

И. Орехов.

Проблема использования хибинских апатитов

I

В самом центре Кольского полуострова, далеко за полярным кругом, на $67^{\circ}35'—67^{\circ}55'$ сев. широты, в 27 км от Мурманской ж. д., в 1.300 км от Ленинграда и 150 км от Мурманского порта, среди болот лесистой тайги, возвышаются на 1.200 метров выше уровня большого озера Имандры две системы: Хибинские и Левоозерские тундры, резко выделяющиеся своими голыми склонами, по которым лесная растительность поднимается только до высоты 250 метров.

Хибинские и Левоозерские тундры представляют собой подковообразно вытянутые системы хребтов, расчлененных глубокими ущельями или высокими перевалами, общей площадью в 1.500 км².

Эти тундры по своеобразности залегающих в них пород и минералов принадлежат, несомненно, к самым замечательным областям земли, являясь крупнейшими выходами глубинных щелочных пород в мире и вместе с тем одним из самых богатых в мире скоплений некоторых редких элементов.

Хибинские тундры во всем своем многообразии были впервые обследованы тремя экспедициями ученого Рамзая в 1889—1892 гг., который дал первую карту и наметил основные линии их геологического и петрографического исследования. Однако, научная разработка их была начата только в 1921 г. В этом году впервые между южными отрогами горы Кукисвумчорр были найдены экспедициями, работающими под руководством академика А. Е. Ферсмана, куски апатитовой породы. Но ограниченность средств не давала возможности развернуть работы в нужном масштабе и, несмотря на то, что обследования этих массивов производились и в следующие годы, впервые более или менее определенные выводы о наличии здесь нефелино-apatитовой породы в количествах, позволяющих промышленную разработку, были сделаны только в 1925 г. минерологом Академии наук А. Н. Лабунцевым в особом докладе.

Этот доклад определенно сыграл большую роль в деле дальнейшего выяснения вопроса о хибинских апатитах и в следующем 1926 г. А. Н. Лабунцев, по поручению Академии наук, Института по изучению Севера и колонизационного отдела Мурманской ж. д., на средства последнего, отпущенные в сумме 1.000 рублей, опять организовал поездку небольшого разведочного отряда и во второй половине лета выехал с этим отрядом в Хибинны для продолжения своих обследований¹.

¹ Необходимо отметить, что все трудности, связанные с проведением этих работ и особенно с изысканием необходимых для них кредитов, увенчались успехом только благодаря неослабной энергии, с одной стороны, А. Н. Лабунцева и, с другой, — некоторых руководителей колонизационного отдела Мурманской ж. д., чувствовавших реальность этих богатств и всячески помогавших работам.

Разведка 1926 г. дала благоприятные результаты, и привезенные в Ленинград образцы показали при анализе, что среднее содержание апатита в породе составляет около 60%. В дальнейшем разведочными работами 1927 г. было выяснено, что нефелино-apatитовая порода проходит мощной полосой, начиная от южного отрога Кукисвумчорра, через гору Юкспор, апатитовый отрог, перемышку между горами Расвумчорр и Лончорр, давая отдельные небольшие выходы и к востоку по горе Расвумчорр. Результаты работы этого года были настолько значительны, что не оставалось никаких сомнений в большой промышленной ценности всех месторождений и поэтому в 1928 г. Институтом по изучению Севера была начата планомерная разведка одного из самых интересных месторождений — Кукисвумчорра.

В результате всех этих работ, проходивших под общим руководством академика А. Е. Ферсмана, было установлено, что общие запасы всех месторождений ориентировочно могут быть исчислены в 500 миллионов т, около половины которых должно быть отнесено на апатит. Общая ценность этих запасов, исчисляемая при самых осторожных расчетах в 8 зол. рублей за т, определяется примерно в 4—5 млрд. зол. рублей.

Когда выяснилась такая мощность и такая колоссальная ценность этих месторождений, Комитет по химизации поддержал вопрос об ассигновании 250 тысяч руб. и утвердил организацию в Ленинграде специально апатитовой комиссии. С мая 1929 г. начались сравнительно большие работы по дальнейшему изучению этих массивов, устройству в горах баз, необходимых для технического и рабочего персонала, устройству автомобильной дороги, без которой нельзя было и думать о вывозе хотя бы одного вагона руды и завозе туда необходимого оборудования, тяжелого бурового инструмента, леса, продовольствия и т. д., а также работы по организации добычи первых партий апатито-нефелиновой руды.

Все перечисленные работы были связаны с очень большими трудностями, что станет особенно ясно, если учесть, что горы эти расположены в совершенно безлюдной и незаселенной местности, отстоя от ж. д. на расстоянии 25—30 км, и отделены от нее болотистой и местами совершенно непроходимой местностью.

В начале октября 1929 г., после ряда постановлений соответствующих правительственных органов, был учрежден новый республиканский трест «Апатит», который и проводит теперь всю дальнейшую работу по изучению, добыче и реализации этих месторождений.

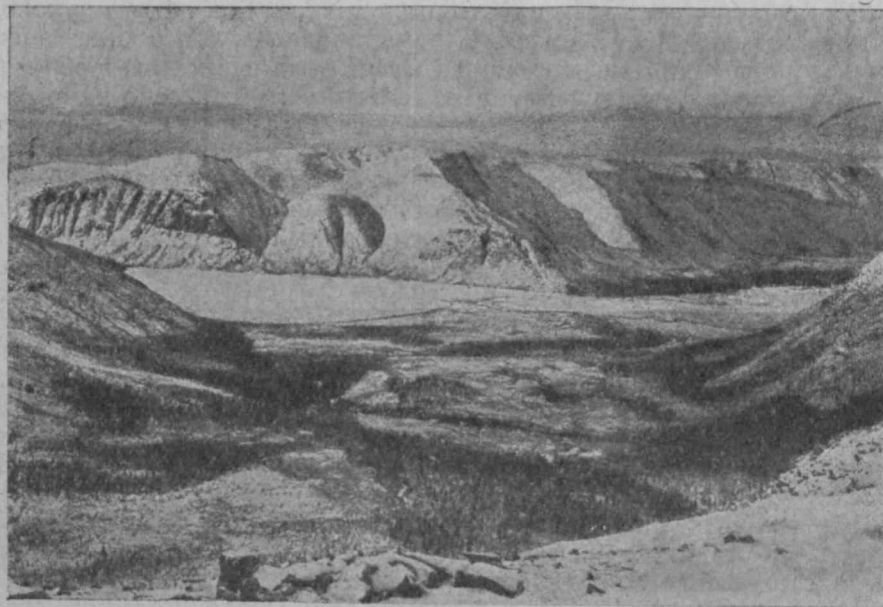
Прежде чем перейти к дальнейшему изложению, остановимся кратко на характеристике апатита и нефелина.

А п а т и т о м называется минерал, состоящий из соединения фосфорной кислоты с кальцием, с небольшим содержанием фтора или хлора. Это довольно мягкий, но вместе с тем и довольно тяжелый в чистом виде минерал, встречающийся в кристаллическом или коллоидно-аморфном состоянии.

Кристаллическая разновидность апатита представляет или хорошо образованные кристаллы нередко красивого изумрудно-зеленого тона, или же сахаровидную массу зернышек, напоминающую мрамор светло-зеленоватого или желтоватого оттенка. Эта разновидность имеется в незначительном количестве в каждой горной породе в виде отдельных палочек или призмочек этого минерала, но большие скопления кристаллического апатита не очень значительны и встречаются только в Норвегии и Канаде, в гранитах Испании и Урала и в кварцевых жилах Южной Африки. Особый интерес представляет апатит,

встречающийся в железных рудах, из которых они извлекаются при выплавке чугуна, в виде томас-шлака, который затем используется для удобрения полей, как фосфорно-кислое удобрение.

Но наибольшие запасы и главное использование в хозяйстве принадлежит коллоидно-аморфной разновидности апатитового вещества — фосфориту. Самые крупные мировые скопления фосфорных руд относятся именно к этой разновидности, добывающейся ежегодно в количестве до 10 млн. т, преимущественно во Флориде (С. Америка) и в С. Африке (Алжир, Тунис, Марокко), в то время как размер добычи кристаллич. апатита не превосходит отдельных сотен или тысяч т.



Вид Хибинских гор.

Кристаллический апатит отличается от фосфорных помимо характера кристаллизации еще и происхождением. Апатиты в подавляющей части своих скоплений связаны с расплавленными магмами, из которых они выделены в начале или конце застывания, следовательно, они вулканического происхождения. Фосфориты же совершенно другого происхождения и они всегда связаны с осадочными породами различных возрастов: скопления их связаны с живыми организмами и объясняются накоплением животных остатков, массовой гибелью живых существ в морях при внезапных изменениях условий жизни и тому подобными явлениями.

Нефелином называется сероватый минерал, встречающийся как основная часть магматических горных пород как глубинного, так и вулканического типа. Нефелин очень легко разлагается кислотами с образованием студня. В промышленности, несмотря на свои ценные свойства, он до сих пор не использовался¹.

¹ См. Акад. А. Е. Ферсман, „Апатито-нефелиновая проблема“. 1929 г.

II

Как было указано выше, мощность горных пород, залегающих в хибинских тундрах, по ориентировочным подсчетам определяется, примерно, в полмиллиарда т своеобразной апатито-нефелиновой породы, состоящей из следующих минералов: апатита, нефелина, титаномагнетита, сфена, небольшого количества эгерина (ферросиликата натрия) или щелочной роговой обманки и листочков биотита.

Количественные соотношения этих минералов довольно непостоянны и определяются в породах, примерно, следующими пределами:

Апатит	от 25 до 80%	удельн. вес	3,2
Нефелин	15 „ 70%	„	2,6
Титаномагнетит	0 „ 7%	„	5,0
Сфен	0 „ 5%	„	3,5
Эгерин, биотит, роговая обманка	0 „ 5%	„	3,2—3,5

Самым интересным из них в промышленном отношении является апатит, который, наравне с фосфоритом, может быть использован как основная руда для получения фосфорнокислых удобрений, а также для получения чистого фосфора и его соединений, применяемых в различных отраслях промышленности: металлургической, спичечной, керамической (высокосортные эмали для керамической посуды), стекольной (для получения оптических стекол с высоким коэффициентом преломлений и малым рассеянием, для получения белых и матовых стекол) и т. д.

Самое широкое применение в нашей промышленности апатит, повидимому, будет иметь как источник сырья для получения различных видов удобрений, а именно:

1) апатитовой тонко размолотой муки, получаемой без какой бы то ни было химической обработки сырья. Применение этой муки будет в сравнительно ограниченных размерах, так как этот вид удобрения дает эффект только на кислых (заболоченных) почвах, способных переводить содержащуюся в нем фосфорную кислоту в усвояемое состояние;

2) суперфосфата, получаемого путем химической обработки как обыкновенной руды, так и концентрата, т. е. руды, в которой путем механической обработки (избирательного дробления)¹ увеличено содержание фосфорной кислоты. Этот вид удобрения в ближайшие годы будет иметь самое широкое применение;

3) новых конденсированных или комплексных удобрений, в которых количество полезных веществ (фосфора, азота и калия) доходило бы до 80—90%. Пока такие удобрения еще не изготавливаются, но теоретически они мыслимы и вопрос об их получении особенно усиленно стал обсуждаться в научных учреждениях теперь, в связи с наличием у нас нового мощного источника сырья — хибинских апатитов.

Если учесть, что в колоссальных запасах апатито-нефелиновой породы имеется большой процент фосфора (в апатитах) и калия (в нефелинах) и что необходимое количество азота может быть получено из воздуха, то станет ясным, что теоретически получить такое полное

¹ Избирательное дробление заключается в том, что порода размалывается и одновременно просеивается с таким расчетом, чтобы отделить более крупные фракции, состоящие преимущественно из более твердого и менее хрупкого нефелина, от более мягких, более хрупких и легко размалываемых фракций апатита. В результате этой операции получается концентрат, т. е. обогащение и более чистая порода.

удобрение представляется возможным и что окончательное слово в решении этого вопроса теперь за наукой, которая должна эту теоретическую возможность осуществить на практике.

Вторым интересным минералом хибинской породы является нефелин. До настоящего времени нефелин никогда не использовался в промышленных целях, что объясняется главным образом отсутствием больших месторождений чистого минерала.

Сейчас же для него намечается следующее применение:

1) в стекольной промышленности — для изготовления бутылочного и чистого (полубемского) стекла, что позволит заменить дефицитные продукты — соду и сульфат, употребляемые сейчас в этом производстве, и дает большую экономию при замене заводской шихты нефелиновой;

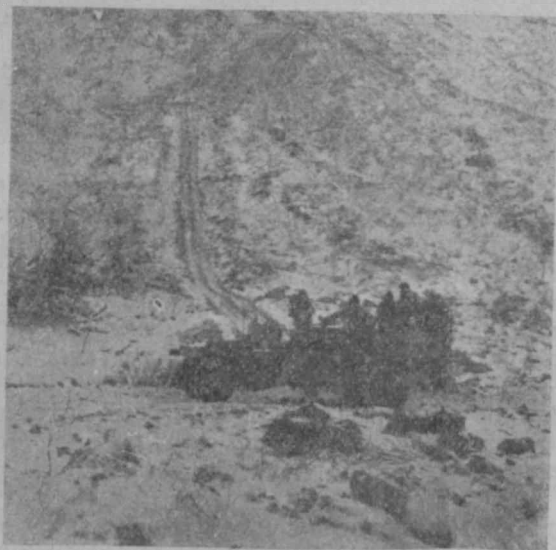
2) в керамической промышленности, где намечается частичное его применение вместо полевого шпата;

3) в химической промышленности — для получения металлического алюминия, растворимого кремневого стекла, т. е. силикатов натрия и калия, азотно-кислых солей калия и натрия и т. д.;

4) в сельском хозяйстве — в качестве калийных туков, правда, содержащих очень небольшой процент калия (до 6%).

Необходимо отметить, что проблема использования нефелина далеко еще не изучена полностью и требует дальнейшей научно-технической проработки.

Что касается остальных минералов, встречающихся в этих породах, то они представляют сравнительно с апатитом и нефелином незначительные массы и настолько мало пока обследованы, что на них мы останавливаться не будем.



Транспортирование апатитовой руды.

Точных данных о том, во что определится добыча одной *t* руды, еще нет потому, что те разработки, которые производятся сейчас, в зимнее время, без всякой предварительной подготовки, ни в какой степени не могут быть показательными. Но нужно принять во внимание, что эта порода находится на дневной поверхности и разработку

ее придется вести предпочтительно открытыми карьерами, с применением взрывчатых веществ. Затем следует учесть, что непосредственно к месту разработок будут подведены ж.-д. пути, так что добываемая руда будет грузиться прямо в вагоны или же подаваться на обогатительную фабрику, постройка которой также намечена на месте разработок. Основываясь на этом, считают, что добыча *t* руды будет стоить от 4 до 8 рублей. Возможно, что цифры эти преувеличены, но фактических данных для возражения против них пока еще нет. Необходимо только отметить, что добыча *t* угля при рудничной разработке обходится, примерно, в 6—8 рублей, но вместе с тем необходимо учесть и то обстоятельство, что разработка хибинских апатитов будет производиться за полярным кругом, где заработная плата гораздо выше, чем в тех местах, где производится разработка угля.

Провоз *t* руды до Ленинграда определяется в 8 р. 70 к., до Москвы — на 2 р. дорожке, до Мурманска — в 1 р. 60 к. Погрузка — в 50 к. и выгрузка — тоже в 50 коп. за *t*. Таким образом, мы имеем за *t*:

Добыча на месторождении франко-вагон	4 р. 50 к. — 8 р. 50 к.
Стоимость руды франко-вагон Ленинград	13 „ 20 „ — 17 „ 20 „
„ „ „ Москва	15 „ 20 „ — 19 „ 20 „
„ „ „ Мурманск	6 „ 10 „ — 10 „ 10 „

По данным анализов, произведенных в Англии, содержание фосфорно-кислого кальция определяется в 78%, а по данным анализов, произведенных в Германии, даже — в 81%. Однако, из этого еще не следует, что весь массив содержит породу такого высокого качества, а, наоборот, есть все данные, указывающие на то, что глубинные породы — более низкого качества.

Для того, чтобы судить о рыночной ценности апатитовой руды, достаточно привести следующие довоенные цены на нее с различным содержанием фосфорнокислого кальция. Так, норвежская 90% апатитовая руда до войны оценивалась в 12—14 долл. за *t*, канадская (80%) — 9—10 долл. за *t*, а наименее богатая — испанская (15%) — 5 долл. за *t*.

Из этих ориентировочных данных видно, что апатитовая руда даже в совершенно сыром виде, без всякой обработки, при наличии колоссальных запасов ее, может составить значительную статью нашего экспорта, особенно если принять во внимание близость месторождения от незамерзающего порта Мурманска и возможность экспортировать без особых на то затрат не сырье, а полуфабрикат — в виде очищенного апатита.

Но главная ценность этих месторождений конечно не в экспортных возможностях, а в том, что они представляют собой богатейшее сырье для получения фосфорнокислых удобрений, потребное нашей стране в колоссальных количествах и ввозимых теперь из-за границы, так как имеющегося у нас сырья (не считая Хибин) недостаточно для удовлетворения всех потребностей.

По пятилетнему плану нам потребуется около 5 млн. *t* фосфорного сырья, подсчет же ресурсов обосновывает добычу на 1932/33 г. не свыше 2,5—3,0 млн. *t*. Таким образом, недостающие 2,5 млн. *t* мы можем покрыть либо путем открытия внутри страны новых источников его получения, либо путем ввоза из-за границы.

Таким источником и являются теперь хибинские месторождения, которые не только покрывают эту недостачу, но и во много раз превосходят ее, занимая как по качеству, так и по запасам первое место

в Союзе и составляя для разведанных запасов свыше половины всей известной нам фосфорной кислоты.

Если еще до конца 1929 г. были некоторые опасения в возможности затруднений при химической обработке этого сырья для получения из него суперфосфата, то после производства опытов в заводском масштабе (на Чернореченском заводе), проведенных в январе 1930 г.¹, эти опасения отпадают и мы имеем возможность получать для страны суперфосфат очень высоких качеств.

«Присланные из Хибин, — читаем мы в описании этих опытов, — в декабре 1929 г. на завод 14 вагонов нефелино-апатитовой породы, преимущественно пятнистой разности, подверглись на Чернореченском заводе обогащению, основанному на избирательском дроблении породы, в результате чего получено несколько вагонов обогащенного апатитового концентрата с содержанием фосфорного ангидрида 30%. Было приготовлено несколько сортов апатитового концентрата, отличавшихся степенью измельчения и содержания нераствор. остатка.

4 января был произведен первый опыт разложения полученного концентрата серной кислотой в специально построенной НИУ опытной полужавальной камере, в которую загружалось по 0,5 т апатитовой муки. Произведенные опыты показали, что из просеянной через сита апатитовой муки, содержащей 39% фосфорного ангидрида и от 2 до 2,7% нерастворимого остатка, в результате трехчасового камерного процесса удается получить суперфосфат хороших физических свойств (сухой и рассыпчатый), с содержанием до 18% усвояемого фосфорного ангидрида на воздушно-сухую навеску при общем содержании фосфорного ангидрида 20—20,5%. Степень разложения фосфорной кислоты апатита достигла 85—87%. Так как анализы производились через двое суток по окончании опытов и показывают сравнительно высокое содержание свободной кислотности (от 9 до 15%), то есть основание предполагать, что через 6—7 суток хранения суперфосфата содержание в нем усвояемых форм фосфорной кислоты возрастет. При переходе к опытам в заводских суперфосфатовых камерах (загрузка — 20 т), содержание усвояемых форм фосфорного ангидрида также должно возрасти за счет уменьшения влажности продукта, в связи с более благоприятными температурными условиями и лучшей вентиляцией. В полужавальной камере содержание влаги в продукте составляло от 16,5 до 18,5%.

Были произведены также опыты разложения серной кислотой смеси апатитовой муки с вятским фосфоритом поровну. В результате этих опытов получились продукты с содержанием усвояемого фосфорного ангидрида от 14,7 до 15,6%. Наилучшие результаты были достигнуты при пользовании серной кислотой крепостью 50—51° Боме².

Несколько слов относительно произведенных на месте разработки опытов по применению апатито-нефелиновых пород в качестве удобрений.

Опыты по выяснению удобрительной ценности апатитовых и нефелиновых пород, применяемых в сыром виде, т. е. без всякой химической обработки, но с предварительным размолотом их в мелкий порошок, начаты хибинским опытным пунктом еще в 1927 г.

Опыты с апатитовой породой, как с фосфорным удобрением, были проведены как в вегетационных сосудах, так и в полевых усло-

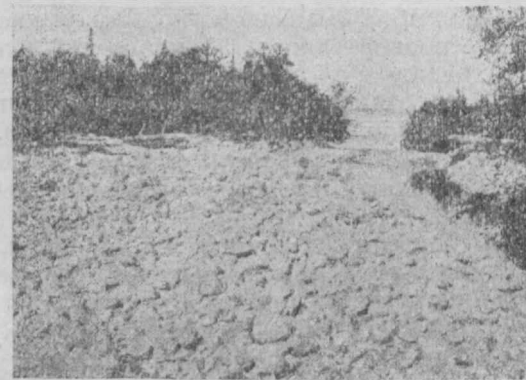
¹ Опыты произведены под наблюдением сотрудника НИУ г. Вольфовича и описаны им в газете „За индустриализацию“ № 20, 1930 г.

² См. „За индустриализацию“ № 20, 1930 г.

виях. Апатитовая порода была испытана, с одной стороны, на низинном осоковом болоте, а с другой, — на кислом моховом торфе переходного болота.

Из этих опытов выяснилось, что апатитовая порода на низинном болоте почти не дает увеличения урожая, потому что содержащийся в ней фосфор не усваивается растениями на почвах этого типа. Но совершенно иная картина получается на торфе переходного болота. Здесь урожай увеличивается в 8,5 раз (848%).

Эти опыты говорят о том, что апатитовая руда в совершенно сыром виде, но будучи предварительно размолотой, на кислых моховых торфах переходного болота прекрасно усваивается растениями и по своему действию не уступает обычным удобрительным веществам, которые дают такой же эффект.



Нефелиновая насыпь.

Опыты же 1928 и 1929 гг. по применению размолотой и тоже сырой нефелиновой породы на разных типах болот показали, что находящийся в этой породе калий усваивается растениями наравне с калием обычных удобрительных веществ. Если эта порода, из-за невысокого содержания в ней калия (5—6%), окажется менее выгодной, чем высокопроцентные (30—40%) калийные соли, то по совокупному действию ее, как удобрительного вещества и вещества, уничтожающего, по своим свойствам, избыточную кислотность почвы, — она будет давать вполне положительные результаты, так как в некоторых случаях делает совершенно излишним известкование.

Опытов по применению суперфосфата, полученного из апатитов нефелиновой породы, еще не производилось, но, безусловно, и он даст такой же эффект, как и всякий другой суперфосфат, одинаковой с ним концентрации.

Положительные результаты опытов с применением апатитовой нефелиновой муки важны еще и потому, что дают благоприятное разрешение вопроса о дешевом фосфоритном и особенно калийном удобрении, в качестве которого может явиться нефелиновый сиенит, неисчерпаемые залежи которого находятся у самого полотна железной дороги в районе станции Хибин.

Размол этой породы может стоить весьма недорого, если установить соответствующее устройство вблизи одной из порожистых рек, стекающих с Хибинских гор, и использовать ее энергию для приведения в действие этой установки.

Мы остановились на вопросах экономической ценности и использования апатито-нефелиновых пород хибинских тундр чрезвычайно схематически. Не подлежит сомнению, что дальнейшая научно-исследовательская работа в направлении изучения хибинских апатито-нефелиновых пород раскроет всю сумму экономических возможностей, связанных с их применением в целом ряде отраслей нашего хозяйства.

Тем не менее, уже сейчас можно со всей бесспорностью установить следующее:

Наличие в хибинских тундрах колоссальных запасов апатито-нефелиновых пород, затем близость этих месторождений от железной дороги и от незамерзающего порта, легкость их разработки и связанную с этим их дешевизну, широкую возможность использования местной водной энергии для устройства мощных гидроэлектрических установок — все это указывает на то, что для индустриализации Северного края открываются совершенно новые пути. Перед краем возникают новые возможности в смысле своего экономического развития. Здесь выявляются все предпосылки к созданию крупнейшего в Союзе комбината, который, наряду с производством сотен тысяч *t* удобрений для нашего сельского хозяйства, сможет дать большую продукцию стекольных изделий, различных химических продуктов, металлического алюминия, красок и т. д. Параллельно с этим создаются новые возможности для роста бумажных и лесных комбинатов, сырьем для которых так богат этот край.

Конечно, все это связано с большими трудностями, вызываемыми, с одной стороны, климатом и суровой природой Кольского полуострова, длинным зимним периодом с полутора месяцами сплошной ночи и безлюдием этого края, а с другой, — отсутствием здесь, на месте некоторых основных веществ, необходимых для промышленного развития края серных колчеданов, необходимых для получения серной кислоты, потребной для изготовления суперфосфатов, каолинов и высокосортных глин, потребных для керамической и гончарной промышленности, известняков, потребных для химических производств, и т. д.

Но устранение большей части этих трудностей находится во власти человека, и надо полагать, что они не явятся теми неустраняемыми препятствиями, которые могут затормозить намеченные планы и отдалить развитие этого богатого края.
