. о применении нефелина для улучшения качества воды в «Кировском рабочем» 15/IV 1935 г.

⁴ При анализе кислотных процессов необходимо учесть сильно экзотермический характер этих процессов, благодаря чему отпадает необходимость нагревания растворов. Разложение нефелина протекает обычно очень быстро (10—25 мин.).

щелочей и алюминия; в зависимости от хода химических процессов можно получить из этих растворов квасцы, которые легко делаются путем кристаллизации на квасцы калиевые и квасцы натриевые, а также и сернокислый глинозем. Ряд методов разработан для получения так называемого глинозема Мута, который представляет собой смесь кремнезема и сернокислого алюминия и с успехом применяется для очистки вод вместо чистого сернокислого алюминия. Аналогичный продукт, легко добываемый из нефелина, представляет собой смесь силикагеля и квасцов. Отметим в общем, что из 3 т нефелинового концентрата получается 1 т силикагеля и 6 т квасцов. Как мы видим, путем применения серной кислоты можно получить ряд весьма ценных продуктов, особенно нужных для текстильной промышленности и очистки вод.¹ Возможно, однако, еще дополнить приведенную схему путем разложения нефелина не серной, а сернистой кислотой. Возможно, что именно это создает наиболее удобное и дешевое использование сернистых газов при обжиге кольских пирротитов на месте их добычи. В этом случае намечается весьма простая схема химического завода без сложной аппаратуры (нужной для получения серной кислоты и ее концентрации).²

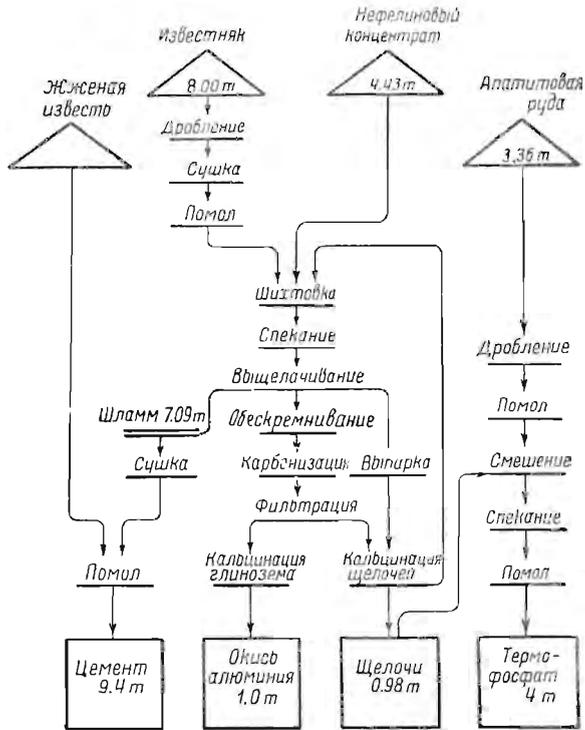
Использование раствора нефелина в производстве водоупорных тканей.³

Использование нефелиновых растворов для протравы в текстильном деле. Совершенно ясно, что раствор нефелина в серной кислоте при его нейтрализации является дешевым заменителем квасцов и жидкого стекла, обычно применяющихся для пропитывания водонепроницаемых хлопчатобумажных и шерстяных тканей. Опыты, проведенные на ряде специальных фабрик, доказали полную применимость нефелина для этой цели, причем ценность указанных процессов заключается в осаждении кремнезема и пропитывании квасцами, что происходит в момент разложения нефелина в самой ткани внутри самих волокон и даже отдельных клеток. Это может создать значительно более выгодные условия, чем непосредственное применение чистых солей и жидкого стекла.

3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО ПРЕИМУЩЕСТВУ КРЕМНЕЗЕМА

Получение портландцемента. Этот процесс отмечен выше, связан с получением отбросов при извлечении глинозема (стр. 239).

Применение нефелина для дубления кож. При временном недостатке дубителей нефелин с успехом применялся в растворах для дубления кож, после чего производилась дополнительная их пропитка солями окиси железа или



Фиг. 27. Схема производства окиси алюминия из нефелина Хибинских туфлр. (Из фондов Кольской базы АН, 1936 г.)

¹ Указывавшееся в литературе повышенное содержание фтора — абсолютно неверно.

² Возможно итти и по пути методов Бланка в Италии, и применяя азотную кислоту, с получением селитры, что, впрочем, более выгодно для лейцита, чем нефелина.

³ Интересные данные о применении нефелиновых растворов в текстильном деле см. в «Кировском рабочем» 16/V 1935 г. (Опыт фабрики «Штормовик»). После этого работа была прекращена.

сульфидцеллюлозой. При богатстве других растительных и хромовых дубителей вопрос о более широком внедрении нефелино-железного дубления остается открытым и не исследуется.

Применение нефелина в резниновом производстве — в основном связано с использованием чистого силикагеля как белой сажи.

Борьба с грибокм дерева (синева).

Пропитка дерева. Идея использования нефелиновых растворов для пропитки дерева представляется исключительно заманчивой, но, к сожалению, опыты наши в этом направлении (1930—1932 гг.) не были доведены до конца. Между тем, осаждение кремнезема из растворов внутри самих клеток дерева является одним из ценнейших способов его сохранения, а предварительные работы показали, что пропитанное раствором нефелина дерево обладает значительно более высокой температурой воспламенения. При дешевизне этих растворов, своеобразной дезинсекции дерева и понижении его воспламеняемости метод пропитки деревянных частей нефелиновым раствором должен быть изучен с научной точки зрения. Для севера СССР — это вопрос огромной важности.¹

Силикагель.² См. выше при рассмотрении вопроса о получении сульфатов алюминия и квасцов.

Пропитка почвы и дорожное дело. Использование нефелина и нефелиновых растворов в дорожном деле не изучено, но представляет значительный интерес (см. подробно по этому вопросу при описании местных дорожных материалов в главе III, стр. 105, а также стр. 271).

В. Использование фтора апатита. Нет никакого сомнения, что использование примерно трех процентов фтора в апатите представляет исключительную ценность, которая не может быть сброшена со счетов. На каждый миллион тонн апатитового концентрата мы должны считать возможным, таким образом, получать около 30 тыс. т чистого фтора, и, если мы даже примем нормальную потерю при извлечении этого элемента из фосфоритов (около 40—50%), то все же мы можем говорить о возможности извлечения из 1 млн. т апатита около 15 тыс. т фтора, что, в переводе на фтористый кальций, отвечает грандиозной цифре в 40—50 тыс. т флюорита в год. И если учитывать, что количество концентрата в ближайшие годы будет доведено до 2 млн. т, то совершенно очевидно, что в апатите мы имеем источник почти 100 тыс. т годовой добычи солей типа фтористого кальция. Это намечает исключительную роль того фтористого процесса, который должен быть обязательно осуществлен в ходе технологических методов разложения апатита. Получение искусственного криолита, использование фтористых соединений для разложения кремневых соединений, получение фтористого натрия, а также искусственной белой сажи из нефелина (путем комбинированного процесса ГИПХ) — таковы отдельные пути применения этого интересного и важного химического элемента, который в настоящее время приобретает особое значение как в оборонной технике, так особенно в технике холодильного дела.

Г. Соли магнезия. При наличии богатых магнезиальных пород, исключительной дешевизне отбросов, легкой растворимости таких магнезиальных соединений, какими являются оливин и оливиновые породы Мончи и Хабозера, мы не можем не обратить внимание на возможность эффективного получения на Кольском полуострове разных магнезиальных солей. Такими являются хлористый, серноокислый магний и магнезиальное жидкое стекло (роль которого за последние годы особенно подчеркивалась В. М. Гольдшмидтом) и, наконец, окись магнезия, получаемая путем применения специального прокаливания местных доломитов. Получение магнезиальных солей для севера имеет

¹ См. неопубликованные материалы в фондах Бюро НИС Наркомтяжпрома.

² Огромное значение в промышленности силикагеля и дешевизна его при переработке нефелина требуют особого внимания.

значение как для выработки дешевого цемента Сореля, так, в особенности, для цементирования оливинитов в высоких огнеупорах.

Особое значение имеет создание ряда отраслей химической промышленности, основанных на разложении ряда редких элементов, в первую очередь титана, циркония и редких земель (об этом см. ниже в соответствующей главе, стр. 248).

Д. Серная и сернистая кислота. Как видно из предыдущего, особое значение в дальнейшей схеме химизации Кольского полуострова имеют вопросы получения собственной серной кислоты. В этом отношении необходимо проделать еще большую исследовательскую работу, но уже сейчас совершенно ясно, что мы имеем два возможных источника, из которых каждый имеет свои положительные и отрицательные стороны.¹

Самым основным источником являются сульфиды Мончи, юни могут дать при современном положении завода значительное число тонн моногидрата в год. Однако получение серной кислоты из части отходов газов заводов Мончи представляет ряд затруднений в виду низкого процентного содержания в них SO_2 и необходимости специальных приемов для извлечения серной кислоты.² Тем не менее, если идти на выделение наиболее богатых частей газовых отходов, то задача будет решена весьма эффективно. Количество моногидрата, конечно, невелико по сравнению с масштабами самой апатито-нефелиновой промышленности и не решает в целом проблемы получения высококонцентрированных фосфатов, однако очень значительно и вполне достаточно для того, чтобы поставить соответствующую переработку прежде всего редких элементов, частично обосновать на ней получение окиси титана и титановых белил и частично наладить производство (очень элементарное по своей технологической схеме) и различного рода сульфатов, нужных для местной промышленности. Один вопрос, однако, при этом требует своего разрешения — это вопрос о содержании в серной кислоте селена, который для нужд, например, бумажной промышленности является вредным.

Второй источник местного сырья для получения серной кислоты — пирротин. В соответствующем разделе третьей главы мы подробно разбирали возможные источники пирротина на территории Кольского полуострова. Надо сказать, что в качестве местного сырья он, конечно, заслуживает полного внимания и может в будущем, в случае нахождения более богатых концентраций, явиться достаточно крупной статьей для построения своей сернокислотной промышленности. До сих пор известные нам месторождения, обнаруженные в Хибинах, дают, к сожалению, низкое процентное содержание серы, порядка 18, в лучшем случае 24%, что создает ряд трудностей при эксплуатации и вызывает необходимость разработки специальных типов печей для наиболее рационального сжигания этого бедного источника серы. Надо сказать, что при этом возможно идти не столько в сторону получения серной кислоты, сколько в сторону более простых процессов получения низкопроцентных сернистых газов с их непосредственным

¹ Ср. С. И. Вольфкович. Общая химическая технология. М. 1940. I, стр. 322 и след.

² Направивается применение новых методов поглощения SO_2 основным сульфатом глинозема на холоду, с отдачей газа при нагревании при 100°. Этот метод с успехом применен на ряде заводов в Америке, Англии и в Оутокумпу в Финляндии. Метод интересен тем, что освобожденный газ легко может быть сконцентрирован в жидкую кислоту SO_2 или превращен в серу путем пропускания над коксом при 1200°. Для Хибин этот метод важен доступностью нужного сульфата алюминия (из нефелина) и может оказаться применимым к обжигу пирротинов.

использованием, частично, например, для разложения нефелина и получения сернистокислых солей калия и натрия, нужных в бумажной промышленности. Энергичные поиски высокосортных пирротинов являются необходимыми как в наружном кольце вокруг Хибин по линии «цветного пояса», так, в особенности, в районе Туломы, где в ряде областей намечается высокое содержание пирротина в отдельных линзах. Попутно укажем на то, что отрицательной стороной пирротинов всех этих месторождений является их очень легкая окисляемость,¹ ничтожная примесь других полезных металлов, которые практически не приходится принимать во внимание при использовании сырья.² Лишь самый конечный продукт обжига в виде огарка сможет иметь некоторое применение в качестве красной или коричневой краски.

Е. Переработка торфа. Химические использования торфа из крупных торфяных массивов представляют собой одну из благодарнейших задач, не поставленных до сих пор конкретно на территории Кольского полуострова. Однако опыт Лапландского завода и примененных на нем новых печей системы Б. К. Климова сыграл большую роль в развитии нашей торфяной и сланцевой промышленности, и, несмотря на неудачную экономику этого завода, на судьбах советской сланцевой промышленности он отразился положительно. Дело в том, что этот опыт показал возможность применения особых печей, которые дают возможность получать дорожные битумы и смолы путем соответственной переработки торфяных масс. Получение из торфа генераторного газа, выделение более ценных смол и накопление дорожных битумов, — таковы те три линии, по которым должно идти дальнейшее использование торфяных массивов.³ Опыт постройки сланцевого завода под Ленинградом (на основе испытаний на Лапландском заводе) позволяет сейчас перенести полученные им методы на соответственные процессы и в область торфа. На отдельных крупнейших торфяных массивах Кольского полуострова, связанных по преимуществу с юго-восточной его частью, организация газификации торфа и передача газа по газопроводам к центральным промышленным районам полуострова представляют задачу трудную, требующую крупных капиталовложений и большого количества черного металла.

II. ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Вопросы организации черной металлургии на Кольском полуострове много раз ставились на очередь в связи с проблемами необходимости получения металла для ленинградской промышленности. По инициативе С. М. Кирова в ряде специальных заседаний обсуждались эти важнейшие проблемы севера, но каждый раз они наталкивались на затруднения, связанные с отсутствием тепловой базы.

Источники железных руд на Кольском полуострове в настоящее время являются достаточно выявленными для того, чтобы считать их совершенно обеспечивающими весьма крупную металлургию всего севера. На первое место приходится ставить руды Ионских месторождений. Они, правда, изучены очень плохо, но запасы их выражаются, несомненно, сотнями миллионов тонн. Даже если новые разведочные

¹ О методах борьбы с окисляемостью и горением пирротина см. Г. И. Вертушков. Советская геология, 1940. № 8, стр. 48.

² Необходимо тщательная проверка на Ag, Au, Pt, Pd, Co, Mo.

³ На 1941 г. Кольской базой ставится изучение опыта Лапландского торфяного предприятия.

работы не увеличат, а сохраняют старые цифры запасов, то и это уже в достаточной степени показывает, что мы имеем здесь грандиозный источник руды, сравнимой к тому же по своему качеству с рудами средней марки шведской Кирунаваары. Для характеристики этих руд необходимо отметить высокое содержание в них фосфора, которое требует (подобно Швеции) применения томасовского метода, низкое содержание серы и, повидимому, довольно высокое содержание магния, с которым приходится бороться специальными методами металлургии. Отмечается и небольшое содержание титана.

Второй реальный источник представлен полумиллиардными запасами железных руд приимандровских месторождений. В противоположность первому источнику они характеризуются исключительно низким содержанием фосфора в отдельных частях (если исключить контактные зоны), содержание серы в них весьма невелико, и поэтому они могли бы считаться с качественной стороны высоким продуктом, если бы не относительно низкое содержание железа (не свыше 35—40% в руде), большая твердость, требующая специальных методов размола, и необходимость обогащения и последующего брикетирования (агломерации) для использования в доменных печах.

Третьим источником являются отходы титаномагнетитов при добыче, например, кношита. В месторождениях Африканды грандиозное количество титаномагнетита (с 8—12% окиси титана) будет получаться в результате обогащения и выделения кношита,¹ в них мы имеем хороший источник для получения титановых чугунов или же для применения методов академика Э. В. Брицке, позволяющих непосредственно плавить титановые магнетиты с примесью нефелина, в качестве понизителя температуры плавления. Именно в этом последнем направлении применение нефелина, а также эгириновых отходов, богатых железом и натрием, представляет собой особо заманчивую задачу для всей черной металлургии Кольского полуострова.

Однако трудности теплового баланса попрежнему представляют собой одну из помех для развития крупной черной металлургии на Кольском полуострове. Нет никакого сомнения, что в первую очередь надо говорить о двух возможных путях использования местных, по существу — мировых запасов железных руд: с одной стороны, они могут сыграть большую роль для экспорта, причем железная дорога — Кандалакша — Куола-ярви и Кеми — Хапаранда — открывает возможности широкого экспорта в прибалтийские страны и в Германию этой руды. С другой стороны, речь может идти об организации специального завода электросплавов в районе Кандалакши или Зашеек, где возможно получение примерно 10—20 тысяч тонн ценных ферросплавов, и в первую очередь — ферро-титана, ферро-ванадия, ферро-циркония и ферро-ниобия. Для такого небольшого завода вопросы завоза кокса будут иметь относительно небольшое значение. Наконец, сырьевые запасы Кольского полуострова могут обеспечить нужды очень крупного предприятия по черной металлургии, расположенного где-либо на стыке путей Воркута — Котлас — Ленинград с дорогами, ведущими к югу от Кольского полуострова.

При анализе проблем черной металлургии нельзя обойти и те ме-

¹ При обогащении кношита можно поступать различно: можно просто отделять кношит от силикатов и титаномагнетита и затем путем грубой магнитной сепарации получать титаномагнетит с содержанием около 10—12% TiO_2 ; но можно при дальнейшем измельчении отделять ильменит от титаномагнетита и получать последний лишь с 4—5% двуокиси титана (см. материалы засед. Бюро НИС в 1936 г.).

сторождения, которые хотя и лежат вне пределов полуострова, и в настоящее время включены в состав Карело-Финской республики и лежат в районе озера Вуори-Ярви. Финская литература, имеющаяся в нашем распоряжении, не позволяет в достаточной степени представить запасы железных руд этого месторождения. Однако значительное сходство его с Ионой, наличие запасов известняков и доломитов и, наконец, прохождение через этот район новой железной дороги может создать ряд предпосылок для практического использования этих железных руд.

В заключение необходимо отметить, что черная металлургия на Кольском полуострове обеспечена прекрасным припасом и флюсами. В отношении первого необходимо отметить наличие разнообразного сырья для облицовочных кирпичей — форстеритовых, кианитовых и дианасовых, наличие прекрасных кварцитов, графитовых сланцев, литейных песков, а также флюсов, нужных для шихты — известняков и кварцитов, полностью обеспечивающих черную металлургию местными и притом дешевыми материалами.¹

III. ЦВЕТНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ²

Цветная металлургия является одной из ведущих отраслей промышленности Кольского полуострова в двух направлениях: с одной стороны, в области алюминия и, с другой — в области никеля, меди и их спутников. Рассмотрим по отдельности эти две проблемы, имеющие не только всесоюзное, но частично и большое экспортное значение.

Алюминий.³ Проблема металлического алюминия поставлена была еще в 1930 г., когда по предложению автора Ломоносовский институт Академии Наук впервые разработал схему щелочного разложения нефелинов с получением чистого глинозема (Н. И. Влодавец). С тех пор создана огромная литература по вопросу использования этого источника сырья для получения глинозема; в результате многочисленных опытов и заводской работы в настоящее время подготовлен ряд цехов на Волховском алюминиевом заводе для перевода части процесса на нефелин. Огромное значение при этом имеет возможность попутного получения щелочей, вовлекаемых частично в обратный процесс, а также большого количества цементного сырья, столь необходимого для Кольского севера. Детальная разработка этой проблемы инж. И. Л.

¹ О возможности взаимного шихтования руд Ионы и Заимандрия см. в статье А. Е. Ферсмана. Технологические проблемы металлургии бедных руд. «Полярная правда», июнь, 18/VI 1940. См. также А. Ферсман. Сев. база металлургии. Известия М. 10/VIII 1940.

² Привожу сравнительную таблицу средних цен на чистые металлы по данным американского рынка осенью (август) 1939 г. — в американских долларах.

	за тонну		за тонну
медь	240	селен	4 250
алюминий	480	титан	11 550 (96 ⁰ / ₀)
никель	840	цирконий	16 800
кобальт	4200	ниобий	560 000
	или в расчете за килограмм		
	ниобий		560
	платина		1100
	галлий		3500

³ В качестве справки приведем годовую продукцию (мировую) Al — 1938 г. — 588 000 т, из коих на первое место вышла Германия (180 000 т). Преимущественно используются бокситы, по цене (в сырье) 5—7 американских долларов за тонну.

Талмудом и ряд экономических подсчетов, произведенных в частности Институтом экономики Академии Наук (Ленинград), показывают, что в нефелинах мы имеем, несомненно, очень интересный и своеобразный источник для получения глинозема и что успехи этого дела будут в значительной степени зависеть от дешевизны самого исходного продукта, получаемого из Хибин. Как мы видели в главе о нефелине, здесь может идти речь о самых разнообразных видах сырья, начиная с хвостов, непосредственно очищаемых природой в р. Белой, и кончая продуктами очистки нефелиновой фабрики, построенной в Кировске. Однако, если себестоимость этого продукта будет высокой, то это явится затруднением для дальнейшего вовлечения нефелина в широкое практическое использование и в частности в металлургию. Интересно при этом отметить, что при получении металлического алюминия и при дальнейшем электролизе вероятно накопление в отдельных фракциях металла ряда редких составных частей, характерных для нефелина, а именно в первую очередь галлия и бериллия.

Наравне с нефелином в настоящее время намечается и другой источник для получения сплавов металлического алюминия, а именно кианит.¹ Колоссальные запасы кианита Больших Кейв вполне обеспечивают резервы этой промышленности, а очень небольшое количество примесей и наличие углерода в кианитах Кейв позволяет говорить о возможностях использования их для получения силумина. Правда, подсчеты показывают, что кианит сам по себе дает слишком повышенные количества кремния в кремне-алюмосплаве и что, следовательно, необходимо вести комбинированную плавку с привнесением других руд алюминия или вывода части кремния, путем его превращения в ферросилиций. Во всяком случае, эта задача технологически возможна, а новый метод акад. А. А. Байкова намечает и пути для использования кианита в этом направлении.

При наличии отмеченных выше запасов этих двух полезных ископаемых — нефелина и кианита, а также столь нужной для металлургии алюминия дешевой электроэнергии, имеются все предпосылки для самого широкого развития этого дела на Кольском полуострове и в северной части Карело-Финской республики. Алюминиевый завод в Кандалакше будет получать металлический алюминий сначала путем электролиза глинозема, привозимого с завода Волхова, а потом к этому присоединятся и цеха получения глинозема на месте из местного кольского сырья.

О цветной металлургии редких металлов см. ниже (стр. 247).

Никель, медь, кобальт и их спутники. Вопросы развития никелевой промышленности на Кольском полуострове поставлены были в 1932 г. С. М. Кировым. Однако эта проблема стала очень крупной только в 1936 г., когда были обнаружены богатые жильные руды гор Ниттис и Кумужей. Эти богатые руды дали возможность наладить производство в первые годы и обещают в течение ближайших пятилеток исключительный разворот медно-никелевой промышленности, основанной на высокопроцентном сырье. Нет никакого сомнения, что при всем богатстве Мончи этими рудами мы все же должны считаться с необходимостью вовлечения в дальнейшем и других источников медно-никелевых руд, в первую очередь — частичной переработки бедных руд Сопчи и их обогащения. Необходимо иметь в виду и экономическую, и технологическую выгоду использования (путем обо-

¹ Отметим, что теоретическое содержание Al_2O_3 в нефелине около 33, а в чистом кианите — 63%.

гашения) отвалов, получаемых при добыче богатых руд и сбрасываемых сейчас у входа штолен. Наконец, необходимо не только дальнейшее углубленное изучение Волчьей, Сальной, Федоровой и Подас тундр и всего района Кучин-тундры, но и широкое изучение всего «цветного пояса» (особенно в верховьях рр. Юзии, Варзуги, Стрельны и Пурнача) вплоть до оставшихся совершенно не разведанных медных месторождений низовьев Поноя, что может обеспечить разворот медно-никелевой промышленности.

Будущее этой промышленности связано, однако, не только с извлечением меди и никеля, но и с успехами использования других составных частей — прежде всего кобальта, палладия, селена,¹ получения серной кислоты из отходящих газов и широкого использования шлаков и шламов. В отношении шлаков специальная работа показывает, что здесь имеется очень своеобразный и интересный источник не только минерального, но и теплового характера. При температуре в 1500° шлаки обладают способностью к поглощению ряда веществ, на чем и основано применение их для получения так называемых фосфатшлаков Л. Черникова. Равным образом, как показывают химические анализы, эти шлаки могут дать прекрасный продукт типа плавленых базальтов для нужд самых разнообразных отраслей промышленности.

Темпы дальнейшего развития медно-никелевой промышленности на самой Монче будут зависеть от дальнейшей разведки месторождений — особенно жил на глубину — и изучения всех вышеуказанных побочных продуктов производства. Предполагается также связь кольских установок с норильским никелем и использованием для его переработки электролитических цехов Мончи. При рафинировке сибирского никеля в Мончегорске намечается ряд задач при использовании своеобразных составных частей этих шламов.

Для характеристики значения Мончи² в мировой никелевой промышленности отметим по данным 1938 г., что средняя добыча никеля в Канаде (Сёдбери)³ достигала 93 тыс. т, меди — около 100 тыс. т с сопутным получением 40 т селена, 2 т теллура и довольно большого количества серебра, платины, золота и палладия.⁴ Любопытно при этом указать, что кобальт практически не извлекается из руд Сёдбери, так как его содержание (1:40 по отношению к никелю) не обеспечивает рентабельности его отделения. В этом отношении у нас имеется более выгодное соотношение никеля и кобальта, которое в рудах Мончи достигает 1:20 или 1:25, что позволяет говорить об извлечении, правда довольно сложном, кобальта из никелевых руд. Для дальнейшего освещения месторождений Мончи с их большими запасами никеля интересно отметить, что запасы Сёдбери выражаются для суммы никеля и меди приблизительно в 6—7 млн. т, но эти запасы выявлены были в течение многих лет применения буровой техники; тем не менее, надо указать, что на протяжении 280 км распространения никеленосных пород было выделено всего 12 км промышленного значения, для чего было пройдено буровыми работами более 6 тыс. км (при 18 000

¹ Цена тонны селена в американских долларах около 4000; годовая мировая добыча селена — свыше 300 т.

² Отметим также для сравнения, что завод Монд на территории Финляндии (Петсамо) был рассчитан на 3000 т никеля, при использовании руд с содержанием Ni — 1.61% и Cu — 1.32%.

³ Добыча в Норвегии колеблется около 1000 т никеля в год.

⁴ Запасы финляндской части «цветного пояса», по подсчетам до 1935 г., определяются в 100 000 т никеля, 70 000 т меди и около 4000 т кобальта, при отношении Ni : Co = 25 : 1.

скважин). Эти цифры наглядно показывают, что выявление указанных выше крупных запасов руды явилось лишь результатом огромной работы, во много раз превышающей те полевые буровые работы, которые до сих пор выявили богатства Мончи (суммарная длина последних всего лишь 80 км.)

IV. МЕТАЛЛУРГИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Проблема использования редких металлов намечена была еще 10 лет тому назад на основе месторождений Хибинских и Ловозерских тундр, но только сейчас начинает получать правильное направление в промышленности. Сфен и частично редкие земли добывались из руд Хибинских тундр, но надо сказать, что добыча их не дала промышленности особенного эффекта. Эффективность установок по обогащению и извлечению титана из сфена и редких земель из ловчоррита оказалась низкой, что и привело к временному закрытию ловчорритового рудника и ловчорритовой фабрики. Тем не менее, проделанная работа не осталась безрезультатной, а новые открытия подсказали и новые источники для разрешения двух указанных проблем — получения титана и получения редких земель. За исключением молибдена, на который одно время возлагались крупные надежды в Хибинах, мы можем сейчас говорить о возможности организации промышленности следующих пяти химических элементов: титана, редких земель, ниобия (тантала), ванадия и циркония.

Рассмотрим в отдельности источники сырья и пути промышленного освоения этих элементов.

Титан. Как мы уже указывали, запасы этого полезного ископаемого на Кольском полуострове совершенно исключительны, причем на смену сфену пришли месторождения кнопита Африканды. Использование сфена осложнялось трудностями его обогащения, дававшего продукт с содержанием только 32% окиси титана и требовавшего затем для своего разложения четверного или пятерного количества серной кислоты. Поэтому открытие кнопита (перовскита) наметило новые пути в этом направлении, так как чистый кнопит содержит до 55% окиси титана с ничтожной примесью железа и не содержит кремнезема. Проблема развития Африканды встала в связи с этим во весь рост тем более, что прекрасно проведенные разведки установили там наличие всего до глубин 200 м нескольких сотен миллионов тонн руды со средним содержанием на руду 14% окиси титана, 0.25% пятиокиси ниобия и 0.60% окислов редких земель. Эти цифры, правда, носят пока несколько отвлеченный геохимический характер, так как самая методика выделения ниобия и редких земель из титанового комплекса кнопита еще не выяснена. Однако замечательная легкость обогащения кнопита и ряд ценных качеств самого месторождения обуславливает экономические выгоды этого сырья. Месторождение расположено у самой железной дороги, на холме, допускающем удобное расположение обогатительной фабрики и естественную откатку руды к ст. Африканда, расположенной почти на берегу одного из заливов Имандры. Непосредственно через рудный участок проходит линия электропередачи; всего в нескольких километрах расположен довольно большой лесопильный завод с массовыми отбросами лесного производства. Таким образом, Африканда, расположенная в центре промышленного узла, представляет собой особую ценность для дальнейшего использования в нескольких направлениях: с одной стороны, для получения ферросплавов, с другой — для

выделения окиси титана в виде титановых белил и с третьей стороны — для переработки окиси в хлорид, имеющий, как известно, оборонное значение.

Возможные технологические схемы по использованию титана и ванадия см. ниже (стр. 250).

Редкие земли. Как было указано выше, опыт использования ловчоррита для извлечения редких земель не привел к достаточно благоприятным результатам.¹ Между тем, в настоящее время намечается ряд разнообразных методов для использования прежде всего редких земель из апатита и в особенности из богатых редкими землями разностей, носящих название саамита. В последних количество редких земель достигает нескольких целых процентов против десятых в обычном апатите Кукисвумчоррского месторождения. Новые методы (сначала предложенные Н. В. Беловым и П. А. Волковым, а затем проработанные в нескольких направлениях С. И. Вольфовичем) показывают, что мы имеем здесь дело с очень ценными возможностями если не полного, то хотя бы половинного извлечения редких земель, что может легко дать несколько сот тонн солей редких земель в год даже на тех опытных установках, которые намечаются в настоящее время.²

Очень крупным источником редких земель явится, конечно, использование лопаритов. Количество редких земель будет настолько велико, что при условном масштабе ниобиевого производства в 500 т количество окислов редких земель достигнет 1500 т. В этом случае вопрос встанет не о возможности насытить ими потребности нашей страны, но о необходимости наметить новые области применения редких земель и о широком экспорте. Такие новые применения намечаются уже сейчас, особенно при условии разделения редких земель на отдельные составные элементы, что имеет особое значение как в области стекольной и светофорной промышленности, так и в специальных физических установках и в особенности в некоторых специальных видах сплавов. Интересно отметить новые церовые сплавы с магнием и алюминием высоких технических свойств для авиапромышленности, а также работы по применению суммы редких земель, выделенной из хибинского апатита в качестве катализаторов и активаторов горения водорода (М. Б. Равич и Б. А. Захаров. Доклады АН. 1940, XXVII, № 5).

Ниобий.³ Положение с ниобием в общем довольно ясно. Огромная работа, проведенная за последние годы в Гиредмете и в институтах Академии Наук, показывает, что мы имеем возможность совершенно конкретно говорить в настоящее время о создании крупнейшей ниобовой промышленности для получения высочайших сортов конструкторских и отчасти авиационных сталей. Ценность и реальность этой проблемы основана на достигнутом выявлении запасов месторождений, качества руды и особенно новых приемов технологического разложения отделяющих с успехом ниобий от титана,⁴ с одной стороны, и от редких земель — с другой. Если трудно сейчас говорить о масштабах этого производства, то, во всяком случае, в начале 1940 г., в результате специальной ниобовой конференции в Академии Наук, дело поставлено

¹ См. монографию Мин. Хиб. и Лов. тундр — стр. 508—512.

² Надо иметь в виду, что при электровозгонке фосфора редкие земли теряются в шлаке (до 0.74% TR_2O_3).

³ Килограмм мет. ниобия расценивался в августе 1939 г. в США в 560 амер. долларов, т. е. ровно в половину стоимости платины. Ср. С. А. Первушин. Советская геология, 1940, № 5—6, стр. 176.

⁴ Интересно одновременное использование ниобия и примеси титана, что позволит не стремиться к очень тщательному разделению этих хлоридов.

на практические рельсы. Сейчас необходима техноэкономическая проработка проблемы в целом.

Цирконий. Гораздо сложнее проблема циркония. В главе об эвдиалите (на стр. 100) мы уже отмечали те трудности, которые представляют обогащение и технология циркониевых руд Ловозерских тундр.¹ Мы должны прямо сказать, что до тех пор, пока не будут найдены богатые руды или не будет открыта упрощенная технологическая схема обогащения и извлечения окиси циркония из эвдиалита, — вопрос циркониевой промышленности на севере не будет сдвинут с мертвой точки, и более выгодным сырьем для этой промышленности явятся те крупные запасы циркона, которые в настоящее время выделяются из разрушенных щелочных сиенитов в районе Мариуполя.

Ванадий. О ванадии подробно см. стр. 116.² Мы уже указывали, что для извлечения ванадия из эгирина и титаномагнетита нет необходимости строить специальный завод. Ванадий может, однако, быть использован попутно методом акад. Э. В. Брицке при получении феррованадия, что возможно путем перевозки богатых ванадием концентратов в районы южной Карелии, если там будет организована промышленность по переработке титаномагнетитов.

Молибден. Говорить о возможностях промышленного использования нет оснований до новых поисковых и разведочных работ (см. стр. 88 и 125).³

Бериллий и галлий. О возможности их извлечения при металлургии алюминия (из нефелина) см. стр. 246. Для бериллия представляет значительный интерес находка берилловых пегматитов в районах Западных Кейв и р. Стрельны.

Технологическая схема использования руд железа, титана и ванадия. Вопрос о сырье для комплексного извлечения из кольских руд железа, титана и ванадия получил новое освещение и направление на основании результатов, полученных в 1939 г. бригадой акад. Э. В. Брицке на уральских титаномагнетитах. В связи с этим появляется возможность по-новому пересмотреть намечавшиеся раньше схемы и значительно более эффективно решать остававшиеся до сих пор не продвинутыми проблемы использования кольских железо-титановых руд.

Перечислим сначала те реальные источники титановых руд, которые имеются на Кольском полуострове.

1. Титаномагнетит в составе апатитовой породы. Содержание TiO_2 достигает 17—20%, содержание P_2O_5 (в концентрате) доходит до 0.5%. Среднее содержание в самой апатитовой руде не превышает 0.5%. Этот продукт получается в значительных количествах вместе с эгириновым концентратом в отходах нефелиновой фабрики и вместе с последним может идти на плавку.

2. Титаномагнетит месторождения Африканда. Помимо кнопита (перовскита) месторождения Африканда содержит огромное количество титаномагнетита следующих свойств: содержание TiO_2 до 12%, содержание ванадия очень низкое, не имеющее практического значения. В разработанных методах обогащения кнопита титаномагнетит идет в хвост. Отсюда вытекает проблема широкого использования титаномагнетита этого месторождения, который будет получаться как отход при операциях извлечения кнопита (перовскита) и может быть поэтому использован как дешевый продукт, правда, несколько загрязненный кремнекислотой силикатов (до 92—94% титаномагнетита).

3. Помимо двух указанных источников, на Кольском полуострове есть еще ряд месторождений титаномагнетита, о которых мы говорили выше (стр. 90) и которые могут в будущем представить крупный резерв титана при постановке соответ-

¹ См. в монографии АН Минералы Хиб. и Лов. тундр. 1937, стр. 517—525.

² Годовая мировая добыча ванадия мет. около 3000 т (1938 г.). Титаномагнетиты используются на ванадий в Японии и Индии.

³ Замечательные технологические исследования Н. С. Грейвера (Ленингр. Горный институт) наметили пути для эффективного использования бедных руд молибдена (ниже 0.1%), ванадия и др. Это заставляет по-новому пересмотреть все месторождения Mo, V, Be, Ga и др.

ствующей промышленности. Сюда относятся еще совершенно не изученные и не разведанные титаномагнетиты Вырмес-тундры, значительные поля титаномагнетита Федоровой тундры, обогащенные этим минералом участки оливинитов в Озерной вараче около Хабозера; наконец, отдельные богатые линзы и жилы титаномагнетита в урнитах и ийолитах Хибинского массива, известные как в месторождении Кукисвумчорра, так частично и на Апатитовом отроге.

4. Эгирин из состава апатитовой породы, свойства и количества которого были отмечены на стр. 97.

5. Сфен Хибинских тундр (см. описание на стр. 93).

6. Кнопит Африканды.¹

На основании приведенного перечисления можно наметить следующие наиболее интересные технологические схемы переработки указанных руд:

1. Наиболее интересной схемой, при этом наиболее обеспеченной крупными сырьевыми запасами, является использование грандиозных месторождений кнопита (перовскита) Африканды путем выделения этого минерала на обогатительных фабриках с попутным использованием отходов титаномагнетита (с содержанием около 8—12% TiO_2) в доменных печах с нефелиновыми отбросами по методу акад. Э. В. Бричке.²

Получение чистого высокопроцентного кнопита в намеченной обогатительной схеме обеспечит возможность его дальнейшей переработки или на месте (через серную кислоту) или путем отправки на соответственные заводы.³

2. Использование отходов нефелиновой фабрики, состоящих из эгирина, титаномагнетита с частичной примесью нефелина и апатита. В этом случае целиком применим метод акад. Э. В. Бричке, при нормировке, однако, содержания нефелина и при томасировании на фосфорные удобрения получаемых при этом фосфористых чугунов.

Даже при существующей фабрике нефелина получение в отбросах завода большого количества хвостов обеспечит очень интересный метод металлургии этих отходов. Как указано выше, высокое содержание щелочей в самом эгирине (10—11%) позволяет рассматривать его наравне с нефелином как выгодный плавленый для тугоплавких железных руд Кольского полуострова.

Состав хвостов нефелиновой фабрики позволяет шихтовать эту смесь с титаномагнетитом других месторождений (Африканда). Таким образом, широко применяя идеи инж. Черникова и акад. Бричке, можно будет подойти к совершенно специфическим приемам, для чего, однако, требуются дальнейшие технологические и главным образом металлургические исследования.

3. Под вопросом пока стоит технологическая схема использования сфенов, хотя постройка Юкспорского тоннеля снова выдвигает необходимость постановки добычи сфеновой породы верхней части Юкспорского апатитового месторождения. Мы должны, тем не менее, совершенно определенно подчеркнуть ряд отрицательных моментов в использовании сфена. Сложность и неэффективность некоторых применяемых сейчас методов обогащения, трудность разложения сфенов серной кислотой, требующейся в количествах, превышающих в 4—5 раз исходную руду, значительно меньшие запасы сфеновых пород, чем это предполагалось на основании первых разведок, — все это должно привести к постановке дальнейших технологических исследований, с тем, чтобы отыскать более эффективные методы обогащения и технологии.⁴

4. Совершенно реальным является попутное использование титана при хлорировании лопарита. Возможность получения этого продукта совершенно ясна, и методы проработаны полностью, однако необходимо иметь в виду, что общее количество TiO_2 , извлекаемого из лопарита при организации ниобиевой промышленности, невелико и не превышает коэффициента 4 по отношению к Nb_2O_5 , что для титана даст сравнительно невысокие цифры.

Совокупность указанных соображений, вместе с возможностью широкого использования шихты Пудожгорских титаномагнетитовых концентратов с отбросами Хибинских нефелинов показывает, что мы имеем на севере крупнейшую и при том очень своеобразную сырьевую базу; но сложность и специфичность использования ее требует комплексных методов одновременного извлечения железа, титана и ванадия из различных кольских минералов. Кладя в основу этих методов прежде всего электроплавку, мы все же должны считаться с недостатком восстановителей, и

¹ О составе хвоста и методах его дальнейшего разделения с получением чистого магнетита (с 4—5% TiO_2) см. стр. 96.

² Возможны и другие пути, предложенные М. С. Максименко: переплавка отходов титаномагнетита на сталь по шведскому методу электроплавки, что может дать высококачественный металл. Однако в этом направлении необходимы дальнейшие опыты.

³ Очень интересно получение из концентрата ферро-титана, с содержанием 30—35% титана (М. С. Максименко).

⁴ См. «Кировский рабочий» 1/III 1936.

поэтому необходимо направить все внимание на разработку таких технологических приемов, которые приведут к получению высоко концентрированных и ценных сортов специальных ферросплавов и позволят избежать методов, которые будут противоречить существующему дефициту тепловой энергии.

Вопрос о широчайшем использовании титана Кольского полуострова должен быть сдвинут с мертвой точки.¹

V. БУМАЖНАЯ И ЦЕЛЛЮЛОЗНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Нет никакого сомнения, что вопросы удовлетворения потребностей бумажной промышленности нашего севера являются очень серьезными. При отсутствии каолина на всем нашем севере эта проблема становится тем более острой и требует специального разрешения. По всей вероятности, заменителем каолина могут частично являться тальк и тальковые породы Карелии, с одной стороны, и в особенности тот продукт, который, по опыту Ломоносовского института АН, получается при разложении нефелина в виде своеобразной суммы гелей кремнезема и глинозема и в работах этого Института получил название неокаолина.

Неокаолин может иметь большое значение как наполнитель и заменитель обычного каолина в более высоких сортах бумаги. Большую роль для этой промышленности может сыграть и применение квасцов и сернокислого глинозема, который, согласно ориентировочным опытам П. А. Волкова на бумажных заводах Ленинграда, непосредственно получается из нефелина в самом ходе технологического процесса. Впрочем, как в первом случае, так и во втором очень важным является содержание железа в нефелине, и поиски сортов минерала с наименьшим содержанием этой вредной примеси (хотя бы порядка 0.7% суммы окислов железа) представляют одну из серьезных задач.

Наконец, для целлюлозной и бумажной промышленности очень важно получение чистой сернистой кислоты, сернокислых солей и серной кислоты. Этот продукт, как мы видели (стр. 242), будет получаться на соответствующих установках Кольского полуострова, но и здесь потребуются особое отношение к серной кислоте Мончи, так как даже небольшое содержание селена в ней может привести к нежелательным результатам для бумажной промышленности. Весьма возможно, что именно для этой цели наибольшее значение смогут сыграть пирротины, благодаря ничтожному содержанию или даже полному отсутствию в них селена.²

VI. КЕРАМИЧЕСКАЯ И СТЕКОЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Обилие керамических пегматитов, с одной стороны, грандиозные запасы кианита — с другой, и многообразные источники получения нефелина — с третьей, открывают ряд возможностей для организации керамической и стекольной промышленности на севере. Правда, отсутствие каолина не позволяет говорить о получении здесь более высоких керамических продуктов — фарфора и фаянса, — но имеется возможность широкого получения особого вещества, — неокаолина, который может неожиданно оказать очень большую помощь керамической промышленности в случае нахождения технологических методов дешевого его получения. Но, во всяком случае, мы имеем на Кольском полуострове совершенно исключительные условия для организации обычной стекольной

¹ Использование титаномagnetитовых песков в последние годы получило развитие в Новой Зеландии (в них 0.3—0.4 V₂O₅ и 10% TiO₂). Разложение идет путем сплавления с CaO + CaCl₂.

² Впрочем, нужны поверочные анализы.

ной и грубой керамической промышленности. Вопрос о стекольном деле получил еще в 1924 г. разрешение не только в ряде опытных исследований, но и в заводских испытаниях. За последние годы потребность в богатых глиноземом стеклах (в виду некоторых их специфических достоинств), вновь подняли этот вопрос на большую принципиальную высоту, и мы не сомневаемся, что одним из ближайших мероприятий по освоению полезных ископаемых Кольского полуострова будет организация стекольных заводов, но только невысоких сортов стекла. Несколько высокое содержание железа в нефелине, к сожалению, не позволяет говорить о чисто белом стекле, и только при условии понижения содержания железа до 0.7% (что возможно при применении методов магнитной сепарации) можно будет говорить о полубелом стекле.

Гораздо шире, конечно, область применения местных материалов для различных видов керамики, начиная с черепицы. Некоторые сорта глин Кольского залива могут быть использованы и для получения грубых керамических гончарных труб, облицовочных кирпичей, керамики для химических заводов и гидрометаллургии. Для этих целей имеются огромные запасы полевого шпата, кварцевых песков и нефелиновых пород.¹

Частично сюда надо отнести и возможность широкого использования кианита для получения кислотоупорной посуды и кислотоупорной аппаратуры химических заводов.

VII. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ОГНЕУПОРОВ

Мы уже указывали выше (на стр. 210), что Кольский полуостров является исключительным источником самых высоких сортов огнеупоров. причем проделана большая технологическая работа, которая полностью доказала высокое качество кольского сырья. Если даже не говорить об использовании диабазового литья из габбро-норитов, диабазов и шлаков Мончи (см. стр. 109), то на территории Кольского полуострова имеются два замечательных источника для важнейших огнеупоров: с одной стороны, оливиновые породы, а с другой — кианит и силлиманит. Опыты Харьковского института огнеупоров показали, что оливиновые породы Хабозера, благодаря высокому содержанию в них минерала оливина (95—97%) и относительно небольшому содержанию окислов железа, не превышающему 15%, представляют собой прекрасное сырье для форстеритовых кирпичей (температура плавления 1750—1800°), причем в качестве связующего цемента нужно использовать природный магнезит. Как показали последние опыты Виктора Морица Гольдшмидта в Норвегии и Института прикладной минералогии в Москве, возможна замена дефицитного магнезита некоторыми другими местными плавнями, в частности окисью магния, получаемой путем избирательного обжига доломитов. Постройка завода огнеупоров на Кольском полуострове или в Ленинграде на основе оливинита Хабозера представляется совершенно реальной,² тем более, что хабозерские месторождения расположены необычайно удобно — всего в 7—8 км от железной дороги, на берегу озера, и самая добыча может идти открытыми карьерами путем механизированной их эксплуатации.

П. В. Соколов (1940) наметил большой список месторождений оливиновых пород, которые смогут иметь практическое значение; таковы районы Мончи, Подас тундры, Сальных Тундр и в особенности Хабозера.

¹ В будущем неизбежно встанет вопрос о постройке своего пегматитового завода (аналогично Кондопоге) примерно в районе Кандалакши — Зашейка (Кыма-тундра), или Мурманска (Роста).

² См. прим. 1 на стр. 253.

Нельзя забывать и ценные качества, как огнеупоров, и чистых доломитов (напр. ст. Титан), которые при известных условиях обработки могут заменить магнезит.¹

Еще гораздо более крупным источником сырья высоких и сверхвысоких марок огнеупоров и кислотоупоров являются силлиманиты и кианиты. В этом отношении можно прежде всего говорить о силлиманитах Ловозерских тундр, — расположенных относительно выгодно по транспортным условиям, — но, конечно, главное внимание должно быть обращено на Кейвы, где, как показали технологические опыты, после обогащения можно получать самые высокие марки огнеупоров и изоляторов, технически совершенно свободных от железа и выдерживающих температуры выше 2000°. ²

Наконец, в многочисленных кварцевых отбросах керамических пегматитов мы имеем источник для производства динаса различных марок.

Для этой же цели могут использоваться кварцевые отходы обогащения кианитовых пород.

VIII. ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Для промышленности электроизоляционной на Кольском полуострове имеется ряд ценных видов сырья. Сюда прежде всего надо отнести тальково-хлоритовые сланцы, в случае их нахождения в достаточном количестве (см. стр. 106), но главным образом сюда относится слюда высоких электротехнических качеств и миканит. Если в настоящее время использование листовой слюды полностью обеспечено, то вопросы отбросовой слюды, накапливающейся вокруг пегматитовых жил, не привлекли к себе еще достаточного внимания, а между тем мы имеем здесь значительный источник для дешевого миканита. Для этой же цели возможно использовать некоторые кварцево-слюдистые сланцы Кейв, в которых обогащение листочками слюды достигает местами 70—80%.

Наконец, для промышленности электроаппаратуры приобретает значение возможность получения некоторого количества селена (для селеновых фотоэлементов).

IX. АБРАЗИВНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

На Кольском полуострове есть ряд очень ценных источников для абразивной промышленности, нужной для механической обработки металла, камня и дерева. Сюда относятся точильные камни из иотнийских красных песчаников Терского берега, из сланцевых свит Рыбачьего полуострова и острова Кильдина, мелко раздробленный полевои шпат, в качестве мягкого абразива для дерева, тонкодисперсный диатомит, в качестве полировального порошка, кристаллический кварц (из отбросов керамических пегматитов и, главным образом, мелкий гранат, колоссальные запасы которого, преимущественно в центральном районе

¹ По опытам Харьковского института огнеупоров (1940) хабозерский оливинит дает очень хорошие форстеритовые кирпичи с добавкой всего 15% обожженного магнезита; кроме того, из него могут с успехом получаться и безобжиговые кирпичи для применения в ряде отдельных мест тепловых агрегатов (выдерживают только 1300°С). Кроме чисто форстеритовых кирпичей, можно получить и комбинированные с хромитом. Строительство завода этих огнеупоров на Урале и окончание предварительных опытов по хабозерским оливинитам уже позволило перейти к проектированию такого же завода на Севере. Местом его может быть район Званки или Ленинграда с производительностью порядка не меньше 40 тыс. т. Интересно сочетание с доломитом (по методам В. М. Гольдшмидта).

² Потребность всего Союза пока в силлиманито-кианитовых кирпичих — примерно 25—30 тыс. т в год. По технологии и экономике Кейв см. сборник № 5. Лен. геол. управл. 1940, со статьями С. М. Миловидова и Т. Т. Тиховой.

Кольского полуострова, обеспечивают возможность создания очень крупной промышленности абразивного граната самых разнообразных марок. Мы считаем, что здесь может быть создано промышленное предприятие, которое обеспечит гранатом потребности всего нашего Союза (и даст прекрасную статью экспорта, например в Германию и Скандинавские страны).

Наконец, при организации получения щелочными методами окиси алюминия в районе Кандалакши будут получаться отходы относительно низких сортов глинозема, загрязненного кремнеземом, который по методу Ачесона с успехом сможет быть использован для получения алундума, т. е. искусственного абразивного корунда.

X. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДЕКОРАТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Надо сказать, что, как это было подробно изложено выше (стр. 103). Кольский полуостров исключительно богат строительными и декоративными материалами и, повидимому, может быть обеспечен и запасами вяжущих материалов при организации соответственных отраслей промышленности. Гнейсы, хибиниты, шифер, доломиты, известняки, кирпичные глины, торф, кварциты — являются наиболее характерным сырьем строительной промышленности; диатомиты, известняки, специальные сорта цемента, получаемого из шлаков Мончи, из доломита, и в особенности получение портландцемента при обработке нефелина и известняков, являются источником снабжения Кольского полуострова: пока еще крайне дефицитным сырьем — вяжущими веществами. Как интересный декоративный материал и для получения мраморной крупки выдвинут кристаллический кремовый доломит ст. Титан.

XI. ИСТОЧНИКИ СЫРЬЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

При организации сельского хозяйства на Кольском полуострове вопросы первичной обработки полей и торфяников представляют очень серьезную задачу, и нет никакого сомнения, что применение минеральных удобрений является одной из насущнейших задач в решении хозяйственной проблемы Кольского полуострова. При большом разнообразии почвенных типов и связанных с этим естественных условий сельского хозяйства необходимо и большое разнообразие типов тех удобрений, которые должны вноситься в определенные моменты в местные почвы. Ряд природных материалов представляет в этом отношении весьма большое значение; так, с одной стороны, для почв, бедных перегноем, имеются всюду достаточные местные запасы торфяных масс; с другой стороны, имеется возможность вносить известняки и доломиты в сильно кислые почвы. Использование нефелина, на основании результатов специальной конференции 1935 г., позволяет с успехом применять эти вещества не только для усреднения кислотности почв, но и для внесения некоторых количеств легко усвояемого калия. Правда, последующие опыты указали на некоторые отрицательные стороны нефелина, связанные с избытком в нем глинозема и появлением избыточных коллоидных масс кремнезема и глинозема; борьба с этим может быть проведена путем внесения в почву одновременно катионов кальция и магния. Большую роль в некоторых районах таких же кислотных почв может сыграть использование отбросов бивинита и других магнезиальных отходов Мончи и Хабозера. Некоторое местное значение, особенно в районе Кольского фиорда, могут играть ракушечники, а в районе Ионы известково-апатитовые отбросы и отходы железных рудников, что очень важно для местных почв с низким рН.

Наконец, для внесения фосфора возможно использование тех или иных продуктов переработки апатита и, в частности, для района Кировска и ст. Апатиты, — отбросы (шлаки) фосфорного завода, содержащие повышенное количество усвояемой фосфорной кислоты.

Мы не можем не обратить внимание на необходимость широкого использования в местном хозяйстве и отходящих газов, богатых угольной кислотой (см. стр. 217).

Намечаемая в этом направлении проблема требует еще огромной исследовательской работы, но важность ее в условиях Кольского севера несомненна.

Глава девятая

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

Кольский полуостров, по сочетанию в себе единственных в мире запасов и видов минерального сырья и гидроэнергии, а также вследствие выгодного географического положения является ценнейшим новым горно-промышленным районом Союза. Пути развития его, в первую очередь, должны идти в сторону осуществления основных положений XVIII съезда партии (апрель 1939 г.):

1. Усиление химических производств и химизации ряда отраслей промышленности.

2. Укрепление туковой промышленности.

3. Создание тонкой черной металлургии специальных сталей.

4. Усиление использования местных материалов в целях уничтожения дальних перевозок.

5. Превращение минерального сырья в более ценные промышленные продукты с целью ослабления фактора отдаленности районов.

6. Создание местной сельскохозяйственной и пищевой базы путем применения как местных видов удобрений (нефелин, апатит), так и промышленных отходов (углекислых газов, топливных отходов, шлаков фосфорных заводов и т. д.), а также местных источников соли.

Нами были выше намечены те направления промышленности, которые могут быть обеспечены кольским сырьем, потенциальные запасы которого намечены в нашем анализе (см. стр. 208). При этом планировании промышленных возможностей мы, очевидно, можем исходить из следующих довольно бесспорных положений:

1. Основными элементами энергетики являются уже изученные запасы гидроэнергии общими масштабами порядка 800—1000 тыс. квт дешевой постоянной и регулируемой энергии. Отсюда — развитие электропроизводств на дешевой и, в частности, пиковой энергии.

2. Слабое обеспечение источниками тепловой энергии — отсюда необходимость экономии тепловых установок и избегание теплоемких производств. Наличие продолжительных низких температур ведет к возможности использования их для ряда специфических химических процессов (вымораживание морской воды, азотнокислые методы разделения солей по Волкову-Белову) и т. д.

3. Наличие крупнейших источников сырья: цветной металлургии — никеля, алюминия, меди и кобальта, металлургии черной — железных руд и легирующих добавок (ванадий, ниобий, титан и цирконий); металлургии редких металлов — ванадия, титана и ниобия (тантала, циркония, редких земель, а также селена и платиновых металлов); отсюда — необходимость постановки крупной электрометаллургии алюминия и силумина на основе нефелина и кианита и металлургии специальных электросплавов — феррованадия, ферротитана и др.

4. При организации цветной и черной металлургии важно наличие

прекрасных огнеупоров (кварциты, кианиты, оливиниты) и возможность широкого использования отходов (газов, боковых пород, шлаков, шламов, хвостов обогащения и т. д.), а также возможность попутного использования примесей: тантала — при ниобии, селена и платиновых металлов — при никеле, меди и т. д.

5. Наличие крупнейших запасов сырья для химической и, в частности, туковой промышленности, возможность иметь собственную серную кислоту из отходов газов Мончи, а также серную (или сернистую) кислоту при местном обжиге пирротинов, наличие собственных щелочей из нефелина, — отсюда использование апатита и нефелина на основании технологического вовлечения в процесс всех составных частей (фосфорной кислоты, фтора, редких земель, стронция, может быть, галлия и бериллия — из нефелина); отсюда — необходимость взаимосвязи производств на основе применения новых методов электровозгонки, использования серной и сернистой кислот.

6. Особенное значение имеет обилие и своеобразие руд редких металлов (в первую очередь — титана, ниобия, редких земель, циркония и ванадия), их сочетание и необходимость выработки специфических методов разделения и переработки.

7. Возможность организации на Кольском полуострове керамической и стекольной промышленности, а также промышленности огнеупоров с широким использованием керамических пегматитов, кислотоупорных и огнеупорных гранитов и аплитов, чистого кварца, кварцитов, кианита, силлиманита и нефелина.

8. Что касается других видов промышленности, то можно говорить об использовании торфа (в качестве источника тепловых установок и получения различных химических продуктов) и организации других производств (оливиновых огнеупоров, строительных материалов, вяжущих материалов и нефелинового цемента и т. д.).

9. Очень важной чертой экономики Кольского полуострова является скудность разных видов сырья на очень небольшой территории, причем намечается как бы два больших куста промышленных узлов: центральный куст, связанный с узлами II, III, IV, VI и, отчасти, I и V, и восточный куст, еще мало изученный, к которому тяготеют узлы VII, VIII и низовья Поноя.

10. Как основной пункт, вытекающий из вышеприведенных выводов, необходимо отметить возможность и необходимость организации комплексного использования минерально-сырьевой базы и значительной экономической выгоды при объединении технологических производств; например, при комплексном использовании пегматитов (керамическое сырье, полевой шпат, кварц, слюда), комплекса Мончи и т. д.

11. Отдаленность области в целом от центральных и южных районов использования ее основных видов минерального сырья (в частности, туковой продукции) вызывает необходимость ряда мероприятий по местной переработке сырья в более ценные и более транспортабельные продукты путем химической и механической переработки сырья на месте в полуфабрикаты и химические фабрикаты.

12. Развитие угольной промышленности Печоры, открытие девонских углей в Чешской губе и месторождений каменной соли около Котласа ставят на очередь установление более эффективных и плановых транспортных связей Кольского полуострова с другими частями севера Европейской части Союза. Это достигается путем форсирования железнодорожного строительства, установления плановых морских перевозок и систематического использования соединительных водных речных систем.

13. Наконец, на основании приведенных положений, необходим и ряд организационных выводов по отношению к исследовательской работе, которая может быть в основном сведена к следующим пунктам:

а) необходимость организации единого центра по координации, согласованию и выдвижению научных проблем, связанных с Кольским полуостровом;¹

б) укрепление местных научных сил и учреждений, а также их объединение; прежде всего усиление Кольской базы Академии Наук, организация и укрепление ее связи с Академией Наук и ее центральными институтами, а также укрепление Экономгеографической ячейки в Мурманске;

в) организация систематических совещаний по отдельным конкретным проблемам путем широкого вовлечения как местных научно-технических сил, так и центральных научных учреждений;

г) укрепление издательского дела и в особенности усиление выпусков нового органа: «Производительные силы Кольского полуострова».

Переходим к окончательным выводам. Сейчас уже не приходится бороться с недоверием и неверием в производительные силы Севера. Задача индустриализации Кольского полуострова является задачей создания прочного пролетарского оплота Союза на северо-западной окраине. Мы знаем, что имевшая здесь место недооценка промышленного значения этой области совершенно правильно уступила место широкому плановому строительству ее хозяйства.

Мы должны бороться за это строительство и за его темпы, выявляя стоящие на пути трудности и намечая широкое использование производительных сил. Конечно, при этом мы должны быть вполне трезвыми в оценке окружающей природы и ее экономики, мы должны с полной определенностью отвергать вместе с Михайлой Ломоносовым простые «мечтательные догадки, которые происходят очень часто от пустых забобов и предубеждений». Мы должны вполне реально оценивать наши возможности и специфические особенности строительства. Первые десять лет стройки вооружили нас опытом, людьми новой закалки, энтузиастами севера, Кировской волей и его заветами. Эти десять лет превратили маячившие раньше проблемы в настоящее дело, они на деле показали правильность основных установок С. М. Кирова, что строить новое промышленное дело на Кольском севере можно только на основе широкого хозяйственного и культурного овладения целой территорией, только на основе углубленной связи науки и техники, комплексного решения всех многообразных стоящих на очереди научных и научно-технических проблем.

Исследования последних 20 лет в Мурманской области проливают все больше и больше света на богатства края; стираются белые пятна нашего незнания; геолог и геохимик проникают в самые трудно доступные места тайги, болот и полярных тундр.

Двенадцать полезных веществ выявляют невиданные до сих пор в мире запасы огромных промышленных ценностей. Среди них, из неметаллических:

апатит, нефелин, кианит, керамический гранит, оливинит, абразивный гранат,

а также шесть важнейших руд металлов:

железа, титана, никеля, ниобия, редких земель, циркония.

¹ С организацией Центрального архива Кольских фондов.

Глава десятая

ЗАДАЧИ ДАЛЬНЕЙШИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ¹

Проблемы изучения ископаемых богатств Кольского полуострова требуют ряда исследований, прежде всего по линиям:

- а) общей геологии и поисково-разведочной работы,
- б) геохимического и минералогического изучения сырья,
- в) технологического или металлургического исследований.

Сравнивая по существу потребности этих трех направлений, мы должны подчеркнуть особое отставание третьей группы исследований. Ниже мы приводим список главнейших работ в этих трех направлениях, однако нужно подчеркнуть, что хозяйственное и промышленное строительство на Кольском полуострове в общем зависит не только от успехов изучения самого сырья и его месторождений, но и от совокупности исследовательских работ по изучению всех сторон природы, климата и хозяйства территории. Овладение полезными ископаемыми на такой отдаленной и культурно не организованной территории, как Мурман, находится в непосредственной связи с успехами самого культурного строительства, овладением живой природой, организацией связи, быта, умения бороться с климатическим режимом и приспособлять условия жизни и быта к природным факторам севера, а также с созданием пищевых фондов на месте.

Особенно важной для хозяйственного освоения края является инвентаризация всех производительных сил полуострова и в частности детальная аэросъемка² главнейших территорий.

Систематическое составление аэроснимков в масштабах 1 : 35 000 с областей, наименее изученных, но особо важных в хозяйственном отношении, представляет задачу особой срочности. В первую очередь необходимо аэросъемка Кандалакшского района, территории по южной трассе железной дороги и очень мало изученного квадрата на север от Хибинских и Ловозерских тундр, вплоть до Мурманского побережья (между Кировской железной дорогой на западе и течением р. Вороньей на востоке).³

¹ Ср. Приложение III, стр. 276

² Необходимо подчеркнуть важность и чисто визуальных наблюдений с самолета: таковы были просмотры торфяных болот экспедиций Кольской базы 1938 г., а также наблюдения в районе Кейв — в 1939 г.

³ Вообще производство топографо-геодезических работ и нивелировок является одной из первостепенных задач при промышленном освоении края. См. Труды Первой заполярной геологоразведочной конференции. Стр. 165—175. 1933. Здесь же обсуждение вопросов аэросъемки.

I. ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ ОБЩЕЙ ГЕОЛОГИИ, ТЕКТОНИКИ И ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ¹

1. Геологическое картирование всей территории Кольского полуострова в масштабе 1:200 000 или по крайней мере — 1:400 000.²

2. Детальное геологическое картирование (1:100 000 и крупнее) главных промышленных районов:

- А. Районы ультраосновных пород:
 - Пояс Мончи-Чуны-Волчьей
 - Кучин-Кеулик-Вымь
 - Подас-тундра
 - Пулмас-тундра (Полмос-тундра)
 - Устье Пооя.
- Б. Районы, связанные с Кейвами
- В. Районы щелочных нефелиновых пород:
 - Ловозерские тундры (1:25 000)
 - Хибинские тундры (1:10 000)
- Г. Районы гранитных пегматитов:
 - Иона и Бабинская Имандра
 - Стрельна и Пялица
 - Кольский и Урский фиорды
 - Пулозеро-Вируайв
 - Кан-озеро.
- Д. Районы карельской свиты:
 - съемки всей полосы протерозоя «цветного пояса» и Кейв

II СПЕЦИАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ³

1. Составление обзорной карты Кольского полуострова в масштабе 1:400 000.

2. Очерк стратиграфии, тектоники, магматических, вулканических и интрузивных и, наконец, метаморфических циклов (по материалам работ съемки 1:1 000 000).

3. Металлогения Кольского полуострова (по материалам съемки 1:1 000 000 и детальным работ).

4. Изучение комплекса Кейв, включая восточные массивы щелочных гранитов.

5. Геологическое, минералогическое и петрографическое изучение комплекса Рыбачий — Кильдин.

6. Изучение комплекса красных песчаников побережья Кольского полуострова восточного побережья горла Белого моря (сравнительное изучение стратиграфии, литологии, тектоники и т. д.).

7. Изучение комплекса Канин-Нос — Чешская губа и их соотношения с Кольским археем⁴ и гипербореем.

8. Радиохимическое определение возраста пород.

¹ Использована в первую очередь сводка «дальнейших исследований» А. А. Полканова, 1935 г.

² Для всего Кольского полуострова имеется только одномиллионная карта: в масштабе 1:100 000 заснято около 7%, в масштабе 1:50 000 — около 4—5%. Цифры на 1/1 1939 г. Съемка в масштабе одномиллионном закончена в 1934 г., но требует уточнения.

³ Необходимы детальное картирование и изучение полуострова Канина и прилегающих к Чешской губе частей Тимана.

⁴ Личное ознакомление со свитой кристаллических сланцев Тимана (серия «М» Чернышева), несомненно, намечает ряд связывающих звеньев с Кольским полуостровом, и, может быть, эти сланцы следует параллелизовать с гиперборейской свитой острова Кильдина, испытавшей более слабый метаморфизм.

9. Гравиметрические работы по профилю Кировской железной дороги и включая Кильдин и Рыбачий, в целях познания глубоких структур (геологическая интерпретация работ 1939 г. Моск. аэро-геодез. предприятия).

10. Микромагнитная съемка, в целях изучения геологического строения и поисков различных полезных ископаемых.

11. Сейсмометрические работы, в целях изучения глубокой тектоники (структур) — Хибины, Монче-тундра, Ловозерские тундры, Рыбачий, Кильдин.

12. Горноэкономический очерк Кольского полуострова.

III. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

В СВЯЗИ С АПАТИТО-НЕФЕЛИНОВЫМИ, ТИТАНОВЫМИ, ВАНАДИЕВЫМИ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ РУДАМИ

1. Составление сводной карты Хибинского массива по съемке в масштабе 1 : 10 000.

2. Изучение тектоники Хибин.

3. Изучение тектоники и контактных зон Ловозерских тундр.

4. Генезис апатитовых и сфеновых месторождений Хибин.

5. Изучение массива Вырмес-Гремяха (титаномагнетиты).

6. Геохимическое изучение минералов редких земель в щелочных породах.

7. Изучение ванадиеносности титаномагнетитов, эгиринов и эгиринов-авгитов.

8. Разработка методики для интерпретации магнитометрической съемки (воздушной).

9. Проведение радиометрических поисков радиоактивных руд.

10. Изучение радио- и ториеактивных минералов.

В СВЯЗИ С ИЗУЧЕНИЕМ НЕРУДНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1. Сравнительное изучение пегматитов Кольского полуострова.

2. Изучение генезиса и технологии абразивных гранатов Кольского полуострова.

3. Изучение генезиса месторождений огнеупоров — силлиманита и кианита.

4. Изучение строительных материалов кристаллических пород (граниты, диабазы, габбро и т. д.).

5. Литология песчано-гравийных отложений.

6. Технические испытания строительных и других материалов.

7. Изучение генезиса, технологических и горнотехнических свойств диатомитов.

IV. ПРОВЕДЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ГЛУБИННЫХ СКВАЖИН

Еще 10 лет тому назад мы поставили задачу провести в центральных частях Хибин глубинную структурную скважину в верховьях р. Тульи. Сейчас накопились аналогичные пожелания геологов и разведчиков по отношению и к другим районам, и мы в порядке предложения перечисляем самые важные структурные скважины на Кольском полуострове:¹

¹ Необходимо попутно проведение детальных геотермических и иных геофизических исследований.

А. Продолжение ведущейся в Монче структурной скважины через Сопчуайвенч до глубины 1200 м. Закладка двух глубинных наклонных скважин для пересечения на глубине 1000 м серии рудных жил Ниттис-Кумужья.

Б. Проходка двух наклонных глубинных скважин из центра Хибинских тундр для подсечения в глубине апатитовой дуги.

В. Несколько структурных скважин через Ловозерский плутон для выяснения наличия более глубоких горизонтов лопаритовых пород.

Г. Глубокие скважины в осадочной свите Карелид с целью выяснения строения отложений протерозоя и возможности открытия скоплений карбонатных пород или обогащенных углеродом отложений.

Д. Подсечение на глубине зон фальбанд Порьей губы и некоторых наиболее постоянных по простиранию полиметаллических жил Кандалакшского фиорда.

Е. Глубокое бурение для выяснения глубин залегания магнетитовых линз и скарпов в Ионском комплексе.

Ж. Аналогичное бурение в центре плутонов Африканды и Хабозера.

V. ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ И ПЕТРО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Задачи петрографических исследований очень многочисленны и имеют непосредственное значение для понимания общей геологической истории и выяснения поисковых признаков:

1. Выяснение последовательности выделения строения, состава и минерализации разных типов гранитов и их взаимоотношений с другими породами.¹

2. Выяснение петрографического и стратиграфического строения карельских отложений.

3. Установление петрографического разреза и тектоники свиты Кейв.

4. Определение всех типов щелочных образований, их генетических взаимоотношений и возраста.

5. Изучение последовательности кристаллизации щелочных пород Хибинских и Ловозерских тундр и разгадка образования лопарита.

6. Особенно детальное оконтуривание и изучение щелочных гранитов, рассеянных в разных частях Кольского полуострова (особенно на северо-западе, около Кан-озера, по р. Стрельне, Кейве и др.).

7. Детальное изучение стратиграфии буровых колонок массивов Мончи (до пересечения гнейсовой основы).

8. Уточнение химического состава и минерализации гранитов, особенно путем изучения распространения в них редких элементов (TR, Cs, Rb, Sr, Ba, Ti, Zr, F).

VI. ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. В дополнение к составленной в 1937 году «Минералогии Хибинских тундр» необходимо детальное изучение и составление сводок:

Минералогия Ловозерских тундр.

Минералогия Монче-комплекса.

Минералогия южных щелочных поясов (Иона, Африканда, Турий мыс).

¹ Для определения возрастов гранитов необходимо широко и углубленно применить радиологические методы и, в частности, измерения радиусов плехохронических ореолов. Несомненно, что одновременно должно вестись и тектоническое изучение гранитов, так как, по видимому, порфиоровидные граниты приурочены преимущественно к дискордантным интрузиям. Прав был Б. М. Куплетский (1939), который отметил, что «только сочетание детальной геологической съемки гранитных площадей с тектоническим анализом и изучением петрографических особенностей и процессов метаморфизма отдельных гранитных интрузий позволит, вероятно, подойти к получению критериев для различия этих разновозрастных образований».

2. Необходимо детальное минералогическое и геохимическое изучение:

- а) апатита и саамита,
- б) магнетитов и титаномагнетитов разных месторождений,
- с) пирротинов разных типов генезиса и возраста,
- д) изучение микросостава и строения нефелина разных месторождений,
- е) изучение эгиринов разных генераций,
- ф) изучение магнезиальных водных силикатов (Хабозеро, Мончи, Подас-тундры и др.),
- г) изучение абразивных гранатов (Кейв, Волшпахк, Кандалакша и др.).

3. Изучение парагенетических схем и составление диаграмм последовательности кристаллизации:

Минералов пегматитовых жил Ловозерских тундр.

Минералов Турьего мыса и Африканды.

Минералов комплекса Мончи.

Минералов Ионы.

4. Минералогия пегматитовых жил с изучением структур полей, распределения разных типов пегматитов, последовательности кристаллизации и заключенных в них полезных ископаемых (слюда, кварц, полевой шпат, топаз, берилл, циркон и др.).

5. Составление общей монографии:

«Минералогия Кольского полуострова» с данными геохимического, технологического и экономического характера.

VII. ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ ГЕОХИМИИ

1. Геохимия и ход геохимических процессов отдельных территорий, в первую очередь:

Мончи и ее комплекса,

Ловозерских тундр,

Кейв (всего комплекса),

Карелид («цветного пояса»),

Южного щелочного пояса.

2. Геохимия отдельных минералов, в первую очередь пирротина, магнетита и титаномагнетита, воды, апатита и саамита, полевого шпата, оливина, сфалерита полиметаллических жил, галенита (с изучением изотопического состава свинца).

3. Геохимия поверхностных — гипергенных процессов:

а) миграция элементов в почвах на разных комплексах пород,

б) миграция элементов в зоне выветривания сульфидных жил,

в) миграция элементов во внутренних водоемах и в особенности процессы разделения глинозема и кремнезема.

4. Геохимия отдельных элементов и история миграции следующих наиболее интересных химических элементов:

а) Be, B, F, Br, I, Ga, Ge, Te, Rb, Cs, Sr—Ba—TR (с изучением миграции отдельных типов редких земель), металлов платиновой группы (и разделения их при миграции), Hf, W, Pb, Th и U, In.

б) особенно истории миграции Mg, Ca, Al, Si, Na—K.

в) Ti, V, Co, Ni, Ag, Au.

г) особое изучение миграции бериллия и галлия, с поисками бериллиевых минералов в щелочных и гранитных плутонах.

5. Окончание сводного исследования:

«Геохимия Кольского полуострова» с подсчетом соответственных кларков для главнейших элементов как тип изучения геохимии отдельных территорий Союза, с особым вниманием на полезные химические элементы и их сочетания.

VIII. ЗАДАЧИ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1. Оконтуривание полос магнетитовых кварцитов и поиски гематитовых разностей в участках более слабых тектонических движений и слабого метаморфизма.
 2. Разведка титаномагнетитовых руд Гремяхи.
 3. Разведка и изучение телемагматических жильных сульфидов Волчьей.
 4. Разведка и съемка геофизическая, магнитометрическая и геохимическая месторождений медно-никелевых руд тундр Сальной, Подас и Пулмас, Лива-тундры и Заячьей тундры, Кучин-тундры.
 5. Разведка на глубину пирротиновых месторождений наружного кольца Хибин с поисками обогащения пиритом.
 6. Разведка и детальное опробование и протягивание всего пояса сульфидов во внутреннем кольце Хибин.
 7. Изучение на глубину апатитового тела по всей апатитовой дуге в Хибинах.
 8. Изучение, протягивание и разведка саамитового пояса в Хибинах, с выяснением распределения стронция и редких земель.
 9. Поиски эвдиалитовых пегматитов в Ловозерских тундрах.
 10. Поиски новых пегматитовых полей в полях гранитов и гранито-гнейсов.
 11. Разведка лестиварита как высокой марки огнеупоров.
 12. Поиски и разведка известняков и доломитов в свитах «цветного пояса».
 13. Поиски озер с диатомитами, доступных спуску воды.
 14. Разведка гранатовых месторождений контактов щелочных гранитов и изучения в этом же направлении гранатовых гнейсов и гранулитов архея.
 15. Магнитное и буровое исследование аномалии на среднем течении р. Туломы.
 16. Поиски касситерита (путем применения шлихового анализа: Иона, щелочные граниты и др.).
 17. Поиски известняков в районе Кейв и острова Рыбачьего.
 18. Поиски молибденита в зонах внутреннего кольца Хибин (контакты фойяитов и рисчорритов).
 19. Широкое применение шлихового анализа в районах элювиального разрушения основных, кислых и щелочных массивов.
 20. Поиски криолита как в Ловозерском плутоне, так особенно в контактных зонах щелочных гранитов.
- Примечание. Настоящий список охватывает лишь наиболее актуальные и первоочередные задачи поисково-разведочных работ.

IX. ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. Изучение геотермических свойств древнего щита с целью выяснения термики глубоких скважин и выработок.
2. Изучение трещинной водоносности в кристаллических породах:
 - 1) в рудниках апатита,
 - 2) в рудниках Мончи.
3. Гидрологические условия эксплуатации пирротинов наружного хибинского кольца.
4. Разработка горнопромышленных приемов выемки лопаритовых руд разных горизонтов.

5. Разработка проекта наиболее эффективной добычи саамита (у ущелья Рамзая).

6. Техно-экономическое изучение комплексного использования руд Африканды, тундры Вырмес и др.

Х. ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Изучение методов обогащения и технологической переработки саамита, с извлечением стронция и редких земель.

2. Разработка упрощенных и более эффективных методов обогащения руд сфена, ловчоррита и перовскита (кнопита).

3. Разработка обогащения так называемой пустой породы (отвалов) рудников Мончи.

4. Разработка практического использования отходов обогатительных фабрик (Мончи, Хибин, сфена, перовскита, лопарита и т. д.).

5. Изучение технологии переработки лопарита и перовскита, в особенности по линии хлорирования и непосредственного получения феррометаллов.

6. Выяснение наиболее эффективных методов извлечения селена из руд Мончи.

7. Проработка методов акад. Брицке использования в качестве плавня Хибинских нефелина и эгирина в металлургии титаномагнетитов.

8. Разработка технологической схемы комплексного использования всего рудного тела Ионы.

9. Изучение применения оливинитов в дорожном деле с применением местных вяжущих веществ (отходы торфяных заводов).

10. Изучение обогащения и аггломерации магнетитовых руд кварцитовых поясов.

11. Разделение редких земель на отдельные элементы и методы промышленного процесса разделения.

12. Углубленное изучение технологии кианитов Кейв и Лоухи как для керамики, огнеупоров, кислотоупоров и электроизоляции, так и для получения силумина.

Глава одиннадцатая

ЛИТЕРАТУРА ГЛАВНЕЙШАЯ¹ ПО ГЕОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ

(Звездочкой отмечены работы, имеющие непосредственное отношение к проблеме прогнозов)

- * Географический словарь Кольского полуострова (I—II). Составлен В. П. Воиновым (хороший список литературы и фондов). 1939—1940.
- * Атлас Мурманского округа. С обзорами: очерк геологии и металлогении Кольского полуострова и минеральных ресурсов с подсчетами запасов по 1 сентября 1934 г. Л.-град, 1934—1935.
- * Путеводитель северной экскурсии по Кольскому полуострову. Международный геологический конгресс 1937 г. (со статьями А. А. Полканова, Н. А. Елисеева, А. Е. Ферсмана, Б. М. Куплетского и др).
- Антонов Л. Б., Котульский В. К., Чирвинский П. Н. Горные богатства Кольских тундр (научно-популярное изд.). Л.-град, 1935.
- Елисеев Н. А. Хибинские апатит. месторождения. Зап. Р. Мин. Общ., № 3, стр. 492—516. 1937.
- * Кассин Н. Г. Геол. исследования вдоль Мурманской железной дороги. Мат. общ. и прикл. геол., вып. 43. 1923.
- * Куплетский Б. М. Распределение полезных ископаемых Кольского полуострова на основе его геологического строения. Кар.-Мурм. Край. № 5—6, стр. 8—11. 1932.
 - Петрография Кольского полуострова. Петр. инст. АН. 1932.
 - Стратиграфия докембрия Кольского полуострова в сб. «Стратиграфия СССР». I, стр. 17—56. 1939.
- * Полканов А. А., Котульский В. К., Малявкин С. Ф. Проблема Кольского полуострова. Георазведизд. стр. 1—56. 1933.
- * Полканов А. А. Геолого-петрограф. очерк сев.-зап. части Кольского полуострова. изд. АН. 1935.
 - Контуры геолог. проблемы Севера Европ. части СССР, стр. 1—60. ЦНИГРИ, 1935.
 - Основные черты геологии восточ. части Фенноскандии. Сб. в честь акад. В. И. Вернадского, стр. 421—444. 1937.
 - Геолог. очерк Кольского полуострова. Тр. Арктического инст., I—III, Л.-град. 1936.
 - Четвертичная геология Кольского полуострова и Карелии. Тр. XVII Междунар. геол. конгресса, стр. 27—58. I, 1939.
 - Краткий очерк четверт. геологии наиболее восточной части Фенноскандии. Ученые записки ЛГУ. 1939. № 49.
- * Токарев В. А. Зональность жильного поля Терского берега. Изв. Лен. геол. треста, вып. 2 (11), 1936.
- Ферсман А. Е. Геохимические дуги Хибинских тундр. ДАН, стр. 367, 1931. Геохимическая диаграмма Хиб. тундр, там же, стр. 193—198, 1931. Сравн. очерк геохимии Хиб. и Монче-комплексов, там же, стр. 133—138, 1932.
 - * — Апатит, его месторождения, геохимия, запасы и экономика. «Хибинские апатиты», III, стр. 121—168. 1931.
 - * — Ископаемые сырье Ленинградской области и его перспективы. Матер. Сессии АН, стр. 1—38, 1931.
 - * — Перспективы распространения полезных ископаемых на территории Союза.

¹ Дан только краткий список наиболее важной литературы. Полную сводку Кольской библиографии см. в одном из следующих выпусков «Производительные силы Кольского полуострова», 1941.

- Изд. АН, 1932, стр. 1—78 (см. также Тр. I Всесоюзн. конф. Госплана, стр. 14—60, 1932).
- * — Перспективы полезных ископаемых в полярных областях Союза. «Северная Азия», 1932.
 - * — Прогнозы Кольских богатств. Доклад на Первой полярной конференции в Хибиногорске 9/IV 1932 (рукопись).
 - * Сырьевая база Хибинского горно-химического комбината. Комитет по Химиз., стр. 8—28, 1932.
 - * — Перспективы ископаемых богатств Карело-Мурманского края. «Беломор.-Балт. Комбинат». Окт. № 1, 1934.
- * Под ред. Ферсмана А. Е. Минералы Хиб. и Ловоз. тундр., Изд. АН, 1937.
- Fer smann A. Geochemische Migration der Elemente. Abhandl. prakt. Geologie 18—I, S. 21—73, 1929.
- Bubnoff. Die Halbinsel Kola. Geolog. Rundschau. B. XXVIII. 1 2. S. 1—77. 1937.
- Magnusson N. H. Evolut. of arch. Rocks and their Fe, Mn and Sulphides ores. Quart. Journ. Geol. Soc. Lond. 92, 1936.
- Högbohm A. Fennoscandia. Handb. d. reg. Geologie IV A, 1913.
- Wegmann C. E. Zur Kenntniss d. Tekton. Beziehungen metallogen. Provinzen in nörd. Fennoscandien. Zeit. f. pr. Geol. XXXVII. 1929.
- Ряд докладов помещен в Тр. XVII сессии Международн. Геол. конгресса, т. II, 1939 (О. О. Баклунда, А. А. Полканова, X. Вейринен (о тектонике Карелии), Н. А. Елисеева и др.).
- Стратиграфия СССР. I. Доксэмбрий, изд. АН, 1939 (особенно статьи Б. М. Куплетского, Н. Г. Судовикова, В. И. Лучицкого и др.).
- Кроме того, см. серии:
- * Матер. по петрографии и геохимии Кольского полуострова. I—VI, 1932—1936.
 - * Хибинские апатиты. I—VIII. 1930—1936.
 - * Хибинские и Ловозерские тундры (под ред. А. Е. Ферсмана). I—II, изд. 1925—1928.
 - * Производительные силы Кольского полуострова, т. I, изд. АН. 1940.
 - * Изв. Ленингр. Геол. треста. 1934—1939.
 - * Объяснит. записки к листам одномиллионной карты Кольского полуострова, 1939.
 - * Справочник Полезные ископаемые Лен. области, I, стр. 333—445, Л.-град. 1933.
- Готовятся к печати: Ферсман А. Е. и сотрудники. Хибины — их прошлое, настоящее и будущее. Опыт географо-исторической монографии. 1942.
- Библиография Кольского полуострова за годы 1930—1940. Составлено ЦБ АН. 1940. ч. I. Горно-промышленные районы.

ЛИТЕРАТУРА ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ¹

- Геология и полезные ископаемые Севера СССР. I. Главсевморпуть, 1935 (со статьями Я. С. Эдельштейна, стр. 92—96; Н. С. Шатского, стр. 151).
- Архангельский А. Д., Шатский Н. С. и др. Краткий очерк геолог. структуры. АН, 1937, стр. 97—105.
- Куплетский Б. М. Формация нефелиновых сиенитов СССР (в серии Петрография СССР), стр. 1—79, 167—305, изд. АН, 1937.
- Лучицкий В. И. и Кузнецов Е. А. Петрограф. провинции СССР, стр. 99—162.
- Тимофеев В. М. Петрография Карелии. Петрограф. инст. АН (с картой и литературой). АН, 1935.
- Blondel E. La géologie des Mines de vieilles plateformes. Paris, 1936.
- Bäcklund H. G. Mode of intrus. of deep seated alkal. bodies. Bull. Geol. Inst. XXIV, p. 1—24. Upsala, 1932.
- Crerar T. A. Géologie et richesses minérales du môle Canadien. «La Nature» 15/II 1938.
- Moore E. S. Canadas Mineral Resources, Toronto, 1929.
- Sederholm I. I. Les roches préquaternaires de la Fennoscandia (с картой) (отд. изд. из Атласа Финляндии, 1910). См. также Bull. Com. Géol. Finlande № 91, № 98, 1930.
- Судовиков Н. Г. Полезные ископаемые Карело-Финской республики. Анализ минер. сырьевой базы АН. I. 1941.

¹ Из старых работ отметим прекрасную сводку Н. Дергачева «Русская Лапландия», особенно стр. 6—20 (Арханг.), 1877.

ПРИЛОЖЕНИЯ

(ОТДЕЛЬНЫЕ ЗАПИСКИ, СПРАВКИ, ИСТОРИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ, ТАБЛИЦЫ)

по данным А. Е. Ферсмана, М. И. Гензеловича, А. М. Волкова и др.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

Необходимо иметь в виду, что при поисковых работах нужно в общем пользоваться обычными методами геологического, тектонического, минералогического и геохимического характера.¹ Однако специфика докембрийских отложений и связанных с ними рудных скоплений, а также специфика Кольского полуострова заставляет с особым вниманием отнестись к некоторым специальным методам поисков:

1. Прежде всего, вообще для края признаки географо-исторического характера играют относительно малую роль. Хотя названия местностей с корнями «кан-канда» и могут в общем указывать на связь со старыми добычами руд, но в нашей области наличие этой связи пока неясно.

В основном район лишен был густого населения, и до XV—XVI вв. вряд ли возможно думать о существовании здесь каких-либо настоящих горных выработок; поэтому мы не ждем здесь находок ни старых шлаков, ни каких-либо горных выработок и крупных отвалов, ни орудий древней добычи и молотков. Единственный тип весьма старых горных выработок, это — возможность нахождения здесь старых слюдяных ям, остатки которых отмечаются в районе верховий Ионы и по тундре Вируайв. Очевидно, что при поисковой работе в районе пегматитовых полей необходимо считаться с этим важным признаком (см. историю горного дела на стр. 14).

2. Второй очень характерной чертой в поисковых работах на Кольском полуострове являются наблюдение и изучение всех ржавых пятен на горных породах и обломках. Эти ржавые пятна образуются обычно на месте легко окисляемых сульфидов, резко бросаются в глаза и нередко образуют целые полосы или большие ореолы на склонах гор и особенно обрывах цирков. Хотя в районах болот аналогичные пятна возникают иногда и вокруг других железистых соединений (например, магнетита или эгирина), но все же наиболее резко они указывают на наличие сульфидов. Так как обычно корочки вторичных соединений не очень мощны, бывает достаточно отбить молотком кусок, чтобы заметить глазом наличие сульфидов.

3. Несомненно, что на Кольском полуострове, как и во всей Фенноскандии валунный метод поисков коренных месторождений представляет большую ценность. Наличие валунов с интересным полезным ископаемым может указывать на направление поисков коренных месторождений, если известны основные черты движения ледниковых масс в данном районе. Если этот метод более затруднителен в

¹ А. Е. Ферсман. Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых. Изд. АН, 1939, стр. 1, 146. Имеется ряд специальных примеров по Кольскому полуострову.

центральных районах, то он может оказаться весьма эффективным в восточных частях полуострова, где основное направление ледниковых масс достаточно очевидно. Во всяком случае, изучение материалов коренных моренных отложений и отдельных валунов может привести к ряду крупных открытий.¹

4. Применение шлиховых методов на Кольском полуострове до сих пор не имело большого успеха, частично вследствие сильного перемешивания и беспорядочного переотложения осадков ледниковыми процессами. Тем не менее необходимо настаивать на постановке систематических шлиховых работ в различных частях полуострова, особенно в береговых песках озер и рек; известные гранатовые красные пески Умбозера и Нотозера показывают, что процесс обособления отдельных минералов идет и сейчас. Особенно интересна постановка шлиховых работ над элювиальными осадками. Одновременно интересна постановка геохимических исследований над почвенными процессами и характером дезинтеграции минералов горных пород разных комплексов (гнейсов и гранитов, основных и ультраосновных пород и щелочных сиенитов).

5. Очень интересным является широкое применение для поисковых работ аэро съемки, путем как чисто визуальных наблюдений, так и составления фотопланов и фотосхем. Именно эти методы особо применимы в тундровых и безлесных районах Приполярья, так как опыт канадских работ показал их особую эффективность. Нет никакого сомнения, что и на Кольском полуострове, например в районе Кейв, при помощи этого метода можно добиться серьезных успехов. Интересно применение магнитных съемок с самолета, что уже привело к предположению о продолжении масс магнетита Ионы на юго-восток. Особенно важны и нашли свое применение аэровизуальные наблюдения при первоначальном обзоре и изучении торфяников (1936—1938).

6. Особенно важную широчайшее применение разных геофизических методов — магнитометрических, гравитационных, сейсмологических и разных типов электроразведки. Среди всех этих методов, употребление коих должно вестись одновременно для взаимной проверки, особенно необходимы специальные радиометрические и радоновые исследования путем составления радиевых карт.

7. Возможно поставить вопрос и о геоботанических методах поисков, особенно в районе голых тундр, покрытых лишь мхами и лишайниками. Есть полное основание ожидать довольно резких различий в типе растительности, в зависимости от геохимических особенностей субстрата, например в районах месторождений апатита, наличия сульфидов, фтористых соединений и т. д. Однако пока специальные поисковые признаки не изучены.

В этом же направлении возможно изучение золы местных растений с целью определения содержания редких элементов (ванадия, молибдена, цинка и т. д.).

8. Очень интересным и важным методом поисков на Кольском полуострове являются геохимическое изучение и анализ рельефа местности. Нет никакого сомнения, что характер денудации и особенно действия ледников связан с геохимическими и петрографически-

¹ Прекрасным примером значения этого метода является открытие в Южной Финляндии местор. Оутокумпу. У нас этот метод был применен в 1932 г. в районе Мончи, но без особых результатов.

ми особенностями пород и минеральных образований. Так, плотные основные и ультраосновные породы обычно практически связаны с повышениями рельефа, наоборот, — линзы доломитов и особенно известняков — с понижениями. Места тектонических трещин, нередко связанные с жильными выделениями, благодаря абразии и эрозии обычно превращаются в щели, ущелья или вымоины. Таковы, например, щели в местах барито-кальцитовых жил Западного Мурмана, ущелья Хибин и отвечающие им зоны перетиранья и разрушения (с новообразованием карбонатов). Определенное понижение в рельефе, хотя бы и небольшое, связано с разрушением верхов сульфидных жил Мончи. Очень характерна особая устойчивость кварцевых жил и пегматитов, образующих мощные россыпи. Понсковик должен очень считаться с формами рельефа и выцветами на стенках трещин и ущелий.

ПРИЛОЖЕНИЕ II

МАТЕРИАЛЫ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ОСНОВНЫХ И НЕФЕЛИНОВЫХ ПОРОД В ДОРОЖНОМ ДЕЛЕ

Введение

В 1924 г. при посещении Южной Норвегии я познакомился с вопросом об использовании оливиновых и норитовых пород для дорожного дела и напечатал по этому поводу небольшую статью в журнале «Природа» и в газете «Известия». В 1938 году в американских журналах появилась статья знаменитого норвежского геохимика В. М. Гольдшмидта, который указывал на широкое применение оливиновых пород в разных отраслях промышленности, причем говорил, что отбросы этих более тонких производств могут служить сырьем для дорожного дела.

Вопрос о применении твердых горных пород в качестве щебня для получения прочного полотна дороги был выдвинут впервые шотландским инженером Мак-Адамом, и с тех пор применяемый в дорожном деле щебенчатый материал носит название макадама. Долгое время считалось правильным применение для этой цели гранитной дресвы, и много дорог, особенно во Франции (которая одно время шла впереди других стран), строилось при помощи щебенки из гранитов или гнейсов. Так продолжалось до тех пор, пока не были введены новые методы гудронирования и цементирования щебенки и дресвы и когда стало выясняться, что вопрос о создании прочного полотна является проблемой не только механических, но и химических взаимоотношений между самой дресвой и обломочным материалом.

Между гудроном, асфальтом, другими типами битумов, применяемых в дорожном деле, и гранито-гнейсовой щебенкой никаких устойчивых химических взаимоотношений не устанавливается. Кварц и полевой шпат не образуют с гудроном каких-либо промежуточных соединений, и поэтому такое полотно ведет к легкому выбиванию частиц макадама. Уже давно было замечено, что иными свойствами обладают породы основные, богатые магнием, и в частности — базальты. Применение базальтов в качестве макадама было начато особенно энергично в Германии и во Франции. Базальтовая дресва применяется в огромных масштабах, и целый ряд крупнейших партий базальта, например из Чехо-Словакии, работался на экспорт в соседние страны для нужд макадамовой промышленности.

Приложение оливиновых пород

Уже лет 20 тому назад было подмечено, что между кислыми гудронами и базальтовой дресвой устанавливается некоторое химическое взаимоотношение, что базальт, будучи весьма прочен, вместе с тем создает какие-то устойчивые соединения и укрепляет самый цемент. Этот вопрос был детально изучен норвежцами. Они использовали вместо базальта, которого у них нет, диабазовую породу и положили начало, еще в 20-х гг. текущего столетия, крупной промышленности дробления норитов, так называемых гиперитов, содержащих оливин, которые экспортировались в огромных количествах (до 1 млн. т в год), особенно в Англию, для постройки наиболее совершенных автомобильных путей.

В основе использования этих пород лежало одно характерное свойство, которое типично для минерала оливина, содержащегося в указанной породе в количествах от 20 до 50%. Даже довольно слабыми кислотами оливин разлагается с выделением своеобразного кремневого геля, так называемого магnezияльного жидкого стекла. В. М. Гольдшмидт в Норвегии указал на то, что в этом жидком стекле и заключается особая практическая ценность гиперитовых пород в покрове дороги. Частично разлагаемый на поверхности, оливин входит во взаимодействие с кислым цементирующим веществом типа гудронов, и в результате получается прочная связь, с одной стороны, сохраняющая гибкость взаимоотношений между макадамом и цементом, а с другой — упруго удерживающая частицы макадама внутри самого полотна. На больших гиперитовых и базальтовых фабриках идет массовое раскалывание породы и рассортировка получаемого материала по величине обломков, начиная с 3 см до 0.5 см. Искусство составления шихты для дорог заключается в установлении правильных взаимоотношений между различными сортами по величине самого макадама и добавочной шихты гудрона или смолы. В этом отношении очень ценным является то, что попутно с дроблением породы получается большое количество более мелких отходов, которые с базальтовых дробильных фабрик Чехословакии и Германии идут на приготовление стекла, а в Норвегии — направляются на заводы огнеупоров, давая вместе с пережженным магнезитом или окисью магния так называемые форстеритовые кирпичи с высокой температурой плавления — свыше 1800°. Вопросы составления шихты приобретают особое значение в зависимости от рода и химического состава гиперитовых пород, причем в некоторых случаях, как мне сообщали инженеры Южной Норвегии, приходится подкислять растворы остаточными водами, например целлюлозных фабрик, с целью более эффективного разделения корочек оливиновых зерен.

В результате указанного процесса получают мягкие и вместе с тем устойчивые виды дорожного полотна для самых ответственных автомобильных путей, которые нередко могут конкурировать с настоящими цементными автострадами и в условиях колебания температуры являются даже более выгодными, чем последние.

В условиях нашего Севера и при необходимости создания высоких сортов автомобильных дорог приходится считаться с указанным выше фактором. Наличие ультраосновных пород и, частью, отходов от рудника Мончи позволяет ставить вопрос о возможности применения их в широком масштабе для дорожного дела, с одновременным использованием мелких фракций для высоких огнеупоров. Выгода этого процесса для Севера будет реальна особенно в том случае, если удастся

использовать в качестве связывающего вещества отходы торфяного производства и те смолы, которые из них получают. При этом особое внимание должно быть обращено на кислотность этих отходов, и придется лишь считать с содержанием в них вредных составных частей, — испытать действие их производных на резину автомобилей и на огородные культуры.¹

Вопросы дорожного дела и нахождение для дорог Кольского полуострова подходящих материалов представляют задачу огромной важности. Для простых дорог она может легко решаться при помощи огромного количества тех местных материалов, которые имеются на каждом шагу на Кольском полуострове. Однако для дорог общегосударственного значения, для создания автомагистралей специального назначения требуются более прочные формы связей, и в этом направлении интерес представляет как раз использование специальных пород и в частности отходов мончевских руд.

Нет никакого сомнения, что особенно интересным является применение последних. Оно, однако, наталкивается на необходимость специального крупного дробления, но не исключена возможность найти такие методы, при которых будет извлекаться тот остаток рудных соединений, которые в отбросах руды достигают заметного процента никеля и представляют сами по себе достаточно ценную руду на этот металл. Только путем одновременного использования этих отходов для огнеупоров и для извлечения ценных сульфидов возможно получить то дешевое макардамовое сырье, которое необходимо для дорожного дела. Равным образом, использование оливинитов для этой цели может иметь практическое значение только в том случае, если оно будет тесно связано с процессом получения форстеритовых огнеупоров и если разные фракции при дроблении будут находить себе полное применение без удорожания суммарного производства. Смогли ли бы получаемые этим путем продукты явиться экспортной статьёй для вывоза за границу — неясно. Всякий накладной расход и особенно перегрузка удорожают производство и делают маловероятным его использование для экспорта. Опыт (по крайней мере Норвегии) в этом отношении показал, что успешно поставили макардамовое производство те каменноломни и дробильные фабрики, которые были расположены непосредственно у самого берега моря и могли конвейером грузить пароход, стоящий у причала. Впрочем, опыт Чехо-Словакии показал, что еще в 1937 г., при моем посещении ряда базальтовых ломов, добывавшийся там базальт отправляли в Германию, где его с успехом применяли при дорожном строительстве в районах, расположенных за несколько сот километров от места добычи (при очень дорогих железнодорожных тарифах).

Исходя из сказанного, можно прийти к выводу, что углубленное изучение применения оливинов и отходов мончевской обогатительной фабрики должно идти в нескольких направлениях, а именно: форстеритовые кирпичи, дорожный материал, специфические магниевые удобрения и, может быть, частично, при дешевой серной кислоте, источник тех химических веществ — как магнезиальный силикагель и соли магния, — которые имеют значение не только сами по себе, но и как дополнительный материал для получения тех же форстеритовых кирпичей, о которых речь была выше. В западноевропейской и американ-

¹ Одним из геологов, работающих на Кольском полуострове, высказана интересная мысль о возможности использовать для дорожного дела сапропелевые осадки некоторых кольских озер и болот.

ской литературе мы не находим достаточных описаний тех методов, при которых широко применяют базальт и оливиновые породы в дорожном деле. Отдельные фирмы применяют свои собственные приемы, и известны только отдельные частности, например, о том, что попутно применяется периодическая поливка слабыми кислыми растворами дорожного полотна, а особенно — поливка хлористым кальцием — отбросом химических фабрик. Конечно, процессы здесь могут быть исключительно разнообразными, но в основу всех их должно быть положено использование местного сырья, местных отбросов химических процессов и частично местных шлаков; это — единственный путь создания необходимых материалов для строительства дорог, для которых вопрос дешевизны и массовости является доминирующим.

Дорожное дело на Кольском полуострове требует к себе особо внимательного отношения; оно должно явиться существенным фактором для установления связи между отдельными производственными центрами, и весь успех его зависит от нахождения тех выгодных сочетаний природных материалов, которые смогут обеспечить дешевизну и прочность производства. В этом отношении является скорее отрицательным опыт создания автомобильной дороги около Кировска. Нефелиновый сиенит и нефелиновая дресва не являются сами по себе связывающими веществами и выгодным материалом, — дороги быстро покрываются выбоинами и требуют постоянного и неуклонного ухода, вызывающего значительные накладные расходы. Как будет вести себя нефелиновый сиенит в сочетании с некоторыми кислыми битумами, неизвестно. Можно ожидать, что здесь, вследствие разлагасмости нефелина, можно получить аналогичные с сливином соединения, хотя и меньшей прочности, благодаря образованию более легко растворимого и переносимого водой щелочного растворимого стекла.

Применение щелочного жидкого стекла

Применение жидкого щелочного стекла, расширяющееся с каждым годом (особенно в США), ограничивается, однако, необходимостью использовать для этого исключительно известковые каменные покрытия, так как только с известняком или доломитом жидкое стекло дает необходимую химическую реакцию. Второе ограничение, которое вносится в применение жидкого стекла, заключается в его сравнительно легкой вымываемости. Как при всяком легко растворимом соединении, необходимо повторное флюатирование полотна шоссе и, таким образом, повторное внесение новых порций жидкого стекла. Наконец, третье затруднение заключается в его дороговизне, так как жидкое стекло стоит примерно 15 долларов за тонну в Америке, т. е. 30 золотых рублей, что в наших условиях составляет 100—150 рублей. При дефицитности и дороговизне соды и сульфата и особенно при отсутствии источника этих веществ на нашем Севере применение чистого жидкого стекла всегда будет наталкиваться на вопросы экономики. Наконец, применимость жидкого стекла ограничивается климатическими условиями, так как влажный климат усиливает вымывание этого материала.

Применение нефелина

Как видно, заменой жидкого стекла раствором нефелина и оливины пытаются ослабить эти недостатки. Теоретически этот путь должен оказаться значительно более выгодным, чем непосредственное

применение жидкого стекла. Вместо готового жидкого стекла мы, прежде всего, предлагаем применение растворов нефелина, который необычайно легко разлагается различными очень слабыми кислотами, отбросами различных установок фабрик и заводов и, в частности, в дорожном строительстве разлагается даже кислыми водами земной поверхности. По Хибинскому опыту мы знаем, что в породах нефелин необычайно легко размывается и всякая разрушенная порода представляет собой как бы систему ямочек, на дне которых остались еще кристаллики самого нефелина. Опыт постройки шоссе между 16-м и 25-м километрами в Хибинах показал, что нефелиновые пески представляют собой хороший материал для шоссеиной покрышки, который постепенно разлагается кислыми водами и дает в естественном процессе ту цементацию растворимым стеклом, которая получается при разложении нефелина кислыми водами. Разлагается этот минерал настолько легко и быстро, что для разложения его могут быть применены самые разнообразные отходы различных фабричных предприятий — кислые воды, особенно целлюлозных и химических фабрик, отходы бумажной промышленности и т. д. Нефелин представляет ценность и с той точки зрения, что он будет получаться как отброс обогатительных фабрик в количестве многих сотен тысяч тонн, и уже в настоящее время несколько сотен тонн этого материала ежедневно спускается в реку, как ненужные отбросы.

Если принять во внимание, что нефелин содержит кремнезем в количестве около половины своего веса, что он вместе с тем включает в себя ряд веществ, которые будут цементироваться получаемым жидким раствором, то желательно попробовать использовать означенный материал для цементирования различных шоссеиных покрытий; при этом надо иметь в виду, что в данном случае не является обязательной известняковая щебенка, а что возможно использовать щебенки самых разнообразных пород. Если таким образом количественная сторона вполне обеспечена, то все же один нефелин вряд ли разрешит правильно задачу, так как в нем остается то отрицательное свойство, которое характеризует собой и жидкое стекло, т. е. присутствие значительного количества щелочей. Получаемое стекло обладает теми же условиями растворимости и, следовательно, должно быть фиксировано еще какими-то новыми продуктами.

Сочетание нефелина и оливина

И в этом направлении можно наметить некоторые новые пути. Сочетая с нефелином оливин, мы получаем как раз тот алюмо-магнезиальный комплекс, ценность которого уже доказана в области шоссеиного строительства. Правда, мы сталкиваемся здесь с рядом затруднений. Оливины, по крайней мере те, которые известны в Хабозере и в районе вараки Кумужей, довольно трудно разлагаются кислотами, требуют применения кислот довольно высокой концентрации, и поэтому для них окажутся неприменимыми слабые растворы различных сточных вод и отбросы фабрик. То, что оливин разлагается много труднее нефелина, видно из того, что в самых месторождениях, даже при условиях очень кислых кольских почв, оливин сохраняется в совершенно свежем состоянии. Это затруднение должно быть преодолено применением более сильных кислот, как, например, серная или сернистая, но уменьшение количества оливина в шихте должно содействовать уменьшению дороговизны самого процесса.

Все то, что указано здесь, является только теоретическими предположениями, вытекающими из минералогического анализа и самых первоначальных данных. Все эти вопросы должны быть, конечно проработаны экспериментально, — сначала в лабораторной обстановке, а затем в порядке опытных установок и опытных участков шоссе (под Мурманском).

ПРИЛОЖЕНИЕ III

ДАЛЬНЕЙШИЕ ЗАДАЧИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА¹

(Составлено Б. М. Кузнецким с добавлениями А. Е. Ферсмана)

...Перечисленные выше работы Кольской экспедиции Академии Наук, конечно, не являются окончательным разрешением проблемы развития народного хозяйства на Кольском полуострове, однако этими работами поставлены и намечены те основные вопросы, которые должны быть решены хозяйственными организациями в 3-м пятилетии для наиболее рационального использования богатств полуострова.

Таковыми основными вопросами являются:

I. Разработка генерального плана развития путей сообщения на Кольском полуострове — постройка шоссейных дорог и новых железнодорожных линий, так как полное бездорожье центральной и юго-западной частей полуострова (за исключением порожистых и труднопроходимых рек) тормозит освоение этих районов с их лесными массивами и месторождениями слюды, глиноземистого сырья и т. п.

II. Разрешение топливной проблемы Кольского полуострова, которая лимитирует рентабельное использование ряда месторождений полезных ископаемых; для этого необходимо провести экономические расчеты возможности использования на полуострове привозного топлива с Печоры, Шпицбергена, Тимана и Донбасса и приступить к переработке на кокс отходов от лесозаготовительных операций.

III. В Кировском горно-промышленном узле.

Переход от суперфосфатов на выработку концентрированных туков, с непременно извлечением из апатита редких земель и других полезных составных частей.

Переработка апатитовых хвостов от обогащения руды, содержащих исфелин и титаномагнетит, для получения из этих хвостов аллюминиевой руды и ванадиевых концентратов.

IV. Для Мончегорского горно-промышленного узла.

Детальное химико-минералогическое изучение сульфидных руд для комплексного использования не только никелевых сульфидов, но и богатых магнезией ультраосновных пород.

V. В других районах Кольского полуострова необходимо:

1. Форсировать гидроэнергетические установки с целью получения дешевой электрической энергии для развития электрометаллургических процессов получения из кольского сырья высококачественных сталей, с добавками титана, ниобия и, может быть, циркония.

2. Для укрепления никелевой сырьевой базы Кольского полуост-

¹ Извлечение из отчета Совета производительных сил Академии Наук СССР, представленного в правительство в 1938 г., по вопросу о результатах экспедиционных исследований АН за 1930—1938 гг. (документ, легший в основу ряда хозяйственных мероприятий).

рова необходимо провести серьезные разведочные работы в выявленных точках никелевого оруденения — в Волчьей и Федоровской тундрах и в тундрах Кучин и Подас — и произвести поиски новых, более молодых основных интрузий, с которыми могут быть связаны сульфидные месторождения.

3. Выработать схему транспортной связи Ловозерской тундры Кировской железной дороги и выбрать эксплуатационный участок для разработки лопаритовых руд; разработать схему комплексного извлечения полезных ископаемых Ловозерских тундр — лопарита, эвдиалита и др. редкоземельных минералов и титаносиликатов.

4. Приступить к промышленной эксплуатации Африкандского месторождения титановых руд с попутным использованием редких земель и ниобия.

5. Выяснить возможность создания черной металлургии на Кольском полуострове на базе магнетитовых руд Ионского месторождения, с использованием также известняков этого месторождения (с привлечением руд Приимандровского района и Куола-Ярви).

6. Поставить полужаводские опыты извлечения силлиманита и кианита района Кейв, как высокоогнеупорного сырья. Выделить участки для промышленной эксплуатации кианита и приступить к изысканиям дорожного строительства для связи этого удаленного района с существующими путями сообщения.

7. Произвести ревизию слюдяных месторождений Кольского полуострова, особенно в районе Семиостровского погоста и в бассейне р. Стрельны.

8. Разработать рациональные методы вовлечения в народное хозяйство высокосортных диатомитов, месторождения которых разбросаны по всему Кольскому полуострову.

9. Использовать лесные ресурсы и рыбные богатства бассейна Имандра — Умба — Варзуга.

10. Среди научно-исследовательских работ по Кольскому полуострову, могущих дать и практические результаты, необходимо:

а) произвести детальное изучение щелочных гранитов центрального водораздела Кольского полуострова с целью установления возможности находки здесь криолита, редкоземельных минералов, флюорита и др. полезных ископаемых;

б) составить обзорную монографию по основным и ультраосновным интрузиям Кольского полуострова для выяснения условий образования никеленосных сульфидов;

в) проработать генетические типы редкоземельных титанатов, в первую очередь лопаритов Ловозера и кюпитов Африканды, что может принести пользу при технологической переработке этих минералов,

г) выяснить геохимию бериллия в Ловозерских тундрах, где в 1937 г. был открыт новый богатый бериллием минерал.

Поставленные проблемы, конечно, не исчерпывают всех назревших задач, но имеют целью показать лишь те основные и первоочередные вопросы, которые требуют разрешения на Кольском полуострове и в разработке которых должны принять участие не только производственные и хозяйственные предприятия, но и крупнейшие научно-исследовательские институты страны.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ
В ПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЯХ СОЮЗА¹

1. Введение

За последние годы (1920—1930) не только у нас в Союзе, но и в скандинавских странах и в Северной Канаде вопросы хозяйственного овладения полярными областями приобрели особое значение. И действительно, после периода отдельных героических экспедиций, отдельных попыток проникнуть в эту область, когда вопросы хозяйственные стояли еще далеко, сейчас началась, несомненно, новая эпоха — эпоха стремления к хозяйственному овладению громадными территориями, прилегающими к Ледовитому океану.

Интерес к полярным странам возник не только у нас, как я уже сказал. Мы видим, как широко развилось это движение за последние годы в Канаде и как велики те завоевания, которые сделаны канадской техникой и в частности аэротехникой в области изучения и использования полезных ископаемых района, например Баффинова залива.

Одновременно шло усиленное освоение целого ряда островов датского и норвежского арктических секторов, приведшее, например, к открытию на острове Ян-Майен прекрасных бокситовых руд, к расширению исследований берегов Гренландии и т. д.

У нас в Союзе вопросы хозяйственного овладения Севером занимали многих уже давно, но практически к этим вопросам стали подходить только за последние годы (1929—1932), когда стала широко развиваться экспедиционная деятельность поискового характера, когда многочисленные партии различных институтов — Арктического института (бывшего Института Севера), Академии Наук, ЦНИГРИ и других организаций стали глубже проникать на север не только для общего географического изучения этой территории, но и для выявления ее производительных сил и их использования.

Надо сказать, что старые опасения, которые стояли на пути хозяйственного овладения Севером — о невероятно трудных условиях, в которых должны будут создаваться хозяйство и особенно промышленность в полярных областях, — стали уступать место спокойному, деловому подходу, и все эти страхи стали развенчиваться торжеством овладения техникой и умением бороться с природой.²

Достаточно посмотреть на возможность проникновения злаков или огородных культур в полярную область. Мы видим, что эта граница постепенно перемещается, заходит за 69° параллель и все дальше поднимается к северу на картах Института прикладной ботаники: методы селекции, методы специальной борьбы с морозом, специальной охраны и ускорения процессов стадийного созревания приводят к значительным результатам.

На ряду с этим начинает совершенствоваться и связь, создаваемая прежде всего службой радиостанций и затем службой самолетов, —

¹ Краткое изложение доклада в заседании Полярной комиссии АН 4-го октября 1931 г. Частично было напечатано в «Советской Азии» в 1932. Несколько исправлено и дополнено в 1939 г. См. сборник «За индустриализацию Советского Востока». 1, стр. 5—16, 1932.

² В этом отношении замечательны прогнозы американского полярного исследователя и летчика Стефансона; см. об этом подробнее в монографии «Хибины — прошлое, настоящее и будущее» (подготовка).

благодаря чему приобретает возможность легкого сообщения с, казалось бы, недоступными частями полярных областей.

Все это постепенно развенчивает легенду о недоступности Севера, невозможности хозяйственного охвата этих громадных территорий и заставляет перестраивать целый ряд хозяйственных планов. В связи с этим развивается поисковая и разведочная деятельность, которая пытается на этих территориях, покрытых громадными массивами снега и льда, разобраться в природе тех естественных производительных сил, которые там имеются, и создать настоящую базу для хозяйственного строительства.

Конечно, нет никакого сомнения в том, что именно в этой области овладение богатствами недр представляет громадные затруднения: территория или заболочена, или покрыта тундрами и обломками горных пород, или занесена моренным отложением ледников; в значительной части она покрыта ледяным покровом, доступным для непосредственной работы геологов иногда только 1—2 месяца, в течение короткого лета. Геологическая и геохимическая работа в поле наталкивается таким образом на громадные затруднения и требует специальных и специфических методов для разрешения тех больших хозяйственных проблем, которые стоят на очереди. И мы видим, как постепенно эта методика начинает вырабатываться и как две, в сущности основных, линии начинают все больше и больше преобладать в деле широкого освещения полярных пространств и изучения их полезных ископаемых. Это методы геофизики, с одной стороны, и геохимии — с другой.

Я позволю себе вкратце остановиться на этой методике, поскольку от нее в значительной степени зависят дальнейшее изучение и использование всей территории.

Методы геофизики, и в частности, электроразведки, сейчас сделались доминирующими в целом ряде исследований и поисков полезных ископаемых. Финляндия, в сущности, первая пошла по этому пути еще в старых довоенных исследованиях Трюстедта. Сейчас Швеция, Северная Норвегия и Полярная Канада стоят на первом месте в области применения той специфической методики, которая необходима для поисков особенно металлических или сульфидных полезных ископаемых в областях, сплошь покрытых валунами и глинистыми наносами.

За последнее время в Швеции получили особое развитие методы электрометрические для поисков преимущественно сульфидных руд: по вышедшей в 1930 г. брошюре одного из геологов Геологического комитета в Стокгольме мы можем судить о значительных успехах применения этой методики в Северной Швеции, где под мощным и сплошным моренным материалом были открыты новые колчеданные месторождения с содержанием меди до 8—10%.

Электрометрический метод получил особенно широкое применение в полярных областях Северной Америки, в частности на Лабрадоре, где было несколько интересных открытий сульфидных и медных руд как раз при применении этой методики. Особенно замечательны были открытия богатейших урановых руд Медвежьего озера, в Канаде, радиологическими методами.

Второй цикл геофизических вопросов связан с применением магнитометрии. Этот метод является одним из интереснейших для выявления железных руд и, действительно, привел к целому ряду открытий как в Северной Норвегии, так и в Швеции. Магнитометрия с самолета наметила новые линзы магнитных руд в Ионском районе (1939).

Таким образом, геофизика является одним из важнейших методов,

при помощи которых мы только и сможем постепенно овладеть грандиозными пространствами, примыкающими к Полярному океану.

Однако ее применение ограничивается пока только областью железных, радиоактивных и сульфидных руд,¹ помимо геофизических методов необходимы и другие, которые позволили бы глубже войти в химический анализ всех возможностей громадной территории и которые направляли бы поисковую работу с определенной целевой установкой.²

Я глубоко убежден, что вся поисковая работа в неведомых и девственных областях должна перестраиваться вообще по новому основному принципу: найти можно только то, что ищешь, а искать нужно в данном районе только то, что при данном сочетании геологических и физико-химических условий может и должно в данном районе находиться. Только такой прогноз, который толкает мысль в определенном направлении, который заостряет глаз на поиски определенного объекта, а не вообще «чего-нибудь полезного», приводит к реальным результатам; мы это видим на каждом шагу в нашей поисковой работе: там, где мы ставим себе задачу не вообще искать, а найти совершенно определенный объект, в определенных условиях, мы видим, что это всегда приводит к цели, как всякая логически и теоретически правильно поставленная и методически правильно разрешаемая задача.

Как пример этого, я хотел бы привести обычное явление в практике наших хибинских работ, на которые мы наталкиваемся каждый раз, когда открывается, например в Хибинах, какой-нибудь новый минерал — юкспорит, ловчоррит, катаплеит или др. Достаточно одному из работников открыть его и показать другим, чтобы в целом ряде других районов начал открываться этот же минерал. Это прекрасно доказывает, что нужно всегда вести поисковые работы, заранее зная, что можно найти, т. е. нужен активный подход к самой природе. Это тем более относится к полярным районам, где вы видите не столько самое ископаемое, сколько его поверхностную пленку, покрытую лишаями и мхами, и только по еле заметным признакам должны скорее догадаться, чем подметить глазом, что находится под этим лишайником. Поэтому в области поисковой работы на севере анализ геохимических возможностей приобретает совершенно исключительное значение. Именно в полярных районах, где невозможно сразу все охватить, надо знать, куда вы идете и что будете искать. Отсюда и создается необходимость применения того углубленного геохимического анализа, который дается сейчас всеми достижениями современной геохимии и является не какой-либо оторванной от жизни научной дисциплиной, а прикладной теорией, основанной на выводах физической химии и на законах распределения вещества в определенных условиях геохимической обстановки. В этом новом виде наука о полезных ископаемых, как одна из глав геохимии, дает целый ряд моментов, которые позволяют высказывать с достаточной достоверностью тот или иной прогноз.

Я позволю себе остановиться только на трех основных положениях, вытекающих из этой научной дисциплины, для того чтобы не возвращаться к этому вопросу в дальнейшем изложении фактического материала.

¹ У нас эта методика с успехом применялась также для оконтуривания массивов доломитов и известняков среди гнейсов (1936).

² См. А. Ферсман. Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых. Изв. АН, 1939.

Одно из основных положений геохимии — это точно определенная связь между распространением элементов и тем комплексом пород (и их петрографической характеристикой), который преобладает в данном районе. Установление этой геохимической связи между геологией и вытекающей из нее ассоциацией химических соединений является основным достижением в истории геохимической мысли. Оно и говорит о том, какого комплекса полезных ископаемых мы можем ожидать в тех областях, где идет, например, процесс застывания основной магмы с ее дунито-пироксенитовыми породами, и каков будет комплекс полезных веществ, если мы на пути столкнемся с гранитными или нефелино-сиенитовыми магмами. Всякая порода, связанная сама по себе с историей данного тектонического участка, является носителем определенного комплекса химических соединений.

Таков тот первый путь, который толкает проспектора прежде всего на глубокий анализ указанных выше соотношений. Но определенные полезные ископаемые связаны не только с определенным комплексом пород. Более того, они расположены и пространственно, и генетически, и хронологически в определенной закономерной зависимости от тех очагов, которые положили им начало.

Законы геохимии как бы фиксируют место данного полезного ископаемого в том ореоле, который окружает каждый магматический бассейн; каждый массив намечает физико-химически свое место в системе постепенного охлаждения и кристаллизации, начиная с его выделения в самом расплавленном магматическом бассейне, или образований сложных остатков пегматитового характера, и кончая гидротермальными апофизами, являющимися завершением процесса.

Таким образом, закон пространственного расположения химических элементов — это одна из руководящих идей, с которой мы должны особенно считаться. Этот закон приводит к следующей основной схеме: цирконий, редкие земли, тантал, титан, железо, ниобий; затем, после некоторого перерыва, идут олово, вольфрам, висмут (мышьяк), золото, медь, цинк, олово, свинец, серебро, сурьма, ртуть и мышьяк. Это — естественный ряд глубочайшего значения, ибо он определяет собою как бы радиальное расположение основных скоплений этих полезных ископаемых по отношению к родившему их очагу. Кроме того, он определяет собою изменение этих месторождений в глубину, при их анализе сверху вниз, определяет расположение полезных ископаемых в зависимости от степени размыва данного массива, ибо первые части ряда (или, как мы называем, левые члены) связаны как бы с корнями процессов и при усиленном размыве дольше остаются в сохранности, тогда как все остальное оказывается уже снесенным. Для Кольского полуострова именно это явление играет огромную роль.

Отсюда вытекает громадное значение приведенной схемы при анализе отдельных месторождений, при изучении изменения этих месторождений по вертикали, с глубиной, при анализе вообще целых рудных поясов, как, например, Монголо-Охотского или Уральского.

Наконец, третье геохимическое положение, — это особенное течение тех процессов, которые связаны с климатическим режимом.

Если рудный процесс в основе своей физико-химической системы, равновесие которой определяют его течения, связан преимущественно с магматическими очагами, то вся дальнейшая история охлаждения расплава и изменения его продуктов на поверхности связана с совершенно другими факторами — с циклом климатическим и вытекающим из него, прежде всего, различием температур и кислотности почвы, т. е. с рН. Вот эта рН, щелочная или кислотная реакция

поверхностных процессов, в значительной степени предопределяет комплекс полезных ископаемых и вызывает особые геохимические взаимоотношения, в зависимости от климатических условий данного участка.

Вот, в сущности, несколько основных мыслей, которые показывают, что методы геохимии все больше и больше получают применение не только при анализе отдельных месторождений, но особенно при попытке широкого охвата больших территорий, намечая новые, чрезвычайно интересные пути, по которым нужно работать, особенно в условиях полярного и приполярного ландшафта.

И вот сейчас, когда мы подходим к попытке анализа наших полярных областей, когда мы стоим на пути широкого применения новых геофизических методов, мы должны, прежде всего, попытаться сделать такой же прогноз, свободный критический анализ возможностей на фоне известных нам фактов и попытаться из этого прогноза вывести нужные для дальнейших поисковых работ приемы.

Задачей моего сегодняшнего доклада является именно желание охарактеризовать те основные линии, по которым мы пойдем при разрешении этой важной проблемы.¹

2. Общий анализ основных геохимических систем Арктики

Если бы мы взяли схематическую карту, представляющую полярную часть нашего Союза, прибавили бы к ней на востоке Аляску и, с другой стороны, взяли бы продолжение интересующей нас области на западе — Гренландию, то получили бы следующую картину. Геохимические процессы, связанные с большими складчатыми системами горных хребтов северного полушария, направляются к полюсу как бы отдельными поясами. Первый пояс — Каледонский, который идет из Северной Америки через Шотландию, далее образует хребет Скандинавского полуострова в Норвегии, затем загибается частью к северу, в районе Нордкапа. Продолжение этого пояса к полюсу нам неизвестно, но весьма вероятно продолжение его южной или, вернее, восточной ветки к востоку, с загибом через полуостров Канин в хребет Тимана.

Второй интересующий нас пояс — это пояс Уралид, который мы протягиваем с юго-востока из Монголии, через Тянь-Шань и Казахстан, а на севере проводим через остров Вайгач, заканчивая на северной оконечности Новой Земли.

Третий пояс, который я называю Сибиридами, кончается в области Таймыра и Северной Земли, протягиваясь к северу вдоль Енисея, вероятно из Восточных Саян.

Четвертый пояс замыкается Верхоянским хребтом и сложен системой мало разгаданных хребтов, которые заполняют западную часть Чукотского полуострова, лежащего в своей восточной части уже в области геохимических процессов Тихого океана.

Между отдельными поясами складчатых образований лежат основные, более устойчивые «щиты», которые определяют общее равновесие этого громадного евроазиатского материка.

Первый щит на западе, лежащий между Каледонидами и Уралидами, мы называем Фенноскандией, или Фенносарматией; с запада на него налегла Каледонская складчатость; в основном он определяет собой направление и образование складчатых систем Уралид, зажатых между ним и большим Сибирским щитом.

¹ Не забудем, что это написано в 1931—1932 гг.

Промежуток между загнутыми к полюсу концами Уралид и Сибирид занят областью, геологическая и геохимическая характеристика которой неясна. Повидимому, здесь имеются не сколько-нибудь устойчивые древние глыбы, а скорее система складок, продолжающих на западе более молодые тектонические движения Уралид и связывающих их на востоке с более древней системой Сибирид.¹ Гораздо яснее вырисовывается третий разрыв — между Сибиридами и восточными Верхоянскими дугами; здесь лежит второй щит Полярной Евразии — Сибирский, который как и Фенноскандинавский — совершенно симметрично ему, — представляет основную платформу, испытавшую по окраинам лишь каледонские или эопалеозойские складчатые движения, а в своей массе знавшую позднее лишь краевые разломы, сбросы или мягкие изгибы.

Таким образом, полярные районы нашего Союза слагаются из нескольких языков меридионально вытянутых складчатых горных хребтов и зажатыми между ними, частью опустившимися, частью обломавшимися, частью мягко сгибавшимися остатками древних глыб. Эти глыбовые опускания характеризуют и более высокие широты арктического архипелага, вызывая в них разломы и трещины, приведшие к мезозойским, а может быть, и третичным выделениям базальтовых лав и покровов (Земля Франца-Иосифа, Новосибирские острова и т. д.).

При известной внешней симметрии востока и запада есть между ними огромное различие, которое сказывается уже в Восточной Сибири и которое заключается, начиная с Верхоянского хребта, в усилении более молодых процессов — образовании мезозойских складчатых систем, с их повторным наложением, вплоть до самых молодых образований Тихоокеанского побережья. Тесно связаны с этим разделением на два мира — Атлантического и Тихого океанов — и природа магм и их минерализация, со специфическим списком минералов, горных пород и полезных ископаемых и химических элементов.

3. Анализ Фенноскандии

Я остановлюсь, прежде всего, на анализе Фенноскандинавского или северной части Фенносарматского щита и той каледонской складчатости, которые характеризуют собой систему горных хребтов современной Норвегии и частично — образования крайнего севера Кольского полуострова.

Фенноскандия в той области, которая охвачена нашей территорией, обычно до 1930 г. отмечалась на старых геологических картах сплошной розовой краской, в которой мы не могли разобрать никаких деталей. Только постепенно, по мере расширения работ советских исследователей,² картина начала усложняться, и среди однородной розовой окраски древнего архейского щита стали проявляться отдельные участки, которые показали, что эта система значительно более сложна.

Я не буду говорить про южную и западную части Фенноскандии, которые не входят в область Приполярья, но остановлюсь на нескольких интересных моментах, которые выявляются на севере.

Полярная часть Фенноскандии занята в своей основе древнейшей кристаллической (саамской) свитой, для которой характерны кристаллические сланцы и гнейсы с метаморфизованными железными рудами и обильные процессы гранитизации с их пегматитами и кварцевыми жи-

¹ М. М. Тетяев склонен и эту систему считать герцинской; см. его доклад на Международном геологическом конгрессе в Москве (1937).

² А также работавших в Финляндии исследователей, например С. Е. Вегмана.

лами. Площадь, которая была на старых картах покрыта розовой краской, сейчас сокращается и взамен нее появляется очень пестрый и сложный ковер более поздних образований; среди них особое внимание геохимиков привлекают два цикла — цикл осадков и изверженных туфов, излиний диабазов, отвечающий верхам докембрийских отложений, т. е. протерозою, и ряд отдельных яркокрасных (на картах) точек и полей щелочных пород.¹ На этих двух важнейших геохимических образованиях мы и сосредоточим наше внимание.

Прежде всего бросается в глаза зеленокаменная полоса, которая у наших геологов получила название «формации Имандра — Варзуга»,² а у финляндцев носит название «тунтури-формация», или по-русски — тундровая формация.³ Огромный пояс этих пород, богатых железом и магнием, носителей сульфидов меди и никеля, повидимому, отдельным языком заходит и к нам, на севере от Нотозера, затем после перерыва мы находим его вновь в комплексе Монче-тундры, который нас подарит еще не одним замечательным открытием, начиная с магнетита и титаномангнетита, кончая сульфидными жилами с серебром, кобальтом, золотом, и магматическими сульфидами меди, никеля с платиной — в оливиновых норитах.

Кончается ли эта полоса «тундровой формации» на западных берегах озера Имандры или же она продолжается и дальше на восток, захватывая оливиновые породы Колвицкого озера и огромные габровые массивы Панских гор и Иолги? Действительно ли мы можем здесь говорить о целом рудном поясе, тянущемся через Кольский полуостров?

Наши сведения крайне отрывочны, но некоторые теоретические соображения приводят нас к положительным выводам. Дело в том, что С. Бубнов в Германии и В. М. Гольдшмидт в Норвегии отметили очень интересное для Скандинавского полуострова явление: если мысленно снести современные горные образования со всеми их рудными процессами и сравнить архейские участки, лежащие под скандинавскими (Каледонскими) горами, и участки, совершенно не затронутые этими процессами, то окажется, что первые много богаче и разнообразнее по своим геохимическим и рудным ассоциациям по сравнению со старыми образованиями. Иначе говоря, та часть архейской Фенноскандии, которая оказалась способной к позднейшей складчатости, еще до нее была более податлива для проникания в нее различных магм и металлических растворов. Такое положение, конечно, геохимически очень интересно, и мы видим, что наша полоса старых геохимических комплексов, проходящая через Кольский полуостров, оказывается действительно более сходной с норвежскими и северо-финляндскими зонами, чем с Швецией, т. е. с археем под каледонидами, но фактически без каледонид. Очевидно, здесь мы имеем область, которая еще до образования более северных горных цепей была также относительно мало устойчивой и давала выходы различным магмам и их дериватам.

Но эта мысль о своеобразной связи с древней историей Скандинавии делается еще гораздо более интересной, если мы проанализируем взаимные связи щелочных массивов Фенноскандии.

В. С. Брэггер (1921) первый соединил отдельными линиями точки выходов щелочных пород всей Фенноскандии в определенную дугу, которая идет от Луяврурта и Турьего мыса на востоке вдоль предгорий каледонской складчатости и все время опоясывает ее с юга. Когда работы

¹ В 1931—1932 году еще не выделялся отчетливо пояс Кейв.

² Я называю ее сейчас «цветным поясом» (1940).

³ С. Е. Вегман считает мощность этой протерозойской свиты свыше 10—15 км.

В. М. Гольдшмидта продлили эти линии, они отметили на северном крыле каледонской складчатости аналогичные месторождения, лежащие в Северной Шотландии, и еще дальше — знаменитые месторождения Юлианехааб в Западной Гренландии.¹

Таким образом выяснилось, что по обе стороны от Каледонских гор мы имеем как бы две системы своеобразных субвулканов, в которых проявляются нефелино-сиенитовые породы и их аналоги, с характерными, единственными в мире накоплениями геохимических ассоциаций в грандиозной дуге, тянущейся с востока от Ловозера и Турьего мыса до западных берегов Гренландии.

Мы этим не хотим сказать, что грандиозные дуги щелочных пород связаны по времени с самой каледонской складчатостью. Скорее мы должны согласиться с мнением В. С. Брёггера, что связь здесь не хронологическая, а тектоническая, так как обе стороны, окаймляющие горные цепи, оказались более податливыми для прорывов магматических масс, частью взрывного типа диатрем что могло и предшествовать, и следовать за каледонскими процессами.

Это положение представляет для нас значительный интерес. Вырисовывается определенная картина, позволяющая, таким образом, сравнивать Кольский полуостров с частью западной Фенноскандии.

Аналогия между Норвегией и Кольским полуостровом вырисовывается все больше и больше. Трудно себе представить большее сходство, чем то, которое начинает проявляться между отдельными деталями в строении отдельных комплексов. В этом отношении глубокий анализ всей геохимии Норвегии, как он начал выявляться в работах В. М. Гольдшмидта, и геологический анализ промежуточной полосы Финляндии в работах С. Е. Вегмана дают нам руководящие идеи.

Я должен обратить, однако, особое внимание на одну замечательную аналогию, для которой не могу пока найти достаточного объяснения. Дело в том, что если мы по меридиану Балтийского моря разрежем Фенноскандинавский массив на две части, то получим почти идеальное, но зеркальное изображение геохимических процессов в правой и левой частях. То, что на востоке является в виде большого фиорда Кандалакши — повторяется на западе в виде фиорда Осло — Христиании. Та зона опускания и разломов, которая характеризует Кольский залив, повторяется в Северной Норвегии в виде ряда разломов.

Но особенно замечательна аналогия в геохимии и строении обоих фиордов — Кандалакши и Осло: оба образованы в основе древними разломами, омоложенными последними эпейрогеническими движениями; в обоих мы имеем с внутренней стороны (т. е. с запада в первом случае и с востока — во втором) свиты древних гнейсов с пегматитами столь тождественной минерализации, что минералы пегматитов Северной Карелии не отличимы от минералов пегматитовых жил Мосса и Арендаля. По другую сторону этой зоны опускания лежат щелочные комплексы Лангезундфиорда с его системой щелочных пород. Они повторяются на востоке — в прорыве Хибинских и Ловозерских тундр; «взрывные» воронки оказываются до деталей сходными с массивчиками Хабозера и с Турьим мысом. В древней архейской свите и тут и там следуют фальбанды — более богатые медью, кобальтом в Южной Норвегии, более бедные — в Северной Карелии и в Порьей губе. Наконец, даже наиболее поздние процессы последевонского времени внедрения серебряных жил

¹ Изучение литературы и особенно личное ознакомление с прекрасными гренландскими коллекциями в Копенгагене и Осло указывают на исключительное сходство этих месторождений с Хибинскими и особенно Ловозерскими тундрами.

оказываются до мелочей минералогического и геохимического характера тождественными в обоих случаях: Конгсберг в Норвегии и Медвежий остров — в Кандалакшской губе — это единый процесс, и если в первом случае он несомненно связан с пересечением фальсанд более молодыми полиметаллическими жилами, то невольно приходится ожидать этого же генезиса и при анализе Медвежьего острова.

Мы имеем между фиордами Кандалакши и Осло больше чем аналогию — это, по истории своего развития, одинаковые участки Фенноскандии, одинаковые механические системы на двух концах внутренних областей каледонской дуги, вызывавшие в течение всей архейской и палеозойской истории и одинаковые геохимические процессы.

Итак, Кольский полуостров — восточное крыло Фенноскандии, и его геохимия, прогноз его полезных ископаемых зависят прежде всего от сравнительного изучения этих двух крыльев великого Полярного щита Евразии.

4. Уралиды, Сибириды и молодые дуги Восточной Сибири¹

Мы переходим к следующим поясам, вклинивающимся языками в Арктическую область, и прежде всего — к Уралидам. Геологическая карта средней части Уралид, изданная в 1931 г., впервые дает нам понимание геохимической системы Урала, но геохимического анализа всей весьма обширной системы — основы всего нашего горного промысла в будущем — пока еще не имеется.

В общем, геологическая карта Уралид вырисовывается в следующем виде. Основной хребет Урала, с одной стороны, своими цепями погружается к востоку, а с другой стороны, на юге, скрывается в песках и степях Средней Азии и Казахстана, чтобы снова вынырнуть в виде мощных цепей Тянь-Шаня.

Поверхность Казахских степей, все те громадные богатства меди, которые открываются последними экспедициями Союзгеоразведки в области Коунрада, все это — внутренняя часть дуги Уралид, охватывающей их кольцом, загibaющимся к северу. Гравитационные и магнитометрические работы, с большим успехом проведенные в районах к востоку от Уральского хребта, показывают несколько новых подземных осей, которые скрыты под поверхностью западносибирской равнины и представляют собой дальнейшие погружения к западу складок дуги Уралид.

Было бы, однако, большой ошибкой пропустить между двумя нашими поясами — Каледонским и Уральским — еще третью небольшую дугу, прижатую к фенноскандинавскому массиву, а именно — дугу Тиманского хребта в основе ранней каледонской складчатости.

Тиманский хребет и продолжение его через полуостров Канин, как показали работы В. Рамзаля, является, несомненно, одним из разветвлений Каледонской системы, правда, обновленной герциническими движениями. Это одна из тех дугообразных систем, которая и предшествовала возникновению Урала и частично лежала в его основе. Она независима от системы, направленной к северу, более слаба по своим дислокационным процессам, — тем не менее, геохимическое сходство тиманской и ранних фаз каледонской систем дает нам возможность провести аналогию между Тиманом, Рыбачьим полуостровом и свитами спаргмита Норвегии. Интересно отметить, что в этой свите (мы наблюдаем скопления радиоактивных веществ в био-геохимических реакциях (колч Швеции и ралиевые воды Ухты).²

Следующая за Уралидами система названа мною Сибиридами. Это — огромный пояс складчатых и сильно метаморфизованных образований, которые окаймляют весь Сибирский щит, начиная с бассейнов рр. Витима и Алдана на востоке, переходя через верховья Оки и Бирюссы в Саянах и загibaясь по Енисею на севере, где они круто поворачивают сначала к востоку в область Таймыра и далее снова на запад, на островах Северной Земли. По предположениям М. М. Тетяева, мы здесь наблюдаем герцинскую систему, как восточное продолжение дуг Уралид, но я склонен (вместе с В. А. Обручевым) видеть здесь скорее протерозойский или палеозойский пояс, который окаймляет частично еще сохранившиеся глыбы древнего докембрийского цикла.

¹ Я сохраняю изложение (с небольшими сокращениями) и других частей Арктики, поскольку ряд связанных с ними проблем касается и Кольского полуострова.

² См. А. Е. Ферсман, Радиевые месторождения Ухты, вып. I. Тр. Ухтинского бюро АН, стр. 1—49, 1940.

Основными богатствами Сибири являются золото и слюда. Мы ждем их и на севере в сочетании с более глубинными комплексами перматитовых жил, скоплениями магнетита и корундо-силлиманитовых пород протерозойского (в основном) возраста.

Наконец, переходя еще дальше к востоку, мы наблюдаем еще гораздо более сложную картину, которая отвлекает нас от Атлантики, от процессов, связанных с восточными частями Северной Америки, и перебрасывает в область Тихоокеанских процессов, частично связывая с Аляской.

Если на самом деле — как настаивает, повидимому вполне обоснованно, группа М. М. Тетяева, — эти основные линии процессов отвечают складчатости мезозойской системы и действительно загибаются на запад через Верхоянский хребет и через хребты, открытые С. В. Обручевым, то мы получаем здесь третью дугу, более молодую по возрасту, в которой мы должны встретить только верхнюю часть процессов, начиная с цинка и свинца, и не можем ожидать элементов более глубокого типа. Последняя находка оловянных россыпей и в частности поздних сульфидов олова в этом районе показывает, что такое предположение находит полное подтверждение.

5. Щиты и поля опускания

Между большими поясами, тянущимися к северу, лежат части щитов или их обломки. Зажатые в тиски более подвижных систем эти относительно более хрупкие и менее гибкие массы в течение долгих геологических процессов подвергались вековым колебаниям, и отдельные морские трансгрессии сменялись континентальными фазами, а затем снова мелководными морями. Неудивительно поэтому, что именно на их поверхности в течение многих геологических эпох повторялись одинаковые геохимические процессы и что крупные угольные бассейны (Печорский или Тунгусский) возникали не как случайное явление какого-либо периода, но как хронически длительный процесс, охватывавший огромные промежутки времени от девона до юры.

Таков и первый участок щита, лежащий между Уралом и Тиманом; он представляет собой крупнейший угольный бассейн, значение которого исключительно велико, и на который мы должны обратить самое серьезное внимание, тем более, что весьма вероятно, что с ним связана и нефть. Второй участок погружения лежит между Уралом и Таймыром: он похоронил под собой значительную часть Уралид и представляет какую-то неведомую для нас, может быть, исключительно интересную бывшую горную страну, где только методы физической разведки смогут разгадать ее химическую природу. Дальше к востоку находится Сибирский массив с его трапповыми интрузиями и вызванными ими геологическими циклами и с крупнейшими угольными отложениями. Эти трапповые процессы еще недостаточно изучены, но заслуживают большого внимания по своей геохимической аналогии с Мончей (никель, кобальт, медь, палладий).

Таковы отдельные характерные линии полей опускания, которые не были бы достаточно полны, если бы мы к ним не прибавили тех разломов, которые в значительной степени обусловили современный лик полярной береговой линии, вырисовали тектоническими линиями архипелаги островов и положили начало выходу молодых базальтовых пород. Эти расколы и разломы начались, таким образом, одним из последних моментов геохимической истории всего этого района и не ограничились только островами: по всей вероятности, при более углубленном анализе, их влияние будет отмечено и на материке.

6. Заключение

Мы закончили наш беглый обзор. Он был достаточно детальным в западных частях наших арктических владений и постепенно сходил на нет по мере продвижения к востоку. Наши знания геологии полярных областей Сибири еще так ограничены, что пока в этой области не мо-

жет быть сделано никаких сколько-нибудь определенных прогнозов практического характера.¹

Как вывод, можно сказать, что область от Таймыра на запад тяготеет своей геохимией к Атлантике. Мощный Сибирский щит, окаймленный Сибиридами, служит демаркационной линией между западом и востоком, между бывшими атлантическими системами (с ролью их щелочей и летучих компонентов) и новым миром Тихого океана, где молодые тектонические процессы несут с собой и новые геохимические комплексы с преобладанием в магмах кальция, цинка и свинца, мышьяка и серы и особенно олова (без меди).

Наша геология и наше горное дело сложились на основе атлантических комплексов как самых древних щитов, так и герцинских домезозойских систем. Только в последние годы начинают втягиваться в науку и промышленность горные богатства Средней Азии, где древние герцинские процессы сменяются более молодыми тектоническими и геохимическими системами Кавказид. Но мы еще почти не затронули Востока, т. е. тех молодых цепей и процессов, которые, начиная с мезозоя до настоящего времени, определяют активность тихоокеанских областей. Начинаясь с Восточного Забайкалья, набегая сначала на древние горсты докембрийских основ Прибайкалья, а далее к северу на каледонские складчатые системы, эта новая молодая и очень пестрая смена процессов занимает огромную часть северо-востока Сибири и несет в себе черты нового мало знакомого нам мира тихоокеанской геохимии и минерогенеза.

Золото, цинк и свинец будут преобладать над медью или железом; олово, вольфрам и висмут будут дополняться литием и молибденом; сурьма и мышьяк определяют новые геохимические сочетания. Но все это пока только отрывочные мысли, которые требуют прежде всего новых фактов.²

ПРИЛОЖЕНИЕ V

КРАТКАЯ ХРОНОЛОГИЯ ГОРНОГО ДЕЛА И ОТКРЫТИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ³

- 1732 — Открытие руд меди, золота(?) и серебра по р. Поною.
 1732 — Открытие самородного серебра на Медвеьем острове.
 1830 — Посылка Л. В. Перовским экспед. на о-ва Кандалакшского фиорда за солнечным и лунным камнем.
 1840 — Открытие акад. Миддендорфом щелочных пород Хибин (без указания на полезные ископаемые).
 1874 } Первые исследования полиметаллических жил Западного Мур-
 1884 } мана (Киль, Буховецкий, Подгаецкий).
 1890 }

¹ Исследования последних 10 лет значительно подвинули наши знания в этом направлении (1939).

² Из более новых работ отмечу:

А. Е. Ферсман. Геохимия и минералогия полярных областей. ДАН, XIX, № 8, стр. 623—626. 1938.

А. Д. Архангельский. Основные черты тектоники сев. части Атлантич. океана и Арктики. ДАН, XIX, стр. 611—613. 1938.

А. Д. Архангельский. Геологические результаты общих магнитометрических и гравиметрических работ в СССР. Тр. Междунар. геол. конгресса, т. I, стр. 241—251. 1937.

М. М. Тетяев. Геотектоника Советской Азии. Там же, I, стр. 251—264. 1937.

Н. Н. Урванцев. Горнопромышленные перспективы Советского Севера. «Советская Арктика», № 2, стр. 73. 1937.

П. Н. Кропоткин и Н. П. Херасков. Труды XVII Междунар. геол. конгресса, 1939, II, стр. 601.

Н. В а s k i n d. Die Arktis. Geolog. Jahresber., 1939, I, p. 1—20.

³ Римские цифры после года дают месяц.

- 1873 } Первые прогнозы ископаемых богатств В. И. Немировичем-Дан-
1876 } ченко.
- 1877 — Первая научная сводка полезных ископаемых Русской Лапландии (М. Дергачев, 1877).
- 1887 — Экспедиция В. Рамзая и его спутников в центральную часть Кольского полуострова. Открытие Ловозерских тундр. Отсутствие каких-либо указаний на полезные ископаемые.¹
- 1898 — Открытие первых известняков и доломитов на Варзуге инж. Б. А. Риппасом.
- 1908 — Прогноз акад. Е. С. Федорова о Белом море, как возможном источнике сырья для удобрения (апатиты+нефелины Турьего мыса).
- 1915—1917 — Открытие железных руд Кольского фиорда А. А. Полкановым.
- 1917 — Геологическая съемка Н. Г. Кассиным и А. А. Полкановым по линии Мурманской железной дороги с первыми указаниями на ряд местных полезных ископаемых и руд (опубликовано в 1923 г.).
- 1917—1924 — Детальное изучение Д. С. Белянкиным, Б. М. Куплетским, И. И. Гинзбургом и В. И. Влодавцом района Кандалакшского фиорда с описанием полезных ископаемых.
- 1919 (январь) — Попытка английского путешественника Шекльтона захватить в концессию полезные ископаемые Кольского полуострова.
- 1920 (20 февраля) — Окончательное освобождение Мурмана от интервентов и белогвардейцев, открывшее возможность широкого изучения и использования его производительных сил.
- 1920—1940 — Экспедиции Академии Наук под руководством акад. А. Е. Ферсмана, приведшие к открытию ряда полезных ископаемых.
- 1921—1923 — Находка первых минералогических образцов апатита в Хибинах академической экспедицией.
- 1922—1924 — Исследование Д. С. Белянкиным устья Поноя и его медных и полиметаллических месторождений.
- 1922 — Открытие геохимической экспедицией Академии Наук внутреннего кольца пирротина в Хибинах.
— Первая схема дугового расположения минералов и полезных ископаемых в Хибинских и Ловозерских тундрах.
- 1923 — Первая сводка А. Е. Ферсмана по полезным ископаемым Хибинских тундр и первое описание хиб. апатита (Н. Н. Гутковой).
— Первые указания проф. П. А. Земятченского на возможность употребления нефелина для стеклоделия.
- 1923 — Открытие «коренных россыпей» апатита на Расвумчорре (Хибинь) отрядом академической экспедиции (А. Н. Лабунцов и Б. М. Куплетский).
- 1926 — Открытие первых крупных коренных месторождений апатита академической экспедицией. Открытие месторождений Кукисвумчорра. Начало нового этапа в апатитовом деле.

¹ В литературе, даже научной, иногда по непонятным причинам сообщают, что «апатит фактически был открыт финляндским геологом Рамзеем». Должен указать, что эти сообщения ошибочны: Рамзей не обнаружил апатитовых скопленений, в чем мне пришлось убедиться и из просмотра его коллекций и из бесед с ним, — апатит ему не был известен и не упоминается ни в одной его работе. Только в петрографическом очерке Хибин Гакмана указывается апатит в виде микроскопической составной части пород; как мы знаем, это является обязательным почти для всех магматических пород, особенно щелочных, и такие указания на микроскопические иглы апатита имеются почти в каждой точной петрографической работе.

- 1927 — Постановление правительства об организации специальной комиссии при Академии Наук для изучения производительных сил Кольского полуострова.
— Первое описание месторождения эвдиалита Ловозерских тундр с промышленной точки зрения (Е. Е. Костылева из академической экспедиции).
— Промышленная разведка под руководством П. А. Борисова нефелиновых песков на Имандре (Мурманская ж. д.).
- 1928 — Первые разведочные работы на месторождении Кукисвумчорра апатито-нефелиновой породы — (В. И. Влодавец, от Северной научно-промысловой экспедиции).
— Пересечение полуострова акад. А. А. Григорьевым (Кольская экспедиция АН) по линии Иоканга — Поной с открытием кианитовых сланцев Кейв.
— Первое обследование Кольской экспедицией Академии Наук (О. А. Воробьева и Б. М. Куплетский) центральных частей Кольского полуострова с открытием района щелочных гранитов, богатых пегматитами, и месторождений абразивного граната.
- 1929 — Первые детальные (1 : 25 000) съемки Хиб. тундр (Б. М. Куплетский, В. И. Влодавец и О. А. Воробьева).
— Комитет по химизации при Совнаркоме СССР берет на себя форсированное разрешение хибинской апатитовой проблемы.
- 1929 (17 марта) — Организация специальной комиссии (apatито-нефелиновой) при Ленинградском совнархозе для промышленной добычи апатита.
- 1929 (до 1934) — Начало разведочных работ НИУ по апатито-нефелиновым месторождениям. Первая буровая на Кольском полуострове (20 августа).
- 1929 — Первая экспортная партия апатита в Гамбург (август).
— Открытие слюдяных месторождений на запад от Кандалакши (отрядом академической экспедиции под руководством Б. М. Куплетского).
— (2—3/IX) — По указанию С. М. Кирова — историческое совещание в «домике Кирова», под председательством А. Е. Ферсмана, положившее основание промышленного использования Хибин.
— (11/IX) — Постановление СТО о постройке железнодорожной линии в Хибин и форсировании исследований.
— (X—XI) — Постановления правительства об организации первого горно-промышленного треста на Кольском полуострове (трест «Апатит»).
— (31/XII) — Приезд С. М. Кирова в Хибин и решение его об организации на месте рудника, города и горно-химической промышленности.
- 1930 — Начало работ по систематическому изучению Хибинских тундр Ленинградским геолого-разведочным трестом (совместно с Арктическим институтом и Академией Наук).
— Разведка месторождений пирротина (по 1933).
— Открытие отрядом Арктического института (В. И. Влодавец) слюдяносного района у Семиостровского погоста.
— Открытие первых крупных месторождений диатомита в районе Ловозерских тундр (отряд Географического института АН — акад. А. А. Григорьева).
— Открытие отрядом академической экспедиции (А. Е. Ферман) первых скоплений сульфидных руд меди и никеля на Монче.
— Открытие партией АП (Н. Н. Гутковой) коренного промышленного месторождения ловчоррита на Юкспоре.

- (19/VII) — Открытие Хибинской горной станции АН для форсирования исследовательских работ по поискам и изучения в первую очередь полезных ископаемых.
- (зимой) — Начата добыча и вывоз уррита из Апатитового отрога для нужд исследовательских институтов.
- 1931 — Начало систематических и планомерных поисково-разведочных работ на Кольском полуострове Ленинградским геологоразведочным трестом (разведка сульфидных месторождений Мончи и пирротиновых месторождений Хибинского внешнего кольца).
- (IV) Переход большинства суперфосфатных заводов Союза на апатит.
- (6/IX) — Открытие обогатительной фабрики апатита в Хибинах.
- Начало промышленной разведки ловчоррита в Хибинах (ЛГРУ).
- (18/X) — Организация при ВСНХ (Наркомтяжпром) Бюро по комплексному использованию кольских ископаемых.
- Выход в свет первой сводной работы по апатиту, его месторождениям, геохимии, запасам и экономике (А. Е. Фарсман, в томе III «Хибинские апатиты»).
- 1931 — Открытие партией экспедиции АН (О. А. Воробьевой) медно-никелевого оруденения на Волчьей тундре.
- 1932 (27/I) — Историческое постановление Совнаркома о форсировании вопросов использования апатито-нефелиновой породы, железных и медно-никелевых руд, диатомита и торфа.
- (9—12/IV) — Первая заполярная конференция в Кировске по разрешению апатито-нефелиновой проблемы.
- (29/X) — Первые сведения об открытии партией хибиногорской базы ЛГРТ (геологи Д. В. Шифрин и Н. С. Зонтов) приимадровских железных руд.
- (21—27/XI) — Геологоразведочная конференция в Мурманске и Кировске (преимущественно по вопросам освоения железных руд).
- Открытие мурманскими организациями известняка и доломита на о-ве Кильдин.
- Разведка сфена верхнего контакта месторождений Юкспора и Кукисвумчора (трест «Апатит» — Л. Б. Антонов).
- 1933 (21—22/VII) — Посещение Мурманска тов. Сталиным, тов. Кировым и тов. Ворошиловым — начало новой эры в индустриализации и укреплении кольской промышленности.
- 1933—1935 — Разведка пирротиновых месторождений наружного кольца хибин. партией треста «Апатит» (С. В. Константов).
- (X) — Начало постройки первого завода по коксованию торфа (у ст. Лапландия) с получением смол и флотационных реагентов.
- 1933 (лето) — Открытие отрядом ЛГРТ (К. М. Кошиц) месторождения магнетита в районе Иона — Ковдора (известняк, апатит).
- 1934 (I/V) — Пуск первой турбины на Нивастрое.
- Пуск второй очереди обогатительной фабрики апатита (с проектной мощностью в 750 тыс. т концентрата).
- 1934—1938 — Структурно-геологические исследования ЛГРТ и ЦНИГРИ Хибинских и Ловозерских тундр под руководством Н. А. Елисеева.
- 1934 — Открытие жильных месторождений эвдиалита в южной части Ловозерских тундр (партия треста «Апатит»).
- (VIII) — Открытие академической экспедицией (Н. И. Соусов) месторождения известняка и доломита у ст. Титан.
- (VIII) — Начало добычи слюды в Ионском районе.

- (лето) — Открытие отрядом АН (О. А. Воробьева) промышленных запасов лопарита в Ловозерских тундрах.
- (23/X) — Организация в составе треста «Апатит» «Управления североникеля» — Монча.
- 1935 (V) — Постановление правительства об организации треста все-союзного значения «Североникель», с центром в Монче.
- (III) — Специальная всесоюзная конференция в Ленинграде по применению нефелина в разных отраслях хозяйства и особенно в сельском хозяйстве (Госплан СССР).
- (лето) — Разведка партией треста «Апатит» месторождений магнетита Ионы (отчет Л. Б. Антонова в 1937 г.).
- 1935 (25—30/IX) — 3-е полярное совещание в Кировске специально по вопросам изучения редких элементов.
- (IX) — Открытие отрядом экспедиции АН (Б. М. Куплетским) месторождения титаномагнетита и кюпитта (перовскита) у разъезда Африканда.
- (X) — Открытие геологом треста «Апатит» В. А. Афанасьевым месторождения оливинитов в районе Хабозера. Выход в свет большого труда А. А. Полканова по геологии и полезным ископаемым северо-западной части полуострова (в изд. АН).
- 1936 (XII) — Созыв четвертой полярной конференции в Москве специально по вопросам черной металлургии и месторождений Ионы.
- 1936—1939 — Исследование ЛГРТ (под руководством П. В. Соколова) кианитовых месторождений Кейв и выявление мировых запасов «Большие Кейвы».
- 1936 — Выход в свет общего геологического очерка Кольского полуострова А. А. Полканова (в Тр. Арктического института).
- Заканчивается обзорная сводка месторождения молибденовых руд на Кольском полуострове (А. Н. Лабунцов).
- 1937 — Посещение Кольского полуострова членами Международного геологического конгресса и широкое обсуждение проблемы щелочных пород.
- Разведка богатых рудных жил Кумужей-Ниттиса с выявлением значительных богатств богатыми рудами Мончи.
- Выходит из печати крупная монография Академии Наук (Геологический институт и Кольская база) «Минералы Хибинских и Ловозерских тундр», являющаяся классической сводкой по всем минеральным богатствам этих щелочных массивов.
- 1938 (28/V) — Организация Мурманской области как новый этап в освоении горнопромышленных богатств.
- Составление ЛГРТ (под рук. Б. П. Асаткина) очень хорошего обзора полезных ископаемых «Геолого-экономический обзор Мурманской области» (рукопись).
- Окончание точных анализов апатита Кольской базы с установлением нового минерала саамита, богатого стронцием и редкими землями.
- Начало планомерных минерало-геохимических исследований по рудам Мончи на Кольской базе (И. Н. Чирков).
- 1939 — Слияние «Кольстроя» и «Североникеля» в одну организацию.
- (V) — Пуск в г. Кировске нефелиновой фабрики.
- (25—28/V) — Пятое полярное совещание, организованное Кольской базой АН в Мончегорске по вопросам медно-никелевой промышленности.

- (XI) — Специальное совещание по применению оливинитов, собранное Кольской базой АН в Москве.
- Организация опытной обогатительной установки по лопариту на Аллуайве (Ловозерские тундры) — Главредмет.
- Выяснение инж. С. А. Красковским наличия очень большого геотермического градиента на Монче, что наметило весьма выгодные термические условия для закладки глубоких выработок на Кольском полуострове.
- Опубликование сводки «Стратиграфия докембрия Кольского полуострова» Б. М. Куплетским в изд. АН.
- Окончание составления второго тома «Географического словаря» проф. В. П. Воиновича.
- (VIII) — Разведка и опыты обогащения пирротинов ст Апатиты (проведены трестом «Апатит»).
- Открытие химиками Кольской базы АН селена в рудах Мончи.
- Открытие партией Кольской базы АН (И. В. Зеленков) нового лопаритового горизонта уртитов в южной части Ловозерских тундр.
- 1940 (I) — Шестая полярная конференция (Кольской базы АН), созванная в связи с 10-летием г. Кировска. Обсуждение проблемы химизации промышленности и Ловозерских тундр.
- (II) — Созыв Кольской базой АН специального совещания по проблемам ниобия и форсированное проведение ряда мероприятий Экономсоветом (Москва).
- (IV) — Выход в свет первого тома новой серии, издаваемой Кольской базой АН: «Производительные силы Кольского полуострова».
- Окончание составления полной библиографии по природе и горно-промышленным районам Кольского полуострова за годы 1930—1939 (Кольская база АН и Гл. библиотека АН).
- Выход из печати миллионной геологической карты Кольского п-ва, составленной Ленингр. Геол. Упр.
- Окончание М. А. Лавровой монографии «Четвертичные отложения и история Кольского полуострова» с рядом данных по полезным ископаемым.
- Организация при президиуме АН Кольской комиссии по объединению исследовательских работ и руководству Кольской экспедицией АН.

Приложение. История разработки серебряных руд Каидалакшского фьорда сведена была в «Горном журнале» за 1885 г. Рожковым. Из архивных данных выясняется, что в 1732 г. посадские люди из Архангельска обыскали серебро на Медвеьем острове и сообщили в кабинет его величества, представив несколько штуфов натуральной серебряной руды. «Рудознатцы» получили щедрую награду и привилегию на поиски.

Специальным указом была установлена Бергкомпания для добычи руды, однако, вследствие убытков она скоро была упразднена. В 1737 г. оберберггауптман Штемберг был командирован для установления ценности месторождения; дал отзыв неблагоприятный. В 1764 г. партия мастеровых Олонцких заводов производила поиски руд. В 1875 г. был дан отвод купцу Фиксену с компаньоном Станелловым для добычи свинцовой руды на Медвеьем острове. В 1891 г. Горный департамент командировал акад. Е. С. Федорова для научного осмотра месторождения, а инж. А. А. Лебедзинского — для разведочных работ. В 1897 г. местный лесопромышленник Беляев ведет разведки на островах и около сел. Умбы. С 1917 по 1924 гг. велись детальные исследования Д. С. Белянкиным, Б. М. Куплетским, В. И. Влодавом и И. И. Гинзбургом, которые детально описывают месторождения. В 1930 г. геолого-поисковые работы ведутся А. П. Лебедевым и М. П. Мирошниченко (ЛГРТ). В 1933—1934 г. В. А. Токарев от Ломоносовского института Академии Наук дает полное минералогическое и геохимическое описание района.

ПРИЛОЖЕНИЕ VI

КАНДАЛАКШСКИЙ УЗЕЛ, ЕГО БОГАТСТВА И БУДУЩЕЕ¹

Кандалакша (67°0' сев. шир. и 32°20' вост. долг. от Гринича) является центром Кандалакшского района Мурманской области. Она лежит в устье мощной горной реки Нивы, вытекающей из оз. Имандра и впадающей в Кандалакшскую губу Белого моря. С севера на юг селение прорезывает Кировская железная дорога, имеющая депо в Кандалакше. От Кировска до Кандалакши расстояние по железной дороге равно 100 км, от Мурманска — 300 км.

В отличие от Кировска, который может быть назван городом «Первой пятилетки», Кандалакша представляет собой одно из старейших на Кольском полуострове поморских селений, упоминание о котором встречается в исторических актах уже в середине XVI в. Однако до постройки Кировской железной дороги Кандалакша ничем не отличалась от многочисленных поморских селений с населением в 200—300 человек. Только проведение в 1916 г. железной дороги и организация в Кандалакше депо явились стимулом роста селения. Все же по переписи 1926 г. здесь было зарегистрировано 4195 человек, занимавшихся, помимо работы на железной дороге, почти исключительно рыболовством. Положение Кандалакши изменилось лишь с началом первого пятилетия, когда в ней был построен лесопильный завод на четыре рамы, консервный комбинат, организуется кирпичный завод и т. д. Благодаря этому строительству численность населения Кандалакши начинает быстро возрастать и в 1934 г. достигает 16 239 человек при общем населении в районе приблизительно в 27 000 человек. Начиная с 1938 года развитие Кандалакши идет усиленным темпом, используя выгодное географическое положение, значительные местные ресурсы и хозяйственную ценность этой точки, как энергетического узла.

В 1939 г. население достигло 22,2 тыс. с неуклонной тенденцией к дальнейшему росту.

Указанные выше условия определяют и выбор Кандалакши в качестве центра первичной переработки кольского и, в частности, хибинского сырья.

В самом деле, Кандалакша прежде всего очень удобно расположена по отношению к источникам гидроэнергии, представленным в первую очередь р. Нивой. Кроме Нивы, недалеко от Кандалакши расположена р. Колвица, с возможностью использования ее гидроэнергии в очень выгодных топографических условиях и доступностью включения этой энергии в общее кировское кольцо. И, наконец, на сравнительно небольшом расстоянии от Кандалакши по направлению к югу находится самый мощный и прекрасно регулируемый источник энергии Северной Карелии и Мурманска — р. Ковда.

Точно так же и в транспортном отношении Кандалакша занимает весьма удобную позицию, поскольку она стоит не только на Кировской железнодорожной магистрали, дающей ей кратчайшую связь с источниками сырья и местами потребления продукции, но и на берегу глубоководной губы Белого моря, позволяющей установить прямую морскую связь с портами Белого и Баренцова моря. Прямые связи с последним для Кандалакши представляют интерес в виду значительной потребности ее в ископаемом горючем и частично в виду привоза соли, гипса и известняка; связь же с реками беломорского бассейна важна потому,

¹ В виду исключительной важности развития этого узла мы приводим ряд данных о его роли в качестве химического центра и источника сырья (по сводке Кольской базы АН).

что позволяет водным путем подвозить известняк и гипс, а также вывозить продукцию внутрь страны по беломорским рекам и Беломорско-Балтийскому каналу им. И. В. Сталина.

Очень серьезную роль в развитии Кандалакши сыграет законченная постройкой в начале мая 1940 г. железнодорожная линия на Куола-Ярви и Кеми в Финляндию. Эта линия не только связывает Кандалакшу с Балтийским морем и Швецией, но и дает возможность вывозить и использовать полезные ископаемые Вуориярви (Карело-Финская республика). Не меньшую роль сыграет и дорога на Иону.

Таким образом, Кандалакша превращается в важнейший железнодорожный узел. Помимо удобств энергоснабжения и транспорта, внутри Кандалакши и прилегающих районов удалось найти площадку достаточных размеров для наиболее целесообразного размещения отдельных составных частей намеченных металлургических производств, которая, кроме того, может удобно снабжаться местными строительными материалами — песком, гравием, строительным камнем и лесом.

В отношении снабжения питьевой и технической водой Кандалакша также хорошо расположена вследствие разности уровней города, завода и плотины гидростанции. Спуск использованных вод в Белое море не требует сложных канализационных сооружений.

Кандалакшский залив и геологически и геохимически представляет собой совершенно исключительный интерес,¹ и хотя, начиная с первых годов XIX в., именно район Киберенского берега был подвергнут очень детальным научным исследованиям многочисленных партий, все же нужно прямо сказать, что мы не имеем достаточно ясной картины, научной и практической, Кандалакшского фиорда. Наибольшую роль в его изучении сыграли многочисленные исследования акад. Е. С. Федорова, который с 1896 по 1908 гг. в ряде интересных работ, освещая природу этого края, в отдельных очерках давал картину архипелага, раскрывавшегося перед ним и замыкавшегося высокими горными хребтами. В своей замечательной работе 1908 г. он впервые полуинтуитивно наметил возможное использование апатита и нефелина, озаглавив статью: «Белое море, как источник материала для сельскохозяйственной культуры».

Много сделали для освещения этого района Д. С. Белякин, Б. М. Куплетский и И. И. Гинзбург, которые, начиная с 1917 г., многократно посещали этот район и дали ряд ценных работ, посвященных его изучению.

Новые этапы детального и планомерного изучения начались, однако, только в последние годы (1934—1939), когда при общей геологической съемке Советского Севера, многочисленные партии ЛГРТ и ЦНИГРИ показали значительно большую геологическую сложность этого района.

В своей первой (в 1932 г.) работе по прогнозам поисков полезных ископаемых на Кольском полуострове я отмечал основную черту Кандалакшского фиорда и его замечательную аналогию с фиордом Осло в Норвегии (см. приложение IV, стр. 285).

Вся совокупность геологических и геохимических черт, столь блестяще изученных в южной Норвегии Брёгером, Бартом и другими, повторяется как зеркальное отражение на Кандалакшском фиорде. Те же щелочные породы постдевонского возраста с своеобразными кальцийщелочными и железорудными образованиями (Турий мыс, Иона — Фён), те же свинцовые серебряные жилы (Умба или Медвежий остров — Конгсберг), те же фальбанды с кобальтом, никелем и золотом, пересе-

¹ Я не касаюсь здесь лежащих поблизости месторождений: в 50 км Африканды, в 130—150 Ионы и Вуориярви, в 40—60 Кыма-тунды с пегматитами и др.

кающие весь район, те же пегматитовые и кварцевые жилы (Кереть и Мосс). Все та же геологическая структура, глубокие дизъюнктивные дислокации, которые образовали глубины фиордов и окружили их с севера обрывистыми берегами. Эти глубины доступны для крупнейших океанских пароходов и создали исключительное разнообразие ландшафта, более мягкого в фиорде Осло, более угрюмого и приполярного в районе Кандалакши. Эта геологическая и геохимическая характеристика и определяет собой сложность процессов образования минералов. И нужно прямо сказать, что, несмотря на большое количество зарегистрированных здесь многочисленных заявок на руды свинца, цинка, серебра и отрицательный отзыв о них наших крупнейших специалистов, — мы не считаем вопрос об их практической ценности окончательно решенным и, наоборот, обращаем внимание на необходимость углубленного дальнейшего изучения и проверки всех имеющихся фактов.

К этому нас призывают не только новые методы анализа месторождения, не только специфика советской экономики, но и успехи рудного дела в совершенно тождественных условиях в Полярной Канаде.

Перечислим те типы месторождений, которые привлекают наше внимание в этом районе:

1. Кварцево-кальцитовые жилы со свинцовым блеском, цинковой обманкой и редкими сульфидами меди.

2. Полосы сплошных фальсанд с рассеянным колчеданом (источник серной кислоты), содержащих золото, кобальт и никель.

3. Пегматиты в древней гранито-гнейсовой свите с полевым шпатом, кварцем и слюдой.

4. Жилы плавикового шпата (на Турьем мысе и на горе Корабль).

5. Ксанитовые и гранатовые зоны в гнейсах около Кандалакши.

6. Кварцево-молибденовые жилы в низовьях р. Нивы и в районе Уполакши.

Если последние типы, согласно нашим наблюдениям, не имеют практического значения, а тип 5-й по найденному содержанию ксанита не заслуживает пока внимания, то все же несомненную роль мы отводим типам 3-му и 4-му.

Вместе с тем, по той же аналогии с Канадой и Южной Норвегией, мы склонны ожидать в этом районе нахождения жил серебро-урановых и кобальтовых. Поэтому детальное изучение отдельных жильных образований на радиоактивность может открыть совершенно неожиданные горизонты и прежде всего — в районе Кандалакшского фиорда и на продолжении его тектонических линий на северо-запад.

В этом же западно-северо-западном направлении надо ожидать крупных находок железорудных месторождений типа Ионы.

ПРИЛОЖЕНИЕ VII

М. И. ГЕНЗЕЛОВИЧ

ПРОБЛЕМЫ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Характеристика Ионо-Ковдорского железорудного месторождения

Общая оценка.

...Широкие перспективы открываются уже на ближайший период для обнаруженного в 1933 г. мощного Ионо-Ковдорского месторождения более богатых и чистых по сере магнетитовых руд, не требующих сложного и дорого стоящего обогащения и отличающихся частично самоплавкостью, что должно обеспечить более эффективные по сравнению с магнетитовыми сланцами Приимандрия показатели как при добыче этих руд, так и при их плавке.¹

¹ Из фондов СОПС, № 314, стр. 101—122 (декабрь, 1936).

Расположение месторождения и пути сообщения¹

Ионо-Ковдорское железорудное месторождение находится в западной части Кольского полуострова. Оно расположено у северо-западного конца оз. Ковдора, при впадении в него р. Верхней Ковдоры.

Ближайшим населенным пунктом является д. Иона, которая расположена к востоку от месторождения. От станции Зашеек Кировской железной дороги железорудное месторождение расположено на северо-запад.

Гужевого и железнодорожных путей сообщения к месторождению не имеется. Летом связь осуществляется через Уполакшу, с. Иону и вдоль рр. Иона и Ковдора, причем предварительно необходимо переправиться на боте через оз. Имандру от пристани Зашеек до пристани Уполакша. На этот путь затрачивается от 3 до 4 дней. Доставка небольших грузов (для разведки и предварительных изысканий) может осуществляться водным путем через Имандру от пристани Зашеек до Уполакши, далее на лодках по системе озер и по рекам Иона и Ковдора. Продолжительность этого пути 12—15 дней. В связи с наличием больших и частых порогов на рр. Иона и Ковдора, где лодки с грузом приходится протаскивать волоком против течения, этот участок пути является наиболее тяжелым.

Намечаемая в целях обеспечения сплава из лесных дач Бабинского лесничества расчистка порогов должна в значительной мере облегчить сообщение с месторождением.

Орография и рельеф.

Ионо-Ковдорское железорудное месторождение расположено в северной холмистой части горы Пилькома-Сельга и делится р. Верхняя Ковдора и оз. Ковдор на два участка — южный и северный. Оз. Ковдор вытянуто в северо-западном (почти широтном) направлении, и его можно принять за плес рр. Верхняя и Нижняя Ковдоры. В северо-западном конце, т. е. в том месте, где озеро разделяет железорудное месторождение на два участка, оно мелкое, дно илистое, с диатомитом и отдельными валунами и галькой.

Рельеф южного участка сильно холмистый. Холмы (вараки) вытянуты в северо-западном направлении. Пониженные части рельефа 40—20 м над уровнем озера Ковдор представлены ледниковыми долинами и воронкообразными углублениями, связанными с карстовыми явлениями, имеющими широкое развитие в этом районе.² С вараками связаны коренные выходы железорудного тела, богатого магнетитом.

Рельеф северного участка более спокойный и пониженный. Здесь речная терраса р. Ковдоры возвышается над уровнем оз. Ковдор, она сложена перемытыми моренными отложениями, с обилием валунов и гальки в слоистом песке. Здесь железорудное тело прикрыто в значительной своей части этими отложениями, мощностью свыше 10 м.

На юг от Ионо-Ковдорского месторождения в 18 км находится месторождение слюды, расположенное на г. Лейвойве. В настоящее время это месторождение разрабатывается Ионским рудоуправлением слюдкомбината.

¹ Ср. техникоэкономический анализ в очень интересной статье М. Гензеловича: Металл. база Лен. области. «На фронте индустриализации», 1936, VI, № 6, стр. 1—11.

² Характерный признак для поисков новых месторождений известняков (А. Ф.).

Геологоразведочные работы 1935 г.

После предварительной разведки Ионского месторождения в 1934 г. ограничившейся оконтуриванием его магнитометрической съемкой и вскрытием с поверхности небольшого количества шурфов и канав, в 1935 г. проведены в Ионно-Ковдорском районе дальнейшие, более детальные геологоразведочные и геофизические работы, как то: а) детальная магнитометрическая съемка, выявившая богатые и широкие железорудные участки, вытянутые в северо-западном направлении; б) проходка значительного количества разведочных шурфов и канав с опробованием, что позволило проверить данные магнитометрии, уточнить контуры участков промышленных руд, выявить богатые не требующие обогащения рудные зоны с высоким содержанием железа, дать качественные характеристики разведочных выработок и установить запасы железных руд; в) исследование рудоносности всего Ионно-Ковдорского района путем поисковой магнитометрической съемки на площади 80 км² в радиусе 5 км от железорудного месторождения; г) геологическая съемка в масштабе 1 : 25 000 на площади 100 км² на топооснове, в том же масштабе.

Проведенные горноразведочные работы подтверждают значительную протяженность и качественную устойчивость железорудного тела на глубину. Шурфы и канавы, заданные на различных высотах между отметками 12—80 м над уровнем оз. Ковдор, вскрывают богатые руды с тенденцией более интенсивного обогащения железом на глубину. Наконец, пройденная штольня на отметке 14 м над уровнем оз. Ковдор вскрыла богатые полосчатые руды с участками сплошного магнетита.

Минералогический состав и текстура руд

Минералогический состав руд представлен тремя основными компонентами: магнетит, кальцит и апатит. Редко встречаются зеленая слюда и пироксен. В богатых разновидностях руд кальцит и апатит присутствуют в виде примесей. В основном можно выделить следующие текстуры руд:

- 1) полосчатые руды с высоким содержанием магнетита (около 80%);
- 2) брекчвидно-полосчатые руды с различной степенью насыщенности магнетитом, от 75 до 80%. Кристаллические агрегаты магнетита в виде густых скоплений цементируются в большинстве случаев кальцитом и апатитом. Апатит здесь мелкозернистый, зеленовато-серый, находится среди зерен кальцита или в промежутках между крупными октаэдрами магнетита. Разная степень и форма скоплений кристаллов магнетита создают руды различных текстур, от сплошных магнетитовых полос с редкими включениями апатита до редкой импрегнации магнетита в известняке, перешедшего в скарн.

Качественная характеристика ионских руд

Ниже приводится химическая характеристика рудного тела по отдельным участкам и текстурам, главным образом по данным предыдущей разведки, так как соответственные данные последней разведки 1935 года еще не полностью обработаны. Следует, однако, иметь в виду, что, судя по минералого-петрографическому составу руд, возможно уже сейчас утверждать, что содержание железа в руде будет во всяком случае не ниже данных, основанных на материалах предыдущей разведки.

Химическая характеристика руды по текстурам южного участка такова:

№№ проб	Fe вал.	P	S	SiO ₂	TiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	Zn	Sn
1. Полосчатые руды:											
1	59.02	0.24	0.011	5.50	0.12	0.90	13.35	1.45	19.22	0.15	0.14
2	47.27	0.26	следы	8.64	—	4.55	10.86	8.15	—	0.08	0.012
3	43.46	0.23	0.014	9.88	—	5.12	12.65	—	—	0.12	—
4	52.64	0.88	—	8.00	—	1.68	11.91	—	—	—	—
5	52.27	1.17	0.04	3.44	0.52	3.83	11.97	—	14.44	—	—
6	47.32	1.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2. Брекчиевидно-полосчатые руды:											
7	42.11	2.02	—	8.72	—	7.03	15.47	6.64	—	—	—
8	37.54	1.28	—	9.60	0.56	11.98	15.30	—	15.72	—	—
9	44.12	3.28	—	1.60	—	16.70	5.63	—	—	—	—
10	26.84	0.48	—	7.64	0.38	19.42	10.02	—	17.48	—	—
11	19.51	1.41	следы	17.76	0.31	15.66	23.46	—	6.99	—	—

Полосчатые руды северного участка дают железа валового — 59.2—60%, серы и цинка — десятые доли процента, окиси магния — 10.86—13.35%. В брекчиевидных полосчатых рудах имеются значительные колебания составляющих их компонентов: железа валового 19—44%, окиси магния 5.6—23.46, сера или отсутствует или имеются только ее следы.

Оценка месторождения с точки зрения условий его эксплуатации

Процессы, связанные с генезисом, тектоникой, постмагматической фазой выделения паров и газов, сильно видоизменили рудное тело, нарушив его монолитность. Как боковые породы (пироксениты и др.), так и породы, включающие магнетит (скарнированные известняки), местами превращены в дресву. Этим самым создались слабые и сильно раздробленные породы, в которых цементирующая связь между магнетитом и сопровождающими минералами то отсутствует, то очень слабая. При таких условиях в большинстве случаев магнетит при ограниченном применении взрывных работ хорошо отделяется от вмещающей породы. При проходке горноразведочных выработок получают то отдельные зерна магнетита, до нескольких сантиметров, то угловатые куски и глыбы рудного тела, с преобладанием магнетита, хорошо отделимые от пустой породы. Такой фактор является чрезвычайно ценным при эксплуатации, так как он облегчает и удешевляет добычу и дает возможность получения более богатых руд без специального обогащения.

Суммарные запасы месторождения

Согласно последнему подсчету треста «Апатит» суммарные запасы по разведанной части Йошо-Ковдорского месторождения определяются, на основе данных камеральной обработки результатов разведки 1935 г., в сотни миллионов тонн железной руды, с содержанием валового железа 40% в рудной массе; из них по одному южному участку запас

руды составляет 96.4% всех запасов, запасы же по северному участку, подсчитанные лишь для $\frac{1}{3}$ общей длины простираения месторождения (простираение 400 м), определяются для руды с содержанием 40% железа всего лишь в пару десятков миллионов тонн.

Предыдущий подсчет этого месторождения, произведенный Ленинградским геологическим трестом в 1934 г. на основе данных геофизической магнитной съемки, при глубине в 500 метров, определил суммарные запасы железной руды с содержанием железа 40% в полтора раза больше.

Уменьшение запасов в результате последнего подсчета треста «Апатит» обусловлено тем, что в этом подсчете были взяты меньшая площадь железорудного месторождения, — полученная после уточнения и подтверждения размеров этой площади горноразведочными выработками, — и меньшая глубина, установленная на основе учета простираения месторождения, а не по данным географических разведок.

К богатым относятся руды, содержащие валового железа от 45% и выше, оконтуренные магнитометрической съемкой в пределах контура $U_0 = 3 H_0$ и выше до $7 H_0$; к бедным же относятся руды, содержащие валового железа ниже 40%, оконтуренные магнитометрией в пределах контура $U_0 = 2 H_0$ до $3 H_0$.

Отмеченные значительные запасы Ионо-Ковдорского месторождения уже на данной стадии разведок и вероятное дальнейшее увеличение его запасов в результате обработки последних материалов детальной магнитометрией, разведки и более глубокого бурения (на глубину 300 и более метров) выдвигают это месторождение в разряд крупнейших в Союзе.

Связь Ионо-Ковдорского месторождения с известняками; запасы и качество последних

Геологоразведочными и геофизическими работами, проведенными партией треста «Апатит» на площади в 100 км² (в частности геологической съемкой в масштабе 1:25 000), обнаружен целый ряд известняковых линз различной мощности и протяжения, весьма чистых, с некоторой примесью магнетита и апатита.

По наиболее мощным линзам общие запасы известняков на площади 0.1 км² достигают около 12.0 млн. т.

Наличие выходов известняка в других пунктах значительно увеличивает запасы их.

Известняк в верхней части рыхлый и разрушен на значительную глубину. Средний размер естественно раздробленных обломков известняка 1—2 см.

Запасы известняков в тыс. тонн

Наименование участка	Для открытых работ	Для подземных работ	Всего
Гора Воцу-Ваара	4.089	6.370	10.660
Линза IV пр. берега В. Ковдоры	1.960	.	1.960
	6.049	6.370	12.620

Следует ожидать, что с глубиной известняк перейдет в более плотную и массивную разновидность; по своему качеству эти известняки характеризуются ниже приводимыми химическими анализами:¹

Анализ известняков линзы у горы Воцу-Ваара

CaO	Fe ₂ O ₃	FeO	P ₂ O ₅	Потери при прокаливании	Нерастворимый остаток
42.65	0.80	0.51	3.45	32.39	6.88

Средний анализ известняков линзы IV пр. бер. В. Ковдоры

CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Потери при прокаливании	Нерастворимый остаток
47—47	1.7—2.8	7.6—9.6	2.4—3.8	27.6—39.1	1.24—4.18

Другие полезные ископаемые в районе Ионского месторождения

В Иону-Ковдорском районе имеют широкое распространение также и слюдоносные пегматиты, приуроченные к гнейсовой толще. Пегматитовые жилы с богатым содержанием крупных пачек слюды известны на горе Лейвойве, где в настоящее время ведутся на предприятии Слюдкомбината эксплуатационные работы незначительного масштаба.

Металлургическая оценка ионских руд

Отличительной особенностью ионской руды с точки зрения ее промышленного значения является высокое содержание оснований в пустой породе.

Отношение суммы кислот (кремнезема и глинозема) к сумме оснований (окси кальция и окиси магния), доходящее, согласно приведенным выше химическим анализам руды, до 0.7—0.1 для крупноплощадчатых руд, показывает, что ионские руды могут быть отнесены к самофлюсующимся, с той однако особенностью, что в сумме оснований окись магния имеет преобладающее значение (для руд среднезернистых скарновых это отношение ниже и колеблется в пределах 0.5—0.8).

Высокое содержание оснований в руде является, вообще говоря, благоприятным моментом, позволяющим без добавки флюсов или с небольшой добавкой кварцитов дать нормальный доменный шлак; высокое же содержание окиси магния, затрудняющее получение нормальных шлаков (получаются неудовлетворительные, мало подвижные шлаки) и борьбу с серой (при коксовой плавке), следует признать обстоятельством, осложняющим ведение доменной плавки. Содержание этих окислов в породообразующей части ионской руды настолько выходит из рамок обычного, что наша коксовая доменная практика не знает случая плавки руды такого качества;² в виду этого вопрос о поведении этой руды в

¹ См. новые анализы в приложении XI.

² Опыт работы древесноугольной печи Петровского завода в Забайкалье подтверждает возможность работать при древесноугольной плавке на шлаках с содержанием до 32% магнезии.

процессе доменной плавки должен быть подвергнут специальному изучению путем опытной плавки одной ионской руды или в смеси с железистыми кварцитами Имандровского месторождения.

Это тем более необходимо, что все имеющиеся пробы взяты из шурфов или канав, т. е. в поверхностной зоне, где, несомненно, имели место окислительные процессы, поэтому возможно (по аналогии с другими месторождениями) ожидать дальнейшего увеличения содержания окиси кальция и окиси магния, по мере увеличения глубины залегания.

Однако, рассматривая ионскую руду в качестве одного из компонентов доменной шихты (что, в частности, будет иметь место при ее экспорте), необходимо признать наличие в ней избыточного количества оснований; это — несомненное достоинство, увеличивающее ее ценность в условиях работы на европейских металлургических заводах, где шихта обычно составляется из нескольких (5—10) компонентов. Это свойство руды дает экономию на подвозе известняка и на расходе тепла на его разложение, а также уменьшает относительное количество шлака и удельный расход шихты на единицу чугуна, обуславливая тем лучшее использование объема печи и повышение ее производительности.

Хотя по данным бороздовых анализов, представляющих рудную массу без неизбежного отсева примеси, и наблюдается широкий диапазон колебаний фосфора (от 0.24 до 1.3%) в богатых железом полосчатых рудах, следует, однако, ожидать, что качественная характеристика добытых руд, благодаря самоотсеиванию в процессе эксплуатации, будет, по всей вероятности, выше, чем это вытекает из анализов проб, полученных в процессе разведки. В этих условиях есть основания ожидать, что по своему качеству рыночные сорта ионских руд, как в отношении ассортимента (кусовая руда, шлихи), так и в отношении среднего валового содержания железа (55—60%) и диапазона колебаний содержания фосфора (0.1—0.5%), будут приближаться к экспортируемым шведским магнетитовым железнякам; при этом не исключена возможность, что по сравнению с преобладающими сортами шведских экспортных руд чистая по сере ионская руда может оказаться менее загрязненной, уступая лишь отдельным высоким сортам по содержанию железа.

Известную тревогу вызывает имеющееся в материалах по опробованию месторождения указание на присутствие цинка в виде сульфидов (цинковой обманки); однако это не подтверждается химическим анализом, показывающим во всех пробах очень низкое содержание серы, недостаточное для образования сульфидов цинка. В силу этого более подробное исследование вопроса о содержании цинка является безусловно необходимым для окончательной оценки промышленного значения этого месторождения.

Организация добычи и обогащение ионских руд

В отношении возможных условий добычи ионских руд, залегающих в совершенно разрушенных позднейшими процессами боксовых породах, надлежит отметить, что данные предварительного опробования, характеризующие свойства этих пород и взаимоотношения минеральных компонентов, позволяют, по видимому, отнести Ионко-Ковдорское железорудное месторождение к весьма благоприятным для эксплуатации, обеспечивая возможность, после примитивного обо-

гащения, получения богатых и качественных руд, с попутным использованием бедных руд.

Согласно приведенной выше качественной характеристике, руды Ионского месторождения разделяются на сплошные магнетитовые породы, с незначительной примесью кальцита и апатита, и на полосчатобрекчиевидную руду, состоящую из мелких гнезд или скоплений магнетитовых октаэдров различной величины, сцементированных главным образом кальцитом и апатитом. Самоотсев при добыче после отгрохочения богатых магнетитовых руд будет, следовательно, состоять из мелкого магнетита, кальцита и апатита. Разрушенность боковой породы, возможно, позволит вести эксплуатацию почти без взрывных работ, одними экскаваторами, и лишь для железорудных полос, богатых магнетитом, потребуются взрывные работы для легкого разрыхления.

В процессе добычи в первую очередь будет получаться, путем пропускания добытой руды через наклонный скат-грохот, на котором в процессе спуска отсеивается значительное количество примесей апатита, кальция и скарновых минералов, богатая магнетитовая руда, с содержанием валового железа свыше 50%.

Отсеянная через грохоты мелочь может быть обогащена путем несложного мокрого обогащения на вращающейся бутаре,¹ по методу, применяемому в Нижнем Тагиле для обогащения валунчатых руд, с получением высококачественной магнетитовой руды, состоящей из кристаллического магнетита размером 1—3 см.

Процесс обогащения ионской рудной мелочи будет, таким образом, в основном заключаться в следующем: рудная мелочь поступает через бункер в вращающуюся бутару; параллельно с рудной мелочью в цилиндр бутары поступает руда, при этом рудные глыбы более тяжелого удельного веса описывают траекторию по спирали бутары вместе с мелочью, частично выливаемой по пути через отверстия. Конечно, обогащение самой мелочи производится водой, уносящей частицы более легкого удельного веса. Вода для мокрого обогащения в необходимом количестве может быть получена из реки Ковдоры, имеющей довольно постоянный дебит в течение круглого года.

Следует, однако, иметь в виду, что недостаточная изученность руд Ионно-Ковдорского месторождения не позволяет еще на данной стадии делать окончательные выводы о методах обогащения этих руд. Возможные варианты ионно-ковдорских руд будут в конечном итоге определяться кондициями на руду (в частности, в отношении содержания железа и фосфора), в зависимости от ее назначения.

Что касается системы добычи при эксплуатации, то форма и рельеф наиболее разведанной горы Пилькома-Сельга позволяют применять систему уступов с двух сторон горы, или, возможно, даже круговые уступы, причем один этот участок до уровня озера Ковдора может обеспечить добычу открытыми работами до 25—30 млн. т рудной массы.

Возможный масштаб добычи и потребные капиталовложения на рудник первой очереди

При отсутствии исчерпывающей эксплуатационной характеристики месторождения ориентировочные размеры возможной добычи могут быть примерно определены исходя из горизонтальной площади месторожде-

¹ Так называется колоколообразный цилиндр с внутренней спиралью и ситовидными отверстиями в стенках цилиндра.

ния и интенсивности разработки этой площади, характеризуемой «коэффициентом эксплуатации», т. е. ежегодным съемом руды с 1 м^2 горизонтальной площади залежей. Для ИONO-Ковдорского месторождения, отличающегося большой мощностью рудного тела, большим удельным весом руды и т. п., этот коэффициент возможно принять равным 50.

При эксплуатационной площади в 150 тыс. м^2 возможная годовая добыча по южному участку определяется примерно 5—8 млн. т.

Для первой очереди ежегодная добыча рудника может быть принята около 1 млн. т с тем, чтобы в дальнейшем — при переходе на систему подземных работ — соответственно реконструировать этот рудник.

Немалую ценность будет представлять отвал, могущий, повидимому, служить хорошим сырьем как для томасовского процесса, так частично и для приготовления высококачественного фосфато-кальциево-магнезиального удобрения.

Организация добычи известняков и необходимые капиталовложения

Эксплоатацию указанных выше известняковых линз ИONO-Ковдорского района возможно вести системой открытых работ, поскольку эти известняки расположены на положительных отметках в отношении р. В. Ковдоры, не водоносны и не прикрыты большими наносами. Угол склона вполне благоприятствует проектированию спускных сооружений. Так как породы весьма устойчивы, а разрушенный мелко дробленный известняк не представляет в отношении обвала большой опорности, уступы могут быть запроектированы до 20 м. Разработку известняков с максимально обнаженными плоскостями следует признать желательной, так как при вертикальном обнажении раздробленного известняка выветривание способствует отсеиванию плохо сцементированного апатита.

Возможный масштаб годовой добычи рудника 1-й очереди определяется приблизительно в 700 тыс. т.¹

Организация транспорта железной руды, известняков и слюды до Кировской магистрали и необходимые капиталовложения

В условиях отдаленности ИONO-Ковдорского горно-промышленного района от железнодорожной магистрали (в расстоянии 92 км по воздушной линии от ст. Пинозеро Кировской железной дороги до конечной точки — оз. Ковдор) транспортная проблема приобретает решающее значение в вопросе освоения этого района. Существует два варианта разрешения транспортной проблемы для освоения ИONO-Ковдорского комплекса: водный — путем сооружения канала через ИONO-Имандровскую водную систему, и железнодорожный; последний — в условиях короткой навигации — имеет несомненные преимущества, поскольку водный транспорт будет связан с огромным складским хозяйством и лишней перегрузкой.

С народнохозяйственной точки зрения сооружение железной дороги, соединяющей месторождение с Кировской магистралью, является тем более эффективным, что эта дорога охватывает наряду с железорудным районом также и нетронутые лесные массивы, не тяготеющие к сплавной системе озера Имандра, и слюдяные месторождения и позво-

¹ Эта цифра может быть увеличена при механизации процессов и расширении фронта работ (прим. А. Е. Ферсмана).

ляет эксплуатировать единственный на Кольском полуострове более чистый известняк, могущий быть применимым как для плавки никелевого концентрата в Мончегорске, так и частично для глиноземного производства на Кандалакшском комбинате.¹

Слабым моментом в экономике грузооборота железной дороги является односторонний грузопоток, при котором встречные грузы относительно малы в сравнении с рудными товарными грузами. Однако при постоянном росте производительности рудника следует ожидать, что загрузка дороги достигнет обычного грузооборота, приемлемого для рудничных ответвлений. Трасса железнодорожной ветки, соединяющей Ино-Ковдорское месторождение с Кировской магистралью, может быть выбрана по одному из следующих вариантов:

а) от ст. Пинозеро Кировской железной дороги до железорудного месторождения, протяжением не менее 120 километров;

б) по трассе, соединяющей Ионский район, включая и железорудное месторождение, с Беломорской губой у станции Кандалакша Кировской железной дороги, общим протяжением до 140 км.

Вопрос о выборе того или иного варианта должен быть разрешен после технико-экономического сравнения их основных показателей; но совершенно очевидно, что с общехозяйственной точки зрения первый вариант, как проходящий через район, богатый природными ресурсами, заслуживает особого внимания.

ПРИЛОЖЕНИЕ VIII

ОЧЕРКИ КОЛЬСКОГО ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

(из фондов СОИИС и Кольской базы АН 1935 г.)

Проблема производства серной кислоты из пирротинов

К началу второго пятилетия производственная мощность сернокислотных установок Союза представляла около 810 тыс. т. Между тем, продукция серной кислоты в том же 1932 г. выразилась всего в 495 тыс. т. Разрыв между мощностью и продукцией произошел в результате ряда причин, но основной причиной был недостаток сырья. Сырьем для производства серной кислоты — по традиции, шедшей еще с довоенных времен, — служил главным образом пирит или рядовой серный колчедан. Еще в 1931 г. на долю серного колчедана приходилось 92% всего сырья наших сернокислотных заводов.

Тем не менее, к началу второго пятилетия отнюдь нельзя было сказать, чтобы в недрах Союза не было разведано достаточного количества сырья для производства серной кислоты. Если запасы чистого серного колчедана у нас, действительно, невелики, то запасов других источников серы — природной серы, флотационных хвостов обогащения медных колчеданов, колчеданов угольных месторождений, сернистых газов металлургических печей, сульфатов, гипса и пр. — у нас вполне достаточно для того, чтобы обеспечить весьма крупный рост сернокислотной промышленности.

В соответствии со сказанным перспективный план второго пятилетия, намечая рост продукции серной кислоты в четыре-пять раз, коренным образом перестраивает сырьевое снабжение сернокислотных за-

¹ Пройдет она через районы богатейших керамических пегматитов с большими запасами полевого шпата и кварца (прим. А. Е. Ферсмана).

Виды сырья	1932 г.	1937 г.
	(в процентах)	
Рядовой колчедан	71.3	14.5
Флотационные хвосты	19.1	46.3
Сернистые газы	3.5	23.1
Прочие (газы, колчедан из углей и др.)	6.1	16.1
	100.0	100.0

водов, как это видно из таблицы.

Эта перестройка, радикально расширяя сырьевую базу для ряда районов и индустриальных центров, не разрешает все же проблему сырья для получения серной кислоты на северо-западе Союза.

Если принять во внимание, что как ресурсы серного колчедана, так и ресурсы флотационных хвостов и сернистых газов сосредоточены преимущественно на Урале и в более далеких восточных районах, а также на Кавказе, то окажется, что снабжение старых промышленных районов с развитой химической промышленностью попрежнему будет связано с дальним транспортом серноокислотного сырья.

Правда, центральный промышленный и южный горно-промышленный районы располагают в своих недрах еще одним видом сырья — колчеданом из углей, но зато Ленинградская область, даже в условиях коренной реконструкции сырьевой базы серноокислотного производства, вынуждена нести большие транспортные издержки на перевозку сырья. Если допустить, что для обеспечения программы производства серной кислоты в Ленинграде в 1937 г. потребуются всего 200 тыс. т колчедана или хвостов с Урала, то это требование будет связано с работой транспорта, равной 400 млн. т/км.

Из изложенного ясно, что в силу особенностей размещения серноокислотного сырья и потребляющей его промышленности Ленинградская область крайне заинтересована в изыскании местных источников сырья.¹ Это общее положение для области может быть еще с большим основанием применимо к Кольскому полуострову, так как здесь мы имеем громадные ресурсы горно-химического сырья, для переработки которого нужна серная кислота. При наличии последней здесь складывается благоприятная обстановка для производства фосфорных туков из апатитов, нефелина, глинозема, силикагеля, квасцов и др. продуктов, из сфенов — двуокиси титана, из эвдиалитов — двуокиси циркония и т. п.

Таким образом, и высоко развитой химической промышленности Ленинграда, и все более развивающейся целлюлозной и бумажной промышленности Карелии, и, наконец, мощным ресурсам сырья Кольского полуострова настоятельно требуются местные источники серной кислоты (помимо Мончи. А. Ф.).

При этих условиях обнаружение пирротиновой зоны вблизи Хибинского горного массива (см. стр. 40) было фактом громадного значения для всей Ленинградской области.

Однако пирротин — не обычное серноокислотное сырье. В нем содержится значительно меньше серы, чем в пирите или хвостах обогащения медных руд. Больше того, как мы видели выше, степень сульфидного оруднения пород Хибинской пирротиновой зоны крайне неравномерно колеблется от 10 до 30% серы. Самые рудные залежи представляют собой, как правило, небольшие по запасам тела. Очевидно, что при таком своеобразии нового вида сырья необходимо было провести боль-

¹ Некоторые надежды для Ленинградской области связаны с колчеданами в южной части Карело-Финской республики, где сейчас намечены новые, повидимому, довольно серьезные месторождения (примеч. А. Ф.).

шие как геолого-разведочные, так и технологические исследования для изыскания методов его использования.

Итоги разведочных работ свидетельствуют о том, что полевые исследования нельзя считать законченными.¹ Многие электроаномалии еще вовсе не проверены горными выработками, другие — недостаточно. Качественная сторона пирротиновых руд недостаточно изучена. Из всех более или менее изученных руд залежей заслуживают наибольшего внимания две: залежь № 2 «основного» участка и «центральный» участок западного района, находящийся в 2.5 км от первой. По данным разведки, здесь имеются запасы руды порядка нескольких сотен тысяч тонн, причем внутри пирротиновой зоны можно выделить две-три залежи, расположенные недалеко друг от друга, со средним содержанием серы приблизительно 18%.

Эти залежи расположены в 18—20 км от Кировска и в 1.5—2 км от р. Белой, в местности со спокойным рельефом. В транспортном отношении район залежей вполне доступен и позволяет трассировать дорогу как к ст. Апатиты, так и по направлению к ст. Кировск. Приведенные запасы, правда, не обеспечивают амортизационного срока, а себестоимость руды, повидимому, нуждается в поправке в сторону некоторого увеличения, но основной вопрос заключается в технологии.

Разрешение данного вопроса было предпринято по двум направлениям: во-первых, были произведены опыты обогащения пирротиновых руд и, во-вторых, опыты сжигания необогащенной руды.

Опыты обогащения, произведенные испытательной станцией треста «Апатит», в общем не дали в 1933 г. удовлетворительных результатов.² Обогащению подвергалась руда, содержащая 17.91% серы, т. е. более или менее типичная для комбинации указанных выше залежей. Были испытаны процессы магнитной сепарации, концентрации на столах и флотации. Однако достигнуть хороших показателей обогащения не удалось вследствие тонкой вкрапленности и извилистой формы кристаллов пирротина. Комбинация мокрого процесса с флотацией дала 70% извлечения и 31% содержания серы в концентрате; только флотация показала 74% извлечения и 28% содержания серы в концентрате.

Опыты непосредственного сжигания пирротиновой руды были дважды произведены на заводе «Красный химик» в Ленинграде. Первый опыт был произведен с рудой Пирротинового ущелья, анализ которой дал следующие результаты:

В виде FeS	В виде FeS ₂	В виде сульфата	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	H ₂ O
23.5	4.8	1.9	46.7	0.2	19.7	0.4	0.6
30.2							

Руда представляла собой далеко не типичный образец рудных залежей пирротиновой зоны. Опыт сжигания ее, несмотря на ряд неблагоприятных условий, дал вполне положительные результаты. «Красный хи-

¹ В 1938—1940 гг. работы возобновлены трестом «Апатит». Открыт заслуживающий особого внимания более богатый пиритом район у ст. Апатиты (А. Ф.). Однако до настоящего времени (лето 1940) принципиально новых данных не получено.

² В 1939 г. опыты обогащения в Кировске привели к более благоприятным результатам и дали концентрат в 34% серы; однако необходимость агломерации и самовозгораемость концентрата усложняют производство и практически задачи не решают, тем более, что себестоимость концентрата высока (примеч. А. Ф.).

мик» пришел к заключению, что расход руды такого качества на получение одной тонны серной кислоты составит 1.63 т и что при цене руды франко Ленинград она может конкурировать с уральскими хвостами или колчеданом.

Второй опыт был произведен в декабре 1933 г. Анализ опытной партии руды на этот раз дал иные результаты:

В виде FeS	В виде FeS ₂	В виде сульфата	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Нераств. остаток
17.10	5.63	0.63	34.14	0.30	сл.	0.30	37.00
23.36							

Так как теплотворная способность данной руды оказалась равной 964.9 калорий (против 1393 калорий в колчедане), то опыт сжигания и на этот раз прошел успешно и подтвердил возможность сгорания пирротиновой руды без искусственного подогревания печи. Интенсивность горения зависела от степени грануляции руды, на основании чего «Красный химик» высказался за необходимость грануляции до 1 мм в поперечнике. Расход руды на тонну серной кислоты выразился в 1.65 т. Исходя из стоимости серной кислоты, «Красный химик» пришел к заключению, что при стоимости руды франко завод в Ленинграде она может заменить пирит.

Оба опыта завода «Красный химик» можно выразить в виде двух положений: 1) установлена техническая возможность сжигания пирротиновой руды с содержанием от 23 до 30% серы; 2) доказана экономическая нерентабельность производства серной кислоты из этой руды в Ленинграде.

Все сказанное об исследовательских работах по проблеме производства серной кислоты из пирротинов свидетельствует о том, что исследования не были закончены, что вся проблема остается с 1935 г. в неопределенном состоянии. В самом деле, запасы и качество пирротиновых руд выяснены недостаточно, экономическая целесообразность обогащения не проверена, самое же главное — технология и экономика производства серной кислоты в условиях Кировска остались неисследованными.

Остановимся несколько на последнем вопросе: для производства серной кислоты не важно то, чтобы руда с 23% серы сжигалась в печах, приспособленных для колчедана, а важно определить вообще нижний предел сжигаемости без подогрева пирротиновых руд и проверить степень приспособленности этого типа печи к пирротинам, возможность переоборудования печей или применения другого типа и т. п.

Исследования, проведенные в этом направлении, позволили бы оценить степень пригодности руды для получения серной кислоты и дали бы более точные основания для экономических подсчетов целесообразности их переработки.

Судя по опыту Америки, решение проблемы сжигания пирротинов не представляет собой непреодолимых трудностей. Там в качестве сырья употребляются не только флотационные хвосты, но и кислые гудроны, остающиеся после очистки нефти и содержащие 20—50% серной кислоты, а также ферросульфаты, получаемые при производстве титановых белил с содержанием от 3 до 15% серной кислоты, причем для обжига низкопроцентного сырья применяются мощные вращающиеся горизонтальные печи. Эти печи дают газ с высоким содержанием сернистого

ангидрида (до 11—13%), несмотря на низкое содержание серы в сырье. Стоимость такой печи гораздо ниже стоимости печей Гумбольдта, а себестоимость серной кислоты при работе на колчедане составляет 8—9 долл., при работе же на отбросном сырье 6—7 долл. за тонну.

Таким образом, мы не видим непреодолимых технологических трудностей разрешения проблемы получения серной кислоты из пирротинов. Вследствие неясности качества и количества запасов пирротина, а равно и технологической недоработанности проблемы, вопрос об экономической целесообразности развития данного производства остается открытым.

В этом отношении нам хотелось бы указать на два момента. Во-первых, себестоимость производства серной кислоты, приведенная в отчете «Красного химика» в 1933 г., меньше стоимости серной кислоты в Ленинграде же и в других пунктах.

Во-вторых, рассчитывать на снабжение сернокислотных установок Ленинграда пирротиновым сырьем едва ли возможно при наличии хотя бы на Урале и особенно в Карелии свободных ресурсов колчедана или же флотационных хвостов. Но в качестве местной сырьевой базы для Кировска пирротины заслуживают того, чтобы цикл необходимых геологических и технологических исследований был завершен.

ПРИЛОЖЕНИЕ IX

ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА С СОСЕДНИМИ ОБЛАСТЯМИ

Как мы неоднократно отмечали, специфические черты геохимии Кольского полуострова очень остро ставят вопрос о необходимости установления прочных экономических связей с соседними областями и странами. Это особенно диктуется отсутствием на Кольском полуострове угля, нефти и обычных солей.

Попытаемся в общих чертах наметить эти хозяйственные связи:

Карело-Финская республика геохимически очень сходна с территорией Кольского полуострова, но и она, тем не менее, в ближайшие годы сможет сыграть значительную роль. Прежде всего открытие в 34 км от ст. Лоухи сравнительно небольшого месторождения кианита (с запасами порядка 2—3 млн. т кианита) не является конкуренцией «Большим Кейвам», а, наоборот, позволит промышленности огнеупоров и металлургии алюминия скорее ознакомиться с этим полезным ископаемым и перенести опыт на строительство более крупных предприятий на самом Кольском полуострове.

Возможно, что некоторую роль в снабжении кольской промышленности смогут сыграть месторождения известняков у Куола-Ярви (Вуориярви), которые включены в Карело-Финскую республику и географически лежат вне Кольского полуострова. Впредь до окончания постройки железнодорожной ветки к Ионе использование известняков Вуориярви может быть весьма полезным. Однако отсутствие разведок и качественной характеристики этих известняков и других полезных ископаемых этого района не позволяет пока говорить о них более определенно.

Современное снабжение фосфорного завода кварцем из пегматитовых разработок Северной Карелии надо считать временным и нецелесообразным, при наличии богатейших кварцевых жил, например, в районе Зашеек.

Наконец, некоторую роль в использовании ванадиевых хвостов эгинина может сыграть пудожгорская металлургия.

Северный край. Гораздо большее значение для кольской промышленности в будущем будет иметь Северный край с его изобилием гипсом, известняком высоких марок, цементным сырьем и солями. Прекрасные водные пути сообщения обеспечивают дешевизну перевозок этого, в общем, дешевого сырья.

Наиболее интересным вопросом для кольской химической промышленности является снабжение каменной солью. В 1939 г. буровая на р. Коряжне (приток р. Вычегды), в 40 км на восток от Котласа, наткнулась на пачку стоев каменной соли. На глубинах 514–700 м соль образовывала пропластки в 9.5, 4.5 и 1.60 м, но была загрязнена и смешана местами с прослойками доломита и глины. Намечено бурение и в других районах, к северу и особенно западу от Котласа, с целью обнаружения пермской соли на меньших глубинах и более высоких качеств. Обилие соляных источников заставляет быть уверенным в правильности прогноза А. А. Чернова.¹

Тимано-Печорский край будет играть совершенно исключительную роль в снабжении Кольского полуострова столь необходимым ему сырьем — углем, нефтью и частично солями. Успехи изучения района нефтеносных отложений как по Ухте, так в особенности по самому течению Печоры намечают очень важные и дешевые пути перевозки нефтяных продуктов по Печоре до Нарьян-Мара и далее до Мурманска.²

В этом отношении особо интересны девонские угли Северного Тимана, которые могут совершенно по-новому разрешить угольную проблему Мурманска.³ Эти угли открыты по р. Волонге, в 17 км от восточного берега Чешской губы, на западных склонах Тимана. Хотя их разведка начнется только в 1940 г., но уже сейчас можно сказать, что мы имеем дело с несколькими (повидимому, 9) пачками углей, мощностью от 30 до 85 см. Они залегают над базальтами, тектонически нарушены не сильно, повидимому, имеют большое простирание и, может быть, отдельные пачки доходят до самого моря. Ряд прослоек носит характер угольных сланцев, с очень высокой зольностью, до 40–50%; повидимому, имеются и более ценные сорта; так, уголь в 17 км от пос. Волонги дал:

влаги	11.67	при высокой тепло- творной способности в 6528 калорий
серы	4.08	
зола	10.18	
летучих	38.50	

Хотя еще не было детальных разведок, а наблюдения сделаны только по отдельным расчисткам, есть все основания ожидать здесь наличия промышленных запасов и лучшего качества.

Очень важно, что добыча угля в районе Волонги не представит особых затруднений, вывоз по Чешской губе и Баренцову морю (около 600 км) доступен почти круглый год, а погрузка на суда, при постройке специального мола, может производиться непосредственно из рудничных вагонеток. Если Мурманск мог бы в год получать до полумиллиона тонн этого угля, то при всей его зольности это значительно ослабило бы дефицит в тепловой энергии и потребовало бы постоянного исполь-

¹ А. Е. Первухина. Соляные ист. Сев. края, как основа для поисков каменной соли. Труды Сев. базы, 1940, V.

² Средней точкой для снабжения чугуном всего Севера является район Плесецкой — Котласа, куда экономически выгодно сходится печорский уголь (кокс) и кольская железная руда. Обратные вагоны, привозящие руду в Котлас, могут быть использованы для завоза угля на Кольский полуостров.

³ А. Е. Первухина. Советская геология, 1940, № 8, стр. 73—76.

звания лишь 4—5 судов (в 3000 т каждое) с весьма дешевым морским фрахтом.¹

Вообще, Тиманско-Печорский край сыграет огромную роль в дальнейшем укреплении экономики Кольского Севера. Это становится особенно убедительным при сравнении геохимических комплексов Кольского полуострова и Печорского клина: они резко противоположны как по своей геологической и геохимической истории, так и по списку главных полезных ископаемых:

А	В
нерудные ископаемые, фосфорное сырье, цветные и редкие металлы, сульфиды, грандиозные запасы железных руд	уголь, нефть, горючие сланцы и газы, соляные рассолы, гипсы, известняки, соли бария

Столбец А соответствует богатствам Кольского полуострова, а В — дефицитному для него сырью. Для Ухто-Печорского края соотношения меняются: столбец В является для него характерным, а столбец А — дефицитным.

Оба комплекса различны по своей геологической и геохимической истории, оба дополняют друг друга, взаимно укрепляя север, сливая вместе богатства магматических образований с богатствами осадочных свит.

Район Котласа является точкой, приблизительно равно отстоящей и от Воркуты и от железных руд Кольского полуострова, к тому же частично связанной водными перевозками с Кандалакшей, Мурманском и северными морскими гаванями. Строительство железнодорожных путей Беломорск — Плесецкая — Котлас и Воркута — Ухта — Котлас решат будущее нашего Севера.²

Пай-Хой и Полярная Сибирь. Некоторое значение для Кольского полуострова могут иметь и более восточные районы. Так, для Кандалакшского алюминиевого завода, впредь до организации выделения собственного фтора из апатита, на Кольском Севере будут играть роль огромные запасы флюорита Амдермы; частично обратными судами может завозиться уголь Норильска; уже сейчас этот путь намечено использовать для перевозки норильских металлов для их электролиза в Мончегорске.

ПРИЛОЖЕНИЕ X

СХЕМА ОСВОЕНИЯ СОВЕТСКОЙ АРКТИКИ³

(Экономическая бригада Комплексной Карело-Мурманской экспедиции АН СССР, 1935 г. Комплексная Камчатская экспедиция АН СССР и Наркомпищепрома СССР, 1935 г.)

Проблема подступов освоения. Строительство Советской Арктики, создание «целого материка на Севере», даже в условиях бурно растущего социализма в СССР, является делом, требующим на-

¹ Возможно говорить и об использовании свободного тоннажа возвращающихся с востока судов.

² А. Ферсман. Анализ геохимических комплексов. ДАН, XXVIII, 1940, т. 28, № 2.

³ Выдержки из тезисов докторской диссертации А. М. Волкова. «На подступах освоения Советской Арктики (Мурман — Камчатка)». Три тома, 1020 стр., Москва, 1935—1939.

пряженного труда и внимания, планомерного создания опорных баз не только в более освоенных и доступных, но и в более близких к Арктике зонах Союза, — в зонах, в свою очередь опирающихся на всю мощь нашей страны. Объем возникающих задач освоения требует мыслить эти опорные базы в масштабах величин целых стран капиталистического мира.

Богатейшие Мурман и Камчатка, как территории в настоящее время более освоенные, чем Советская Арктика, и лежащие на противоположных концах Северного морского пути, приобретают в нашем представлении значение восточного и западного подступов освоения Советской Арктики в едином плане строительства этой зоны, как и всего СССР.

Их роль в нашем замысле подчеркивается наличием на Камчатке и Мурмане незамерзающих портов международного значения, акваторий открытых морей и рядом других существенных моментов, освещаемых в наших исследованиях.

Новое качество расцветших после социалистической революции (заброшенных и разоряемых до 1917 г.) Мурмана и Камчатки, выдвигает задачу, на ряду с генпланом строительства Арктики, создания гипотезы и плана строительства западной и восточной базы ее освоения, исходя из современной хозяйственной проблематики Камчатки и Мурмана.

Решение этой задачи максимально обеспечивает рациональный, целевой план очередности исследования и строительства ведущих звеньев всей зоны, ее узлов и народнохозяйственных комплексов (Июкалга, Сагастыр, Нордвик, бухты пролива Литке, Петропавловск на Камчатке и др.).

Необходимые исследования даже только решающих объектов колоссального района потребуют многих лет. Поэтому разработка гипотезы освоения всей зоны из дела, казалось бы, отдаленного будущего превращается в острую задачу современности: «превратить к концу третьей пятилетки Северный морской путь в нормально действующую водную магистраль, обеспечивающую планомерную связь с Дальним Востоком» (тов. Молотов).

(Последующий текст, характеризующий производительные силы Камчатки под углом зрения исследования автора, опускается как не имеющий прямого отношения к настоящей книге.)

Мурман. Строительство Кольского полуострова связано с кипучей деятельностью С. М. Кирова. За десяток лет Мурман стал широко популярен в нашей стране. Его значение подчеркивается личным посещением этого района тов. Сталиным и тов. Ворошиловым.

Природа, ископаемые, рыбные богатства, обилие гидроэнергетики, самые северные в мире гидростанции, химическая и полиметаллическая промышленность, мощная электрифицированная железнодорожная магистраль — в основных чертах известны каждому. Развитие Мурмана идет быстрее, и уровень его выше развития Камчатки.

Однако не все части Кольского полуострова одинаково освоены и даже исследованы. Его северо-восточная часть, так же, как и географический центр (район Кейв), еще недавно были белым пятном на советских картах. Полная хозяйственная оценка полуострова, создание гипотезы его дальнейшего строительства возможны лишь при его целостном восприятии, при оценке его положения в связи и противопоставлении с характером соседних районов.

Северо-восточный, еще не освоенный Мурман представляет не менее широкие энергетические, индустриальные, рыбпромышленные, портовые, а следовательно, и транспортно-морские возможности, чем его изве-

стные и более освоенные части, пока вытянутые узкой меридиональной лентой вдоль линии Кировской железной дороги и Кольского залива.

Основными проблемами освоенной части Мурмана, как и всего полуострова в целом, были и остаются проблемы населения, топлива и транспорта. В последнее время к этому прибавляется необходимость расширения энергетической базы полуострова в целом.

Население Мурмана необычайно быстро растет, но его все еще недостаточно.

Углеснабжение полуострова базируется на продукции концессионных копей Шпицбергена и дальнепривозном донецком топливе. Это обуславливает дороговизну угля на Мурмане и, помимо того, нецелесообразно в ряде отношений.

Бурный рост промышленности, электрификация транспорта, рост энергоемких отраслей выдвигают со все большей определенностью необходимость укрепления приходной части топливного и электрического баланса Мурмана в целом. Используемые в настоящее время мощные источники гидроэнергии должны быть усилены, чтобы обеспечить дальнейшее строительство освоенной, а также центральной и северо-восточной (пока неосвоенной) частей полуострова.

В свете этой обстановки выдвижение использования энергии бассейна Баренцова моря (Териберки, Вороньей, Вост. Лицы, Харловки, Иоканги, Поноя), составляющего более половины мощности всей гидроэнергии Карело-Мурманского края, приобретает существенное значение и на много лет решает возможность дальнейшего строительства цветной металлургии, химической промышленности, промышленности редких металлов и земель, равно как и других отраслей хозяйства, в том числе и электрифицированного транспорта Мурмана.

Пространственная близость течений рек бассейна Баренцова моря предопределяет близость генерирующих точек и возможность их дальнейшего кольцевания.

Движение освоения Кольского полуострова в центр и на северо-восток решает и ряд других существенных проблем, в частности — освоение новых ресурсов ценнейших полезных ископаемых и богатейших рыбных ресурсов этой части Баренцова моря. Подход к более легкой эксплуатации несметных рыбных богатств Чешской губы, менее доступной для действия тралщиков при условии их опоры на базу Кольского залива, также обеспечивается этим путем.

На ряду с Мурманским рыбным портом, в условиях движения на северо-восток открывается возможность создания Иокангского порта, по своим качествам почти не уступающего великолепной бухте Кольского залива. Иокангский рейд с суши обеспечивается мощной гидроэлектроэнергией р. Иоканги, при необходимости легко допускающей кольцевание с рядом соседних, наиболее мощных в этом районе гидроэнергоузлов.

Портовое строительство в указанной точке открывает доступ не только к Канинско-Печорскому рыбному району мирового значения, но и к полиметаллическим рудам северных островов, плавиковому шпату Амдермы, приближает к освоению углей и нефти Печоры и Тимана.

Использование противположностей геологического строения недр Кольского полуострова и северного Урала, увязанных общностью морской акватории, на базе наиболее дешевого морского транспорта, приобретает значение далеко не местного характера. По мере увеличения технических средств, укрепляющих северо-восточную часть Мурмана, не только энергетическая, но и топливная проблемы Кольского полуострова решаются на другом, значительно более приемлемом базисе.

Возможные вариации промышленных отраслей, возникающих на комплексном использовании минеральных ресурсов Мурмана, способы обеспечения рядом вяжущих строительных материалов — факт, достаточно существенный в смысле облегчения строительства портов полуострова и западной зоны Севморпути.

Рассмотрение новых пространственных соотношений и сочетаний технологических процессов отдельных отраслей производства и хозяйства Кольского полуострова в условиях не только освоенной полосы, но и всего Мурмана приводит к разнообразнейшим возможностям их нового, более эффективного комбинирования.

Совокупность приведенных в исследованиях фактов и соображений по-иному, казалось бы, решает вторую по трудности проблему Мурмана, — его транспортное освоение. Появление новых морских путей и портов на северо-востоке дает возможность более выгодно комбинировать их и новые соединительные линии сухопутного транспорта, работающего на электроэнергию и связанного с системой автожелезнодорожного строительства.

Освоение северо-востока Мурмана концентрирует в зоне Иокангского рейда (связанного железнодорожным транспортом с Кировской магистралью) мощную энергетику, весь технический арсенал, ресурсы и кадры, флот и продукцию на перекрестке мировых морских сообщений на пороге ворот Карского моря.

Значение Мурмана и Камчатки в освоении Советской Арктики. Широко распространенное представление о необитаемости, примитивности хозяйства, первобытности состояния природы, — как типичных для Арктики — в нашей стране рассеяно. Нам всем ясно, что не градусы широты Манитобы (52°) или штата Нью-Йорк (43°), северной Гренландии (75°) или Диксона (72°) вызывают различие уровней их экономического развития.

Понимание исторически сложившихся причин различия хозяйственной позиции разных территорий Севера, огромность богатств Советской Арктики возбуждает в нас волю к ее социалистической реконструкции и освоению. Однако объем задач, стоящих перед нашей страной по освоению Севера, грандиозен. Заполярье всех капиталистических стран составляет 7.4 млн. км², Советское Заполярье равняется 10 млн. км².

Отдавая себе отчет в трудности решения задачи, мы должны систематически подготовить и начать штурм Крайнего Севера одновременно и с трудных и с наиболее доступных участков.

Укрепляясь в высоких широтах и работая в низких температурах, на противоположных сторонах от зоны их распространения, мы должны использовать более благоприятные возможности нигде не повторяемых сочетаний элементов природы Мурмана и преимущества, лежащие в средней зоне Камчатки, опираясь на экономику, кадры и пр. внутренних частей страны.

Анализ возможных сочетаний географического размещения элементов хозяйства, узлов и комплексов приводит в западном подступе освоения Арктики к возможности перемещения основных баз ГУСМП из Ленинграда в Мурманск и из Мурманска на северо-восток Кольского полуострова, на Иокангский рейд. В этих условиях расстояние от названных точек до ворот Карского моря последовательно укорачивается с соответствующей экономией ходового времени судов, снижением потребного ремонта, расходов и т. д.

Движение освоения на северо-восток Мурмана переводит начальные участки Северного морского пути из замерзающих (в Балтике) в незамерзающие порты зоны Гольфстрима, ставя северный флот в непосредственную близость к входу в Карское море.

Нечто подобное осуществимо и на восточном подступе Советской Арктики при возможном перемещении баз ГУСМП из Владивостока в Петропавловск на Камчатке и, на ряду с последним, — в Усть-Камчатск, зону пролива Литке и бухты Олюторки. В этих условиях расстояния от названных точек до Берингова пролива последовательно сокращаются на 2500—3500 км или до 10 суток в днях пути, при соответствующем снижении эксплуатационных и других расходов.

Движение на северо-восток приводит ГУСМП в исключительный по своим свойствам незамерзающий Петропавловский порт и лучшие бухты восточного побережья Камчатки, по ряду которых уже имеются законченные разработкой проектные задания строительства, без учета, однако, потребностей Северного морского пути.

В итоге перемещения начальных звеньев работы на западный и восточный подступы освоения Советской Арктики, в целом сокращается радиус работы судов на 4000—8000 км, сроки плавания сокращаются на 15—18 дней. Это мероприятие обеспечивает возможность работы вне чуждых проливов, исключительно в советских водах вблизи наших берегов, в прекрасных, не загруженных другими функциями, незамерзающих портах.

Работа Северного морского пути на Камчатке и северо-восточном Мурмане, в свою очередь, стимулирует более быстрое развитие этих территорий, повышение их обороноспособности, ликвидацию иностранного хищничества в наших водах и т. п.

Освоение северо-восточного Мурмана, несмотря на исключительные успехи сельского хозяйства в зоне Хибин, не создает значительных дополнительных продовольственных ресурсов для западной зоны Северного морского пути. Однако эта проблема решается здесь связями с центром страны, с районами, все более и более превращающимися, благодаря продвижению земледелия на север, из потребляющих в производящие.

Строительство северо-восточного Мурмана, отражая специфику хозяйства всего полуострова, укрепляет индустриальной базой освоение Северного морского пути с запада, в частности — базой судоремонта, судостроения, производства цемента, стройдеталей и т. д.

На базе энергии северо-восточного Мурмана возможна постановка переработки концентратов зоны Северного морского пути, удачно увязывающаяся с общим профилем промышленности Кольского полуострова.

Северо-восточный Мурман, благодаря возможности легкой связи с крупнейшими культурными центрами страны, может стать одной из значительнейших баз научно-технического освоения зоны Северного морского пути.

Строительство специального завода в Кандалакше, предусмотренное тезисами тов. В. М. Молотова, приведет к комплексной переработке апатито-нефелиновой породы, получению алюминиевого сырья и ряда редкоземельных концентратов. А это, в свою очередь, технологически предопределяет получение термо-фосфата и пеков, используемых на цемент. Необходимость доставки последнего с дальних радиусов в Заполярье тем самым будет ликвидирована. Север на месте получит вяжущие, влагоустойчивые стройматериалы и термофосфат, — удобрение для кислых и болотных почв.

Использование алюминиевого сырья связано с наличием плавня алюминия — криолита, получаемого из плавикового шпата. Лучшие разности и обильные запасы последнего имеются в западной части Советской Арктики — в Амдерме. Расширение работ в этом пункте создает

подступ к печорским углю и нефти для их использования, в частности, и в северном направлении.

Ископаемые районов Северного морского пути — огромная, пока не целиком осознанная предпосылка дальнейшего развития хозяйств Мурмана и Камчатки. «Третья пятилетка — пятилетка химии». Трудность постановки химии на Мурмане — в недостатке солей. В соли нуждается наша рыбная промышленность зоны Баренцова моря и Тихого океана. Арктический Нордвик при концентрации внимания к этому объекту способен дать для Мурмана и Камчатки недостающую соль.

Природные ресурсы Мурмана способны обеспечить постановку на месте производства электроизоляции, стекла для овощеводства закрытого грунта в зоне Северного морского пути, дать фтористые соединения для пропитки деревянных частей, гарантирующие их сопротивляемость при соприкосновении с влагой, дать мелиоративную керамику для нужд осушения и ряд других средств освоения Арктики.

Высоко-огнеупорное сырье (силлиманит и кианит северо-восточного Мурмана) должно быть учтено в перспективных перевозках Северного морского пути тем более, что выход этого сырья ориентируется на воду и морские перевозки.

Дополнительная энергетическая база Западного цикла может быть обеспечена электроэнергией бассейна рек Баренцова моря (северо-восточный Мурман); портовая, транспортная база — Иокангским рейдом; сухопутная транспортная связь с центрами страны — коротким электрофицированным железнодорожным соединением Иоканга — Ловозеро.

Мы сознательно оставляем в стороне разнообразнейшие и широчайшие возможности ископаемых центральной части Мурмана, которые будут привлечены в строительство в связи с устройством этой территории в транспортном отношении по связи ее с северо-восточными портами и ГЭС.

Рыболовные колхозы западной, более освоенной части Мурмана — миллионеры. В мало освоенной северо-восточной части Мурмана, при наличии неиспользуемых 2 млрд. киловатт гидроэнергии района, колхозы остаются все еще недостаточно мощными. Освоение северо-восточного Мурмана — средство превращения тамошних колхозов в организации, подобные западноречным.

Освоение Камчатки и северо-восточного Мурмана дает нашей стране, превращающейся в мировую морскую державу, ряд новых незамерзающих портов, более удаленных от очагов войны.

Освоение Мурмана и Камчатки есть увеличение численности их населения. На определенном уровне оно станет ресурсом пополнения кадров Северного морского пути людьми, знакомыми с Севером, свыкшимися и знающими условия работы в северных морях.

Реконструкция северо-восточной части Мурмана, освоение Камчатки создают дополнительный стимул роста, выдвижения и развития народов Севера.

Обилие термальных и минеральных источников Камчатки облегчает возможности курортного и лечебного отдыха трудящихся зоны Северного морского пути в условиях несравненно большей близости от мест их работы.

На ряду с дальнейшим ростом рыбного хозяйства замкнутого Каспия, необходимо всемерное развитие рыболовства в морских, открытых богатейших районах страны и в первую очередь в ДВК, на Камчатке и Мурмане. Излагаемая концепция, естественно, приводит к решению этой задачи в целом во всей зоне.

Расширение активности советского рыболовства в северных и особенно тихоокеанских водах приведет в будущем к изучению эксплуатации пока не используемых объектов моря — акул, скатов, моллюсков, водорослей и т. д. Эти продукты в настоящее время добываются капиталистическим рыболовством в масштабе миллионов центнеров на сотни тысяч и миллионы долларов. Указанная продукция, представляя собой предмет широкого спроса огромного населения стран юго-востока Азии, создаст валютные ресурсы дальнейшего строительства СССР.

Учитывая колоссальные лесные, ископаемые и другие богатства нашего Сибирского Севера, кратчайшие морские пути, которые в будущем объединят континенты, — требуется своевременная подготовка не только южных выходов на сибирскую железнодорожную сеть, но и значительных специальных морских баз на западном и восточном выходах в океаны. В этом отношении Мурман и Камчатка представляют крупнейшие возможности. Постепенная подготовка к их использованию в данном направлении должна быть начата в ближайшем будущем.

Реконструируемая Камчатка приобретает новое значение в связях СССР с заокеанскими странами. На базе освоения ее легко доступных полезных ископаемых, в частности мировых запасов пемзы (снабжение которой в данный момент — монополия Италии), уже в ближайшее время могут быть завязаны рациональные торговые отношения с Америкой. Свободные трюмы судов на обратном пути могут быть использованы для завоза в зоны работы ГУСМП хотя бы цемента, некоторых механизмов и пр., необходимых на сегодня для более быстрого пробуждения нашего крайнего северо-востока.

Приближение к зоне действий северного мореплавания выдвигаемых нами баз в конечном счете почти вдвое сокращает протяжение всей трассы. Длина последней по варианту Иоканга — Олюторка на 20—30% короче железнодорожных путей Ленинград — Владивосток, Москва — Владивосток. Тарифные и фрахтовые различия еще значительно сокращают экономическое расстояние этого варианта.

В итоге получается значительное повышение производительности труда и эффективности работы всей системы. На этой базе район приобретает предпосылки решения основной задачи СССР — догнать и перегнать в экономическом отношении передовые капиталистические страны.

З а к л ю ч е н и е. Современное и особенно предстоящее значение Тихого океана и его северо-восточной части определяется рядом длительных тенденций и новых фактов современности. Важнейшие из них: все большее, с каждой пятилеткой усиливающееся движение социалистического хозяйства СССР на восток, в зону размещения основных ресурсов Союза; перемещение хозяйственной жизни капиталистической Америки на тихоокеанскую сторону материка; агрессия правящих классов в Японии; освободительная борьба великого китайского народа; пробуждение почти миллиардного населения юго-восточного угла Азии в целом; крайнее обострение противоречий в Европе, приводящее к росту тихоокеанских противоречий. Таковы основные факты, усложняющие положение и подчеркивающие значение и роль нашего тихоокеанского сектора.

Освоение Северного морского пути производит революцию в представлениях о мировых путях транспортно-экономических связей. Важнейшие линии капиталистического мира: а) Немецкое море — зона Малайского архипелага; б) Немецкое море — Сан-Франциско, в) Нью-Йорк — Малайский архипелаг короче связываются новой трассой, чем старыми океанскими путями.

Ограничивая состав возникающих проблем, укажем только, что массив Сибирского леса в 900 000 000 га, ожидающий своего использования, способен послужить достаточным средством притяжения в зону ГУСМП и океанские порты Мурмана и Камчатки тоннажа судов стран района Немецкого моря с запада и американских судов с востока. Анализ тенденций экономики капиталистического окружения — неотъемлемая часть проблемы строительства нашей Арктики.

Составление предварительной схемы освоения зоны, — своего рода «северного ГОЭЛРО», — в свете изложенных фактов совершенно необходимо. В данный момент эта задача значительно облегчается наличием целостной проектировки Ангары, выводящей весь комплекс на берега Охотского моря, рядом отдельных проектировок Камчатки и Мурмана.

ПРИЛОЖЕНИЕ XI

АНАЛИЗЫ ГЛАВНЕЙШИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Ниже мы приводим таблицу наиболее полных и достоверных анализов ряда полезных ископаемых Кольского полуострова. Необходимо отметить, что в таблице помещены только выборочные анализы и дается далеко не полная их сводка, достигающая для Кольского полуострова многих сотен анализов. Необходимо отметить, что в общем — и качественно и количественно — анализы эти весьма неравноценны; наиболее полны и достоверны многочисленные анализы редких минералов и редких металлов, а также апатита и нефелина щелочных магм Хибинских и Ловозерских тундр и Африканды. В этом отношении, благодаря работам Кольской базы АН, мы полностью обеспечены самыми совершенными анализами. В этой же лаборатории за последние годы проведены весьма ценные полные анализы сульфидных руд Мончи, а также анализы отдельных выделенных из них сульфидных минералов. Хуже обстоит дело с анализами железных руд, для которых мы имеем преимущественно чисто технические определения, нередко далекие от достаточно полной характеристики не только чистых минералов, но и самих руд.

Хуже всего обстоит дело с анализами самых простых полезных ископаемых, — особенно известняков и доломитов. Неблагополучно и с анализами глинистых минералов и с их минералогической расшифровкой. Но слабее всего положение с минералами и породами гранитной магмы; для самих гранитов мы не имеем точно изученной последовательной серии анализов гранитных пород разных возрастов. Почти нет точных анализов полевого шпата, случайны и неполны анализы керамических пегматитов, — в этом отношении необходима еще дальнейшая и упорная работа. Тем не менее, необходимо подчеркнуть, что за последние десять лет проделана огромная аналитическая работа не только по линии накопления самого фактического материала, но и, в особенности, по разработке новых методов и точных определений таких трудных в аналитической химии элементов, как ниобий, тантал, титан и редкие земли. В этом отношении нельзя не подчеркнуть особой роли научно-исследовательских работ Кольской базы АН, а также химической лаборатории ЦНИГРИ, которым мы обязаны лучшими анализами, вошедшими в мировую литературу.

При чтении таблиц необходимо учитывать, что мы пытались в них включить, с одной стороны, чисто отобранные минералы из рудного комплекса, а с другой, — средний состав самих рудных или жильных тел. Только путем сравнения и анализа этих двух аналитических рядов возможны правильные выводы по отношению к процессам технологической переработки данной руды и к оценке качественной характеристики месторождения.

Дополнение к приложению XI

Анализы измененных ультраосновных пород Подас-тундры
(Сообщены любезно П. А. Борисовым)

	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O	п. пр.	S	P ₂ O ₅	CO ₂	NiO	
А. Серпентиниты .	38.43	0.13	7.14	4.95	0.15	1.17	0.07	36.71	0.06	0.03		0.43	11.57	—	—	—	0.20	—
В. Тальк-магнезит. породы	27.94	2.30	—	4.50	0.38	1.02	0.64	35.60	0.08	0.07	0.03	0.24	3.40	0.21	0.03	24.14	0.23	CuO—0.04
С. То же	29.31	сл.	0.16	4.08	2.80	—	0.57	35.58	—	0.04		—	4.34	сл.	—	22.76	—	—
Д. Эцстатитит из- мененный	48.21	0.28	0.99	8.58	7.10	—	2.09	25.94	—	0.18		—	7.11	сл.	—	—	—	—
Е. Тальк	61.04	сл.	0.60	1.07	сл.	—	0.06	30.72	—	0.18		—	5.92	сл.	—	—	0.18	—

Анализы А — В. Из сводки Куриловой Н. А. „Ультраосновные породы Ко-льского п-ова“, фонд Л. Геол. управл. 1940 г.
Анализы С — Е. Лаборат. ЦНИГРИ. 1940 г.

Таблица I. Анализы железных руд

Элементы	Руды осадочно-метаморфические					Руды Ионы (Ковлор-озера)						
	Магнетитовый сланец Кольского фиорда	Магнетитовый сланец Кольского фиорда	Магнетитопироксеновый сланец Волшпахк	Магнетитовые породы Примандрья	Магнетитовые породы Примандрья	Чистый магнетит Ионы	Среднезернистая руда Ионы	Среднезернистая руда Ионы	Полосчатая руда Ионы	Полосчатая руда Ионы	Среднее богатых руд Ионы	Среднее бедных руд Ионы
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Fe мет. (сумма)	35.10	27.50	36.77	37.24	36.14	48.35	49.95	36.81	59.02	47.27	46.76	32.9
SiO ₂	45.69	48.98	45.34	43.64	45.88	7.38	2.12	7.24	5.50	8.64	8.64	8.26
TiO ₂	0.10	0.11	следы	0.20	0.06	1.58	—	0.39	0.12	—	—	—
Al ₂ O ₃	2.58	7.20	—	0.58	1.01	4.79	1.86	—	4.45	8.15	—	—
Fe ₂ O ₃	24.90	8.71	16.39	—	—	51.04	не опр.	39.45	63.02	не опр.	—	—
FeO	22.86	27.55	31.12	—	—	16.38	не опр.	11.89	19.22	не опр.	—	—
MnO	—	—	0.17	0.12	0.12	0.45	—	—	—	—	—	—
MgO	1.91	1.68	2.31	2.80	2.00	12.95	7.78	16.79	13.35	10.86	13.17	14.13
CaO	1.22	3.92	2.44	1.26	1.38	3.17	9.45	13.28	0.50	4.55	8.18	11.77
Na ₂ O	0.37	0.51	—	—	—	—	0.20	—	—	—	—	—
K ₂ O	0.32	0.71	—	—	—	—	0.66	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅	0.14	0.10	—	0.06	0.06	1.83	2.72 ¹	0.15 ¹	0.24 ¹	0.26 ¹	1.0 ¹	2.88 ¹
CO ₂	—	—	—	—	—	0.47	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	—	—
S	0.23 ²	0.10 ²	—	0.04	0.04	—	0.025	0.09	0.01	следы	0.02	0.05
H ₂ O + 105°	—	—	0.46	0.06	0.06	0.25	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	—	—
H ₂ O - 105°	—	—	0.20	1.36	?	0.07	не опр.	—	—	—	—	—
F + Cl	—	—	—	—	—	0.13	—	—	—	—	—	—
Zn	—	—	—	—	—	—	следы	—	следы	следы	следы	?
Sp	—	—	—	—	—	—	следы	—	следы	следы	—	—
Сумма	100.32	99.57	98.43	—	—	100.44	—	—	—	—	—	—

¹ Расчет на фосфор; для перевода на фосфорную кислоту надо помножить на 2.3; для перевода на количество примеси апатита — multiply на 5.75. ² SO₂.

Примечания к таблице I

- I, II — Анализы магнетитовых сланцев Кольского фиорда, сообщенные А. А. Полкановым [1935]. Апатитик Е. А. Сержинская. I — Грюнерит-магнетитовый сланец, мыс Пинагорий; II — Пироксено-магнетитовый сланец, Кольский фиорт, левый берег у устья Лавны.
- III — Магнетито-пироксеновый сланец северного склона Волшпахк. Аналитики М. Селютин и К. Френкель. Сообщено А. А. Полкановым [1935].
- IV — Магнетитовый сланец горы Кирова, по данным анализа Механобра (1933). Средняя проба. Анализ неполный.
- V — Магнетитовый сланец Оленегорского месторожд., по данным Механобра (1933). Средняя проба. Анализ неполный.
- VI — Анализ чистой руды (отобранный). Иона. Описание у И. Т. Бахирева [1947]. Много примесей скарна.
- VII — Среднезернистая скарная руда. Иона, шурф № 61. Анализ ЛГРТ, отчет Д. Ф. Мурашова [1934]. Фосфор дан по расчету на P.
- VIII — Среднезернистая скарная руда. Иона, канава № 1. Анализ ЛГРТ, отчет Д. Ф. Мурашова [1934]. Фосфор дан по расчету на P.
- IX — Анализ крупнополосчатой руды. Иона, шурф № 62. Анализ ЛГРТ, отчет Д. Ф. Мурашова [1934]. Фосфор дан по расчету на P.
- X — Анализ крупнополосчатой руды. Иона, канава № 5. Средняя проба из всех месторожд. Анализ ЛГРТ, отчет Д. Ф. Мурашова [1934]. Фосфор дан по расчету на P.
- XI — Среднее из 83 проб по данным сводки Л. Б. Антонова (1937). Иона — среднее участков богатых руд.
- XII — Среднее из 26 анализов белых руд Ионы. Л. Б. Антонов (1937). Фосфор несколько завышен.

Таблица 2. Анализы ультраосновных (оливиновых) пород и пород средних

Элементы	Ультраосновные породы					Габбро, диабазы, нориты и др.			
	Пегматоидный оливинит. Хабозеро	Мелкозернистый безруд. оливинит. Хабозеро	Средний оливинит. Монча	Средний оливинит. Хабозеро	Титаномагнетит. оливинит. Хабозеро	Метадиабаз. Мурманский берег	Габбро-норит. Чуна-тундра	Норит Ньюдауйвенча, Монче-тундра	Имадрит — восточный берег Имадры
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
SiO ₂	40.77	38.32	45.54	38.40	28.06	53.26	47.81	50.66	70.36
TiO ₂	0.07	0.47	нет	следы	4.03	0.63	0.97	0.20	—
Al ₂ O ₃	0.10	0.45	1.38	0.23	0.00	14.94	10.84	19.51	11.86
Cr ₂ O ₃	—	0.07	0.66	0.46	—	—	0.14	—	—
Fe ₂ O ₃	0.85	3.32	3.32	6.21	15.07	5.12	0.93	0.72	1.83
FeO	9.81	12.98	8.42	7.18	17.23	2.69	12.14	3.77	4.23
MnO	0.26	0.22	0.31	0.22	0.11	0.19	0.18	0.10	—
MgO	47.33	42.38	38.07	47.00	33.63	6.07	17.55	12.43	0.43
CaO	0.42	0.88	1.75	1.00	0.65	9.49	6.36	10.34	1.44
Na ₂ O	—	0.08	} 0.55	—	0.08	1.65	1.61	1.46	5.93
K ₂ O	—	0.15		—	0.23	3.10	0.60	0.17	1.48
P ₂ O ₅	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—
CO ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	0.03	—	S — 0.18 SO ₃ — 0.15	} 0.04	0.48	0.07	—	—
H ₂ O ниже	0.30	0.23	—	—		0.16	} 0.76	0.97	} 1.21
H ₂ O выше	0.56	0.94	—	—	0.43	1.97		0.86	
BaO	—	—	—	—	0.11	—	—	—	—
NiO	0.18	0.24	—	—	0.07	—	—	—	—
V ₂ O ₅	—	следы	—	—	0.01	—	—	—	—
Сумма	100.67	100.76	100.00	101.17	99.28	99.28	100.22	100.24	98.77

Примечания к таблице 2

- I — Пегматоидный оливинит. Лесная варака, около Хабозера. Анализ Кольской базы АН. В. А. Афанасьев [1939].
- II — Мелкозернистый безрудный оливинит. Лесная варака около Хабозера. Анализ Кольской базы АН. В. А. Афанасьев [1939].
- III — Оливинит из Монче-тундры. Анализ Харьковского института огнеупоров. А. С. Бережной [1940].
- IV — Оливинит Хабозера. Анализ Харьковского института огнеупоров. А. С. Бережной [1940].
- V — Титаномагнетитовый оливинит. Лесная варака около Хабозера. Анализ Кольской базы АН. В. А. Афанасьев [1939].
- VI — Метадиабаз маяка „Мыс Орлов“, Мурманский берег. Анализ и описание Н. П. Лулановой [1928].
- VII — Габбро-норит (жильный). Южная часть Чуна-тундры. Аналитик В. Егоров. Б. М. Куплетский [1932].
- VIII — Норит Ньюдауйвенча, Монче-тундра. Аналитик В. Молева. Б. М. Куплетский [1932].
- IX — Имадрит (изменяемый диабаз (?)). Восточный берег Имадры. Анализ Бергелля [1894].

Таблица 3. Анализы гранитов, аплитов, слюды, берилла (см. дополнение стр. 330)

Элементы	Породы гранитового типа				Мусковит			Берилл
	Микрокли- новый гранит Кольского фиорда	Щелочной гранит Белой тундры	Типичный гнейс (ар- хейский). Иона	Керамиче- ский гранит. Сайда-губа	Промышл. Лейвойвы (Иона)	Кулюк. Кейвы	Кулюк. Кейвы	Из пегмати- тов Кейв
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
SiO ₂	71.06	74.40	66.16	73.62	44.42	44.03	43.33	64.61
TiO ₂	0.19	0.24	0.35	—	—	следы	0.54	—
Al ₂ O ₃	15.27	9.26	16.55	15.45	36.48	36.73	35.21	18.55
Fe ₂ O ₃	2.28	3.59	1.95	} 0.41	1.03	0.91	2.03	0.56
FeO	0.58	0.63	1.95		0.36	0.53	0.71	0.24
MnO	—	0.09	0.16	—	—	—	—	BeO 12.87
MgO	0.61	0.45	1.60	0.10	0.64	0.54	0.44	
CaO	1.63	0.80	4.44	1.31	0.44	0.25	0.28	0.14
K ₂ O	4.89	6.12	1.12	4.87	9.69	10.06	10.26	0.20
Na ₂ O	3.29	4.04	5.01	4.22	0.96	1.03	0.63	0.64
H ₂ O ниже	0.10	} 0.26	0.31	—	2.86	(2.06)	(2.76)	—
H ₂ O выше	0.60		0.27	0.36	5.82	5.42	5.57	2.26
CO ₂	—	—	0.15	—	0.52	0.36	0.25	—
S	—	—	F + Cl 0.04	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅	—	—		0.23	—	—	—	—
Другие примеси	—	—	—	—	—	—	—	—
Сумма	100.50	99.83	100.29	100.34	—	99.86	100.25	100.17

Примечания к таблице 3

- I — Грубозернистый красный микроклиновый гранит. Кольский фиорд, восточный берег в восточной части Карелияского наволока. А. А. Полканов [1935].
 II — Щелочной гранит (эгириновитовый). Белая тундра, в верховьях р. Поноя. Аналитик Н. Морозов. Б. М. Куплетский [1931].
 III — Типичный архейский гнейс района Ионы. И. Г. Бахирев [1940] (уд. вес -2.72).
 IV — Керамический гранит (роз вая разность) Сайда-губы, в Кольском фиорде. По статье Л. Омикова и Ф. Агранович [1938].

- V — Промышленная слюда-мусковит. Месторожд. Лейвойвы в районе Ионы. (Л. Б. Антонов, 1936—1937).
 VI — Промышленная слюда-мусковит. Калиок, Кейвы, жила № 2. Сообщил П. К. Григорьев [1937].
 VII — Промышленная слюда-мусковит. Калиок, Кейвы, жила № 9. Сообщил П. К. Григорьев [1937].
 VIII — Берилл (отобраный) в слюд. пегматитах Кейв. Анализ Ю. М. Книпович, П. К. Григорьев [1937]. Кроме того, L₁₀—0.04.

Таблица 4. Анализы известняков и доломитов

Элементы	Из протерозоя разных месторождений							Из Ионы			
	Известняк слоистый р. Пана	Доломит р. Пана, устье Ки- чией	Доломит ст. Титан	Известняк ст. Титан	Доломит- зир. изве- стняк ст. Апатиты	Доломит- зир. изве- стняк о. Кильдина	Известняк чистый Куола-Ярви	Известняк (среднее) месторожд. Ионы	Известняк черный, мест. Ионы	Известняк (средний 1 и 2 линз) Ионы	Известняк (колеба- ния), пра- вый берег Ковдор- Иона
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
SiO ₂ (нераств.)	6.60	2.00	20.8	13.93(9.77)	8.06	11.45	—	0.76	13.00-1.35	ок. 1.0	1.2—4.2
Al ₂ O ₃	6.21	0.35	—	2.95	6.67	5.05	1.74	2.00	6.57	ок. 6.0	—
Fe ₂ O ₃	—	—	—	1.92	—	—	—	—	3.41	—	7.0—9.6
FeO ³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ок. 1.5	—
CaO	48.93	35.38	27.4	46.95	28.50	27.34	53.76	53.16	34.36	48.49	47—48
MgO	следы	16.50	18.3	1.19	15.89	16.06	0.89	1.40	11.20	2.20	1.7—2.8
P ₂ O ₅	—	—	0.10	—	—	—	—	0.5—1.52	3.61	ок. 5.0	2.0—3.8
CO ₂	38.41	46.09	32.8	36.28	32.98	40.93	43.84	—	20.70	35.0	27.6—39.1
H ₂ O	—	—	—	—	7.61	—	—	—	0.74	—	—
Другие сост. части	—	—	—	—	—	—	—	—	ок. 2	—	—
Сумма	100.15	100.32	99.4	—	99.71	100.83	100.23	—	—	—	—
CaCO ₃	87.4	56.6	48.9	81—84	50.9	48.77	96.0	ок. 92	—	ок. 80	—
MgCO ₃	—	35.0	28.4	ок. 2.5	23.37	33.73	1.87	2.97	—	4.5	—
Примеси (кварц, силикаты, апатит)	—	8.4	26.7	14—16	26.54	17.54	2.13	ок. 3—4	—	12—14	—

Примечания к таблице 4

- I — Известняк слоистый, довольно чистый, без примеси доломита; р. Пана в 12 км от устья Кичией. Аналитик Н. П. Вревская. Н. Гуткова [1931].
- II — Известняк доломитизированный, р. Пана, устье Кичией. Аналитик Н. П. Вревская. Н. Гуткова [1931].
- III — Доломитовый мергель у ст. Титан (средний химический состав из ряда анализов). П. Н. Чирвинский [1940].
- IV — Средний состав известковой части карбонатной линзы у ст. Титан. Довольно слабо доломитизированный известняк, но с довольно высоким процентом нерастворимого остатка (кварц, силикаты).
- V — Доломитизированный известняк, ст. Апатиты. Аналитик (среднее из двух анализов) П. Н. Чирвинский [1940].
- VI — Доломит мергелистый. Остров Кильдия. Аналитик К. Ф. Белоглазов. П. В. Витгенбург [1922].
- VII — Светложелтый мелкозернистый известняк Туомиваары на берегу Вуориярви (Куолаярви) в районе, отошедшем от Фивляяди [1940]. Анализ Г. Симберг [1925]. В. Гакман [1925].
- VIII — Средний валовой состав известняков Иона-Ковдорского железного месторождения. Подсчитан кальций в карбонате условно, так как около 1—2% его уходит на апатит. И. Г. Бахирев [1940]. Это типичный состав промышленных запасов известняка, с содержанием CaCO₃—92—94%.
- IX — Анализ черного известняка мест. Иона-Ковдора. И. Г. Бахирев [1940] (контрактно измененный).
- X — Известняки Ионского желез. месторожд. Среднее из канав 1 и 2 линзы. Отчет С. А. Стулакова [см. П. Чирвинский, 1940].
- XI — Средний состав известняка линзы IV правого берега юго-вост. Ковдоры. М. И. Гензельович [1936, фонды СОПС].

Таблица 5. Анализы апатита и апатитовых пород

Элементы	Апатитовые руды				Чистые апатиты						
	Апатит-нефел. поро-Апа-неит Ку-кисвумчорр	Апатит-нефел. поро-Апа-неит Ку-кисвумчорр	Апатит-нефел. поро-Неа-пит Куки-свумчорр	Апатит. порола Поачвум-чорра	Апатит I ген. Ку-кисвум-чорра	Апатит II ген. Ку-кисвум-чорра	Апатит Куэльпор	Апатит Поачвум-чорра	Апатит Эвслог-чорра	Апатит Ионы (ото-бранный)	Концен-трат хибин-ский (после флотации)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
SiO ₂	5.76	19.89	30.89	16.11	0.21	0.28	0.48	1.55	0.525	1.63	0.50
TiO ₂	0.22	0.79	1.30	0.65	—	?	—	—	—	0.05	—
ZrO ₂	0.06	—	0.07	0.05	—	0.001	0.001	0.001	0.01	—	—
V ₂ O ₅	—	—	—	—	0.001	?	?	?	?	—	—
Al ₂ O ₃	6.98	15.28	21.26	18.14	0.02	—	0.20	0.34	0.06	0.55	1.03
Fe ₂ O ₃	0.45	0.49	3.44	0.37	0.25	0.05	0.09	0.12	0.09	0.38	0.48
FeO	0.59	1.20	3.86	1.34	—	—	—	—	—	—	—
TR ₂ O ₃	0.85	0.21	0.06	0.65	0.82	0.87	1.24	3.22	4.9 ^o	0.29	1.07
MnO	0.25	0.13	0.10	0.05	?	не опр.	0.04	0.05	0.02	0.03	0.16
MgO	0.10	0.68	1.62	0.73	0.05	не опр.	0.07	0.05	0.17	2.40	1.34
BaO	0.07	—	0.15	0.02	—	—	—	—	—	—	нет
SrO	2.26	?	0.44	0.02 [?]	2.94	2.43	3.25	11.42	5.58	0.12	0.13
CaO	44.02	29.73	15.96	35.71	52.48	53.35	51.81	42.38	47.51	53.52	51.69
K ₂ O	1.39	2.70	2.58	2.89	—	0.09	0.02	0.07	0.08	следы	0.72
Na ₂ O	1.39	5.70	8.56	2.67	1.21	0.08	0.05	0.13	0.64	0.37	0.33
P ₂ O ₅	34.73	20.81	7.65	29.55	40.51	41.03	40.58	38.33	38.65	40.20	39.99
As ₂ O ₅	—	—	—	—	0.00016	0.00023	0.00013	0.00007	0.00013	—	—
F ₂	1.85	1.03	0.30	0.99	2.83	3.41	2.82	3.73	3.20	1.20	3.13
Cl ₂	0.29	0.07	0.27	0.06	—	не опр.	не опр.	—	следы	—	0.12
CO ₂	—	0.84	0.70	нет	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	0.01	0.03	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ O	0.55	0.69	0.54	0.40	0.18	0.05	0.10	0.29	0.13	0.04	0.11
Сумма (после вычета)	100.32	99.79	99.57	100.01	100.31	100.20	99.62	100.10	100.15	100.78	100.17

Примечания к таблице 5

- I — Самая богатая апатито-нефелиновая порода верхней зоны (апамент). Куки-свумчорр. Хибинь. В. И. Влодавец [1929].
 II — Средняя зона апатито-нефелиновой породы. Кукисвумчорр. В. И. Влода-вец [1927].
 III — Нефелино-apatитовая порода нижней зоны. Кукисвумчорр. В. И. Влодавец [1929].
 IV — Апатитовая порода западного склона северного отрога Поачвумчорра. Хибинь.
 V — Апатит (отобранный). Кукисвумчоррский рудник. Удлиненные кристаллы. Анализ и описание Б. Мелентьев [1939] (уд. вес = 3.24).
 VI — Апатит (отобр.). Кукисвумчоррский рудник. Сахаровидный апатит. Аналитик И. Д. Старьякевич. Б. Мелентьев [1939] (уд. вес = 3.24).

- VII — Апатит белый, мелкозернистый Куэльпор, южная канава (Хибинь). Аналитик Е. И. Захаров. Б. Мелентьев [1939] (уд. вес = 3.25).
 VIII — Апатит, плотный зеленовато-желтый. Поачвумчорр (Хибинь). Аналитик Е. И. Захаров. Б. Мелентьев [1939] (уд. вес = 3.355).
 IX — Апатит желтовато-зеленый из ущелья между Юкспор и Эвслогчорр. Ана-литик М. И. Волкова. Б. Мелентьев [1939] (уд. вес = 3.32).
 X — Апатит (отобранный) из чистого известняка г. Пилькома-Сельги Иона-Ковдорского железорудного месторожд. И. Г. Бахирев [1940].
 XI — Апатитовый концентрат (после выхода с обогатит. фабрики). Наиболее полный анализ Кольской базы АН. И. Г. Ченцова [1935].

Таблица 6. Анализы нефелина и нефелиновых пород

Элементы	Нефелиновые породы				Чистый минерал					Нефелиновый концентрат Кировской фабрики
	Нефелиновый сиенит. Хибиньы	Нефелиновые пески. Имандра	Уртит (Юкспор)	Уртит (среднее) Хибиньы	Нефелин чистый из уррита	Нефелин чистый из апатито-нефел. породы	Нефелин чистый из пегматитов	Нефелин из пегматитов. Ловозерские тундры	Содалит	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
SiO ₂	52.25	56.70	42.29	42.28	43.02	43.65	42.64	45.17	36.69	42.43
TiO ₂	0.60	0.82	1.75	1.44	0.06	сл.	—	сл.	—	—
Al ₂ O ₃	22.24	22.27	27.23	26.94	32.56	32.65	35.44	32.29	31.40	29.80
Fe ₂ O ₃	2.42	2.69	3.22	3.05	0.46	1.81	0.76	0.77	0.85	} 3—3.5
FeO	1.98	—	2.32	1.26	0.39	0.16	—	0.14	—	
MnO	0.53	—	0.06	0.14	0.01	—	—	0.003	сл.	—
MgO	0.96	0.25	0.96	0.43	0.17	0.13	—	0.05	0.03	—
SrO	—	—	—	—	0.02	0.02	—	сл.	—	—
CaO	1.54	0.71	4.09	3.34	0.99	0.39	0.50	0.20	0.19	2—2.5
K ₂ O	6.13	8.44	4.68	6.19	5.74	5.32	6.82	4.99	0.23	5—6
Na ₂ O	9.78	6.54	12.60	13.48	15.84	15.40	13.98	15.74	25.96	12—13
H ₂ O ниже	} 0.73	0.49	—	—	—	—	—	0.13	0.04	—
H ₂ O выше		0.92	0.55	—	1.04	—	—	—	0.30	—
P ₂ O ₅	—	—	0.35	—	0.50	0.33	—	0.33	0.30	—
Другие ост.	—	—	—	P ₂ O ₅ —0.20 BaO—0.21	—	—	—	—	(S—1.4) Cl ₂ —5.64	0.5—0.7
Сумма	99.16	99.83	100.10	100.00	99.73	99.86	100.14	99.83	100.32	—

Примечания к таблице 6

- I — Хибинит (типичный нефелиновый сиенит). Вершина Рабо, Хибиньы. Аналитик и описание В. Гакмана, 1894.
- II — Нефелиновые пески Б. песчаного Наволока на Имандре. Анализ С. А. Толмачева в Ленингр. университете [см. П. А. Борисов, 1929].
- III — Уртит Юкспор, Хибиньы. Аналитик Н. И. Влодавец [1931].
- IV — Уртит. Среднее из 8 анализов Хибинь. Б. М. Куллетский, 1937.
- V — Нефелин, отобраный из уррита Расвумчорра (Хибиньы). Э. М. Бовштедт [1937].
- VI — Нефелин, отобраный из апатито-нефелиновой пробы Юкспора (Хибиньы). Аналитик В. В. Щербина [1931].
- VII — Нефелин чистый из юкспоритового пегматита Юкспора [Хибиньы]. Аналитик М. Е. Владимиров [1934].
- VIII — Нефелин, отобраный из уссиэгитовой жилы Ловозерских тундр. Аналитик В. А. Смирнов [1935].
- IX — Содалит, отобраный с горы Пункарвайя. Анализ Т. Буровой. В. И. Герасимовский [1937]. Вставлена исправленная цифра содержания серы — около 1.3—1.4%. Имеется немного CO₂ (уд. вес — 2.85—2.96).
- X — Колебания в составе нефелинового концентрата Кировской нефелиновой фабрики.

Таблица 7. Анализы лопарита, эвдиалита, ловчоррита и мурманита

Элементы	Лопарит			Лопаритовые породы				Эвдиалит		Ловчоррит		Мурманит	
	Ловозерские тундры	Ловозерские тундры	Ловозерские тундры	Лопаритовый лувярит, Ловозерская тундра	Лопаритовый уртит, Ловозерские тундры	Лопаритовый малявит, Ловозерская тундра	Лопарит, Кукисвумчорр	Ангвундасчорр	Юкспор	Ловчорр	Юкспор	Свежий, Ловозерская тундра	Измененный, Ловозерская тундра
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
SiO ₂	1.85	2.99	0.27	51.17	3.23	40.54	0.72	50.09	48.44	27.61	28.38	30.93	24.59
TiO ₂	38.62	37.92	39.24	1.65	7.80	10.94	39.22	0.39	0.24	12.71	10.68	29.51	31.36
ZrO ₂	следы	следы	—	1.05	0.53	—	—	12.82	11.84	0.20	—	1.40	1.18
Nb ₂ O ₅	9.99	9.49	} 11.48	0.56	1.90	} 3.78	} 11.06	0.54	1.64	не опр.	} 2.18	7.71	10.00
Ta ₂ O ₅	1.22	1.13		—	—			—	—			0.0	0.04
Al ₂ O ₃	0.13	0.25	—	11.87	28.46	7.35	—	—	—	—	—	—	0.24
Fe ₂ O ₃	} 0.52	} 0.32	} 0.06	12.28	1.81	10.78	0.72	0.60	0.63	—	0.14	3.34	3.04
FeO				2.66	1.08	1.07	1.79	3.15	—	—	—	—	—
TR ₂ O ₃	} 32.44	} 31.32	} 32.30	0.42	5.36	6.46	34.51	} 2.12	} 2.62	15.30	15.93	—	—
ThO ₂				0.6	—	—	—			—	0.53	—	0.23
CaO	5.60	6.21	5.26	2.19	1.60	3.17	—	8.90	9.16	27.26	24.14	2.74	3.76
SrO	0.70	0.85	0.62	—	—	—	не опр.	—	—	—	—	следы	следы
MnO	0.02	0.13	—	0.29	0.55	0.26	—	2.31	1.38	3.56	3.38	2.42	2.26
MgO	—	—	—	1.63	0.02	1.12	—	следы	следы	0.50	0.35	0.27	0.38
SnO ₂	0.02	0.01	не опр.	—	—	—	—	—	—	не опр.	не опр.	—	—
K ₂ O	0.29	0.44	0.75	2.40	5.03	2.17	0.26	0.52	0.51	0.23	0.15	0.56	0.70
Na ₂ O	7.77	7.85	9.06	10.50	10.37	10.05	7.88	15.55	12.53	7.18	8.31	7.44	2.34
Cl	0.02	0.03	—	0.01	0.13	0.02	—	0.74	1.11	6.38	5.80	0.19	—
H ₂ O ниже	0.06	0.10	—	0.31	0.33	1.17	—	} 3.06	} 2.98	—	—	6.06	10.69
H ₂ O выше	0.20	0.40	—	0.60	1.64	0.46	0.32			—	—	0.51	0.70
SO ₂	—	—	—	0.05	0.10	—	—	—	—	0.25	0.02	—	—
BaO	—	—	—	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	0.32	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	следы	0.07	—	—	—	—
Сумма исправл.	99.36	99.34	99.71	99.17	99.84	99.61	99.91	99.30	99.18	101.25	99.39	99.53	100.38

Примечания к таблице 7

- I — Лопарит из лопаритовых малявитов г. Парганьян. Аналитик Ю. И. Книпович [1937]. А. Н. Елисеев [1940]. Отобр. минерал. Имеются примеси силикатов. Содержание SiO₂ связано с примесями.
- II — Лопарит из лопаритов, уррита с г. Парганьян. Аналитик Ю. И. Книпович, 1937. А. Н. Елисеев [1940]. Отобранный минерал. Много примесей силикатов. Содержание SiO₂ связано с примесями.
- III — Лопарит из пегматитов в лопаритовых лувяритах с г. Ниячурт. Аналитик Т. А. Бурова [1937]. В. И. Герасимовский [1937]. Отобранный минерал.
- IV — Лопаритовый лувярит (руда) г. Ниячурт. Аналитик Руковяткин [1936]. А. Н. Елисеев [1940].
- V — Лопаритовый уртит (руда) северного склона Карнасурт. А. Н. Елисеев [1940].
- VI — Лопаритовый малявит (руда богатая) из штольни № 3 рудника Алауява. Аналитик Е. А. Сверхинская. А. Н. Елисеев [1940].
- VII — Чистый лопарит (отобранный) Кукисвумчорра (Хибины). Аналитик Т. А. Бурова [1934—1935]. В. И. Герасимовский [1937].
- VIII — Эвдиалит (отобранный). Ангвундасчорр. Ловозерские тундры. Аналитик. И. Володавцев, Е. Е. Косыльева [1937].
- IX — Эвдиалит (отобранный). Розовая разновидность Юкспора (Хибины). Аналитик Т. Бурова, Е. Е. Косыльева [1937].
- X — Ловчоррит (отобранный). Ловчорр, Хибины. Аналитик И. Старынкевич, Э. М. Бюшгедт [1937].
- XI — Ловчоррит (отобранный). Юкспорское ущелье Гакмапа. Аналитик Т. Бурова, Э. М. Бюшгедт [1937].
- XII — Мурманит, свежий. Гора Пункарвайв (Ловозерские тундры). Аналитик Т. Бурова, В. И. Герасимовский [1937].
- XIII — Мурманит, измененный. Гора Пункарвайв (Ловозерские тундры). Аналитик Т. Бурова, В. И. Герасимовский [1937].

¹ В. С. Быкова считает нормальным содержание SiO₂ около 0.3%, а Ta₂O₅ ниже 1% (1940).

Таблица 8. Анализы сфена, кюпита и титаномагнетита (см. дополнение по сфену на стр. 328)

Элементы	Сфен (титавит)				Кюпит			Титаномагнетит						
	Сфеновая порода контакта Кукисвумчорра	Сфен из уррита Юкспора	Сфен бурый Кукисвумчорра	Светлый из апатито-сфеновой породы Юкспора	Африканда. Генер. I	Африканда. Генер. II	Африканда. Генер. IV	Африк-каяда	Из уррита Юкспора	Из апатитов. тела Кукисвумчорра	Юкспора	Африканда (чистый)	Африканда (чистый)	Куола-рви (Вуориярви)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
SiO ₂	33.74	29.90	29.70	29.85	0.96	0.86	1.28	0.85	0.50	0.48	1.03	0.32	0.12	9.84
TiO ₂	19.90	38.84	38.20	40.73	56.35	54.74	55.09	15.50	17.36	16.32	19.02	9.59	20.15	22.88
ZrO ₂	—	0.25	0.28	0.07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Al ₂ O ₃	12.83	0.32	0.26	0.24	0.24	0.42	—	—	—	—	—	—	0.18	4.84
TR O ₁	—	0.11	0.40	0.09	2.23	4.02	5.15	—	—	—	—	0.35	—	—
Fe ₂ O ₃	3.72	1.39	1.26	1.19	0.73	1.20	1.46	49.71	39.29	42.51	41.72	55.40	43.01	27.94
FeO	2.70	0.53	0.38	0.36	0.70	0.29	—	31.56	39.73	38.45	37.17	2.24	26.26	22.04
MnO	0.19	следы	—	0.05	0.02	0.03	—	—	—	—	—	1.12	0.48	0.40
CaO	18.75	27.12	27.82	26.67	37.52	36.18	34.63	—	—	—	—	1.90	4.93	8.56
SrO	0.69	0.92	0.12	—	—	1.08	—	—	—	—	—	—	—	—
BaO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MgO	0.97	—	—	—	0.14	0.24	—	1.42	1.66	1.36	0.54	3.04	5.22	3.91
N ₂ O	4.24	0.39	0.64	0.49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
K ₂ O	2.52	следы	0.02	0.08	—	—	0.52	0.44	—	—	—	—	—	—
F	—	—	0.07	—	—	—	—	0.15	—	—	—	—	—	—
Cl	—	—	0.29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Пот. при пр.	0.52	0.08	—	следы	—	—	—	—	—	—	—	—	—	S - 0.02
V ₂ O ₅	0.24	0.25	0.30	—	0.73	0.20	0.28	0.54	S - ?	следы	S - 0.32	—	0.12	0.12
						(Nb) 0.87	(Nb) 1.41	?	0.5—1.4	0.5—1.4	есть	—	0.08	P ₂ O ₅ —0.03
Сумма (после пересчета)	100.38	100.10	99.63	100.11	99.67	100.65	99.89	99.53	99.81	99.24	99.80	99.86	100.60	—

Примечания к таблице 8

- I — Сфено-нефелиново-эгириновая порода верхнего контакта Кукисвумчорра. Склон в долину Саамскую (Лопарскую), угол 446 м. Аналитик Л. Д. Никитин. А. Н. Лабуцков [1936]. Кроме того, в сумму входит 0.27 P₂O₅.
- II — Бурый сфен из уррита Юкспора (отобразное вещество). Аналитик Н. И. Володец [1929]. Э. Бонштедт [1934].
- III — Золотистый сфен из месторождения Кукисвумчорра. Отобразное вещество. Аналитик Н. И. Володец [1929] (ул. вес—3.45). Э. Бонштедт [1934].
- IV — Призматический светлорубый сфен верхнего контакта апатитового тела. Отобразан из апатито-сфеновой руды. Аналитик В. Егоров. Э. Бонштедт [1937]. Месторождение Юкспора, в долине Саамской.
- V — Кюпит Африканды, отобр. из мелкозернистых пироксенитов. Генерация I. Аналитик В. Л. Егоров. В. И. Флоровская [1939].
- VI — Кюпит Африканды, отобр. из пегматитоподобных пироксенитов. Генерация II (октаэдр). Аналитик Л. С. Терехова. В. И. Флоровская [1939].
- VII — Кюпит Африканды, отобр. из нефелиновой жилы. Генерация IV (кубы). Аналитик Ю. Н. Книпович, В. И. Флоровская [1939].
- VIII — Средний состав титаномагнетита Африканды. Анализ и описание В. И. Флоровской [1939]. Состав минерала: магнетит 50.89—62.32%; ильменит 30.17—28.73%, гематит 16.62—0%, магнезиоферрит — 6.03%. Примесь нефелина.
- IX — Крупнозернистый титаномагнетит из уррита Юкспора. Отобразное вещество. Аналитик Г. Ф. Корзухина [1934]. А. Н. Лабуцков [1937]. Цифры V₂O₅ вставлены из других анализов.
- X — Зернистый титаномагнетит из апатитового тела Кукисвумчорра. Анализ отобразного вещества Е. В. Искюль [1935]. А. Н. Лабуцков [1937]. Цифры V₂O₅ вставлены из других анализов.
- XI — Крупнокристаллический титаномагнетит из сфено-apatитовой породы Юкспора. Аналитик Е. В. Искюль [1935]. А. Н. Лабуцков [1937].
- XII — Титаномагнетит, среднее из 8 анализов. Африканды. Анализы Колыской базы АН. П. И. Чирвинский [1940].
- XIII — Титаномагнетит Африканды. Разность, богатая титаном. Аналитик В. А. Егоров. Б. М. Куплетский [1937].
- XIV — Титаномагнетит Нискаваары на берегу Вуориярви. Аналитик Е. Сарлин [1925]. В. Гакман [1925]. Руда содержит около 71% титаномагнетита.

Таблица 9. Анализы кианита, диатомита и эгирина (см. дополнение на стр. 328)

Элементы	Кианит					Диатомит				Эгирин	
	Кианит Кейв, черный, отобр.	Кианит Кейв, голубой, отобр.	Кианит КСйв. Средняя проба. Червурт	Кианит Кейв Шуурурта средн.	Кианит Кейв Манюк. Средняя проба	Диатомит желтый оз. Чуди I	Диатомит белый оз. Чуди II	Диатомит. Кривая Ламбина	Диатомит. Соче-озеро	Эгирин I. Партомпорр	Эгирин II. Тахтарвумчорр
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
SiO ₂	34.73	36.00	57.64	58.74	59.46	92.39	91.70	88.90	91.79	50.60	51.98
TiO ₂	0.43	0.28	0.93	1.60	0.66	—	—	—	—	1.54	2.52
ZrO ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?	есть
Al ₂ O ₃	60.15	61.00	36.70	34.63	34.66	2.15	3.30	2.95	2.25	1.61	0.94
Fe ₂ O ₃	0.22	0.30	0.47	0.47	0.96	} 1.53	2.12	4.42	2.85	19.25	22.69
FeO	—	0.11	—	0.98	—					6.07	4.69
MnO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.85	0.70
MgO	—	0.38	—	0.03	—	—	0.12	—	—	2.79	1.20
CaO	0.06	0.20	0.22	0.12	—	—	0.76	—	—	8.07	3.92
K ₂ O	} следы	0.37	} 1.65	0.62	—	—	—	—	—	1.13	0.60
Na ₂ O		0.52		—	—	—	—	—	—	—	7.11
H ₂ O ниже	—	—	—	0.08	—	2.35	2.76	2.88	2.30	—	—
H ₂ O выше	—	0.32	—	2.47	2.77	22.02	6.43	21.87	20.98	0.22	—
V ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	—	—	—	есть	есть
Другие сост. ч.	C-4.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	ГО следы
Сумма	99.63	99.48	97.61	99.74	98.51	—	—	—	—	99.24	99.56
Уд. вес	3.47	—	—	—	—	(расчет на прокаленное вещество)				—	—

Примечания к таблице 9

- I — Черный кианит (отобранный), радиально-лучистый. Высокое содержание углерода. Кейвы. П. А. Борисов [1940].
- II — Чистый кианит голубой (из кварцевых жил). Западная часть Кейв. П. А. Борисов [1940].
- III — Кианитовая руда. Месторождение Червурта, Кейвы. Средняя проба—1936 г.—58% кианита. П. А. Борисов [1940].
- IV — Кианитовая руда. Месторождение Шуурурта, Кейвы. Анализ бороздовой пробы (среднее). Состав: кианита—51%, кварца—32%, мусковита—6%, углерода—2%; остальное вода, сфен, титаномагнетит. П. А. Борисов, [1940].

- V — Кианитовая руда. Месторождение Манюк (в 25 км от с. Канезки). Средняя проба Механобра. Содержание кианита—43—44%, кварца—50%, мусковита—3—4% и углерода—2%, П. А. Борисов [1940].
- VI — Диатомит темножелтый. Озеро Чуди I. И. В. Полоцкий [1932].
- VII — Диатомит белый. Озеро Чуди II. И. В. Полоцкий [1932].
- VIII — Диатомит Кривой Ламбины (в районе Ловозера). И. В. Полоцкий [1932].
- IX — Диатомит Соче-озера (в районе Ловозера). И. В. Полоцкий [1932].
- X — Эгирин, зелено-черный, первой генерации. Перевал Партомпорр в Хибинах. Отобранное вещество. Аналитик В. Щербина (1927), Е. Е. Костылева [1937].
- XI — Эгирин зеленый волокнистый, второй генерации. Цирк. Тахтарвумчорр в Хибинах. Аналитик М. Владимирова (1934), Е. Е. Костылева [1937].

Дополнение к таблице 3
Граниты Пала-губы, Кольский фиорд

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	S	п. пр.	Σ
A	68.84	0.04	17.48	1.17	1.73	3.55	1.95	1.75	4.52	0.02	0.24	—

A. Анализ лабор. ат. Инст. Прикт. Мн. нер. Ленингр. 1931 г.

Пегматиты

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O	п. пр.	Σ
B	69.38	сл.	17.71	0.57	—	2.36	1.24	1.33	6.25	0.18	0.44	99.46
C	72.84	—	13.47	0.54	0.38	0.38	0.75	9.16	1.91	0.12	0.18	99.73
D	69.82	0.04	16.32	0.12	0.02	0.86	0.16	9.52	2.58	0.39		

Анализы B, C . . м-ния у д. Белокаменной (Кольский фиорд) 1931 г. Лаборат. Л. Геол. Тр.

Анализ D образец с тундры Травяной (Пулозерский район), 1939. Лаборат. Керам. инст. В нем опред. BaO = 0.34; SO₃ = 0.4; P₂O₅ = сл.

Пегматиты Терского берега, р. Пялица (нижнее течение)

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O	п. пр.	Σ
E	71.12	нет	14.10	0.40	0.11	нет	0.54	1.58	11.41	0.73	0.08	0.11	99.46
F	74.95	—	14.17	0.47	0.18	сл.	0.48	2.91	2.36	4.87	0.14	0.16	99.73

E — Структурный микроклиновый пегматит крупного тела (5 000 м³). Лаборатория Горн. инст. Сбор Вологовской 1938 г.

F — Смешанный плагио-микроклиновый пегматит, разность, богатая плагиоклазом, с жильного тела 40 × 600 м. Сбор Вологовской 1938 г. Лаборатория Горн. инст. 1939 г.

Дополнение к таблице 8

Приводим колебания в минералогическом составе сфеновых пород верхнего контакта апатитовых месторождений по долине р. Саамской (П. Н. Чирвинский, 1936).

апатит	5—63 %	биотит	0—3
сфен	4—30	эгирин	4—23
ильменит	0—12	нефелин	0.5—77

Приводим ниже состав двух крайних типов сфеновых пород (с апатитом и без него) согласно анализам треста «Апатит» в 1934 году:

	Кукисвумчорр	Юкспор
SiO ₂	27.66	34.64
TiO ₂	14.88	17.49
Al ₂ O ₃	7.96	11.24
Fe ₂ O ₃	8.88	6.05
FeO	—	4.06
MnO	0.37	0.22
CaO	19.23	15.29
SrO	2.18	0.41
MgO	0.56	1.27
K ₂ O	1.99	2.37
Na ₂ O	6.16	4.52
P ₂ O ₅	8.39	0.12
V ₂ O ₅	0.073	—
H ₂ O	не опр.	0.33
Потеря при прокал.	—	1.08
Сумма	98.33	99.09

Дополнение к таблице 9

1. Приводим состав силлиманитового сланца на северных склонах Ловозерских тундр:

SiO ₂ — 69.11	силлиманит	— 42.80
Al ₂ O ₃ — 27.64	кварц	— 53.03
Fe ₂ O ₃ — 1.77	слюда	— 3.15
Na ₂ O + K ₂ O — 0.38	магнетит	— 0.97
98.90		99.95

2. Помимо анализов диатомитов, приведенных нами в таблице 9, приводим анализы диатомита из других, наилучше изученных озер (по данным 1934 года):

	А	В	С	Д	Е
SiO ₂	66.85	84.94	72.30	77.16	88.56
Al ₂ O ₃	5.25	12.66	9.11	6.20	2.16
Fe ₂ O ₃ (- FeO)	0.61	2.79	5.02	1.71	0.73
FeO	3.76	—	—	—	—
CaO	1.51	—	—	0.93	0.26
MgO	0.79	—	—	0.69	0.02
MnO	—	—	—	—	—
TiO ₂	—	—	—	—	—
Гигр. вода	—	(7.69)	6.41	(6.52)	3.01
Потеря при прокал.	21.70	(31.49)	8.70	12.72	4.17
Сумма	100.47	—	101.54	99.41	98.91

А. Залив Сергеев-Лухт, Ловозеро.

Б. Озеро Веске-явренч (выше по р. Сергеев). Расчет на прокал. вещество.

С. Р. Элемарайк (под водой реки) — в Ловозерских тундрах.

Д. Озеро Чудзьявр в системе р. Вороньей.

Е. Для сравнения — Франция, Овернь.

УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ, ГОРНЫХ ПОРОД И ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

- Агпайтовые породы — отличаются из-бытком щелочей по отношению к глинозему, играют особую роль в щелочных плутонах 138
- Азурит — водный карбонат меди 197
- Алмаз 32, 38, 202, 209
- Алунд — искусственный продукт окиси алюминия, употребляется как абразив 254
- Альбит — натровый полевой шпат 47, 89, 90, 146, 179, 180, 185, 186
- Альбитовые сланцы 20
- Альмандин — разновидность граната, идущая для приготовления абразивных порошков, 62, 87
- Алюминий 73, 75, 112—115, 120, 135—138, 148, 149, 203, 210, 224, 238, 244, 245
- Амазонит — сине-зеленый полевой шпат для подолочных работ 77, 122, 128, 146, 171, 226
- Амазонский камень см. Амазонит
- Аметист 48
- Амфиболиты — породы преимущественно вторичного характера, состоящие, главным образом, из роговых обманок 18, 20, 33, 161, 198
- Андалузит — отвечает по составу кианиту; высокосортное керамическое огнеупорное сырье 20, 83, 169, 171
- Анортотлаз 72
- Апатит 322
- Апатит 15, 16, 31—33, 35, 42, 47, 50, 57, 66—72, 75, 77, 89, 90, 93—95, 102, 104, 112—114, 117, 121—123, 127, 129, 130, 132, 137, 138, 172, 182, 185, 188, 199, 203, 209, 210, 212, 214, 223, 224, 234—236, 240, 248, 249, 274, 287—290, 293, 296, 299, 301, 305, 322, 328
- Апатито-нефелиновая порода см. Апатит и Нефелин
- Аплит 320, 322
- Апофилит — флюосиликат калия и кальция 197
- Аргентит — сульфид серебра 197
- Арсенопирит, или мышьяковый колчедан, — известен в ничтожных количествах в фальбандах 43, 121
- Арфведсонит 110
- Асбест хризотилловый — волокнистая разновидность змеевика, имеющая большое промышленное значение 106, 202, 209
- Астрофиллит — редкий минерал нефелиновых сиенитов и щелочных гранатов; титаносиликат в основном марганца, железа, калия и натрия 104, 113, 116, 171, 179, 180, 185, 187
- Баделейт — окись циркония, неизвестна на Кольском полуострове 137, 194
- Базальт — богатые магнием и железом эффузивные породы см. Диабаз
- Барий — химический элемент 31, 70, 71, 87, 88, 128, 131, 135, 144, 197, 323
- Барит — сернокислый барий, имеющий значение преимущественно в виде белой краски 20, 21, 31, 33, 87, 88, 196, 199, 209, 226
- Берилл — силикат алюминия и бериллия. Главная руда на элемент бериллий 31, 77, 79, 80, 171, 194, 209, 320
- Бериллий — редкий металл, имеющий применение в специальных сортах редких сплавов 31, 112, 135, 245, 249, 275
- Биотит — железисто-магнезиальная слюда 35, 79—81, 96, 328
- Биотитовые сланцы 20, 154
- Битуминозные породы, т. е. содержащие нефть или другие битумы 14, 38
- Бор — химический элемент, употребляемый особенно в сельском хозяйстве 70, 112, 135, 136, 145
- Борнит 45, 46
- Бравойт 164
- Брекчия 20
- Бром — химический элемент, неизвестный на Кольском полуострове 66, 121, 122, 135
- Бурый железняк см. Лимонит
- Валерийт — сульфид никеля 104, 164
- Ванадий — металл, входящий в состав специальных видов легированных сталей 31, 70, 91—93, 96, 97, 116, 117, 135—137, 141, 156, 203, 209, 214, 249
- Вариолит — разновидность диабазы особой структуры 20
- Виллиомит — фтористый натрий, встречается в Ловозерских тундрах 31, 47, 113, 194
- Висмут 70, 132, 135, 146
- Вода 32, 65, 198, 209, 233
- Водород 31, 135
- Вольфрам 27, 31, 131, 135, 139, 145
- Вольфрамит — главная руда для получения вольфрама 171, 226

- Вудзъврит — вторичный титано-силикат редких земель и кальция в Хибинских тундрах 113, 116, 124, 130, 185
 Вязущие вещества 218, 219, 227, 254, 256
 Габбро — изверженная порода, богатая магнием и железом 18, 20, 22, 198, 319
 Габбро-норит 20, 219
 Габбро-диабаз 20, 158
 Газы отходящие 114, 121, 215, 246, 256
- Гакманит — минерал из группы содалита, содержащий группу хлора и серу 42, 76, 122, 209
 Галенит 31, 32, 46, 132, 185, 197, 209
 Галлий — химический элемент обладающий очень низкой температурой плавления 31, 32, 119, 120, 135, 147, 156, 197, 244, 249
 Ганит 58
 Гафний — химический элемент близкий к цирконию 31, 130, 135, 136
 Гелий — газ, возникающий при разрушении атомов урана и тория 112
 Гематит — красный железняк, окись железа 32, 39, 50, 53, 54, 61, 92, 137, 150, 209
 Германий — редкий химический элемент, идущий преимущественно для высоких сортов стекла 31, 32, 119, 120, 141, 147, 197
 Гиперит — порода, близкая к нориту, состоящая из гиперстена и лабрадора 105
 Гиперстеновый диорит 18, 19
 Глина 17, 21, 32, 37, 100, 108, 198, 209
 Глинистый сланец 20
 Гнейс 14, 17, 20, 27, 32, 34, 39, 45, 48, 53, 57, 62, 79, 82, 84, 104—106, 113, 141, 162, 169, 254, 320
 Гнейсо-гранит 18—20, 23, 33, 39, 54, 86, 153, 170, 227
 Гнейсо-диорит 40
 Горный хрусталь 32, 62, 63, 171, 197
 Горшечный камень — плозный тальк или талько-хлоритовая порода 106
 Гранат 19, 33, 37, 62, 77, 84, 86, 87, 142, 154, 209, 211, 223, 226, 253, 288
 Гранит 17, 19, 20, 27, 28, 32, 33, 39, 47, 79, 80, 104, 105, 113, 114, 119, 131, 132, 146, 152—154, 156, 170, 171, 209, 211, 227, 320, 327
 Графит 20, 28, 31, 32, 38—40, 44, 83, 87, 90, 158, 160, 171, 186, 187, 202, 209
 Графитовый сланец 20, 43, 160
 Грюнерит-магнетитовый сланец 318
 Гудрон — искусственно получаемый продукт перегонки торфа 106, 270, 271
 Гумит 57, 77
- Диабаз — изверженная порода, отвечающая базальту 20, 21, 23, 33, 53, 109, 177, 183, 227, 246, 252, 319
 Диатомит — кремневые скелеты раковин диатомовых водорослей 17, 21, 32, 63—66, 100, 109, 184, 198, 209, 223, 225, 226, 254, 289, 295, 325
 Динас — кремневые огнеупорные кирпичи 37, 62, 253
- Дисаналит — ниобо-титанат кальция 96
 Долomit 17, 20, 27, 31, 32, 34—36, 47, 150, 155—159, 177, 204, 209, 218, 244, 254, 287, 289, 321
 Дымчатый кварц 32, 62
- Европий — химический элемент из группы редких земель, очень редок 129, 130
- Железо 16, 31, 32, 46, 51, 53, 54, 57, 58, 60, 64, 73—77, 83, 92, 96, 97, 108, 110, 117, 119, 135—140, 142, 148, 149, 154, 156, 161, 168, 178, 186, 193, 198, 201, 202, 211, 214, 216, 249, 250, 252, 296—299, 301, 303
 Жемчуг 33, 107, 209
- Змеевик см. Серпентин
 Золото 15, 28, 31, 32, 39, 41, 46, 121, 126, 132, 135, 141, 146, 149, 150, 154, 156, 168, 202, 209, 246, 286, 296
- Известняк 17, 20, 21, 23, 26, 31, 32, 34—36, 38, 51, 59, 60, 84, 93, 110, 153, 155, 157—159, 175, 177, 204, 209, 216, 225, 244, 254, 287, 289, 299, 302, 312, 321, 322
- Имандрит — изверженная порода, близкая к измененным диабазам 104, 109, 319
 Ильменит — титановокислая соль железа; руда для получения титана 77, 91, 92, 94—96, 116, 117, 137, 138, 142, 164, 171, 179, 180, 328
- Индий — химический элемент, очень редок 126, 146, 147
 Инфузорная земля, см. Диатомит
 Иод 66, 110, 128, 135, 145
 Иридий 126
 Иттербий — химический элемент из группы редких земель 123, 129
 Итрий — химический элемент из группы редких земель 32, 123, 129, 135—137, 139
- Кадмий — металл, идущий на покрытия, как заменитель цинка 119, 126, 141, 146, 147, 197
 Калий 31, 115, 135, 137, 138, 144, 149, 209
 Кальций 31, 65, 66, 70, 72, 109, 110, 115, 122, 128, 135—138, 142, 149, 155, 182, 197—199
 Кальцит — углекислый кальций 20, 21, 57, 197, 296, 301
 Каменная соль 48, 111
 Каолин 109—111, 251
 Карборунд — искусственный продукт соединения углерода и кремния 62
 Карбоцер — редкий минерал соединения углерода и редких земель в Хибинах 39, 104, 113, 185
 Касситерит — оловянный камень, двуокись олова 31, 58, 171, 226
 Катаплект — редкий берилловый силикат в Хибинах 116

- Кварц 20, 31, 32, 35, 39, 45, 51, 61—63, 78—82, 88, 113, 114, 121, 125, 132, 137, 163, 169, 171, 187, 196, 197, 199, 209, 226, 253, 294, 326, 328
- Кварцевый песок 32, 37, 62, 198, 209, 252
- Кварцит 17, 20, 22, 23, 27, 28, 32, 36, 48—50, 84, 157, 168, 199, 209, 219, 223, 226, 254
- Квасцы 239, 240, 305
- Кианит 16, 18—20, 23, 28, 33, 34, 38, 62, 82—87, 113, 114, 152, 154, 155, 168, 169, 201, 203, 204, 209, 210, 219, 223, 245, 251—253, 326
- Кианитовые сланцы 27, 84
- Клиногумит 57
- Кнопит — разновидность перовскита с ниобием и редкими землями 31, 33, 91, 92, 96, 97, 104, 111, 116, 124, 138, 172, 176, 203, 209, 212, 219, 243, 247, 250, 275, 290, 325
- Коагулянт см. Квасцы и Сульфаты глинозема
- Кобальт 17, 31, 32, 40, 41, 43, 46, 49, 58, 89, 110, 117, 118, 121, 126, 132, 141, 149, 150, 151, 156, 161, 167, 168, 202, 209, 223, 245, 246, 294
- Ковеллин 164, 197
- Колумбит 131
- Кольскит — неоднородный минерал из группы змеевика 106
- Конгломерат 20, 21, 129
- Корунд — окись алюминия 28, 254
- Краски природные 33, 107
- Кремний 31, 113, 114, 135, 136, 148, 149, 197, 198, 245
- Криолит — фторид алюминия и натрия. Необходим для электролиза алюминия 47, 82, 114, 171, 173, 226, 275
- Кровельный шифер 32, 36, 37
- Ксенотим 79, 114, 142
- Кубанит 104, 164
- Куприт — красная медная руда, закись меди 46, 164
- Лампрофиллит — фтористый титано-силикат натрия и стронция, очень редок 104, 113, 116, 122, 138, 142, 179
- Лантан — из группы редких земель 102, 129
- Лед 32, 65
- Лейкоксен — минерал, близкий к сфену
- Лестиварит — светлая порода типа мелкозернистого перматита 32, 33, 209
- Лимонит 164, 197
- Литий 27, 112, 135, 145, 149
- Ловчоррит — фторсодержащий титаносиликат редких земель: кальция, стронция и натрия; использовался как руда на редкие земли 17, 32, 33, 42, 97, 102—104, 113, 116, 119, 124, 130, 133, 138, 172, 179, 180, 185, 186, 199, 203, 209, 224, 247, 288, 289, 324
- Лопарит — титанонобат редких земель, натрия и кальция 16, 31—33, 97—100, 102—104, 112, 116, 124, 125, 130, 131, 133, 138, 139, 172, 179, 185, 187, 191, 193—195, 203, 209, 215, 248, 275, 290, 291, 324
- Лопаритовые породы — луаврит, малиньит, юзит и др. 14, 89, 98, 100, 101, 103, 104, 186, 191, 192, 194, 195, 324
- Луаврит — нефелиновый сиенит, богатый эприном и микроклин-пертитом 14, 89, 98, 100, 101, 103, 104, 191, 192, 194, 324
- Магнезиальное жидкое стекло 240, 272
- Магнезит — углекислый магний 33, 106, 252
- Магнезиоферрит 58, 178
- Магний 31, 66, 109, 110, 113, 135, 139, 141, 148, 149, 198, 201, 240, 300, 302
- Магнетит (магнитный железняк) 20, 32, 35, 37, 39, 48—51, 53, 54, 57—59, 61, 67, 77, 91—93, 96, 117, 120, 121, 159, 163, 165, 172, 175, 178, 201, 209, 296—299, 302, 318
- Магнетитовый гнейс 19, 49
- Магнетитовый сланец 27, 28, 50, 51, 53, 54, 153, 318
- Магнитный колчедан см. Пирротин
- Малахит — водный карбонат меди 164, 197
- Малиньит 324
- Марганец 49, 110, 117, 135, 136, 142, 193, 202
- Марказит 32, 40, 44, 45, 164
- Марматит — темная цинковая обманка, богатая железом 119, 120, 197
- Мартит — продукт окисления магнитного железняка 32, 50, 58, 61
- Медный колчедан см. Халькопирит
- Медно-никелевая руда см. Пирротин, Халькопирит, Пентландит и др.
- Мель 15, 28, 31, 32, 40, 41, 43, 45, 58, 89, 115, 119, 121, 126, 135, 141, 146—149, 156, 160—162, 164, 167, 168, 202, 209, 212, 223, 225, 244—246, 286, 288
- Мелинофан — очень редкий силикат бериллия в Хибинах 112
- Мергель 26
- Метадиабаз 319
- Миасскит — нефелиновый сиенит Ильменских гор на Урале 73, 74, 76
- Миканит — мелкая мусковитовая слюда, спрессованная в листы 78, 79, 253
- Микроклинный гранит 19, 20, 27, 49, 77, 80, 112, 155, 170, 320
- Моленграафит, см. Лампрофиллит
- Молибден 31, 42, 43, 88, 89, 125, 126, 131, 135, 136, 156, 186, 187, 223, 249
- Молибденит — сульфид молибдена 19, 31, 33, 39, 42, 88—90, 118, 119, 125, 126, 131, 141, 159, 171, 194, 209, 223
- Монацит — фосфат редких земель и тория; пока на Кольском полуострове неизвестен 79, 114, 124, 132, 142
- Мончикит — нефелиновый сиенит, близкий к щелочным базальтам 177, 183, 191
- Моренозит 164
- Морион — дымчатый кварц 62, 171
- Мурманит — редкий водный ниобо-титаносиликат из Ловозерских тундр 33, 103, 104, 113, 116, 124, 193, 194, 209, 324
- Мусковит — калиевая слюда 17, 33, 76—79, 81, 83, 120, 171, 209, 298, 320, 326

- Мышьяк 43, 44, 46, 70, 120, 121, 135, 146, 147, 149, 156, 198
- Натрий 31, 52, 113, 115, 135, 137, 138, 142, 148, 149, 193, 209
- Неапит 322
- Неодимий — химический элемент из группы редких земель 129
- Неокоаолин — смесь гидратов глинозема и кремнезема, получаемая из нефелина 111, 237, 251
- Нептунит — силикотитанат железа, марганца, натрия и калия 116
- Нефелин 14—16, 31, 33, 43, 52, 66, 71—76, 92—95, 97, 104—106, 109, 111—115, 117, 120, 132, 137, 138, 152, 172, 179, 182, 183, 190, 199, 203, 209, 210, 214, 224, 236—240, 245, 249—252, 254, 255, 272, 273, 287, 290, 291, 293, 322, 323, 325, 328
- Нефелиновые пески 17, 32, 37, 72, 74, 105, 198, 209, 224, 323
- Нефелиновые породы 17, 72—74, 323
- Нефелиновые сиениты 17, 21, 32, 34, 40, 42, 73, 89, 105, 119, 138, 172—175, 182, 183, 185, 187, 209, 224, 323
- Нефелит — искусственная шихта, преимущественно из нефелина, для керамики 237
- Нефть 14, 111, 202, 205, 308, 309
- Никель 17, 28, 32, 40, 41, 43, 44, 46, 50, 51, 110, 115, 117—119, 131, 148, 149, 156, 160—163, 165, 167, 168, 202, 209, 212, 223, 225, 244—246, 288, 294
- Ниобий 16, 27, 32, 96, 100, 102, 103, 124, 125, 130, 131, 135, 136, 138, 142, 145, 148, 149, 176, 186, 193, 194, 203, 212, 216, 244, 248, 274, 293
- Норит — порода габбрового состава 20, 22, 91, 105, 117, 162, 163, 165, 319
- Огнеупоры 219, 252
- Олигоклазовый гранит 18, 155, 170
- Оливин — силикат магния и закиси железа 31, 49, 105, 106, 162, 164, 165, 252, 270, 273, 319
- Оливинит — порода, преимущественно состоящая из оливина 14, 16, 20, 32, 34, 92, 105, 113, 153, 172, 176, 209, 211, 219, 252, 254, 290, 291, 319
- Олово 28, 31, 58, 127, 132, 139, 146, 147, 156, 197, 201, 202, 216
- Опал — гидрат кремнезема 32
- Ортит — 77, 79, 80, 142
- Охра 197, 209
- Палладий 32, 126, 131, 146, 168, 209, 223, 246
- Парагонит 83
- Пегматит 18—20, 26, 28, 32, 33, 39, 49, 53, 57, 76, 77, 79—82, 97, 101, 112, 113, 116, 119, 120, 133, 142, 145, 146, 154—156, 170, 171, 194, 209, 211, 216, 288, 294, 323, 327
- Пектолит — водный силикат натрия и кальция 179
- Пентландит — сульфид железа и никеля 32, 45, 46, 104, 163—165, 115, 209
- Перидотит — порода, богатая оливином 40, 49, 106, 162
- Перовскит — титанат кальция 33, 92, 116, 131, 138, 247, 249
- Песок 21
- Песчанник 20, 21, 32, 36, 38, 47, 209
- Пирит — бисульфид железа 32, 39, 40, 42—45, 53, 77, 88, 141, 158, 164, 165, 187, 196, 197, 307
- Пироксен 49, 57, 164, 296, 318
- Пироксенит — порода, богатая пироксеном (авгит) 20, 34, 91, 116, 117, 138, 161, 162, 165, 176, 177, 183, 325
- Пирротин 17, 20, 32, 39—46, 49, 53, 72, 88—90, 115, 118, 119, 125, 131, 132, 141, 154, 158, 163—165, 209, 241, 251, 287, 289, 291
- Плавиновый шпат — флюорит, фтористый кальций 32, 46—48, 186, 196, 209, 294
- Плаггиоклаз 77, 81, 170, 327
- Платина 32, 126, 131, 140, 149, 202, 223, 244, 246
- Платиновые металлы 161
- Поделочные камни 33, 103, 104, 209
- Полевой шпат 19, 20, 31—33, 75, 77—79, 81, 82, 94, 105, 138, 197, 209, 252, 294
- Порфирит 20
- Празеодимий — элемент из группы редких земель 129
- Пьезокварц — чистый, несдвоенный кварц, употребляемый в радиотехнике, 62, 209, 226
- Радий 135, 144, 150
- Ракушечник 32, 34, 36, 198, 209
- Рамзаит — титано-силикат натрия 116, 124, 138
- Рапакиви — разновидность гранита 20, 27, 28, 49, 79, 104
- Редкие земли — группа из 15 химических элементов сходных свойств 32, 70—72, 96, 100, 102, 114, 122, 123, 129, 130, 132, 135—139, 142, 148, 176, 185, 186, 193, 199, 203, 209, 212, 216, 224, 241, 274, 275, 290, 320
- Рений 31, 131
- Ринколит — кристаллическая разновидность фторсодержащего титано-ниобосиликата редких земель, стронция и бария 42, 113, 116, 124, 130, 179, 180, 185—187
- Рисчоррит 104, 122, 183, 185
- Роговик 20, 21, 48, 89, 185
- Родий 126
- Ртуть 132, 146, 147, 198
- Рубидий 122, 139, 144, 146, 149
- Рутений 126
- Рутил — двуокись титана 91, 194
- Саамит — разновидность апатита, богатая стронцием и редкими землями 31, 33, 67, 71, 72, 102, 114, 122, 123, 129, 130, 138, 186, 203, 209, 234—236, 290

- Самарий — химический элемент из группы редких земель 129
- Сапропель — продукт гниения растительных и животных остатков на дне озер 21, 32, 38, 64, 198, 209, 226
- Свинец 15, 27, 31, 32, 132, 135, 147, 197, 198, 202
- Свинцовый блеск см. Галенит
- Селен — химический элемент, употребляемый в качестве фотоэлемента 31, 41, 121, 127, 128, 131, 141, 161, 168, 209, 215, 223, 244, 246, 251, 253, 291
- Сера 31, 32, 40, 41, 44, 46, 51, 53, 54, 57, 58, 70, 76, 92, 108, 109, 114, 115, 131, 135, 148, 149, 161, 201, 209, 233, 241, 243, 298
- Серебро 15, 27, 31, 32, 39, 41, 46, 70, 121, 126, 132, 133, 141, 149, 150, 154, 156, 167, 168, 197, 198, 209
- Серицитовый сланец 20
- Серная кислота 44, 65, 70, 95, 108, 114, 121, 197, 219, 241, 246, 251, 294, 304, 305, 306, 307
- Серпентин — змеевик, водный силикат магния 106, 117, 141, 168
- Серпентиниты 317
- Силлиманит 19, 20, 33, 62, 82—86, 154, 155, 169, 203, 223, 225, 252, 253, 328
- Силумин — искусственный сплав алюминия и кремния 210, 245
- Скандий 115, 139, 141
- Скаполит 79, 115
- Слюда 19, 20, 27, 28, 40, 49, 57, 202, 296, 296, 303, 320, 328
- Слюдяные пегматиты 19, 77, 79
- Смитсонит — карбонат цинка 58
- Снег 32
- Содалит — алюмосиликат натрия с хлором 32, 42, 75, 76, 103, 108, 122, 190, 199, 323
- Соль поваренная, см. Хлористый натрий
- Ставролит — алюмосиликат сложного состава, характерный для метаморфических образований, 20, 83
- Стенструпин — водный титано-силикат тория, марганца и редких земель, редкий минерал Ловозерских тундр 124, 130, 132
- Строительные материалы 100, 218, 223, 225, 227, 254
- Стронцианит — карбонат стронция 199
- Стронций 31, 70—72, 98, 114, 122, 123, 131, 135—138, 148, 186, 193, 209, 224, 290
- Сульфиды 20, 31, 39, 44, 47, 119, 131, 140, 142, 162, 163, 165, 181, 185, 187, 198, 199
- Сурьма 127, 146, 147, 198
- Сфалерит 31, 32, 42, 46, 58, 90, 119, 120, 126, 132, 164, 185, 197, 209, 294
- Сфен, или титанит, — силикотитанат кальция 17, 31, 33, 42, 93—96, 104, 111, 113, 116, 124, 138, 172, 179, 182, 185, 186, 203, 209, 212, 219, 250, 305, 325, 326, 328
- Сфеновые породы, содержащие сфен, апатит, нефелин и эгирин 17
- Тавит 75, 104
- Тайнолит 112
- Таллий 44, 132, 146, 147, 198
- Тальк — водный силикат магния 33, 106, 251, 317
- Тальковый сланец 33
- Тальково-хлоритовый сланец 253
- Тантал 16, 32, 49, 102, 124, 130, 131, 135, 138, 145, 149, 194, 203, 216, 319
- Теллур 31, 121, 127, 131, 146, 168, 246
- Тингуаит — жильный нефелиновый сиенит 17, 104, 133, 183, 191
- Титан 31, 48, 49, 58, 60, 71, 90—93, 95, 96, 100, 103, 111, 115, 116, 120, 135, 136, 138, 139, 142, 148, 149, 156, 180, 186, 193, 194, 199, 203, 209, 212, 214, 216, 241, 243, 244, 247—250, 305, 319
- Титанит см. Сфен
- Титаномагнетит 20, 31—33, 42, 48, 49, 73—76, 90—93, 96, 97, 116, 117, 131, 141, 142, 155, 171, 172, 176, 178, 182, 186, 203, 209, 214, 243, 249, 250, 290, 319, 325, 326
- Топаз — алюмосиликат с содержанием фтора 19, 79, 113
- Торий 27, 102, 103, 130, 132, 133, 135, 136, 172, 199
- Торф 14, 15, 17, 21, 32, 37, 106, 185, 198, 203, 209, 221, 223, 225, 226, 242, 254, 289
- Тоцильный сланец 253
- Трепел см. Диатомит
- Туллий 129
- Турмалин 79
- Туф вулканический 20
- Углерод 31, 39, 89, 112, 135, 136, 186, 198, 245
- Уголь 38, 111, 158, 202, 203, 220, 221, 233, 308, 309
- Ультрабазиты — ультраосновные породы, богатые оливином и пироксеном 22, 38, 91, 106, 113, 115, 117, 131, 139, 141, 147, 152, 160, 161, 168, 320
- Ультрамарин — искусственная краска, получаемая при прокаливании каолина с серой 76, 108, 237
- Ультраосновные породы см. Ультрабазиты
- Умптекит — нефелиновый сиенит, бедный нефелином 171, 187
- Уран 27, 28, 112, 126, 133, 135, 136, 149—151, 172, 199
- Уранинит — смесь разных окислов урана 19, 77, 133
- Урановая смолка см. Уранинит
- Уртит — порода, состоящая в основном из нефелина и эгирина 73—75, 98, 99, 103, 104, 182, 183, 186, 191, 193, 289, 291, 322, 323, 325
- Уссингит 193
- Фавас — коллоидальные массы окислов титана и циркония 194
- Фальбанды 19, 28, 40, 41, 45, 46, 115, 119, 121, 126, 132, 154, 156, 198, 294

- Ферсманит — редкий ниобо-титано-силикат кальция и натрия 104, 113, 116, 124, 185, 186, 199
- Филлит — тонкокристаллический сланец, преимущественно из калиевой слюды (серицит) 20, 37, 199
- Флогопит 35
- Флюорит 20, 21, 31, 32, 42, 46, 48, 77, 82, 87, 89, 90, 113, 171, 172, 180, 197, 226
- Форстерит 57
- Фосфор 31, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 69, 114, 135, 138, 142, 148, 149, 193, 201, 203, 218, 223, 234—236, 243, 318
- Фосфорная кислота 58, 65, 68—70, 75, 92, 95, 103, 114, 182, 234—236
- Фосфатшлаки 223, 236, 246
- Фойяит — нефелиновый сиенит с роговой обманкой 40, 103, 179, 180, 183, 185, 187, 191
- Франклинит 58
- Фтор 31, 47, 66, 70, 113, 114, 128, 135, 136, 146, 149, 193, 197, 199, 209, 224, 240
- Фторapatит 58, см. Апатит
- Халькозин 164
- Халькопирит — медный колчедан 31, 32, 45, 53, 88, 119, 132, 158, 159, 163—165, 167, 197, 209
- Хнастолит — разновидность андалузита 85, 169
- Хибинит — крупнозернистый нефелиновый сиенит 17, 32, 34, 40, 41, 74, 89, 90, 94, 104, 122, 180, 182, 183, 186—188, 254
- Хлор 65, 70, 115, 135, 136, 149, 193, 233
- Хлористый натрий — поваренная соль, каменная соль 32, 48, 66, 110, 111
- Хлорит 35
- Хризоколла 164
- Хромит — группа минералов, называемых хромшпиннелидами, содержащая хром, железо, алюминий 31, 92, 117, 141, 163
- Хромшпиннелиды см. Хромит
- Цезий 128, 139, 144, 149
- Целестин — сульфат стронция 199
- Цеолиты — водные алюмосиликаты щелочей и кальция 185, 186, 199
- Церий — наиболее распространенный химический элемент из группы редких земель 102, 129, 136, 138
- Церуссит — карбонат свинца 197
- Цинк 27, 31, 32, 41, 43, 46, 49, 50, 58, 119, 120, 135, 141, 146, 156, 186, 197, 198, 201, 202, 216, 243, 301
- Динковоя обманка см. Сфалерит
- Циркон — силикат циркония 79, 102, 123, 124, 130, 137, 171, 179, 180, 186, 226, 249
- Цирконий 27, 31, 100—102, 123, 124, 130, 136—139, 142, 145, 148, 180, 193, 194, 203, 209, 213, 216, 241, 244, 249, 305
- Чинглузит — редкий титаносиликат марганца, кальция и натрия из Ловозерских гундр 116, 117
- Чкаловит — редкий бериллиевый силикат натрия из Ловозерских гундр 112
- Шеелит — вольфрамат кальция 58
- Шерл — черный турмалин 27, 79
- Шизолит — силикат марганца, кальция и натрия 117
- Шлак 215, 216, 218, 223, 246, 254, 300
- Шорломит — черный гранат, содержащий титан 116, 142
- Штаффелит 58, 67
- Шунгит 39, 158, 220
- Щелочной гранит 20, 21, 23, 27, 28, 31, 47, 57, 62, 80, 82—84, 86, 87, 113, 116, 120, 122, 125, 127, 128, 130, 131, 133, 142, 146, 151, 152, 169, 171—175, 177—179, 226, 288, 320
- Эвдиалит — цирконосиликат натрия и кальция, особенно распространенный в Ловозерских тундрах 17, 31, 33, 89, 99, 100—102, 104, 115, 116, 122, 124, 138, 172, 179, 186, 187, 193, 194, 199, 203, 209, 249, 275, 288, 289, 324
- Эвдиалитит 101
- Эвколит — бурая разновидность эвдиалита 100—102, 179
- Эгирин — феррисиликат натрия 17, 31, 33, 73, 75, 76, 89, 90, 94, 95, 97, 108, 116, 138, 182, 187, 203, 209, 216, 249, 250, 320, 326, 328
- Энигматит — титаносиликат натрия и закиси железа 116, 138, 179, 187
- Энстатитит — порода, состоящая преимущественно из энстатита (метасиликата железа и магния) 32, 34, 209, 317
- Эпидот 79
- Эрбий 130
- Эрицит — водный редкоземельный фосфат с содержанием большого количества цериевых земель 124, 130
- Юкспорит — ниобо-титаносиликат щелочей, кальция, стронция и бария 104, 113, 116, 124, 179
- Якупирангит — пироксенит, богатый магнетитом, продукт отщепления щелочных магм 183

УКАЗАТЕЛЬ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ НАЗВАНИЙ¹

Положение указываемых в тексте географических названий Кольского п-ова см. в т. I «Географического словаря Кольского полуострова» (В. П. Воцинин, 1939)

- Азия 28, 316
 Айкуайвенчорр — верш. около г. Кировска 34, 42, 74
 Акурта, возв. в вост. части гряды Кейв 85
 Алдан р. 284
 Аллуайв, сев.-зап. высоты Ловозерских тундр 225, 291, 324
 Аляска (Северная Америка) 231, 280, 285
 Альнэ — о-в в Швеции, известный своими шельфовыми породами 8
 Альпы 128
 Альтен-фиорд 24
 Амдерма 310, 312, 314
 Америка 28, 128, 149, 173, 177, 184, 229, 234, 241, 277, 280, 285, 307, 315, 316
 Ангара р. 316
 Ангвундасчорр, возв. в зап. части Ловозерских тундр 89, 101, 324
 Ангес р. (Ангесйок), впадает в Пулузеро 88
 Англия 105, 241, 270
 Апатитовый отр. (наз. также уртитовым) в сев.-зап. части Расвумчорра (Хибинь) 249, 289
 Апатиты — ст. Кировской ж. д. 17, 34, 35, 38, 43, 89, 130, 154, 155, 159, 160, 218, 224, 229, 254, 291, 305, 323
 Ара-фиорд (губа в Мотовском зал. Баренцова моря) 104, 170
 Арендаль — г. в южн. Норвегии, известный своими гранитными пегматитами 8, 283
 Арктика 310—316
 Архангельск г. 22, 111, 206, 234
 Архангельская обл. (Северный край) 308
 Атлантика, Атлантический океан 281, 285, 286
 Африка 122, 166, 167, 173, 210
 Африканда, ст. Кировской ж. д., в 230 км от Мурманска 16, 21, 36, 38, 91, 92, 96, 116, 117, 122, 124, 142, 153, 161, 172, 174—178, 225, 243, 247—250, 261, 262, 264, 275, 290, 316, 325
 Ача (Ачерйок) — левый приток Поноя 24
 Бабинская Имандра — юго-зап. часть оз. Имандры 14, 19, 62—64, 79, 81, 133, 259, 295
 Базарная губа 63, 195
 Баумана гора см. Чокваренч
 Балтийское море 59, 201, 228, 283, 293
 Баренцово море 22, 85, 110, 293, 310, 311, 314
 Баффинов зал. 276
 Бахмут (на Украине) 128
 Белая губа (Энеман) в юго-вост. части Имандры 37, 63, 75
 Белая Большая р. (Энеманйок) — вытекает из оз. Б. Вудъявр в Хибинах 37, 74, 75, 222, 245, 306
 — тундра, з. верховьях р. Поноя 171, 320
 Белое море 7, 24—26, 30, 48, 59, 85, 110, 118, 153, 157, 195, 201, 206, 224, 228, 229, 234, 238, 287, 292, 293
 Белокаменная 327
 Беломорск (быв. Сорока) 221, 310
 Беломорско-Балтийский канал им. Сталина 59, 206, 293
 Бельгийское Конго 212
 Бельгия 7
 Белый пос. 74
 Березовая гора — к югу от Семностровского пог. 77, 87
 — р. 77
 Берингов прол. 313

¹ Условные сокращения:

басс. — бассейн
 верх. — верховье
 верш. — вершина
 возв. — возвышенность
 вост. — восток, восточный
 г. — город
 дер. — деревня
 дол. — долина
 зап. — запад, западный
 масс. — массив
 м-ние — место рождения

обл. — область
 оз. — озеро
 о-в — остров
 отр. — отрог
 перев. — перевал
 пог. — погост
 п-ов — полуостров
 пос. — поселок
 прол. — пролив
 р-я — район

р. — река
 руч. — ручей
 сев. — север, северный
 сел. — село, селение
 сист. — система
 ст. — станция
 ущ. — ущелье
 хр. — хребет
 центр. — централья
 южн. — южный

- Бирюсса (Западная Сибирь) 284
 Большой Ров, в 12 км от Червурта в свите Кейв 85
 Ботнический зал. 201
 Бразилия 122, 178, 194, 210
 Бреви́г, южн. Норвегия 218

 Вавне́д, возв. в сев. части Ловозерских тундр 89, 101, 124
 Вага р. 48
 Вадозеро, сток в нижнюю губу Бабинской Имандры 24, 155
 Вайгач о-в 280
 Вайкис оз., между тундрами Волчьей и Монче 55, 154
 Валлепахк, возв. в сев. части Хибин 33, 67, 181
 Вальурта (Соколиная кейва) в зап. части гряды Кейв 85
 Варангерфиорд (Норвегия) 24
 Варзуга р. (Белое море) 20, 22—24, 26, 34, 38, 45, 106, 107, 109, 157—160, 168, 170, 221, 222, 229, 246, 275, 287
 Варутреск (Швеция), м-ние литневых пегматитов 128, 145
 Верхоянский хр. 280, 281, 285
 Веске-явреч оз. 328
 Вируайв, возв. к сев. от р. Печи в Хибинских тундрах 14, 76, 77, 80, 259
 Вити-губа, в зап. части Имандры 36, 43, 158, 159, 224
 Вити-река, между Монче- и Чуна-тундрой, впадает в оз. Имандру 224
 Витим р. 284
 Вишневые горы 73, 76, 238
 Владивосток г. 313, 315
 Вологда г. 13
 Волонга пос. 309
 — р. 308
 Волхон р. 245
 Воу-ваара гора 299
 Волчьа тундра (Намбдес-тундра) — сев. продолжение Монче-тундры 40, 41, 45, 53, 89, 118, 119, 121, 125, 126, 131, 141, 142, 150, 160, 167, 228, 246, 259, 275
 Волшпахк, возв. в Туадаш-тундре 262, 318
 Воркута р., приток р. Усы в басс. Печоры 14, 220, 221, 243, 309
 Воронинский пог., сел. Ловозерского р-на 64, 79
 Воронья р. (из Ловозера в Ледовитый океан) 26, 41, 54, 77, 112, 118, 127, 154, 222, 258, 311, 328
 Вудъявр оз. 94, 229
 Вудъяврчорр гора 94, 180, 186
 Вуонемнок р. 102
 Вуорярви оз. на юг от Куоляярви (КФССР) 35, 114, 115, 204, 244, 295, 308, 321, 325
 Вурчуйвенч (Воронья тундра) 36
 Выга р. 205, 222
 Вымь-тундра, в верх. р. Шовны (сист. р. Тулсны) 106, 259
 Вырмес-тундра, в верх. р. Гремяхи (сист. р. Туломы) 91, 117, 172, 174, 175, 250, 260, 264

 Высокий — о-в на Имандре 17, 43, 158
 Выхча (Выхчиок), приток р. Иоканги (течет из Кейв) 24
 Вычегда р. 220, 308

 Гаврилово сел. (Териберский р-н) 109
 Гакмана уш., между отрогами Юкспора (Хибины) 186, 327
 Германия 210, 243, 244, 253, 269—271
 Геттинген г. (Германия) 237
 Гирвас р. 77, 150, 170, 174, 227
 Гольфстрим течение 13, 313
 Гремяха-тундра (см. Вырмес) на правом берегу р. Туломы 21, 48, 89, 91, 125, 161, 171, 174, 175, 177, 178, 263
 Гренландия 9, 11, 122, 172, 173, 194, 276, 280, 283, 312
 Грикуаланд (Южная Африка) 166, 167, 168

 Дальний Восток 315
 Дания 105
 Двина Северная р. 48, 110, 219
 Диксон о-в 312
 Долomitовая варака 154, 155
 Домашняя тундра, на зап. от Пулозера 86
 Донецкий басс. 274

 Европа 316
 Енисей р. 280, 284

 Железная варака, на берегу Имандры, против разъезда Куна 54, 61, 225
 Железная тундра, между Пинозером и берегом Кандалякшского фиорда 154

 Забайкалье 286, 302
 Захребетное сел. (Териберский р-н) 109
 Зашеек — ст. Кировской ж. д. в 244 км от Мурманска 59, 60, 62, 80, 96, 97, 108, 130, 178, 216, 225, 228, 252, 295, 308
 Заячья тундра, к зап. от р. Нявки (Иокостровская Имандра) 263
 Званка 253
 Зеленецкая губа, на Мурманском берегу между Кольским фиордом и Кильдинским прол. 106, 109, 207
 Зюдварангерфиорд (Полярная Норвегия) 28, 50, 52, 61

 Ивигтут (зап. Гренландия) 172
 Инвара (вост. Финляндия) 114, 174, 177
 Иидичвумчорр 90, 94
 Илга (Иолга) 282
 Илецкая защита 128
 Илимаусук (щелочной масс. в зап. Гренландии) 122, 194
 Ильменские горы 76, 127
 Имандра ст. Кировской ж. д. в 148 км от Мурманска 53, 109, 288

- Имандра оз. 22, 23, 25, 26, 30, 34, 36—39, 43, 59, 62, 63, 74, 96, 153, 158, 160, 168, 188, 189, 211, 223, 225, 248, 275, 282, 294, 303, 319, 323
- Импилакти (на сев. берегу Ладожского оз.) 115
- Ингпор — возв. в Ловозерских тундрах 128
- Индия 210, 249
- Иоканга р., впадает в Ледовитый ок. 24, 26, 55, 85, 87, 154, 222, 228, 288, 310, 311, 312, 314, 315
— сел. 107
- Иокостровская Имандра (Екостровская) — средняя часть оз. Имандры 24, 38
- Иона (Ена, Ионийок) р. в зап. части басс. южн. Имандры 14, 16, 17, 23, 24, 26, 35, 36, 40, 49, 55, 59, 60, 67, 76, 77, 79, 81, 93, 104, 113—116, 119, 120, 127, 142, 150, 153, 155, 170, 172, 175, 177, 178, 201, 204, 205, 210—212, 216, 218, 225, 226, 228, 229, 244, 259, 261, 262, 264, 267, 268, 275, 277, 289, 292, 294, 299, 303, 309, 318, 320, 322
- Ионское м-ние 55—61, 127, 294—303
- Ипанема (Бразилия) 210
- Италия 306
- Кавказ 128, 219, 304
- Казахстан 280, 284
- Кайнурта, в вост. части гряд Кейв 85
- Калепуха — тундра, в р-не левых притоков р. Туломы 86
- Калиок (Кальюк), р. в сев. части Хибин 112, 320
- Калифорния 210
- Каменка р., впадает в Белое море по Терскому берегу 226
- Камчатка 310—316
- Канада 9, 11, 45, 64—66, 73, 76, 118, 119, 121, 126—128, 139, 141, 149, 150, 167, 200, 210, 212, 229, 231, 234, 236, 246, 276, 277, 294
- Канда р., впадает в Кандалакшский зал. 36, 59, 107, 175, 225
- Кандалакша 11, 14, 16, 17, 21, 23, 30, 36, 37, 52, 59, 77, 79—82, 86, 88, 97, 110, 125, 127, 130, 154, 174, 175, 177, 201, 204, 216, 218, 220, 221, 225, 226, 229—231, 243, 245, 252—254, 258, 262, 292, 295, 303, 309, 314
- Кандалакшский фиорд (зал. Белого моря) 15, 22—24, 39—41, 45, 46, 48, 59, 80, 82, 119—121, 126, 132, 153, 154, 156, 175, 195, 225, 261, 283, 284, 286, 287, 291—293
- Кандас-озеро 297
- Каневка, сел. Саамского района, на берегу Поноя 80, 83—85, 326
- Канин Нос 38, 259, 280, 284
- Канозеро (по течению р. Умы) 24, 64, 80, 82, 106, 107, 122, 259, 261
- Капустные оз. (Капестъявр) — по течению р. Умбы 224, 229
- Карелинский наволоок, в зап. части Мурманского берега 322
- Карелия (сев.), Карело-Финская ССР 9, 13, 41, 61, 62, 76, 77, 79, 82, 84, 108, 123, 126, 128, 129, 133, 156, 170, 205, 245, 251, 283, 292, 305, 307, 308
- Карманюк, в системе Кейв 85
- Карнасурт, возв. в сев. части Ловозерских тундр 83, 324
- Каролина Северная 210
- Карское море 312, 313
- Каскаснюнаюк, левый приток р. Тульи в Хибинах 184
- Кацким р., приток Ноты 119
- Кацким-тундра, в верх. р. Кацким, притока р. Ноты 119
- Кашкаранцы, сел. Терского р-на 37, 48, 229
- Кейдикуайв, возв. к югу от оз. Сейявр в басс. Ловозера 128
- Кейвы, сист. гряд к сев. от Поноя 10, 16, 20, 24, 27, 28, 36, 38, 47, 61—63, 78, 80, 82—84, 86, 112, 114, 120, 133, 136, 145, 146, 151, 152, 155, 168—172, 174, 199—201, 205, 210, 225, 228, 245, 253, 258, 259, 261—264, 268, 275, 288, 290, 308, 312, 320, 326
- Кеми (сев. Финляндия) 201, 228, 243, 293
- Кемь (КФССР) 205, 221
- Кереть (КФССР) 41, 115, 292
- Кестеньга (КФССР) 84
- Кеулик-тундра, между рр. Шовка и Пак, левыми притоками р. Туломы 44, 106, 157, 259
- Кильдин о-в (в Баренцовом море) 20, 23, 24, 35—37, 88, 133, 199, 226, 253, 261, 289, 322
- Кильдинский руч., на берегу Колы, кирпичный завод 17, 37
- Кирсв г. (Вятка) 13
- Кирова гора — см. Мурпаркменч
- Кировск г. 11, 17, 21, 34, 43, 62, 65, 68, 70, 72, 75, 95, 96, 104, 108, 185, 190, 204, 207, 216—219, 224, 229, 234, 245, 254, 272, 292, 305—307
- Кировский р-н 56
- Кирунаваара (сев. Швеция) 49, 59, 172, 211, 243
- Кислая губа, Полярного р-на, на вост. берегу Ура-губы 231
- Киша р. 21, 39, 87, 129, 226
— сел. 63
- Кичия р. 324
- Коашва, возв. в южн. части Хибин 70, 181
- Кобальт (Канада) 118, 150
- Ковда р. (КФССР) 205, 221, 222, 292
- Ковдорозеро (Кофтозеро) со стоком в р. Иону (Ену) 35, 56, 57, 174, 289, 294—296, 298, 302, 303, 320, 324
- Ковдора р., левый приток р. Ионы 57, 170, 175, 225, 295, 296, 299, 302, 321
- Кола — р. в Кольском фиорде 23, 26, 30, 37, 39, 48, 52, 63, 77, 88, 132, 154, 222, 226, 228, 229
- Колаярви (КФССР) 14, 55, 59—61, 93, 174, 177, 178, 201, 204, 228, 243, 293, 308, 325
- Колвица р., из Колвицкого оз. в Канда-

- лакшский фиорд 37, 107, 154, 222, 229, 292, 293
 Колвицкий фиорд 293
 Колвицкое оз., со стоком по Колвице в Белое море 64, 65, 225
 Колмак р. 24
 Колозеро, около ст. Пулозеро Кировской ж. д. 24
 Колумбия Британская (Канада) 96
 Кольский фиорд 26, 30, 51, 53, 80, 81, 104, 129, 178, 226, 254, 259, 289, 312, 318, 320, 323, 327
 Комсомольское м-ние 54, 55
 Конгсберг (Норвегия) 39, 41, 126, 284, 294
 Кондопога 222, 252
 Контозеро, протекает р. Харловка в Баренцево море 175
 Кончурта, в сист. гряды Кейв 85
 Корабль гора на Терском берегу, около устья р. Варзуги 48, 63, 87, 122, 196, 294
 Коряжна р. 308
 Котлас (Архангельская обл.) 48, 111, 221, 234, 243, 256, 308, 309
 Коунрад (Казахстан) 284
 Кохозеро, в сист. р. Пиренги 81, 295
 Красивая тундра, на водоразделе р. Лебяжьей и притоков Нотозера 77
 Краснощелье (Красная Щель) сел. Ловозерского р-на, на берегу Поноя 62, 85, 226, 228
 Кривая Ламбина, сток в Умбозеро 326
 Кривой Рог (Украина) 7, 9, 51, 61
 Куадуйвенч масс. 88
 Куамдеспакх гора 99
 Куз-река 104
 Кукаозеро (сев. часть КФССР) 35, 174
 Кукисвум — дол., пересекающая в меридиональном направлении Хибин 70, 72, 186
 Кукисвумчорр — центральный масс. с отрогами, Хибин 42, 47, 66—69, 71, 89, 90, 94, 102, 113, 131, 132, 180, 181, 184—187, 189, 248, 249, 287—289, 322, 324, 325, 328
 Кулиок (Кульиок), левый приток верх. р. Поноя 77, 123, 320
 Кумужья варака, у подножья Мончи 40, 41, 49, 109, 161—163, 166, 240, 245, 261, 273, 290
 Кумужье оз., на сев. от Кумужьей тундры 53
 Кунозеро (Кунъявр) 55, 224
 Куна разъезд Мончегорского р-на в 130 км ст. Мурманска 54
 Куоляярви см. Коляярви
 Кутювая губа 129
 Куусамо 114
 Кучид-тундра, на водоразделе р. Титовки и Зап. Лицы 20, 40, 43, 106, 114, 157, 228, 246, 259, 263, 275
 Куэльпор, горный масс. в центральной части Хибин 47, 68, 70, 71, 94, 181, 187, 322
 Кыма-тундра (Киме-тундра) на водоразделе рр. Киме и Вуандас в басс. Бабинской Имандры 62, 76, 77, 293
 Кырпуайв, в 3 км от Шуурурта в Кейвах 85
 Лабрадор (Полярная Канада) 277
 Лавна р. 320
 Ладожское оз. 115
 Лангезундфиорд (южн. Норвегия) 8, 142, 283
 Лапландия, ст. Кировской ж. д. в 96 км от Мурманска 17, 33, 63, 289
 — территория 24
 Ласточкино гнездо — обрыв на вост. склоне Кукисвумчорра 42, 89
 Ледовитый океан 30, 201, 220, 221, 228, 276
 Лейвойва гора, в верх. р. Ионы у сел. Слюдоразработка 77, 79, 299, 320
 Ленинград 74, 106, 127, 204, 206, 217, 237, 242, 245, 251, 252, 304, 306, 307, 313, 315
 Лесная варака, около разъезда Хабозеро 34, 92, 105, 106, 176, 319
 Лесной близ сел. Умба 216, 224, 229
 Лестивара 33
 Лешая тундра 20, 46
 Лива-тундра, в верх. р. Ливы в басс. р. Пиренги 263
 Литке прол. 310, 313
 Лица р., ряд рек зап. Мурмана 26, 39, 53, 54, 80, 171, 175, 196
 Ловозеро 24, 26, 63—65, 80, 82, 87, 100, 112, 218, 225, 226, 228, 275, 283, 314
 Ловозерские тундры (Луявурт) 13, 16, 21, 22, 26, 34, 42, 46, 47, 67, 73, 75, 76, 83, 89, 97—99, 100—103, 112—119, 122, 124—128, 130, 134—139, 142, 153, 155, 158, 169, 172—174, 178, 179, 190—195, 204, 205, 224, 225, 228, 247, 249, 253, 258—260, 263, 275, 282, 283, 287—291, 319, 323, 324, 328
 Ловозерский погост 77
 — р-н 77, 215, 224—225
 Ловчорр, возв. в южной части Хибин 42, 94, 102, 186, 327
 Лопарская ст. 53
 Лопарский перев. (Саамский), ведет из дол. Саамской в дол. Тульи (Хибин) 42, 89, 185
 Лосевые тундры (Сэрвпахк) на сев.-зап. от Волчьей тундры 41
 Лота р. (Лоахтиок), впадает в Нотозеро 24, 39
 Лоухи, ст. Кировской ж. д. в сев. Карелии 10, 16, 82, 84, 155, 264, 308
 Лувенга р. 229
 Луявурт, см. Ловозерские тундры
 Лысая гора, к зап. от разъезда Шонгуй 87
 Лявойок р. 67, 181
 Лявчорр гора 71, 181, 187
 Магнет-Ков 122, 173, 178
 Майвальта р. (Майвальтийок), впадает в Тульялхт (Умбозеро), в Хибинах 184
 Макзбак (Макспахк) на водоразделе рр. Поноя и Иоканги 87

- Малайский арх. 316
 Малеур оз. 53
 Малюрда (Мальурта) в вост. части гряд Кейв 85
 Манитоба (Канада) 149, 312
 Маннепахк возв. в юго-зап. части Ловозерских тундр 76, 103
 Манчжурия 73, 210
 Манюк, в 25 км к сев.-зап. от Каневки в вост. части Кейв 85, 326
 Мариуполь г. 102, 249
 Медвежий о-в, в Кандалакшском зал. около Порьей губы 15, 39, 41, 284, 286, 291, 294
 Медвежье оз. (Полярная Канада) 39, 118, 150, 277
 Мезень р. 48, 110
 Молочный руч. (в низовьях р. Поноя) 49
 Монголия 280
 Мошгорск 11, 14, 43, 52, 114, 115, 168, 205, 228, 229, 246, 303, 310
 Монче-губа 17, 36, 64, 161, 166
 Монче-озеро 52, 161
 Монче-тундра 11, 13, 16, 20, 28, 29, 34, 37, 40, 41, 43—46, 48, 49, 51, 66, 89, 91, 105, 109, 117—121, 126, 127, 131, 132, 134, 139—144, 146, 147, 149, 159—168, 202, 204, 214, 215, 219, 223—225, 230, 233, 236, 240, 241, 245—247, 251—254, 256, 259—264, 268—270, 282, 285, 288—291, 305, 316, 319
 Москва г. 318
 Мосс (южн. Норвегия) 8, 283, 294
 Мотка-губа, между п-овами Рыбачьим и Средним 108
 Мотовский зал. (Мытьхвуон) между Рыбачьим п-овом и материком 24, 88, 132
 Мотчисуай р. 103
 Мурдозеро (через него протекает р. Кола) 63, 64
 Мурман 310—316
 Мурманск 11, 14, 17, 22, 33, 37, 53, 61, 88, 207, 219—221, 223, 226—229, 252, 257, 294, 308, 309, 313
 Мурманский берег 15, 22, 23, 24, 36, 44, 46, 88, 109, 110, 119, 155, 197, 258, 322
 Мурмаши, сел. на правом берегу р. Туломы 88, 223
 Мурпаркменч (гора им. Кирова), магнетитовая гора к зап. от ст. Оленья 50, 53, 55, 321
 Надвоицы (на р. Выг) 132
 Налыхт, возв. в Сальной тундре 86
 Намчервлак, горы в р-не сел. Семиостровский пог. 62
 Нарьян-Мар 308
 Немецкое море 316
 Нива р., впадает в Кандалакшский зал. 23, 26, 30, 37, 59, 88, 96, 104, 130, 150, 175, 207, 222, 229, 292, 293, 294, 318
 Нигерия 212
 Нижний Тагил 301
 Никелевый руч., в вост. части Волчьих тундр 118
 Нинчурт, в южн. части Ловозерских тундр 103, 324
 Ниттис, возв. на восток от Монче-тундры 40, 41, 49, 119, 161, 163, 166, 168, 245, 261, 291
 Нискаваара (на берегу оз. Вуорнярви) 325
 Новая Зеландия 251
 Новая Земля 29, 280
 Ново-Сибирские о-ва 281
 Норвегия 9, 11, 22, 24, 29, 39, 41, 46, 50, 59, 105, 107, 126, 141, 155, 160, 167, 174, 178, 199, 210, 212, 218, 233, 246, 252, 269—271, 277, 280, 281, 283, 284, 296
 Нордвик 310, 314
 Нордкап 280
 Норильск 310
 Нота р., впадает в Нотозеро 24, 26, 39, 132, 150, 175, 227
 Нотозеро, в зап. части Кольского п-ова 24, 26, 39, 77, 159, 223, 228, 229, 268, 282
 Нусса, возв. в горной гряде Кейв 85
 Ньюозеро 17, 63, 106, 166, 223
 Ньюдауйвенч (Нюда-тундра), возв. в предгорьях Монче-тундры 40, 45, 49, 106, 149, 121, 161, 163, 165, 167, 319
 Нюркпахк (Ньорпахк, Нюркпахк), возв. в вост. части Хибин 68, 181
 Нюхчурта, в вост. части гряд Кейв 85
 Нямельлаг 39
 Нью-Йорк 312, 316
 Овернь 328
 Озерко, на берегу губы Б. Мотки, Мотовского зал. 108
 Озерная варака, около разъезда Хабозеро 228, 250
 Ока р. 284
 Оксина 62
 Оленья гора, в р-не р. Мончи 50, 52, 54, 55, 61, 318
 — губа 104
 — ст. Кировской ж. д. в 112 км от Мурманска 52, 53, 54, 223
 Олюторка бухта 313, 315
 Онтарио (Канада) 76, 149
 Орлов маяк, мыс в горле Белого моря 159, 195, 321
 Осло (Христиания) 11, 283, 284, 294
 Оутокумпу (южн. Финляндия) — медный рудник 141, 241, 268
 Охтаканда (Питкуль), ст. железной дороги в 208 км от Мурманска, 38
 Падун на Туломе (порог) 39
 Пай-хой 309
 Пала-губа 327
 Пана р., правый приток р. Варзуги 35—37, 106, 160, 179, 324
 Панские высоты, на водоразделе рр. Паны, Поноя и Ловозера 20, 41, 106, 150, 282
 Парганьон, часть возв. Маннепахк в зап. части Ловозерских тундр 101, 324

- Партомпорр, возв. в сев.-вост. части Хибин 89, 326
- Парчниха губа на Мурманском побережье 109
- Пасвик (Паз-река) 38
- Педунов мыс, в Кандалакшском зал., 132
- Песчаный наволок, на вост. берегу Имандры 323
- Песьвари м-ние 178
- Петрозаводск г. 222
- Петропавловск на Камчатке 310, 313
- Петсамо (Печенга) 14, 20, 40, 43, 112, 118, 119, 141, 157, 160, 167, 168, 246
- Пече-губа, в сев. части Имандры 54, 63
- Пече-река, впадает с востока в сев. часть Имандры 63, 64, 80, 125
- Печенга, см. Петсамо
- Печора 13, 14, 214, 256, 274, 308, 309, 312
- Пилансберг (Ю. Африка) 122, 173
- Пилькома-Сельга, гора у Ковдор-озера в р-не Ионы 57, 295, 302, 324
- Пинагорий, мыс на вост. берегу Кольского фиорда, 80, 320
- Пиннега р. 111
- Пинозеро (через оз. протекает р. Нива) 30, 60, 118, 225, 228, 229, 303
- Пиренгская Имандра, зап. часть с р. Пиренгой 24
- Пиротинное ущ., у южн. склона Ловчорра (Хибины) 42, 43, 70, 158, 187, 224, 307
- Пирь-Наволок 79
- Питкаранта (КФССР) 127
- Пиялкимпор, отр. горы Карнасург 83
- Плесецкая ст. ж. д. Беломорск—Котлас (Архангельская обл.) 221, 309
- Поачвумчорр, хр. в центр. части Хибин 47, 67, 71, 72, 181, 186, 322
- Подас-тундра, близ ущ. р. Подас (сист. р. Ноты) 21, 34, 41, 106, 117, 118, 131, 141, 160, 161, 168, 226, 246, 252, 259, 262, 265, 275, 317
- Подвыд-тундра, к сев. от тундры Кеулик 106
- Полмос-тундра 20
- Полярный г. 33, 226
- Поной р. 15, 18, 20, 21, 24, 36, 39, 41, 46, 49, 62, 63, 80, 83, 84, 87, 118, 119, 132, 150, 151, 157, 159, 160, 179, 196, 200, 220—222, 226, 228, 246, 256, 259, 286—288, 311, 322
- сел. 85
- Порзангер 24
- Поррьяс р. 20, 104
- Порья губа, Терского р-на, в Кандалакшском фиорде 19, 21, 41, 80, 119, 154, 156, 171, 261, 283
- Прибайкалье 286
- Принмандровский р-н. Примандрье 50, 52, 54, 55, 154, 223—224, 275, 318
- Пудож-гора, м-ние титаномагнетита на Онежском озере 97
- Пулмас-тундра, в среднем течении р. Вороньей 41, 118, 160, 196, 259, 263
- Пулозеро, Кольского р-на, сел. и ст. Кировской ж. д. в 86 км от Мурманска 64, 77, 80, 82, 86, 88, 154, 225, 226, 228, 259, 327
- Пулонга (Пулоньга) р., на Терском берегу 77
- Пункарауйв, возв. в юго-вост. части Ловозерских тундр 103, 323, 324
- Пурнач, правый приток р. Поноя 84, 160, 246
- Пухозеро, к вост. от Ловозера в сист. р. Харловки 175
- Пялница р., впадает в горло Белого моря 77, 259, 327
- Пялка р. 77
- Рабо, верш., в зап. части Хибин 325
- Рамзая ущ. (Песпелькачорр), перев. между рр. М. Белой и Поачвумиок (Хибины) 72, 187, 189, 230, 264
- Расвумчорр гора 63, 70, 92—94, 180, 181, 287, 323
- Риж-губа 17, 36, 158, 159
- Ристикент, сел. на сев. берегу Нотозера 223
- Рисчорр, Хибины 42, 89, 132, 185
- Ровозеро, в верх. р. Ровы в сист. р. Иоканги 87
- Ройменский мыс, в Кандалакшском зал., при входе в М. Порью губу 120, 197
- Рокапахта, мыс на Рыбачьем п-ове 108
- Роста, на вост. берегу Кольского фиорда, около Мурманска 17, 80, 81, 252
- Русиниха р., впадает в горло Белого моря севернее устья Поноя 39, 119
- Рыбачий п-ов 15, 20, 23, 24, 26, 36, 37, 39, 88, 108, 133, 195, 199, 226, 253, 259, 260, 263, 284
- Саамская (Лопарская) дол. 94, 95, 102, 185, 186, 230, 320
- Саамская р. (б. Лопарка) между Кукисвумчорром и Юкспором (Хибины) 94
- Саамский перев., см. Лопарский перевал
- Сагастыр 310
- Сайда-губа, Кольский фиорд 33, 104, 211, 320
- Сальная тундра (Вуоием-тундра), масс. на водоразделе р. Печи и Вувы (басс. Нотозера) 41, 86, 91, 117—119, 150, 160, 167, 246, 252, 263
- Сан-Франциско 319
- Сахарйок, левый приток р. Кульйок, притока Поноя 86
- Саяны 161, 280, 284
- Свердловск 100
- Свинцовые тундры, между Колозером и Волчьей тундрой 150
- Святой Нос, у устья р. Иоканги, Баренцово море 26
- Северная Земля 280, 284
- Северный край, см. Архангельская обл.
- Северо-Двинский зал. Белого моря 24
- Сегозеро 112
- Сёдбери (Канада) 11, 45, 119, 121, 127, 149, 167, 212, 246
- Седловатый о-в (в Порьей губе) 80
- Сейдозеро, см. Сейтозеро
- Сейтозеро (Сейтявр) в центре Ловозерских тундр 63, 64, 74, 75, 192

- Сейявр, озеро в верх. р. Курги в сист. Ловозера 80, 82, 86, 122, 131, 171
Сембозеро (Сымбозеро) 55, 63
Семиостровский пог., сел. 62, 63, 77, 84, 226, 275, 288
Семискорр, возв. в зап. части Ловозерских тундр 89
Сергевань р. (Лухтгйок), впадает в сев.-зап. часть Ловозера 63, 64, 328
Сергозеро, сток в р. Варзугу 170
Сибирь 77, 145, 200, 281, 284—286, 309
Синьяя Пала 80
Скандинавские горы 15
Слюдянка р., приток р. Стрельны 77, 80, 81, 156
Слюдянные сопки, к зап. от Семиостровского пог. 77, 87
Снежница р., впадает в горло Белого моря 20
Собачьи тундры (варака) к вост. от разъезда Пулозеро 88
Соловецкие о-ва (Соловки) 14
Сопчуайвеня (сокращ. Сопча) у подножья Монче-тундры 40, 91, 109, 161, 162, 165, 166, 168, 212, 245
Соче-озеро, в р-не Умбозера 326
Средний п-ов 24
Средняя Азия 200, 284, 286
Стокгольм (Швеция) 8, 277
Страшемпахк, возв. в южн. части Ловозерских тундр 101, 103
Стрельна р., впадает в Белое море 17—19, 26, 36, 38, 62, 76, 77, 80, 81, 112, 119, 131, 160, 170, 171, 179, 200, 221, 246, 259, 261, 275
Суолауйв, возв. в сев. части Хибин 67, 68, 71, 180, 181
США 73, 122, 178, 237
Сырая тундра 80
Сысола р., приток Вычегды 220
- Таймыр (Зап. Сибирь) 284, 286
Тана р. 24
Танну-Тува 161
Тахтарвумчорр, возв. в зап. части Хибин 39, 42, 88, 90, 102, 121, 125—127, 131, 180, 187, 326
Тахлинтауйв (Тахтауйв) возв. на вост. от Ловозера 87
Телячий о-в 175
Телячья тундра, к югу от тракта Пулозеро—Ловозера 77
Териберка, на Мурманском берегу 36, 54, 222, 229, 311
Териберское оз. 24
Терский берег 21—23, 37, 46, 48, 63, 64, 79, 153, 195, 196, 220, 253, 327
Терский р-н 77, 226
Тик-губа, на Имандре, около ст. Апатиты 38
Тиман 9, 11, 14, 21, 29, 38, 62, 87, 129, 174, 199, 214, 220, 221, 259, 274, 280, 284, 285, 308, 309, 312
Титан, разъезд Кировской ветки, в 13 км от ст. Апатиты 17, 34, 35, 43, 47, 70, 86, 155, 159, 204, 218, 224, 228, 289, 323
Титовка, в зап. части Мотовского зал. (Мурманский берег) 53, 54, 171, 175, 229
Тихий океан 280, 281, 286, 314
Томба, левый приток р. Поноя в нижнем ее течении 63
Травяная варака, в сист. варака у подножья Мончи 41, 161, 166—168, 327
Туадаш-тундра, в южн. части Нотозера 39
Тулома р. 30, 37, 39, 82, 86, 117, 125, 154, 171, 222, 226, 228, 242
Тулмозеро (КФССР) 61
Туль р. (Тульгйок) в Хибинах 180, 184, 190
Тумча р. 24
Тунгуска р. 14
Тунца р. на зап. от Кандалакши 225
Туомиваара 321
Турий мыс, к вост. от сел. Умба в Кандалакшском фиорде 23, 48, 59, 113, 114, 122, 142, 172, 174—178, 239, 261, 262, 282, 283, 287, 294
Тянь-Шань 280, 284
- Украина 77, 78, 127, 213, 218
Умба р. 26, 36, 106, 107, 171, 175, 222, 229, 275, 294
Умба, сел. в устьи р. Умбы 20, 28, 34, 81, 104, 170, 171, 224, 229
Умбозеро 26, 62—63, 170, 188, 225, 229, 268
Уполакша 297
Ура-губа, в зап. части Мурманского берега 104, 220, 259
Ура р. 54
Урал 11, 22, 29, 73, 86, 96, 112, 115, 161, 200, 212, 237, 238, 284, 285, 304, 307, 312
Урма-варака (Урмуайв) в верх. р. Монрик в басс. Ловозера 171
Урский фиорд, см. Ура-губа
Усть-Камчатск сел. 313
Ухта 29, 284, 308, 309
- Фадеев руч. 17
Фалуи (Швеция) 8, 108
Федорова тундра, к югу от Ловозера 20, 41, 91, 150, 167, 228, 246, 250, 275
Фён (южн. Норвегия) 8, 59, 178, 294
Финляндия 13, 24, 26, 27, 29, 38, 39, 42, 53, 57, 65, 108, 109, 111, 128, 131, 132, 141, 150, 157, 158, 160, 170, 174, 241, 246, 268, 277, 293, 294, 323
Флора (отрог), возв. в сев.-вост. части Ловозерских тундр 83, 89
Флорида 210
Франца-Иосифа Земля 281
Франция 7, 269, 328
- Хабозеро, разъезд Кировской ж. д. в 220 км от Мурманска 16, 21, 26, 34, 36, 92, 96, 104, 105, 116—118, 131, 142, 150, 153, 161, 172, 174—178, 228, 240, 250, 252, 258, 261, 262, 273, 283, 290, 319
Хапаранда, пограничный пункт Швеции и Финляндии 201, 243

- Харловка р., впадает в Баренцево море 24, 41, 112, 154, 175, 311
- Хиби́нские тундры (Хибины) 11, 13, 22, 26, 29, 33, 37, 39—43, 45—47, 66—74, 76, 77, 80, 81, 88—90, 92—94, 97, 100—102, 104, 109, 110, 112—117, 119, 120, 122, 124—130, 132—140, 142, 143, 149, 153, 158, 160, 171—174, 177—191, 193, 204, 207, 208, 210, 213, 215, 224, 225, 237, 239, 241, 242, 245, 246, 249, 258—260, 261, 263, 264, 269, 273, 278, 283, 286—289, 305, 313, 316, 322, 326
- Хизовара, м-ние кванта около ст. Лоухи (КФССР) 82, 84
- Христи́ания, см. Осло
- Чагвуайв, возв. к зап. от губы Лицы, Мотовского зал. 171, 175
- Чайная губа 88
- Чалмозеро 295
- Часначорр, возв. в зап. части Хибин 90, 94, 187
- Червурта, возв. в средней части Кейв 85, 326
- Черника-жила, м-ние эвдиалита в зап. части Хибин 187
- Чернореченская дер. 39
- Чешская губа 13, 14, 22, 214, 220—222, 256, 259, 308, 309, 311
- Чехо-Словакия 7, 269—271
- Чивруай руч., впадает в Сейтявр в Ловозерских тундрах 101
- Чинглусуай р., в Ловозерских тундрах 89, 103
- Чокваренч (гора Баумана), около ст. Оленья в р-не Заимандровских тундр 17, 36, 54, 55
- Чудо-озеро (Чуди, Чудзьярв), в Ловозерском р-не в 70 км от Пулозера 326, 328
- Чудо-река (Чуда-река) впадает с сев. в Умбозеро 63
- Чукотский п-в 280
- Чуна оз. 24
- Чуна-тундра 13, 36, 159, 201, 225, 229, 261, 321
- Чурмуивенч, возв. к вост. от Пулозера 88
- Швейцария 7
- Швеция 9, 11, 22, 49, 65, 105, 107, 108, 111, 128, 132, 145, 149, 155, 201, 210, 212, 243, 277, 282, 284, 293
- Шелеспаркменч (гора им. XV годовщины Октября), около ст. Оленья 54, 55
- Шельпино становище 44
- Шонгуй, развезд Кировской ж. д. в 29 км от Мурманска 17, 37, 53, 55, 88, 154
- Шорья Горная (Зап. Сибирь) 115
- Шотландия 174, 177, 184, 280, 283
- Шпицберген 13, 14, 220, 274, 314
- Шуерецкая (КФССР) 86, 87
- Шуурурта, возв. в центр. части Кейв 85, 326
- Эвеслогчорр, возв. в южн. части Хибин 42, 67, 72, 89, 102, 185, 188, 322
- Элемарайк р. 328
- Энаре оз. (Полярная Финляндия) 24, 39, 132, 150
- Энбань-тундра, к вост. от р. Колы 88
- Энгпор, возв. в южн. части Ловозерских тундр 101
- Юзия р. 247
- Юкспор, возв. в южн. части Хибин 17, 42, 67, 68, 70, 92—95, 102, 104, 133, 181, 185—187, 288, 289, 323—325
- Юкспорлак, перев. между Юкспором и Расвумчорром (Хибины) 102, 186
- Юлианехааб, масс. в Гренландии 11, 283
- Ягельный Бор, развезд Кировской ж. д. в 122 км от Мурманска 80
- Ягульурта, возв. в центр. части Кейв 85
- Якупиранга (Бразилия) 178
- Ян-Майен, о-в в северной Атлантике 276
- Япония 249, 316
- Ярва-варака 168

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие	5
От автора	7
Глава первая. Введение	13
I. Общее и географическое описание	13
II. Краткая история горного дела	14
III. Современное использование минерального сырья	16
Глава вторая	18
I. Геологические и тектонические черты Кольского полуострова	18
II. Общие черты геологии	21
III. Основные черты тектоники	22
IV. Влияние геологических факторов на поиски и горное дело	26
V. Ледниковый период и его влияние на геохимию щита	29
Глава третья. Полезные ископаемые	31
<p>1. Гранит строительный и кислотоупорный 33. 2. Лестиварит 33. 3. Нефелиновый сиенит (хибинит) 34. 4. Оливинит (и энстатитит) 34. 5. Известняк (и ракушечник) 34. 6. Доломит 34. 7. Кварцит, песчаник (кровельный шифер) 36. 8. Кварцевый песок 37. 9. Нефелиновый песок 37. 10. Глины кирпичные (и черепичные) 37. 11. Торф 37. 12. Сапропелит 38. 13. Алмаз 38. 14. Графит (уголь) 38. 15. Самор. серебро и самор. золото 39. 16. Пирротин, пирит, марказит 40. 17. Халькопирит (медь) 45. 18. Пентландит (никель) 46. 19. Галенит (свинец, серебро) 46. 20. Сфалерит (цинк, германий, галлий) 46. 21. Плавиковый шпат (флюорит) 46. 22. Хлористый натрий 48. 23. Магнетит, маргит, гематит 48. 24. Кварц белый. Дымчатый кварц (морион) 61. 25. Диатомит (опал, инфузорная земля) 63. 26. Вода 65. 27. Апатит и саамит 67. 28. Нефелин 72. 29. Мусковит (калиевая слюда) 76. 30. Полевой шпат (пегматит) 79. 31. Кианит и силлиманит 82. 32. Гранат абразивный (альмадин) 86. 33. Барит 87. 34. Молибденит 88. 35. Титаномагнетит 90. 36. Сфен (титанит) 93. 37. Кнопит (перовскит) 96. 38. Эгирин 97. 39. Лопарит 97. 40. Эвдиалит 100. 41. Ловчоррит 102. 42. Мурманит. 103. 43. Поделочные и музейные камни 103. 44. Дорожные материалы 105. 45. Водные магнес. силикаты и карбонаты (талек, асбест, магнезит) 106. 46. Жемчуг 107. 47. Природные и искусственные краски 107. 48. Диабазы для литья 109. 49. Полезные составные части омывающих морей 110. 50. Дефицитные вещества 110.</p>	
Глава четвертая. Обзор отдельных химических элементов	112
<p>2. Гелий 112. 3. Литий 112. 4. Бериллий 112. 5. Бор 112. 6. Углерод 112. 9. Фтор 113. 11. Натрий 113. 12. Магний 113. 13. Алюминий 113. 14. Кремний 114. 15. Фосфор 114. 16. Сера 114. 17. Хлор 115. 19. Калий 115. 20. Кальций 115. 21. Скандий 115. 22. Титан 115. 23. Ванадий 116. 24. Хром 117. 25. Марганец 117. 26. Железо 117. 27. Кобальт 117. 28. Никель 118. 29. Медь 119. 30. Цинк 119. 31. Галлий 120. 32. Германий 120. 33. Мышьяк 120. 34. Селен 121. 35. Бром 121. 37. Рубидий 122. 38. Стронций 122. 39. Иттрий 123. 40. Цирконий 123. 41. Ниобий — 73 тантал 124. 42. Молибден 125. 46. Палладий 126. 47. Серебро 126. 48. Кадмий 126. 49. Индий 126. 50. Олово 127. 51. (Сурьма) 127. 52. Теллур 127. 53. Иод 128. 55. Цезий 128. 56. Барий 128. 57—71. Редкие земли 120. 72. Гафний. 130. 73. Тантал 130. 74. Вольфрам 131. 75. Рений 131. 78. Платина 131. 79. Золото 132. 80. (Ртуть) 132. 81. (Таллий) 132. 82. Свинец 132. 83. (Висмут). 132. 90. Торий 132. 92. Уран 133.</p>	

Глава пятая. Геохимический анализ кольских комплексов	134
I. Введение	134
II. Комплекс Хибинских и Ловозерских тундр	135
III. Комплекс «Монче-тундры»	139
IV. Сравнительный анализ геохимических комплексов	142
V. Анализ отсутствующих элементов в комплексе щелочных плутонов и Мончи	144
VI. Общая характеристика концентраций химических элементов на Кольском полуострове	147
VII. Общие выводы	148
Глава шестая. Отдельные геохимические комплексы	152
I. Древний гнейсовый и сланцевый комплекс	153
II. «Цветной пояс»	157
III. Геохимический комплекс «свиты Кейв»	168
IV. Геохимический комплекс гранитов	169
V. Щелочной комплекс	172
A. Северный и южный пояса	175
B. Хибинский плутон	178
B. Ловозерские тундры	191
VI. Комплекс полиметаллических жил	195
VII. Геохимический комплекс новейших отложений	198
VIII. Отложения гиперборей	199
Глава седьмая. Общий анализ минерального сырья	200
I. Характерные черты сырьевой базы Кольского полуострова	200
II. Сравнительный анализ ископаемых богатств Кольского полуострова	208
A. Неметаллические ископаемые	210
B. Металлические ископаемые	211
III. Комплексное использование минерального сырья и отходов промышленности	213
IV. Анализ местного сырья	217
V. Энергетическая база	219
VI. Геохимические и промышленные узлы	222
VII. Необходимые транспортные мероприятия	227
VIII. Вопросы охраны сырья	229
IX. Использование специфических черт Приполярья	230
Глава восьмая. Основные отрасли горно-химических производств	232
I. Химическая промышленность	233
1. Применение нефелина целиком	236
2. Использование преимущественно глинозема из нефелина	238
3. Использование по преимуществу кремнезема	239
II. Черная металлургия	242
III. Цветная металлургия	244
IV. Металлургия редких элементов	247
V. Бумажная и целлюлозная промышленность	251
VI. Керамическая и стекольная промышленность	251
VII. Промышленность огнеупоров	252
VIII. Электроизоляционная промышленность	253
IX. Абразивная промышленность	253
X. Промышленность строительных и декоративных материалов	254
XI. Источники сырья для сельского хозяйства	254
Глава девятая. Общие выводы	255
Глава десятая. Задачи дальнейших научных исследований	258
I. Задачи в области общей геологии и тектоники и геологического картирования	259
II. Специальные научно-исследовательские работы	259
III. Научно-исследовательская работа в связи с апатито-нефелиновыми, титановыми, ванадиевыми редкоземельными рудами	260
В связи с изучением нерудных ископаемых	260
IV. Проведение структурных глубинных скважин	260

V. Задачи в области петрографических и петро-стратиграфических исследований	261
VI. Задачи в области минералогических исследований	261
VII. Задачи в области геохимии	262
VIII. Задачи поисково-разведочной деятельности	263
✓ IX. Задачи в области горной промышленности	263
✓ X. Задачи в области технологических исследований	264
Глава одиннадцатая. Главнейшая литература	265
Приложения.	
I. Практические поисковые признаки на Кольском полуострове	267
II. Материалы по применению основных и нефелиновых пород в дорожном деле	269
III. Дальнейшие задачи использования сырьевых ресурсов Кольского полуострова	274
IV. Перспективы использования полезных ископаемых в полярных областях Союза	276
V. Краткая хронология горного дела и открытий полезных ископаемых на Кольском полуострове	286
VI. Кандалакшский узел, его богатства и будущее	292
VII. Проблема железных руд Кольского полуострова	294
VIII. Проблема производства серной кислоты из пирротинов (Записка Кольской базы)	303
IX. Хозяйственные связи Кольского полуострова с соседними областями	307
X. Схема освоения Советской Арктики	309
XI. Анализы главнейших полезных ископаемых	316
Указатель минералов, горных пород и химических элементов	329
Указатель географических названий	335