

УДК 553.041 + 553.042

## ПРОМЫШЛЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

**В. В. Щипцов<sup>1</sup>, И. Н. Бурцев<sup>2</sup>, Д. В. Жиров<sup>3</sup>, А. В. Волошин<sup>3</sup>,  
Д. О. Машин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт геологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup> Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, ФИЦ «Коми научный центр УрО РАН», Сыктывкар, Россия

<sup>3</sup> Геологический институт КНЦ РАН, ФИЦ «Кольский научный центр РАН», Апатиты, Россия

Показано значение промышленных минералов севера европейской части России в минерально-сырьевой экономике страны с учетом того, что значительная часть территории относится к районам Арктической зоны. Приведен краткий обзор истории исследований и освоения минеральных ресурсов северных земель древнерусского государства от зарождения масштабного слюдяного промысла, солеварения, жемчуголовства до промышленной оценки и разработки месторождений мусковита, флогопита, вермикулита, полевошпатового сырья, бадделеита, становления гигантского комплекса апатит-нефелинового производства, добычи алмазов, соли, барита, шунгитов и других полезных ископаемых. Подчеркнуто, что строение континентальной части Европейского Севера определено длительной историей геологического развития от 3,5 млрд до современного периода. В геологическом отношении к составляющим отнесены фундамент Восточно-Европейской платформы (Фенноскандинавский щит), сложенный докембрийскими образованиями, полого погружающимися под осадочный чехол Русской плиты, сменяющейся Тимано-Печорской платформой с рифейским основанием, а далее на востоке располагается Тимано-Печорская платформа. Минерагения докембрийских и фанерозойских областей имеет контрастные черты формирования. Дан обзор по месторождениям и крупным проявлениям промышленных минералов севера европейской части России, имеющих различие в генезисе и возрасте, с приложением карты-схемы их размещения. Минерально-сырьевая база Российского Севера может быть расширена за счет поисков, оценки и промышленного освоения ряда новых объектов.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** промышленные минералы; месторождение; докембрий; фанерозой; магматизм; осадочные породы; метаморфизм; запасы; ресурсы.

**V. V. Shchiptsov, I. N. Burtsev, D. V. Zhiron, A. V. Voloshin, D. O. Mashin.  
INDUSTRIAL MINERALS OF NORTH EUROPEAN RUSSIA**

The importance of North European Russia's industrial minerals for the country's mineral raw materials economy is shown with regard for the fact that a large part of the territory is in the Arctic Zone. The history of the study and use of mineral resources in northern parts of the Old Russian state, from the start of large-scale mica and salt production and pearl harvesting to the industrial appraisal and mining of muscovite, phlogopite, vermiculite, feldspar and baddeleyite deposits, and the launching of the large-scale production of apatite-nepheline, diamond, salt, barite, shungite and other commercial minerals. It is stressed that the structure of continental North European Russia has been forming

through a long geological evolution from 3.5 Ga to the present day. Geologically, it is composed of the East European Platform basement (Fennoscandian Shield) consisting of Precambrian rocks subsiding gently under the sedimentary cover of the Russian Plate, the Timan-Pechora Platform with a Riphean basement, and the Timan-Pechora Platform lying farther eastwards. The mineral genesis of the Precambrian and the Phanerozoic provinces displays a contrasting pattern. The industrial mineral deposits and large-scale occurrences of North European Russia, differing in genesis and age, are reviewed and a sketch map of their distribution is supplemented. North Russia's mineral potential could be enlarged by the prospecting, appraisal and mining of some new localities.

**Key words:** industrial minerals; deposit; Precambrian; Phanerozoic; magmatism; sedimentary rocks; metamorphism; reserves; resources.

## **Введение**

В мировой практике используется большая группа полезных ископаемых под названием «industrial minerals» (промышленные минералы). Под индустриальными минералами подразумевают все минеральное сырье, которое человек извлекает из недр, кроме энергетических видов сырья, металлов, воды и самоцветов, и может использовать в промышленности благодаря определенным физическим и химическим свойствам этого сырья [Boström, 1988; Щипцов, 2001]. Состояние активных балансовых запасов апатита, фосфоритов, барита, слюд, традиционного и нетрадиционного полевого шпата, кианита, кварца, известняков, каменностроительных материалов, каолиновых и тугоплавких глин, стекольных и формовочных песков, каменной соли и других создают реальную картину инвестиционной привлекательности промышленных минералов сырьевой базы севера европейской части России. Области применения этих промышленных минералов чрезвычайно широки. Они могут использоваться как в естественном, так и в переработанном виде. Крупнейшие осваиваемые месторождения промышленных минералов – основные поставщики минеральной продукции для различных производств: уникальные месторождения Хибинского массива (апатитовый и нефелиновый концентраты), Ковдорский щелочно-ультраосновной массив (апатитовый и бадделеитовый концентраты), алмазы Архангельской области, Зажогинский куст залежей высокоуглеродистых шунгитовых пород, Верхнепечорский район распространения каменных и калийных солей, лейкоксеновые руды Ярегского месторождения, баритовые руды Хойлинского месторождения, Белоручейское и Савинское месторождения высококальциевых известняков и др.

Минерально-сырьевая база Российского Севера может быть значительно расширена за счет поисков, оценки и промышленного освоения ряда новых, нетрадиционных или не ис-

пользуемых в регионе перспективных видов промышленных минералов.

К таким видам сырья относятся высокоглиноземистые, высокоуглеродистые метасланцы и фельдшпатолиты на Тимане, нетрадиционные виды полевошпатового и кварцевого сырья, природные битумы и битуминозные породы, химически чистые карбонатные породы (известняки, доломиты, мергели), глины различного минерального состава, маршаллиты, цеолитоносные породы, природная сода, глаукониты, высокодекоративные облицовочные камни и ряд других полезных ископаемых, техногенное сырье.

Результаты изучения осадочных, магматических и метаморфических комплексов севера европейской части России в связи с оценкой минерагении промышленных минералов изложены в отчетах и многочисленных публикациях, часть из которых используется в представленном обзоре.

## **История исследований промышленных минералов севера европейской части РФ**

Заселение Севера неразрывно связано с историей освоения и использования природных ресурсов. Северные земли стали составной частью древнерусского государства, возникшего в IX веке. Первые русские мореплаватели появились в X–XII веках на побережье Белого и Баренцева морей, называвшихся Студеным морем. С этим периодом связано начало освоения минерально-сырьевых ресурсов северных регионов России, в частности, зарождение масштабного слюдяного промысла. В Поморье многие годы производили соль, называемую «морянской». «Солнечные» солеварни располагались в мелководных бухтах. С XV по XVIII в. по побережью Белого моря существовали десятки соляных варниц, в большинстве своем принадлежавших Соловецкому монастырю. До 50 % всей соли вываривалось в Неноксе, где крепость соляных растворов была значительно выше, чем в других местах. Расцвет соляного промысла в селе Се-

регово пришелся на конец XVII века. Добыча, как свидетельствуют летописи, увеличилась с 2178 тонн в 1674 году до 5078 тонн в 1698 году. Сереговский солеваренный промысел стал одним из крупнейших в Российской империи наряду с промыслом на озере Эльтон.

На многих реках жемчуголовы-промысловики, жители ближайших деревень, занимались добычей жемчуга. На Терском берегу Белого моря с XV века добывали аметист. Издавна крестьяне на Средней Печоре изготавливали точила и круги из битуминозных песчаников.

Знаменитые слова М. В. Ломоносова имеют полное отношение к истории недр Севера: «По многим доказательствам заключаю, что и в северных земных недрах пространно и богато царствует натура..., но искать оных сокровищ некому..., а металлы и минералы сами во двор не придут, – требуют глаз и рук к своему прииску».

В 1787 году Самуил Алопеус на берегах Ладожского озера встретил обломки «карандаша» – минерала графита. Для истории горного промысла наибольший интерес представляет проявление графита Кимамяки, расположенное в 13 км от города Сортавалы.

Строительство Мурманской железной дороги сыграло важную роль в возрождении освоения северных «подземных кладовых». Заявочные столбы, датированные 1916 годом, свидетельствуют об интересе к пегматитовым жилам, возникшем при строительстве железной дороги. В 1915 г. при Императорской Петербургской Академии наук создана постоянная Комиссия по изучению естественных производительных сил России (КЕПС). В 1919 г., в послереволюционный период, этой комиссией опубликована сводка по слюде [Гинзбург, 1919], в которой были показаны важнейшие места старой слюдодобычи в Керетско-Кандалакшском округе и даны рекомендации по возобновлению приисков.

Появление первых сведений о промышленных минералах в Печорском крае связано с работами комплексных экспедиций под руководством И. И. Лепехина (1771–1772 гг.), А. А. Кейзерлинга (1843 г.), П. И. Крузенштерна, Э. К. Гофмана (1847–1850 гг.), Е. С. Федорова (1887–1890 гг.), Ф. Н. Чернышева (1889–1890 гг.). В начале XX века в регионе начал работать А. А. Чернов. Президиум ВСНХ 4 марта 1920 г. учредил Северную научно-промысловую экспедицию, в состав которой вошли крупнейшие ученые А. П. Карпинский, А. Е. Ферсман, Р. С. Самойлович и другие.

Обратимся к истории России первых десятилетий прошлого века – это Первая мировая

война, революции, которые привели к разрухе и, как следствие, к необходимости восстановления народного хозяйства. Электрификация потребовала большое количество электротехнических материалов, среди которых одним из важнейших стала природная слюда (мусковит, флогопит), прекрасный диэлектрик в электрическом поле. В мае 1920 г. президент Академии наук академик А. П. Карпинский, руководитель Комиссии сырья КЕПСа А. Е. Ферсман и ст. геолог Геолкома А. П. Герасимов совершают поездку в Карелию и на Кольский полуостров. Это был первый шаг к изучению потенциала пегматитов Беломорья как источника кварц-полевошпатового сырья, мусковита и других полезных ископаемых вблизи Мурманской железной дороги.

Известный геолог и этнограф М. Б. Едемский участвует в Свирской, Пинежской, Красно-Холмской, Северо-Двинской, Вологодской и других геологических экспедициях двадцатых-тридцатых годов. Поиски полезных ископаемых проводились в бассейне Северной Двины, на берегах Мезенского залива, Чешской губы, полуострова Канина. В 1934 г. выходит в свет первая доступная массовому читателю книга М. Б. Едемского «Геология и полезные ископаемые Северного края (краткий очерк)» [Едемский, 1934].

Начиная с 1930-х годов центр геологических исследований, базирующийся в г. Воркуте, обеспечивает изучение и освоение месторождений угля Печорского бассейна, а затем проводит крупномасштабные геологические съемки, поиски и оценку месторождений хромитов, баритов, золота, марганца, жильного кварца и других полезных ископаемых на Приполярном и Полярном Урале, Пай-Хое. В 1975 г. было создано Полярно-Уральское производственное геологическое объединение «Полярно-уралгеология».

Северным геологическим управлением выполнена работа по изучению геологического строения северо-востока европейской части СССР, составлена геологическая карта Архангельской и Вологодской областей, разведаны и переданы в эксплуатацию ряд месторождений неметаллических полезных ископаемых (Савинское и Орлецкое месторождения известняков, глины и др.), открыты залежи каменной соли в районе Корьяжмы. Опубликован ряд трудов по геологии этих районов.

В 1922 году образована контора Чупинских горных разработок («Чупгорн») в поселке Чупа. После гражданской войны началась массовая добыча слюды. Стали разрабатываться заброшенные «дедовские» карьеры. Начались поиски

новых месторождений, вблизи них возникали поселки горняков. В создание на Севере минерально-сырьевой базы керамической промышленности большой вклад сделан П. А. Борисовым [1954]. Именно он предложил назвать сырье керамическим пегматитом. На Европейском Севере известны три района, где в результате геологических процессов разведаны месторождения мусковита: Енско-Кольский, Чупино-Лохский и Кемско-Беломорский, поэтому естественно, что «слюдный промысел» на территории России зародился именно в Западном Прибеломорье. Беломорская слудоносная пегматитовая провинция по своему потенциалу становится второй минерально-сырьевой базой в СССР после Мамской провинции Восточной Сибири.

Весьма поучительна история исследования кианитовых проявлений Карелии, отражающая эволюционный переход от оценки их использования для получения алюминия, затем для производства силумина, и, наконец, кианит становится практически ценным промышленным минералом, химические и физические свойства которого стали предметом пристального внимания, в первую очередь со стороны огнеупорной и керамической промышленности.

Первые шаги по геологическому заключению о наличии кианитовых проявлений в Карелии и на Кольском полуострове были сделаны в 1929 году. Исследования проводились по заданию Совнаркома СССР в связи с поисками руд алюминия и созданием алюминиевой промышленности для развития самолетостроения. В результате за период с 1928 по 1934 г. на Кольском полуострове, в Кейвах, А. А. Григорьевым с коллегами и в Северной Карелии В. С. Артамоновым, В. А. Токаревым и Л. Я. Харитоновым выявлено несколько кианитовых проявлений. Руководил поисками П. А. Борисов, под редакцией которого в 1940 году издан сборник «Большие Кейвы».

В 1930-е годы была объявлена программа по абразивам. В связи с этим поиски и оценка проявлений гранатовых руд стали актуальной задачей. Рассматривалась возможность использовать в этих целях карельские объекты. П. А. Борисов привлек внимание к Шуерецкому району Карельского побережья Белого моря. В результате было открыто и оценено Тербеостровское месторождение гранатовых руд. Одновременно О. А. Воробьев и Б. М. Куплетский открыли гранат на Кольском полуострове.

Практическое использование рыхлых (выветрелых) шунгитоносных пород началось с применения их в качестве смазки для осей мельничных жерновов, тележных колес и краски. При Петре I аспидный сланец (шунгиты)

употреблялся в отделке деталей архитектурных сооружений. Основа для изучения шунгитов Карелии как объекта научного и практического значения заложена с 1860 года, когда академик Г. П. Гельмерсен описал древние глинистые черные сланцы Олонии, изобилующие графитом. В 1875–1897 гг. причиной резкого интереса к Шуньгскому месторождению явилась существовавшая потребность России в угле, так как назревала русско-турецкая война. Документально восстановлены результаты исследований того периода, в т. ч. роль академика А. А. Иностранцева. В 30-е годы прошлого столетия к шунгитовым породам был вновь проявлен научный и практический интерес, свидетельством чего стало образование треста «Шунгит». Перед сотрудниками треста была поставлена главная задача, касающаяся возможности использования шунгитов как сырьевой базы для обеспечения топливом Ленинграда и Ленинградской области. Подобное партийное решение было невыполнимо. Ответственность понесло руководство треста, а в целом все это на несколько лет стало тормозом для исследований шунгитовых пород.

В мае 1922 г. вышел из печати сборник «Хибинский массив», в котором приводились первые научные данные о хибинских апатитовых месторождениях, полученные в результате экспедиции под руководством А. Е. Ферсмана и его сотрудников в 1920–1921 годах.

Месторождения Хибин имеют более чем 90-летнюю историю геологического изучения. Заявочные столбы на перемычке южного плато Расвумчорра и на северной кромке Ийолитового отрога, круто обрывающегося в сторону Апатитового цирка, были установлены А. Н. Лабунцовым 7 сентября 1926 г. Эта дата в историографии Хибин считается открытием месторождений Плато Расвумчорр и Апатитовый цирк. Факт открытия этих месторождений был официально подтвержден комиссией Комитета по развитию естественных производительных сил России в составе Р. Л. Самойловича, Д. И. Щербакова и П. А. Борисова, специально командированных в Хибин А. Е. Ферсманом [Каменев, 1987]. В ноябре 1929 г. создан трест «Апатит», а уже в ноябре 1934 г. АНОФ-1 выдала первый кондиционный апатитовый концентрат.

Изучение Ковдорского массива началось в 1933 году. К. М. Кошиц при геологической съемке масштаба 1:50 000 обнаружил здесь железорудные проявления. Весной 1940 года Ленинградским геологическим управлением была организована Енская комплексная экспедиция для детальной разведки месторождения железных руд и проведения геологической, гидрогеологической и магнитометрической съемок мас-

штаба 1:25000 Ковдорского массива. В 1947 г. на промышленное значение вермикулита в породах Ковдорского массива указал Н. Д. Соболев. Позже в процессе работ удалось обнаружить крупный участок с повышенной концентрацией вермикулита в северо-восточной части массива. Запасы были оценены в 220 тыс. тонн. Широкие поиски вермикулита и детальная разведка наиболее перспективных участков всего месторождения продолжены Северо-Западным геологическим управлением в 1959–1961 гг. Работы возглавлялись С. С. Осиповым, В. И. Терновым и Б. И. Сулимовым. В 1961 году коллективом Ковдорской геологоразведочной партии СЗГУ под руководством ст. геолога В. И. Тернового составлен отчет с подсчетом запасов вермикулита. Уже в этом отчете отмечались уникальные размеры флогопитового месторождения. В 1964 году под руководством главного геолога Ковдорской ГРП В. И. Тернового представлен отчет о промышленной оценке флогопитового месторождения с подсчетом запасов флогопита. В феврале 1965 года отчет и запасы флогопита были утверждены ГКЗ (протокол № 4529 от 17 февраля 1965 года). Месторождение флогопита оценено ГКЗ как крупнейшее в мире.

К сожалению, в 1992 г. на базе объединения «Ковдорслюда» образовалось 7 отдельных предприятий по добыче мусковита, флогопита, вермикулита и кварц-полевошпатового сырья. К началу 2000-х гг. практически все они прекратили свое существование. Единственный оставшийся действующим рудник «Чалозеро» (ООО «Кольский пегматит» добывает кварц-полевошпатовое сырье) также находится на грани банкротства. В те же годы подобная картина произошла и с другими горными компаниями на Севере.

Ельтьозерский массив был обнаружен Ю. С. Неуструевым в 1936 году. В период 1954–1956 гг. проведены поисково-оценочные работы СЗТУ, основным результатом которых стал подсчет запасов титановых руд по категориям  $C_1$  и  $C_2$  на участке Суриваара. К следующему важному этапу изучения геологии, петрографии и рудоносности массива относятся работы сотрудников Геологического отдела Карельского филиала АН СССР (период 1954–1959 гг.), итогом которых явился выпуск монографии [Богачев и др., 1963].

### **Общие черты геологического районирования и промышленные минералы севера европейской части России**

На схеме геологического строения континентальной части Европейского Севера (рис. 1)

выделяются четыре геологические провинции, отличающиеся друг от друга палеогеодинамическими условиями длительной истории геологического развития от 3,5 млрд лет до современного периода. Карело-Кольский регион представляет собой восточную часть Фенноскандинавского щита – это фундамент Восточно-Европейской платформы, сложенный докембрийскими образованиями.

Фундамент полого погружается под осадочный чехол Русской плиты, сменяющейся Тиманской складчатой зоной (Канино-Тиманская гряда), а далее на востоке располагаются валы и впадины Тимано-Печорской эпибайкальской плиты [Тимонин, 1998; Недра..., 2003].

Мегаструктура Фенноскандинавского щита характеризуется событиями активных и длительных периодов становления от ранних этапов формирования земной коры (> 3,5 млрд лет) со сменой геологических режимов всей последующей истории геологического развития (архей – настоящее время). Становление континентальной коры Лапландско-Кольско-Карельской провинции (значительная часть территории Карелии и Кольского полуострова) проходило в позднем архее и завершилось в условиях протоплатформенного режима в палеопротерозое.

В геологическом отношении в условиях северо-восточной оконечности Русской плиты широко развиты современные аллювиальные, преимущественно ледниковые отложения переменной мощности, залегающие на терригенно-осадочных вендских породах, вмещающих кимберлитовые магматические образования, каменноугольные и пермские терригенно-осадочные и терригенно-карбонатные отложения, перекрывающие кимберлитовые трубки. Северо-восточная часть Русской плиты характеризуется более глубоким залеганием фундамента и наличием мощного осадочного чехла. Формирование комплекса отложений осадочного чехла происходило с начала позднего протерозоя до антропогена включительно. В конце рифея значительная часть платформы к югу от Фенноскандинавского щита опустилась и была покрыта морем до конца силура, а начиная с середины девона опустилась и покрылась морем и более южная часть плиты.

Таким образом, границами Тимано-Печорской провинции являются: на севере – берега Баренцева моря; на западе и юго-западе – установленная при помощи гравимагнитных исследований граница архейского и протерозойского фундаментов Русской платформы; на юге – административная граница Республики Коми с Пермским краем; на востоке и се-



Месторождения и крупные проявления промышленных минералов /  
Deposits and large occurrences of industrial minerals

**Алмазы / Diamonds:** 1 – Терское (Terskoe), 2 – трубка им. В. Гриба (Trubka im. V. Griba), 3 – Ломоносовское (Lomonosovskoe), 4 – Соколовское (Sokolozerskoe), 5 – Корпанга (Korpanga), 6 – Кимозеро (Kimozero). **Апатит / Apatite:** 7 – Себлявр (Seblyavr), 8 – Кукисвумчорр (Kukisvumchorr), 9 – Эвеслогчорр (Eveslogchorr), 10 – Куэльпор (Kuelpor), 11 – Юкспор (Yuksporr), 12 – Апатитовый цирк (Apatitovy Tsirk), 13 – Расвумчорр (Rasvumchorr), 14 – Коашва (Koashva), 15 – Олений Ручей (Oleny Ruchei), 16 – Партомчорр (Partomchorr), 17 – Ньоркпахк (Njorkpahk), 18 – Ковдор (Kovdor), 19 – Тухтаваара (Tukhta-Vaara), 20 – Карбонатитовое (Carbonatitovoe), 21 – Райвимаки, 22 – Кайвояки (Kaivomyaki). **Бадделейт / Baddeleyite:** 23 – Ковдор (Kovdor). **Бокситы / Bauxite:** 24 – Емецкое (Emetskoe), 25 – Пузлинское (Puzlinskoe), 26 – Тимшерское (Timsherskoe), 27 – Верхне-Шугор (Verne-Shchugor), 28 – Вежаю-Ворыквинское (Vezhayu-Vorykvinskoe), 29 – Мягозерское (Myagozerskoe). **Барит / Barite:** 30 – Пальникское (Palnikskoe), 31 – Поуркеу (Pouркеу), 32 – Хойлинское (Khoilinskoe), 33 – Войшорское (Voyshorskoe), 34 – Салланлатва (Sallanlatva). **Гипс, ангидрит / Gypsum, anhydrite:** 35 – Ижемское (Izhemskoe), 36 – Березовское (Berezovskoe), 37 – Летнее (Letnee), 38 – Мыла (Myla). **Гранат / Garnet:** 39 – Тахлнтуайв (Tahlntuaviv), 40 – Березовое (Berezovoe), 41 – Ровозеро (Rovozero), 42 – Макзапахк (Makzapahk), 43 – Тербеостров (Terbeostrov), 44 – Левин Бор (Levin Bor), 45 – Униярви (Uniyarvi), 46 – Высота-181 (Vysota-181), 47 – Западная Плотина (Zapadnaya Plotina), 48 – Кителя (Kitelya). **Гранит, гнейсо-гранит, гранитоидный, граносиенит / Granite, gneiss granite, granite gneiss, granosyenite-salts:** 49 – Золотуха (Zolotykhа), **Графит / Graphite:** 50 – Хирвинаволок (Хирвинаволок), 51 – Полвилампи (Polvilampi), 52 – Кительское (Kitelskoe), 53 – Ихала (Ihala). **Диатомит, опока / Diatomets, opoka:** 54 – Амбарная Ламбина (Ambarnaya Lambina), 55 – Сигозеро (Sigozero), 56 – Урусозеро (Urusozero), 57 – Шуйское (Shuiskoe), 58 – Травяное (Travyanoe), 59 – Окуневое (Okunevoe), 60 – Веске-Ламбина (Veske-Lambina), 61 – Масельское (Masel'skoe), 62 – Ряпукуозеро (Ryapukuzero), 63 – Мяндуха (Myandukha). **Доломиты (включая природную соду и химически чистый доломит) / Dolomites (including natural soda, chemically pure dolomite):** 64 – Титанское (Titanskoe), 65 – Ена-Ковдорское (Ена-Kovdor), 66 – Кукасовское (Kukasovskoe), 67 – Шайдомское (Shaidomskoe), 68 – Райгуба-Минозерское (Rauguba-Minozerskoe), 69 – Виданское (Vidanskoe), 70 – Кузарандовское (Kuzarandovskoe), 71 – Пялозерское (Pyalozero), 72 – Чиньяворык (Chinyavoruk), 73 – Нижнепаленьское (Nizhepalenskoe), 74 – Болшесарьугинское (Bolshesaryuginskoe), 75 – Савинское (Savinskoe), 76 – Савинское-1 (Savinskoe-1), 77 – Дворцовское (Dvortsovskoe), 78 – Михалевское (Mikhalevskoe), 79 – Килинское (Kilinskoe), 80 – Темноручейское (Темноручейское). **Дуниты, оливиниты / Dunites, olivinites:** 81 – Петяйянваря (Petyaiyanvara), 82 – Ковдор (Kovdor), 83 – Шапкозеро (Shapkozero), 84 – Аганозерское (Aganozerskoe), 85 – Центральное (Tsentralnoe). **Известняки (включая природную соду и химически чистый известняк) / Limestones (including natural soda, chemically pure limestone):** 86 – Сереговское (Seregovskoe), 87 – Курские Дачи (Kurskie Dachy), 88 – Лунвож (Lunvoyazh), 89 – Лыаель (Lyael), 90 – Бельгоское (Belgоское), 91 – Катыдель, блок С1-2 (Katydel, block С1-2), 92 – Кербадель (Kerbadel), 93 – Седьюское (Sedyuskoe), 94 – Большая Турья (Bolshaya Turya), 95 – Мыс Карговский (Мыс Карговский), 96 – Джинтуйское (Dzhintuiskoe), 97 – Сарьугинское (Saryuginskoe), 98 – Сухой Лог (Sykhoy Log), 99 – Еджид-Кыртинское (Edzhid-Kyrtinskoe), 100 – Изьюрвожское (Izyurvozhskoe), 101 – Войсавожское (Voisavozhskoe), 102 – Хайпудырское (Хайпудырское), 103 – Обозерское (Obozerskoe), 104 – Швакинское (Shvakinskoe), 105 – Уросозерское (Urosozerskoe), 106 – Савинское (Savinskoe), 107 – Иксинское (Iksinskoe), 108 – Климовское (Klimovskoe), 109 – Белоручейское (Belorucheyское). **Ильменит / Ilmenite:** 110 – Гремяха-Вырмес (Гремяха-Вырмес), 111 – Суриваара (Surivaara). **Каолиновые (огнеупорные) глины / Kaolinite (refractory clay):** 112 – Нючпас (Nyuchpas), 113 – Булатовское (Bulatovskoe). **Кварц / Quartz:** 114 – Тяпыш-Маник (Тяпыш-Маник), 115 – Перчатка (Perchatka), 116 – Майское (Mayskoe), 117 – Степаново озеро (Stepanovo ozero), 118 – Никонова Варакка (Nikonova Varakka), 119 – Фенькина-Лампи (Fenkina-Lampi), 120 – Меломайс (Melomais), 121 – Додо (Dodo), 122 – Зейка (Zeika), 123 – Хусь-Ойка (Khus-Oika), 124 – Пуйва (Puiva), 125 – Бета-Шор (Beta-Shor), 126 – Педы-Шор (Pedy Shor), 127 – Пеленгичей-3 (Pelengichey-3), 128 – Желанное (Zhelannoe). **Кварциты / Quartzite:** 129 – Метчангъярви (Metchangyarvi), 130 – Рыборецкое (Ryboroetskoe). **Кианит (силлиманитовая группа) / Kyanite (sillimanite group):** 131 – Воргелурта (Vorgelurta), 132 – Тавутра (Tavutra), 133 – Тяпышманюк (Тяпышманюк), 134 – Червурта (Chervurta), 135 – Большая Ров (Bolshoy Rov), 136 – Ягельурта (Yagelurta), 137 – Безымянное (Bezымянное), 138 – Западная Курпурта (Zapadnaya Kurpurta), 139 – Нусса (Nussa), 140 – Маник (Manyuk), 141 – Восточная Червурта (Vostochnaya Chervurta), 142 – Шуурурта (Shuururta), 143 – Кайпурта (Kairurta), 144 – Хизоваара (Khizovaara). **Минеральные краски / Mineral paints:** 145 – Дворцовское (Dvortsovskoe), 146 – Тагажемское (Tagazhemskoe). **Мрамор / Marble:** 147 – Соваярви (Sovayarvi), 148 – Чебино-Остречье (Chebino-Ostreichie), 149 – Елмозерское (Elmozerskoe), 150 – Рускеала (Ruskeala), 151 – Белогорское (Belogorskoe), 152 – Краснорское (Krasnorskoe), 153 – Миногорское (Minogorskoe), 154 – Вонгубское (Vongubskoe), 156 – Ковадъярви (Kovadjarvi), 157 – Усунское (Ussunskoe), 158 – Рабочееостровское (Rabocheostrovskoe), 159 – Кривоозерское (Krivozerskoe), 160 – Леппясюрья (Leppasyryja), 161 – Лижмозерское (Lizhmozerskoe), 162 – Пайпудынское (Paiпudynskoe), 163 – Развильное (Razvilnoe). **Мусковит / Muscovite:** 164 – Риколатва (Rikolatva), 165 – Неблагора (Neblagora), 166 – Карельское (Karelskoe), 167 – Слюдозеро (Sludozero), 168 – Тэдино (Tedino), 169 – Малиновая Варакка (Malinovaya Varakka), 170 – Плотина (Plotina), 171 – Лопатова Губа (Lopatova Guba), 172 – Межозерное (Mezhozernoe). **Полевой шпат / Feldspar: Традиционный traditional.** 173 – Куру-Вара (Kuru-Vaara), 174 – Пиртима (Pirtyma), 175 – Блинковые Вараки (Blinkovye Varaky), 176 – Хетоламбина (Hetolambina), 177 – Уракка (Urakka), 178 – Торлов Ручей (Torlov Ruchei), 179 – Слюдяной Бор (Sludyanoy Bor), 180 – Люпикко (Lupikko), 181 – Кюръела (Kuryala), 182 – Яккима (Yakkima). **Нетрадиционный unconvventional.** 183 – Елетьозеро (Yeletozero), 184 – Озеро Долгое (Lake Dolgoye), 185 – Нижнее Котозеро (Nizhnee Kotozero), 186 – Костомукша (Kostomuksha), 187 – Роза-Лампи (Roza-Lampi), 188 – Юка-Коски (Yuka-Koski). **Порфириды, базальты / porphyrites basalts:** 189 – Плесецкое (Plesetskoe), 190 – Мехреньское (Mekhrensckoe), 191 – Хавчозерское (Khavchozerskoe). **Серный колчедан / Sulfur pyrite:** 192 – Шуйское (Shuiskoe), 193 – Хаутаваарское (Khautavaarskoe), 194 – Няльмозерское (Nyalmozerskoe). **Сподумен / Spodumene:** 195 – Васин-Мыльк (Vasin-Mylk). **Соль / Salt:** 196 – Сереговское (Seregovskoe), 197 – Верхне-Печорское, Яшкинский участок (Verkhne-Pechorskoye, Yaksinsky area). **Тальк, тальковый камень / Talc, talc stone:** 198 – Пиндуши (Pindushy), 199 – Повенчанка (Povenchanka), 200 – Игнойла (Ignoila), 201 – Светлозерское (Svetlozerskoe), 202 – Золотые пороги (Zolotyе Porogiy), 203 – Кумбукса (Kumbuksa), 204 – Возмозеро (Vozhmozero), 205 – Хюрсюля (Hursylya), 206 – Турган-Койван-Аллушта (Turgan-Koivan-Allusta), 207 – Каллиево-Муренненваара (Kallievo-Murenennvaara). **Титан, тантал, ниобий, лейкоксен / Titanium, Tantalum, Niobium, Leukoxen:** 208 – Ярегское (Yaregskoe), 209 – Пижменское (Pyzhmenckoe). **Титансодержащие минералы, циркон, гранат / Titanium-containing minerals, zircon, garnet:** 210 – Канинско-Колгуевская ступень (Kaninsko-Kolguevskaya step), 211 – Колгуевское поднятие (Kolguevskoye uplift), 212 – Печорская губа (Pechora Bay), **Флогопит, вермикулит / Phlogopite, vermiculite:** 213 – Петяйянваря (Petyaiyanvara), 214 – Ковдор (Kovdor). **Флюорит / Fluorite:** 215 – Буреданское (Buredanskoe), 216 – Кителя (Kitela), 217 – Хопунваара (Hopunvaara), 218 – Уксинское (Uksinskoe). **Фосфориты / Phosphorite:** 219 – Софроновское (Sofronovskoe). **Хромит / Chromite:** 220 – Центральное (Centralnoe), 221 – Западное (Zapadnoe), 222 – Западное II (Zapadnoe II). **Циркон / Zircon:** 223 – Ковдор (Kovdor), 224 – Тухта-Ваара

Таблица 1. Промышленные минералы, связанные с областями тектонического районирования севера европейской части России

Table 1. Industrial minerals associated with areas of tectonic zoning in the North of the European part of Russia

Фенноскандинавский щит (российская часть – Мурманская область и Республика Карелия) Fennoscandian Shield (the Russian part of the Murmansk Region and the Republic of Karelia)	Север Русской плиты (Архангельская, Вологодская области, Республика Коми) North of the Russian plate (the Arkhangelsk, Vologda Regions, Komi Republic)	Тимано-Печорская плита и Урало-Пайхойская складчатая область (Республика Коми, Ямало-Ненецкий национальный округ) Timan-Pechora plate and the Ural-Paikhoina fold region (the Komi Republic, Yamalo-Nenets national okrug)
Алмазы, графит, шунгиты, кианит, силлиманит, андалузит, гранат, ильменит, магнетит, кварцевое сырье, полевошпатовое сырье, апатит, нефелин, титанит (сфен), серный колчедан, графит, мусковит, флогопит, вермикулит, бадделеит, каолин, цеолиты, сподумен, перовскит, эвдиалит, асбест, барит, серпентинит, оливинит, магнезит, хромит, диопсид, гранат, ставролит, тальк, тальковый камень, карбонатное сырье, глины, диатомиты, кровельный сланец, сырье строительного назначения, флюорит, жемчуг Diamonds, graphite, shungite, kyanite, sillimanite, andalusite, garnet, ilmenite, magnetite, quartz raw materials, feldspar raw materials, apatite, nepheline, titanite (sphene), pyrite, graphite, muscovite, phlogopite, vermiculite, baddeleyite, kaolin, zeolites, spodumene, perovskite, eudialyte, asbestos, barite, serpentinite, olivinite, magnesite, chromite, diopside, garnet, staurolite, talc, talc stone, carbonate raw materials, clays, diatomites, roofing slate, building materials, fluorite, pearls	Алмазы, гипс, огнеупорные глины, бокситы, пески формовочные, бентонит, базальт, каолин, цеолиты, гранат, фосфориты, карбонатное сырье (известняк и доломит), гипс, палыгорскитовые и сапонитовые глины, диатомиты, глаукониты, стекольные пески Diamonds, gypsum, refractory clay, bauxite, molding sand, bentonite, basalt, kaolin, zeolites, garnet, phosphorites, carbonate raw materials (limestone and dolomite), gypsum, palygorskite and saponite clays, diatomites, glauconites, glass sands	Барит, каменная и калийная соль, известняки, доломиты, гипс, ангидрит, лейкоксен, ильменит, фосфориты, цеолиты, жильный кварц, сырье строительного назначения, бокситы, каолин, флюорит, высокоглиноземистые и высокоуглеродистые сланцы, сиениты, железисто-алюминиевое сырье, фельдшпатолиты, маршаллиты, природные пигменты, диатомиты, сапонитовые глины Barite, rock and potassium salt, limestones, dolomites, gypsum, anhydrite, leucoxene, ilmenite, phosphorites, zeolites, vein quartz, raw materials for construction purposes, bauxites, kaolin, fluorite, high-alumina and high-carbon shales, syenites, iron-aluminum raw materials, feldspatolites, marshallites, natural pigments, diatomites, saponite clays

**Публикации:**

Афанасьев, 2011; Бельков, 1963; Беляев и др., 1999; Войтеховский, 2010; Герасимов, 2007; Голдин и др., 1999; Голубев, Прусакова, 2018; Гришин и др., 2005; Евстропов и др., 1995; Жиров и др., 2019; Иванова и др., 1970; Игнатъев, Бурцев, 1997; Иевлев, 2011; Калинин, 2010; Калинин, Ковалевский, 2011; Каменев, 1987; Колокольцев, 2016; Кузнецов, 1998; Ладожская..., 2020; Лукичев и др., 2019; Минерально-сырьевая..., 2006, 2018; Морозов и др., 2010; Мультимедийный..., 2001; Малов, Щипцов, 2016; Махлаев, Голубева, 2006; Морозова, 2018; Небокситовое..., 2011; Недра..., 2003; Остащенко, 1984; Павлов, 1983; Плякин, 2014; Плякин, Беляев, 2004; Пожиленко и др., 2002; Салдин и др., 2012; Топорков, 1996; Удоратина и др., 2015; Щипцов, 2005; Юшкин и др., 1982, 2002, 2007; Precambian..., 1993; Industrial..., 1999; Heino et al., 2016; Zhiron, 2016

**Publications:**

Afanas'ev, 2011; Bel'kov, 1963; Belyaev et al., 1999; Voitekhevskii, 2010; Gerasimov, 2007; Goldin et al., 1999; Golubev, Prusakova, 2018; Grishin et al., 2005; Evstropov et al., 1995; Zhiron et al., 2019; Ivanova et al., 1970; Ignat'ev, Burtsev, 1997; Ievlev, 2011; Kalinin, 2010; Kalinin, Kovalevskii, 2011; Kamenev, 1987; Kolokol'tsev, 2016; Kuznetsov, 1998; Ladozhskaya..., 2020; Lukichev et al., 2019; Mineral'no-syr'evaya..., 2006, 2018; Morozov et al., 2010; Mul'timediinyi..., 2001; Malov, Shchiptsov, 2016; Makhlaev, Golubeva, 2006; Morozova, 2018; Neboksitovoe..., 2011; Nedra..., 2003; Ostashchenko, 1984; Pavlov, 1983; Plyakin, 2014; Plyakin, Belyaev, 2004; Pozhilenko et al., 2002; Saldin et al., 2012; Toporkov, 1996; Udoratina et al., 2015; Shchiptsov, 2005; Yushkin et al., 1982, 2002, 2007; Precambian..., 1993; Industrial..., 1999; Heino et al., 2016; Zhiron, 2016

**Алмазы.** На Карельском кратоне расположены многочисленные кимберлитовые породы различных возрастов и минеральных типов [Lehtonen, O'Brien, 2009]. К наиболее выраженным относится Кимозерская алмазоносная площадь [Ушков, 2001; Устинов и др., 2009], расположенная на северном берегу Онежского озера. Коренные проявления являются кимберлитами. Мантийный источник кимбер-

литов сформировался на рубеже не позднее  $2048 \pm 48$  млн лет, и его глубинная эволюция в течение 100–150 млн лет привела к становлению кимозерских кимберлитов переходного типа на рубеже  $1814 \pm 20$  млн лет [Putinceva, Spiridonov, 2018].

На рис. 2 обозначены основные районы распространения кимберлитов и лампроитов с указанием алмазных рудников в Архангель-



Рис. 2. Потенциальные алмазоносные участки  
 Fig. 2. Potential diamond area

ской области. В 1980 году была открыта первая алмазоносная трубка, названная Поморской. Разведка трубки им. В. П. Гриба проведена до глубины 1010 м в 2002–2004 гг.

На Терском и Архангельском берегах Белого моря кимберлиты имеют возраст от 360 до 380 млн лет. Архангельские кимберлиты разделены географически и по минеральному составу на восточный и западный подтипы. Это второй после Якутии алмазодобывающий регион.

В западной группе находится первый в Европе алмазный рудник имени Ломоносова, который охватывает шесть отдельных кимберлитовых трубок. 70 % алмазов в этих трубках представлены двенадцатигранными ромбододекаэдрами. Балансовые запасы алмазов Архангельской области составляют немногим более 20 % от общероссийских и сосредоточены в двух месторождениях, расположенных в пределах Беломоро-Кулойского плато (Зимнебережный алмазоносный район – Ломоносовское и им. Гриба). В 2017 году добыча алмазов на обоих месторождениях составила около 6,4 млн карат [Голубев, Прусакова, 2018]. Самый большой в Европе алмаз массой 222,09 карата обнаружен на месторождении им. В. П. Гриба.

**Апатиты.** Хибинский щелочной массив, Хибинский щелочной плутон представляет собой самую крупную в мире интрузию нефелиновых сиенитов, мейтельгитуртитов и апатито-нефелиновых пород площадью около 1327 км<sup>2</sup>. Он образовался в рамках девонской щелочной обширной изверженной провинции (LIP), обусловленной плюм-тектонической активизацией [Zhirov, 2016].

Хибинский массив (рис. 3) характеризуется собой сложную и многофазную интрузию, сформировавшуюся в процессе неоднократных внедрений щелочной магмы по системам кольцевых и конических разломов герцинского периода. Особенностью геологического строения массива является эллипсоидный в плане многофазный плутон, вытянутый в субширотном направлении по азимуту 262° с осями протяженностью 45 и 35 км со смещенной к востоку корневой частью. Он приурочен к тектоническому контакту Имандра-Варзугской зоны карелид и архейских гранито-гнейсов [Пожиленко и др., 2002]. Морфологически Хибинский щелочной массив близок к асимметричному лополиту с крутыми восточным и северным контактами и более пологими южным и западным. Западный контакт до глубины 5–6 км падает на восток под углом 70°, южный – к центру массива под углом 80°, выполаживаясь на глубине до 40–50°, северный и восточный контакты крутые, до вертикальных. Внутреннее строение массива концентрически-зональное. От периферии к центру массива друг друга сменяют дугообразные в плане тела массивных и трахитоидных хибинитов, рихсдорритов, ийолит-уртитов и связанных с ними апатит-нефелиновых руд, ляхочорритов и в ядре массива – эллипсоидная площадь распространения фойяитов, в восточной части которой находится шток карбонатитов [Иванова и др., 1970; Пожиленко и др., 2002]. Большинство выделенных концен-

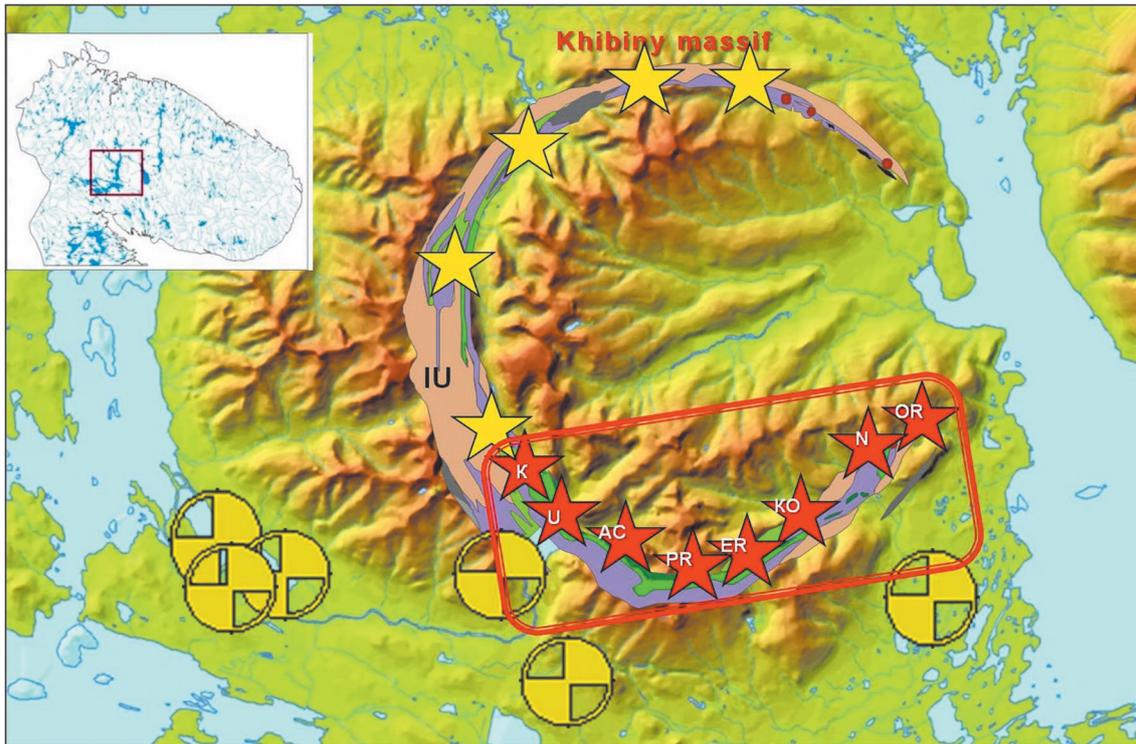


Рис. 3. Светло-теневая топографическая карта Хибинского массива с ийолит-уртитовой дугой (IUC) и апатит-нефелиновыми отложениями (красные звездочки – действующие):

К – Кукисвумчорр, Yu – Юкспор, AC – Апатитовый цирк, PR – плато Расвумчорр, ER – Восточный Расвумчорр, Ко – Коашва, N – Ньоркпахк, OR – Олений Ручей, перспективные месторождения (желтые звездочки) и хвостохранища (желтые кружки)

Fig 3. Light-shadow topographic map of the Khibiny massif with an ijolite-urtite arc (IUC) and apatite-nepheline deposits (red asterisks):

K – Kukisvumchorr, Yu – Yukspor, AC – Apatitovy Tsirk, R – Plateau Rasvumchorr, ER – East Rasvumchorr, Ko – Koashva, N – Nyorkpahk, OC – Oleny Ruchei, perspective deposits (yellow asterisks) and tailings storages (yellow circles)

трических зон, сложенных названными породами, не являются непрерывными. Контакты между субинтрузиями выражены неотчетливо. Несмотря на разнообразие пород и магматических фаз, все они укладываются по возрасту в относительно небольшой интервал времени образования 372–362 млн лет [Kramm et al., 1991, 1994; Арзамасцев и др., 1998; Родионов и др., 2018]. Продуктивной (рудовмещающей) толщей для всех апатит-нефелиновых месторождений Хибин является комплекс ийолит-уртитов или фойдолитов.

С 1930-х годов производство фосфорных удобрений в СССР, а ныне в России, базируется на апатитовом концентрате, который получают из добываемых апатит-нефелиновых руд на АНОФ в Хибинах. Ниже, в табл. 2, приводятся составы основных минералого-технологических типов руд [Дудкин, 1996].

Добыча ведется на рудниках открытым и подземным способами. Кроме апатита извлекается около одного млн тонн нефелина при производительности цеха на 4 млн тонн.

Вся история существования подобного горно-обоганительного комплекса весьма поучительна. Если начинать все с самого начала в наши дни, то вряд ли можно было бы найти источники финансирования такого проекта. Подобное предприятие – это детище советского индустриального периода. В настоящее время добычу и переработку апатит-нефелиновых руд осуществляют две компании: Кировский филиал АО «Апатит» – ФосАгро (КФ АО «Апатит») и АО «Северо-Западная фосфорная компания» (АО «СЗФК»).

Олений Ручей. Месторождение апатит-нефелиновых руд Олений Ручей расположено на крайнем ЮВ фланге ийолит-уртитовой дуги Хибинского массива непосредственно рядом с местом ее выклинивания [Иванова, 1963; Сняtkова и др., 1983; Пожиленко и др., 2002]. Это самое восточное из промышленных месторождений.

На базе месторождения построено и осуществляет свою деятельность АО «СЗФК» (рис. 4). В 2017 году мощность ГОКа составила

Таблица 2. Состав основных минералого-технологических типов руд апатито-нефелиновых месторождений Хибин (содержание минералов, мас. %)

Table 2. Composition of the main mineralogical-technological types of ores of apatite-nepheline deposits of the Khibiny (mineral content, wt.%)

Минералы Minerals	Типы руд Types of ores					
	апатит-нефелиновый apatite-nepheline		апатит-сфеновый apatite-sphene		гипергенно измененный hypergene modified	
	от	до	от	до	от	до
апатит apatite	6,1	91,4	12,0	35,0	16,1	77,0
нефелин nepheline	18,2	67,5	19,7	41,5	8,7	44,5
полевошпат feldspar	0,1	8,6	0	3,4	0,6	2,7
пироксены pyroxenes	5,5	25,7	3,7	26,7	0,9	11,8
амфибол amphibole	0	1,3	0,5	8,3	-	0,3
сфен sphene	0,6	6,2	10,8	51,9	0,2	3,5
титаномагнетит titanomagnetite	0,1	3,9	0,7	4,3	0,1	2,0
ильменит ilmenite	0	0,3	0,2	3,8	0	0,3
гидроокислы железа iron hydroxides	-	-	-	-	0,6	4,2
анатаз anatase	-	-	-	-	0,4	1,2
монтмориллонит montmorillonite	-	-	-	-	0,5	6,0
гидрослюда hydromica	-	-	-	-	6,4	24,7

4,5 млн т/год руды и 1,3 млн т/год концентрата [Годовой...]. Согласно планам развития предприятия годовые мощности будут доведены до 6 млн т руды и 1,7–1,8 млн т концентрата к 2021–2022 гг.

Залежи апатит-нефелиновых руд сконцентрированы в двух рудных ярусах: верхнем – мощностью около 200 м и нижнем – мощностью 200÷400 м, которые разделены толщей безрудных гнейсовидных ийолит-уртитов мощностью 200÷300 м, включающей маломощные разрозненные линзы апатит-нефелиновых руд, которые не увязываются в протяженные рудные тела, а также пластовыми телами рихсдорритов и нефелиновых сиенитов.

Запасы апатит-нефелиновых руд месторождения Олений Ручей подсчитывались дважды для всего месторождения (в 1985 и 2011 гг.) и дополнительно для верхнего яруса в 2015 г. Сопоставление результатов подсчетов запасов выявило расхождения, причиной которых служат более сложные, чем предполагалось по опыту разведки других хибинских

месторождений, строение и тектоника, приводящие к раздроблению, расщеплению рудных тел и изменчивости качественных параметров руд. Следствием этого стала практика селективной добычи блоков подземным способом на верхних горизонтах. Открытая добыча в ближайшие годы будет постепенно снижаться до полного завершения, а подземная – интенсивно наращиваться. Балансовые запасы апатит-нефелиновой руды по российским стандартам составляли (по состоянию на 31 декабря 2019 года): по категориям В+С<sub>1</sub> – 246,1 млн т (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 40,6 млн т), по категории С<sub>2</sub> – 130,2 млн т (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 19,5 млн т) [Годовой...]. Обеспеченность балансовыми запасами СЗФК при выполнении плана развития предприятия составляет 58 лет.

Ковдорский массив. Площадь Ковдорского массива – около 40,5 км<sup>2</sup>, а вместе с метасоматически переработанными гнейсами в ореоле фенитизации – около 60 км<sup>2</sup>. Массив представляет собой интрузию концентрически-зонального строения, имеющую в плане овальную форму, несколько вытянутую



Рис. 4. Рудник АО «Северо-западная фосфорная компания» на фоне горы Суолауйв (Хибинский массив)

Fig. 4. The industrial centre of the JSC Severo-zapadnaya fosforная kompaniya (North-Western Phosphorous Company) on the background of Mount Suoluaive (Khibiny massif)

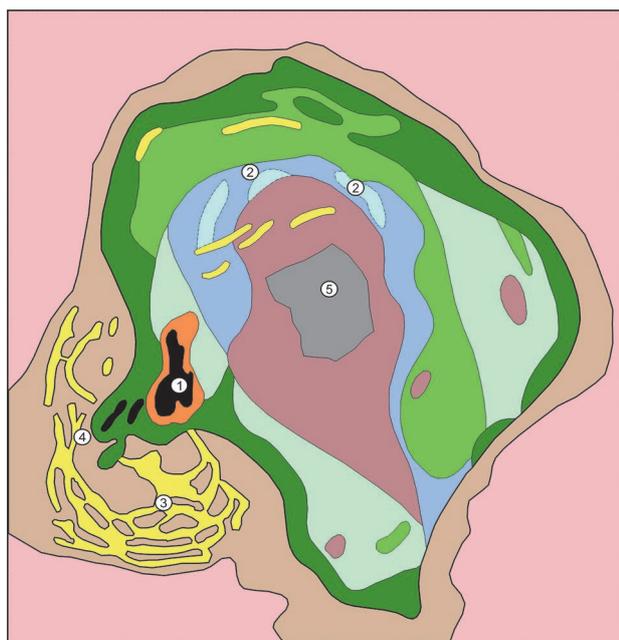
в меридиональном направлении и образующую S-образную дугу. Бурением он вскрыт до глубины немногим более 2 км, но геофизические данные позволяют предполагать, что его тело имеет веретенообразную форму и прослеживается, постепенно сужаясь, до глубины 20 км.

На площади Ковдорского массива выявлено пять промышленных месторождений: комплексное бадделеит-апатит-магнетитовое (магнетитовых и апатитовых руд), флогопит-вермикулитовое, апатитоносных карбонатитов, оливинитовое и штаффелитовое (рис. 5). Из них сегодня эксплуатируются месторождения магнетитовых и апатитовых руд, а также штаффелитовое.

В формировании Ковдорского массива выделены два основных этапа: раннемагматический и позднемагматический. По набору промышленных минералов массив характеризуется большим разнообразием – это апатит-магнетитовые руды с бадделеитом, апатит-штаффелитовые (франколитовые), флогопитовые, вермикулитовые (месторождения флогопита и вермикулита являются крупнейшими в мире) и оливинитовые руды. По Sr-Nd данным возраст оливинитов и пироксенитов

колеблется в диапазоне 373–375 млн лет [Zeisev, Bell, 1995], по бадделеитам из фоскоритов и карбонатитов – U-Pb  $382 \pm 3$  млн лет [Баянова и др., 1997].

Рудник «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК» разрабатывает Ковдорское бадделеит-апатит-магнетитовое месторождение в юго-западной части Ковдорского массива, представляющее собой вертикальный шток длиной около 1500 м, при ширине в плане 300–800 м. Начиная с 2000 г. ведутся комплексные исследования по обоснованию возможности строительства и безопасной эксплуатации сверхглубокого (> 800 м от поверхности) карьера, что позволит продлить экономически эффективную деятельность градообразующего предприятия до 2043–2048 гг. Разведочными работами установлена вертикальная зональность рудного тела (изменение содержания основных и сопутствующих полезных компонентов, минеральных фаз и др.), но она принципиально не препятствует (не требует разработки новой технологии обогащения и вскрытия) дальнейшей эксплуатации месторождения за счет строительства сверхглубокого карьера и впоследствии – комбинированного способа (подземным и открытым рудником). Поэтому основной задачей руд-



0 0,5 1,0 1,5 km

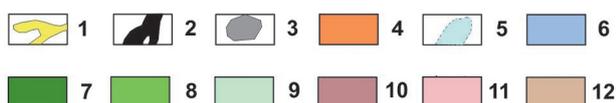


Рис. 5. Геологическая схема Ковдорского массива (по данным В. И. Тернового, Б. В. Афанасьева, Б. И. Сулимова, О. М. Римской-Корсаковой, А. А. Кухаренко и др.):

1 – кальцитовые карбонатиты, 2 – апатит-магнетитовые руды, 3 – форстерит-магнетитовые руды, 4 – апатит-форстеритовые руды, 5 – флогопитовые метасоматиты, 6 – флогопит-диопсид-форстеритовые породы, 7 – ийолиты, мельтейгиты, 8 – туряиты, меллититы, 9 – якупирангиты, пироксениты, 10 – оливиниты, 11 – гнейсы и гнейсо-граниты, 12 – фенинизация

Месторождения: 1 – апатит-магнетит и бадделейит, 2 – флогопит и вермикулит, 3 – апатит-штаффелит, 4 – карбонатит, 5 – оливинит

Fig. 5. Geological scheme of the Kovdor massif (according to V. I. Ternovoy, B. V. Afanasyev, B. I. Sulimov, O. M. Rimskaya-Korsakova, A. A. Kukhareno, etc.):

1 – calcite carbonatites, 2 – apatite-magnetite ores, 3 – forsterite-magnetite ores, 4 – apatite-forsterite ores, 5 – phlogopite metasomatites, 6 – phlogopite-diopside-forsterite rocks, 7 – ijolites, melteigites, 8 – turyaity, melilitites, 9 – yakupirangity, pyroxenite, 10 – olivinities, 11 – gneisses and gneiss-granites, 12 – fenitization

Deposits: 1 – apatite-magnetite and baddeleyite, 2 – phlogopite and vermiculite, 3 – apatite-shtaffelite, 4 – carbonatite, 5 – olivinite

ководства ГОКа на кратко-среднесрочную перспективу является максимальное продление деятельности карьера и своевременное капитальное строительство инфраструктуры под будущий подземный рудник [Жиров и др., 2016].

Эксплуатация месторождения карьером началась в 1962 г. Это один из крупнейших ка-

рьеров в Кольском регионе, который имеет параметры около 2 км в длину, 1,8 км в ширину и около 500 м глубины. Извлекаемые запасы оцениваются в около 160 млн тонн руды со средним содержанием 24,6 % Fe; 6,7 %  $P_2O_5$ ; 0,14 %  $ZrO_2$ , а извлекаемые запасы для проектируемого карьера глубиной около 900 м составляют 590 млн тонн руды со средним содержанием 24,2 % Fe; 6,7 %  $P_2O_5$ ; 0,16 %  $ZrO_2$  [Петрик и др., 2012].

В 2000 г. начались инженерно-геологические изыскания и проектирование сверхглубокого карьера. Его строительство позволит достичь следующих годовых параметров выпуска: железорудный концентрат – 5,5–6 млн т, апатитовый концентрат 2,2–2,4 млн т, бадделейит 6–7 тыс. т.

Разработка главной залежи флогопитового месторождения проводилась с 1966 г. подземным и с 1979 г. открытым способом. Выборка флогопита из жильной массы осуществлялась механическим способом и вручную. В 2009–2015 гг. ОАО «Ковдорслюда» (до 2010 г.), а затем ООО «Ковдорслюда» прошло процедуру банкротства.

В таблице 3 приведены основные характеристики трех действующих компаний Мурманской области по добыче и переработке апатитовых руд.

**Бариты.** В Воркутинском районе Республики Коми на Полярном Урале известны Хойлинское, Малохойлинское и Пальникское месторождения баритов, открытые и разведанные в 1960–70-х годах [Юшкин и др., 2002]. Сведения о геологическом строении месторождений, минеральном составе, качестве, ресурсах, запасах, добыче и переработке баритовых руд изложены в работах Н. В. Лютикова, А. И. Водолазского, Б. Я. Дембовского, Н. П. Юшкина, А. Ф. Кунца, Т. И. Тараниной, Н. Н. Герасимова. На Хойлинском месторождении выявлено три крупных баритовых тела (Восточное, Центральное, Западное) протяженностью до 1500 м при мощности до 40 м (рис. 6 и 7). Рудные тела почти полностью сложены голубовато-серым, темно-серым баритом.

По вещественному составу руды Хойлинского месторождения являются существенно баритовыми с небольшой примесью кварца и кальцита. Среднее содержание  $BaSO_4$  по рудным телам в контурах карьеров изменяется от 84,78 до 86,04 %. Руды практически без обогащения соответствуют классу Б, маркам КБ-6, КБ-5, КБ-3 и могут использоваться для получения бурового баритового утяжелителя.

Разработка месторождения велась эпизодически ЗАО «Хойлинский ГОК» с 1998

Таблица 3. Крупные действующие горные предприятия Мурманской области по добыче промышленных минералов (по состоянию на 01.01.2019 г.)

Table 3. Large operating industrial minerals enterprises of the Murmansk Region (as of 01.01.2019)

Наименование предприятия Company name	Способ добычи, объемы, % Production method, volume, %	Действующие лицензии на месторождения Valid deposit licenses	Основная продукция Main products	Объем, в % к национальному Volume, % of the national	Обеспеченность запасами, лет Provision with reserves, years
КФ АО «Апатит» Apatit	Открытый (30) Подземный (70) Open (30) Underground (70)	Кукисвумчорр, Юкспор, Ййолитовый отрог, Апатитовый цирк, Расвумчорр, Коашвинское, Ньоркпахк Kukisvumchorr, Yuksporr, Iyolite spur, Apatite circus, Rasvumchorr, Koashvinskoe, Nyorkpahk	Апатитовый концентрат, нефелиновый концентрат Apatite concentrate, nepheline concentrate	70 100	Более 50 для подземной добычи, Около 30 для открытой добычи Over 50 for underground mining, About 30 for open mining
АО «Ковдорский ГОК» Kovdor GOK	Открытый (100) Open (100)	Ковдорское магнетитовых и апатитовых руд, Ковдорское апатит-штаффелитовых руд Kovdor magnetite and apatite ores, Kovdor apatite-staffelite ores	Железорудный концентрат, апатитовый концентрат, бадделейитовый концентрат Iron ore concentrate, apatite concentrate, baddeleyite concentrate	5–6 20–25 100	Более 40 для открытых работ Over 40 for open mining
АО «СЗФК» SZFK	Открытый (90) Подземный (10) Open (90) Underground (10)	Олений Ручей, Партомчорр Oleny Ruchej, Partomchorr	Апатитовый концентрат Apatite concentrate	10	Более 50 для подземной добычи Over 50 for underground mining

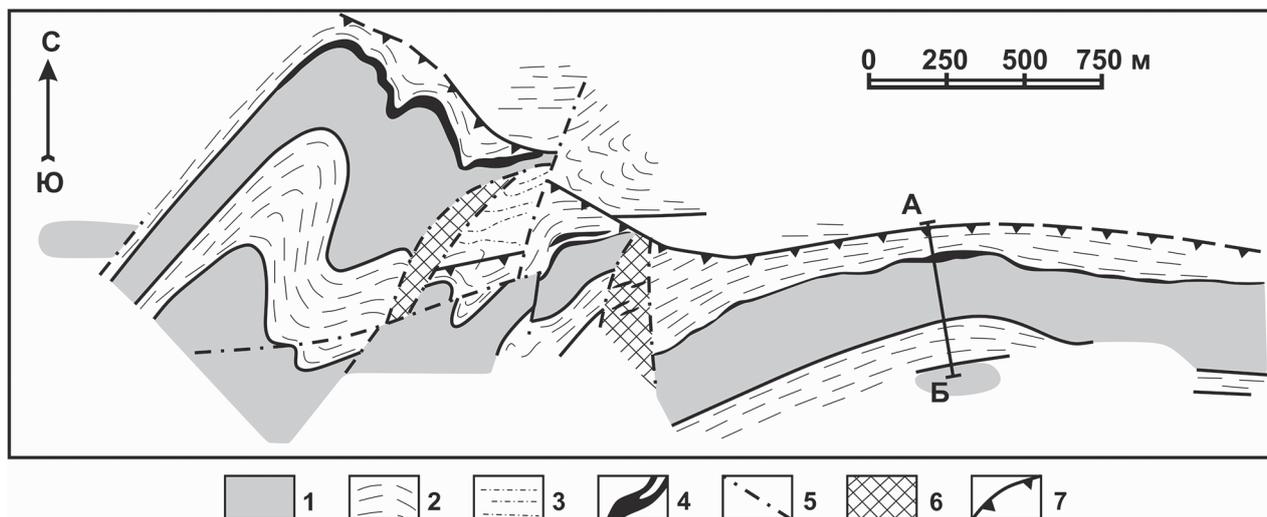


Рис. 6. Схематическая геологическая карта Хойлинского месторождения [Юшкин и др., 2002]:

1 – терригенные отложения пагинской свиты, 2 – кремнисто-сланцевые отложения пагинской свиты, 3 – терригенные отложения яйюсской свиты, 4 – баритовая залежь, 5 – тектонические нарушения типа сброса, 6 – зоны дробления, 7 – крупный надвиг

Fig. 6. Schematic geological map of the Khoylinskoye field [Yushkin et al., 2002]:

1 – terrigenous deposits of the Paginskaya suite, 2 – siliceous-shale deposits of the Paginskaya suite, 3 – terrigenous deposits of the Yayuskaya suite, 4 – barite deposit, 5 – tectonic violations of the type of discharge, 6 – crushing zones, 7 – large thrust

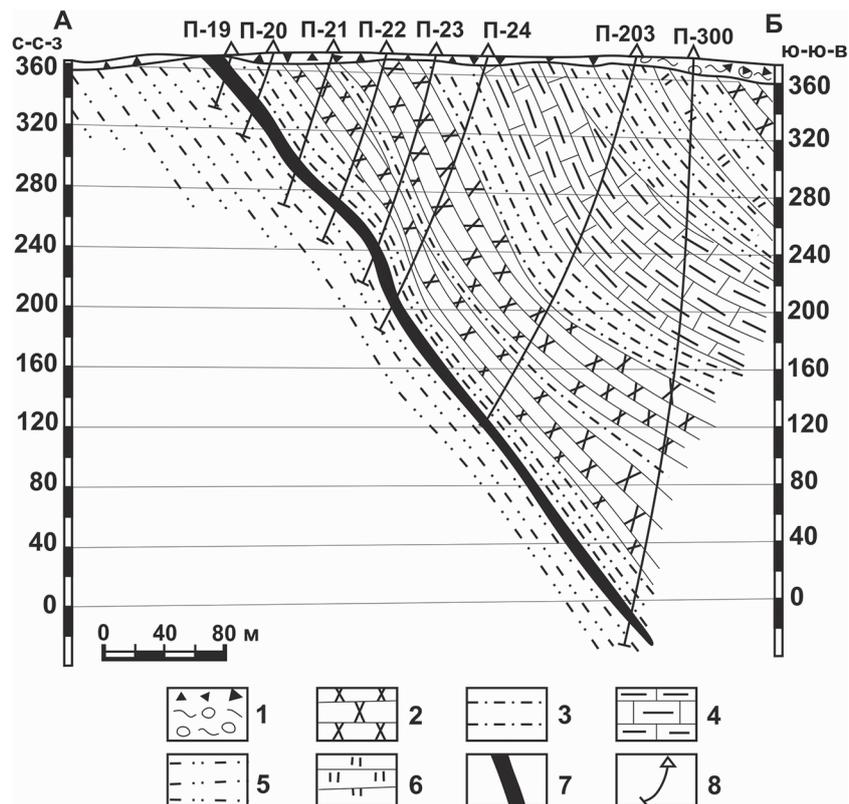


Рис. 7. Разрез по линии А–Б Хойлинского месторождения (см. рис. 6):

1 – суглинки, 2 – песчаники кварцитовые, 3 – сланцы алевроглинистые, 4 – известняки, 5 – известняки углистые, 6 – сланцы кремнисто-глинистые, кремнистые, углисто-кремнистые, 7 – бариты, 8 – скважина и ее номер

Fig. 7. Section along the A–B line of the Khoylinskoye field (see Fig. 6):

1 – loam, 2 – quartzite sandstones, 3 – silty clay shales, 4 – limestones, 5 – carbonaceous limestones, 6 – siliceous-clay shales, siliceous schists, carbonaceous-siliceous schists, 7 – barite, 8 – drill hole and its number

по 2009 г. Запасы Хойлинского месторождения составляют 30 % всех запасов барита в РФ и 14 % всех запасов, сосредоточенных в Европе [Герасимов, 2007; Калинин, 2010].

Наряду с Хойлинским месторождением барита перспективы связаны с Малохойлинским и Пальникским проявлениями, имеющими оценку на стадии поисково-оценочных работ. Все эти объекты расположены в Собско-Пальникском баритоносном районе Полярно-Уральской минерагенической зоны.

Разработка Саланлатвинского месторождения на Кольском полуострове, сложенного барит-сидеритовыми и анкерит-баритовыми рудами, возможна для организации малого предприятия мощностью 50 т баритовой руды на участке кор выветривания в центре месторождения [Афанасьев, 2011].

**Графиты.** В Свекофеннской провинции на территории Приладожья обнаружено 26 проявлений различных типов графита [Леонть-

ев и др., 2006]. В Западном Приладожье открыты графитовые руды метаморфогенного типа – Ихальское рудное поле (метаморфогенные месторождения графита имеют основное значение в мировом балансе графитового сырья). Рудное поле состоит из собственно Ихальского месторождения и нескольких проявлений легкообогатимых руд с чешуйчатым графитом (Ихальское I, Ихальское II, Ихальское III, Ихальское IV, Ихальское V, Ихальское VI, Терваярвинское, Ликолампинское и Кайвомякское), которые слагают стратиформную графитовую формацию в гнейсах [Ладожская..., 2020]

Месторождение приурочено к образованиям углеродистой сланцево-карбонат-толеитобазальтовой геологической формации раннего лудиковия питкьярантской свиты сортавальской серии. Основная рудная залежь Ихальского месторождения представляет собой крутопадающее пластообразное тело, сложенное главным образом графитосодержащими биотитовыми

сланцами и мигматитами по ним, вытянутое в субмеридиональном направлении, выклинивающееся на севере и на юге. Длина залежи по простиранию составляет 1700 м, мощность достигает 450 м. По падению залежь прослежена до глубины около 100 м и не имеет признаков разубоживания [Леонтьев и др., 2006].

На участке Ихальского месторождения оценены запасы  $C_2$  и прогнозны ресурсы  $P_1$ . Запасы определены в трех подсчетных блоках в количестве 81,4 млн т руды до глубины 120 м при среднем содержании углерода 3,01 % (бортное содержание графитного углерода 2 %) [Недра..., 2003].

Планируется добыча, обогащение графитовой руды, производство высокочистого и сферического графита для литий-ионных батарей, графитовых смазок.

**Известняки.** Новые перспективы в качестве источников сырья для металлургической промышленности, пигментов-наполнителей в целлюлозно-бумажной промышленности, производства химически осажденного карбоната кальция, специальных видов цемента связываются с ресурсами известняков, выявленных в Воркутинском, Печорском, Ухтинском, Удорском, Усть-Куломском районах Республики Коми.

Известняки, реже доломиты, используются в сталеплавильном, ферросплавном и доменном производствах в качестве флюсов. Один из крупных действующих объектов – это Белоручейское месторождение, открытое в 1949 году. Его запасы составляют 9 % всех запасов флюсовых известняков в России. Белоручейское рудоуправление добывает 1,5 млн тонн известняка в год, закрывая 1/3 потребностей ОАО «Северсталь».

В Архангельской области отрабатываются месторождения известняков Швакинское, Обозерское. Из известняков производится осажденный карбонат кальция для целлюлозно-бумажной промышленности и планируется производство раскислителей почв.

**Каолинитовые глины.** Территории Среднего и Южного Тимана образуют новую перспективную каолинитоносную провинцию (огнеупорные и тугоплавкие глины) [Беляев, 2003]. На Среднем Тимане выявлены перспективные на каолиниты Вежаю-Ворыквинская, Светлинская площади, Светлинско-Цилемская область, с ресурсами 25–30 млн т, на Южном Тимане – Тимшери-Пузлинская, Кедвинская группы проявлений с ресурсами 50–100 млн т. Каолинитовые глины Пузлинского проявления связаны с отложениями визейского яруса нижнего карбона. В пределах Лоимской перспективной

площади ресурсы белых глин оценены по категории  $P_1$  и составляют 32 млн т.

**Кварц.** Современную ситуацию на рынке особо чистого кварца можно охарактеризовать как практически монополизированную компанией Unimin – ее доля составляет 80 %. Китайские и российские производители выпускают соответственно 7 и 5 %.

На территориях Ямало-Ненецкого автономного округа и Республики Коми располагается крупнейшая в России Приполярноуральская кварцевозильно-хрусталеносная провинция, включающая основные российские запасы и ресурсы прозрачного жильного кварца, горного хрусталя и пьезооптического кварца [Евстропов и др., 1995; Кузнецов, 1998; Кузнецов и др., 2013].

Месторождение Желанное отличается уникальным качеством сырья и содержит большую часть запасов пьезооптического кварца России. Средний коэффициент светопропускания – 44,9 %. Особенности сырья – высокая химическая чистота (массовая доля элементов-примесей не превышает 0,0194 %). Горный хрусталь месторождения характеризуется высокой химической однородностью, низким содержанием микропримесей. Средний размер кристаллов горного хрусталя и дымчатого кварца 5–10 см по удлинению, 2–50 см в поперечнике, вес от 3 до 30 кг, максимальные 200–300 кг. Также развиты цитриновые и дымчато-цитриновые разности кристаллов в Восточной зоне. Коллекционный интерес представляют щетки и друзы, нередко музейного качества.

Горный хрусталь отвечает требованиям ОСТ 41-07-152-86 и ОСТ 41-07-76-86, используется в промышленности для получения кварцевого стекла и как пьезосырье.

Современный спрос российской промышленности на кварцевое сырье, особенно на горный хрусталь и пьезооптический кварц, в связи со стагнацией высокотехнологичных производств остается низким. Тем не менее на месторождении Желанное продолжается добыча жильного кварца. С другой стороны, существуют планы: проект «Полярный кварц» предполагает создание комплекса, выпускающего ряд исходных материалов для наноэлектронной, оптической, светотехнической и химической промышленности. Компания «Полярный кварц» владеет лицензиями на разработку месторождений Додо, Хусь-Ойка и Нестер-Шор Неройской группы.

На территории Карело-Кольского региона в результате поисково-оценочных работ выделены перспективные зоны, районы, узлы,

месторождения – Перчатка, Степаново озеро, Меломайс, Фенькина-Лампи и др. Проведенные работы по оценке кварцевого сырья были направлены на выявление геологических, минералого-петрографических особенностей кварцевых пород, а также проводилось предварительное и глубокое обогащение кварцевого сырья с получением кварцевых концентратов и оценкой их качества.

**Кианит.** Благодаря кейвским кианитовым месторождениям выделен кейвский метаморфогенный тип глиноземистой формации щитов, которые по своим масштабам несравнимы ни с одним из других известных в мире месторождений высокоглиноземистого сырья и по геологическим запасам превосходят все иные месторождения вместе взятые. Запасы кианитовых руд в Кейвах сосредоточены на наиболее крупных месторождениях – Воргельурта, Тавурта, Безымянное, Большой Ров, Ягельурта, Кайпурта, Червурта, Восточная Червурта, Шуурурта, Манюк и др. (рис. 8). Они связаны с кианитовыми сланцами неогархея нижнего продуктивного пласта. Характерной особенностью пород являются темно-серый цвет, общая повышенная концентрация кианита и многообразие форм его развития. По составу и морфологическим типам кианита среди этих сланцев выделяются параморфические

(с параморфозами кианита по хиастолиту), конкреционные, агрегатно-волоконистые (сноповидные, волокнистые, радиально-волоконистые), радиально-лучистые, призматически-зернистые, порфиробластические кианитовые и ставролит-кианитовые сланцы [Огородников и др., 2013].

Общая протяженность выходов на поверхность продуктивного пласта кианитовых сланцев в северном и южном крыльях Кейвского синклинория достигает 420 км. В наиболее перспективных участках (общей протяженностью 37 км) мощность продуктивного пласта возрастает до 60–80 м, одновременно повышается содержание кианита в рудах до 35–40 %. Такие зоны и определяют месторождения [Бельков, 1963]. Минералогическое изучение кианитовых руд кейвских месторождений показало, что они не могут быть отнесены к категории богатых руд высокоглиноземистого сырья. Запасы кианита в рудах месторождений Кейвской группы Кольского п-ова составляют около 1 млрд т, ресурсы – более 2 млрд т.

В Карелии продуктивные кианитовые руды сформированы в пределах Хизоваарской структуры архейского Северо-Карельского зеленокаменного пояса. К потенциальному и оцененному объекту относятся шесть залежей кианит-серицит-кварцевых, кианит-кварцевых

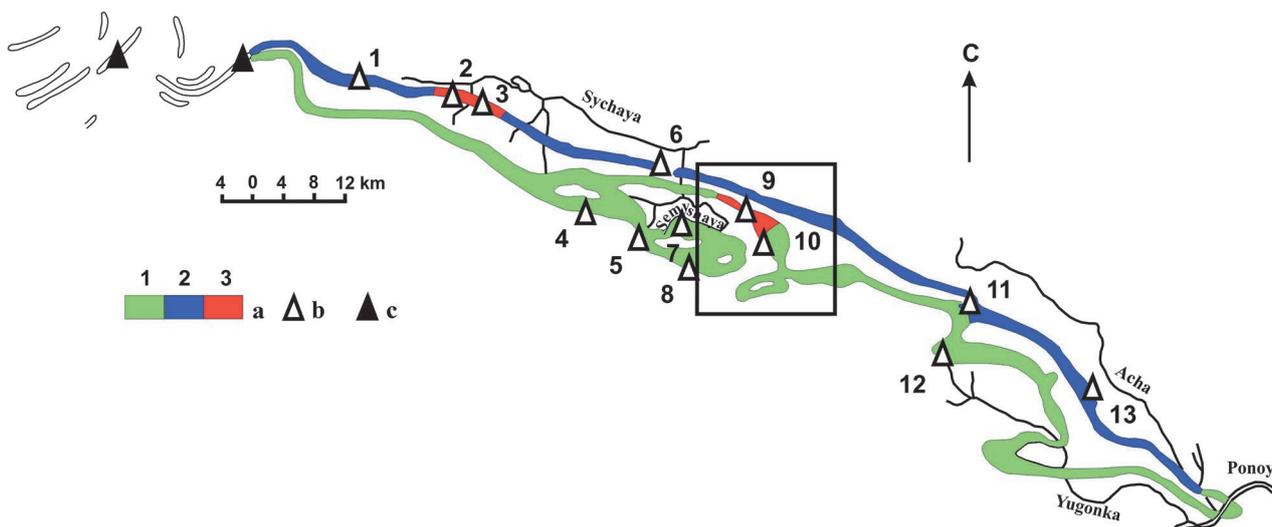


Рис. 8. Распределение главных месторождений кианита и силлиманита на Кейвах [по: Бельков, 1963]:

a – типы руд в кианитовых и ставролит-кианитовых сланцах: волокнисто-игльчатые (1), параморфические (2), крупно-конкреционные (3); b – месторождения кианита; c – месторождения силлиманита. Месторождения: 1 – Воргельурта, 2 – Тавурта, 3 – Тяпышманюк, 4 – Червурта, 5 – Большой Ров, 6 – Безымянная, 7 – Курпурта, 8 – Ягельурта, 9 – Шуурурта, 10 – Восточная Червурта, 11 – Кайпурта, 12 – Нусса, 13 – Манюк

Fig. 8. Distribution of the main deposits of kyanite and sillimanite on the Keivi [after Belkov, 1963]:

a – types of ores in kyanite and staurolite-kyanite schists: fibrous-needle (1), paramorphic (2), large-nodule (3); b – deposits of kyanite; c – deposits of sillimanite. Deposits: 1 – Vorgelvrta, 2 – Tavurta, 3 – Tyapshmanyuk, 4 – Chervurta, 5 – Bolshoi Rov, 6 – Bezmyahnaya, 7 – Kyrpurta, 8 – Yagelvrta, 9 – Shuururta, 10 – Vostochnaya Chervurta, 11 – Kaypurta, 12 – Nussa, 13 – Manyuk

сланцев и кианитовых кварцитов метаморфогенно-метасоматического типа месторождения Южная линза. Общая вытянутость этих залежей в северо-восточном – восточном направлении составляет до 900–950 м при мощности 80–100 м. Породы содержат 50–80 % кварца, 10–49 % кианита, 0–15 % рудных минералов; второстепенными минералами являются серицит и плагиоклаз. Как правило, линзообразные тела подобного типа находятся в ассоциации с игольчатыми кианитовыми рудами в пространственном положении

В Карело-Кольском регионе сосредоточено 99,4 % балансовых запасов высокоглиноземистого сырья РФ, в том числе 83 % – в восточной части Мурманской области в пределах Кейвской структурной зоны, где оценены и частично разведаны 23 месторождения кианитовых и 2 – силлиманитовых руд. Разведанные запасы кианита в Кейвах в 1,5 раза превышают мировые, а прогнозные ресурсы составляют около 2 млрд т. Содержание кианита в сланцах составляет в среднем 31,9 %.

Продуктивный пласт неоархейских кианитовых сланцев (древнейшее скопление глинозема осадочного происхождения) на территории Центральных и Восточных Кейв в широком смысле является единым «месторождением», а сами кианитовые сланцы представляют собой руду. Но продуктивный пласт на всем его протяжении неоднороден. В отдельных участках меняется его мощность, тектоническое строение, петрографический тип слагающих кианитовых сланцев, содержание в них кианита. Участки продуктивного пласта более благоприятные по своим геологическим условиям выделяются как собственно месторождения кианита, а в их пределах различные морфогенетические типы – как кианитовые руды. Рудное тело имеет пластовую форму, протяженные выходы на дневную поверхность и пологое падение на глубину, что создает хорошие перспективы для освоения открытой добычей.

Инновационные подходы к технологии обогащения кианитовых руд данного объекта с использованием поцикловой трехстадиальной флотации сульфидов, слюды и кианита привели к получению кианитового продукта с содержанием 60 %  $Al_2O_3$ ; 37,1 %  $SiO_2$ ; 0,27 %  $Fe_2O_3 + FeO$ ; 1,4 %  $TiO_2$ ; 0,05 % S. Основные пути использования конечных кианитовых продуктов Хизоваарского рудного поля – это огнеупоры, высокоточное литье (турбинные лопатки в авиационном моторостроении), санитарный и электрический фарфор, керамическая плитка, фильтры и т. п. Этот объект, представляющий собой промышленный минерал кианит,

наиболее перспективен и подготовлен к освоению по критериям доступности недр.

**Минеральные краски.** На Среднем Тимане природные пигменты (минеральные краски) сопровождают большинство месторождений и проявлений девонской латеритной формации коры выветривания и характеризуются железистым, глинисто-железистым, марганцево-железистым, иногда глинисто-железисто-марганцевым составом.

**Мусковит.** Благодаря планомерным поисково-оценочным и разведочным работам на мусковит Беломорская слюдоносная пегматитовая провинция по своему потенциалу становится второй минерально-сырьевой базой в СССР после Мамской провинции Восточной Сибири.

Выделяются пегматитовые районы – Ениский, Чупино-Лоухский и Кемско-Беломорский. В их пределах учтены 10 промышленных месторождений листовой слюды и многочисленные пегматитопроявления с мусковитом [Недра..., 2003; Малов, Щипцов, 2016]. Геологами научных институтов (КНЦ РАН и КарНЦ РАН, ВСЕГЕИ, ВИМС), вузов (ЛГИ, ЛГУ) и производственных геологоразведочных организаций ГРЭ и ГОКов («Карелслюда», «Ковдорслюда») в период 1946–1996 гг. были установлены основные факторы контроля слюдоносных (и керамических) пегматитов и критерии определения их ценности. Кроме того, в условиях сглаженного рельефа систематически осуществлялись открытые и подземные горные работы. Были пройдены десятки шахтных стволов. Эксплуатационные горные работы проводились ГОКом «Ковдорслюда» и «Карелслюда».

Коренное изменение конъюнктуры мирового слюдяного рынка в 90-х годах прошлого столетия привело к ликвидации инфраструктуры горнодобывающей промышленности и системы геологического обеспечения с необратимыми социальными последствиями, с пересмотром сырьевых стандартов [Малов, Щипцов, 2016] и, наконец, к переориентации промышленных интересов на дефицитную мелкочешуйчатую маложелезистую слюду и поискам ее рентабельных месторождений. В Северной Карелии проведена оценка месторождения мусковитовых кварцитов «Межозерное».

**Соль.** В Республике Коми соли представлены Сереговским и Верхнепечорским месторождениями и проявлениями верхнеордовикской галогенной формации Косью-Роговской впадины.

Верхнепечорское месторождение каменной и калийно-магниевых солей является естественным продолжением Соликамского

соленосного бассейна на север. Общая площадь Верхнепечорского соленосного бассейна составляет около 7900 км<sup>2</sup>, из них 4500 км<sup>2</sup> (57 %) находится в пределах Республики Коми, а меньшая часть – на севере Пермской области. В разрезе соленосной толщи выделяются три зоны: подстилающей каменной соли, калийно-магниевых солей и покровной каменной соли. В зоне подстилающей каменной соли мощность солей колеблется от 9 до 192 м. Содержание галита в соляных прослоях составляет 75–89 %. Зона покровной каменной соли сложена мелко- и крупнозернистой каменной солью с маломощными прослоями и линзами засоленных глин. Мощность ее от 4 до 25 м (в среднем 20 м). Глубина залегания кровли горизонта покровной каменной соли колеблется от 122 (скв. 588) до 575 м. В 1960–1963 гг. были проведены поисково-оценочные работы по изучению толщи калийно-магниевых солей в западной части Верхнепечорского соленосного бассейна, включающей Якшинский участок (рис. 9) [Богацкий и др., 1977].

С 2010 г. ООО «ТрейдПромСервис» ведет работы по геологическому доизучению и вводу в эксплуатацию Якшинского участка. В результате перспективный участок переведен в ранг месторождения минеральных (калийных и калийно-магниевых) солей.

Верхнеордовикская галогенная формация выявлена в Косью-Роговской впадине Предуральяского краевого прогиба. Скважинами 3-, 5- и 6-Кочмес, 13-Ярвож на глубинах 5300–6250 м в отложениях верхнего ордовика обнаружены проявления галогенной формации мощностью более 1000 м. Породы формации представлены преимущественно доломитами и ангидритами с пластами (до 1 м) галита и аргиллита. Ввиду больших глубин залегания и низкого качества соли верхнеордовикская галогенная формация в настоящее время не представляет промышленного интереса.

В Онежской параметрической скважине, единственной из всех скважин, пробуренных на территории Онежской палеопротерозойской структуры по туломозерской свите, в интервале 2944,0–2750,8 м вскрыта каменная соль (преимущественно галит). Общая мощность соленосной толщи – 193,2 м [Морозов и др., 2010]. Породы имеют насыщенный красный цвет, который на отдельных интервалах переходит в грязно-серый со слабым розовым оттенком.

В галитовой толще кроме соли присутствуют ангидрит, магнезит, кварцит, которые преимущественно слагают залегающую выше улитинскую толщу, генетически родственную туломозерской свите и принадлежащую к единому

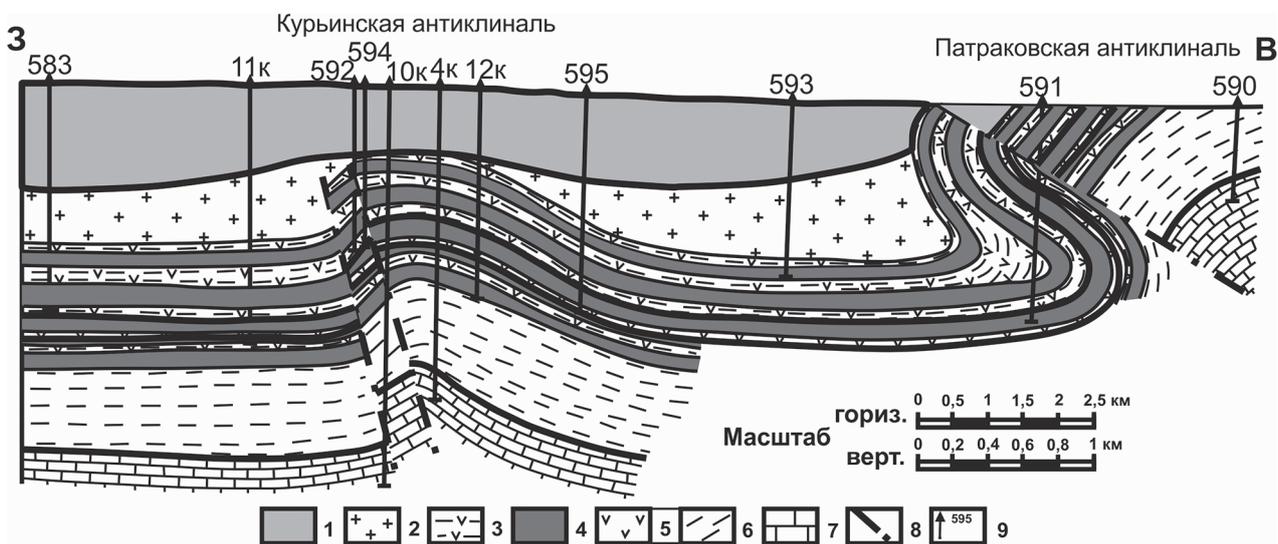


Рис. 9. Геологический разрез восточной части Верхнепечорского соленосного бассейна [по: Богацкий и др., 1977].

Верхняя пермь: 1 – песчаники, алевролиты, мергели. Кунгурский ярус: 2 – каменная соль, 3 – глинистые ангидриты и гипсы, 4 – песчаники, 5 – ангидрит. Артинский ярус: 6 – глины, мергели, аргиллиты, 7 – известняки, 8 – тектонические нарушения, 9 – скважина и ее номер

Fig. 9. Geological section of the eastern part of the Verkhnepechorsky salt-bearing basin [after Bogatsky et al., 1977].

Upper Perm: 1 – sandstones, siltstones, marls. Kungur stage: 2 – rock salt, 3 – clay anhydrites and gypsum, 4 – sandstones, 5 – anhydrite. Artinsky stage: 6 – clays, marls, mudstones, 7 – limestones, 8 – tectonic disturbances, 9 – drill hole and its number

тектоно-седиментационному циклу, то есть к ятулийскому надгоризонту [Крупеник и др., 2011]. По разрезу магнезит-галитовой толщи было проведено комплексное изучение состава магнезитов, солей, содержащихся в них примесей, а также изотопного состава углерода, кислорода, сульфатной серы и благородных газов. Возраст галитовой толщи, по данным Rb-Sr метода,  $2216 \pm 68$  млн лет [Морозов и др., 2010] – это самые древние из известных на сегодняшний день соленосные отложения Земли. Соленосный интервал разреза на 70–75 % состоит из галита.

**Сподумен.** Литий является основным компонентом энергоемких батарей и аккумуляторов. Потенциальным важным потребителем лития являются энергетические установки, реализующие управляемую реакцию термоядерного синтеза. Во всем мире промышленные месторождения лития представлены редкометалльными пегматитами и рапами соляных озер [Быховский, Архипова, 2016].

Крупный пегматитовый пояс с минерализацией лития, цезия, тантала и бериллия (Охмыльское, Васин-Мыльк, Хребет Олений, Полмостундровское и Колмозерское месторождения) расположен в северо-восточной части Фенноскандинавского щита на Кольском полуострове.

К наиболее масштабным относится Колмозерское месторождение сподумена с попутными Nb, Ta и Вe. Оно является крупнейшим месторождением редкометалльных пегматитов России, на долю которого приходится 26 % запасов лития страны, и локализовано в метагэббро-анортозитах Патчемварекского массива в зоне сочленения региональных структур архейского возраста – Мурманского блока и зеленокаменного пояса Колмозеро-Воронья [Морозова, 2018]. U-Pb-изотопный возраст кристаллизации и связанной с ней минерализации колумбита (Mn) составляет  $2315 \pm 10$  млн лет ( $СКВО = 0,34$ ), что свидетельствует о формировании редкометалльных пегматитов на палеопротерозойской стадии развития региона, затронутой процессами, связанными с плюмовыми трещинами [Морозова и др., 2017].

**Титан, тантал, ниобий, лейкоксен.** Лейкоксен Ярегского и Пижемского месторождений на Тимане является уникальным природным минеральным сырьем с широкой сферой промышленного использования [Игнатъев, Бурцев, 1997; Власенко, 2010].

Ярегское месторождение титана принадлежит к месторождениям-гигантам. Вместе с крупным Водненским рудопроявлением, другими рудопроявлениями месторождение

образует крупный Ярегско-Водненский редкометалльно-титановый рудный узел [Махлаев, Голубева, 2006; Колокольцев, 2016].

Россыпные промышленные концентрации титановых минералов приурочены к комплексу среднедевонско-верхнедевонских отложений, залегающих на поверхности метаморфизованных пород верхнепротерозойского структурного этажа, сохранивших следы выветривания и размыва. Отложения чибьюской свиты вмещают все подсчитанные и утвержденные запасы титановых руд. В местной стратиграфической схеме отложения, вмещающие титановые россыпи, получили наименование III пласта. Его мощность составляет около 40 м. Россыпь нижней пачки включает все балансовые запасы титановой руды Ярегского месторождения. Общая протяженность россыпи прогнозируется в 55 км при ширине до 40 км. Протяженность разведанной части россыпи в северо-западном направлении 19,5 км, ширина до 9 км.

По мнению большинства исследователей, основным источником поступления титановых минералов в россыпи послужила глубоко проработанная кора химического выветривания метаморфических сланцев рифея [Игнатъев, Бурцев, 1997; Махлаев, 2008; Плякин, 2014 и др.].

Лейкоксенсодержащие песчаники Ярегского месторождения являются коллектором тяжелой, высоковязкой нефти, в связи с чем месторождение относится к группе уникальных, нефтетитановых. Добыча нефти на месторождении ведется с 1930-х годов. В 1961–1966 гг. на нефтешахте № 3 был создан опытный участок добычи нефтетитановых руд и построена опытная обогатительная фабрика небольшой производительности. В дальнейшем на основе результатов поисковых исследований по проектам института «Гиредмет» были построены опытно-промышленная обогатительная фабрика и опытная установка по производству титанового пигмента хлорным способом производительностью 1 тонна пигмента в сутки. Интенсивные технологические исследования продолжались вплоть до начала 1990-х годов.

В настоящее время на титаноносной площади Ярегского месторождения функционируют три предприятия: ООО «Лукойл-Коми» (ведется добыча руды), ЗАО «СИТТЕК» (ведется переработка руды) и ОАО «ЯрегаРуда» (планируется добыча и переработка руды).

Основные перспективы вовлечения Ярегского месторождения в крупномасштабное промышленное освоение связываются с организацией производства пигментного диоксида титана, включая получение нанодиоксида тита-

на и тонкодисперсного диоксида кремния – аэросила.

Также прорабатывается металлургическое направление – получение титановой лигатуры, титанового шлака, титановой губки и металлического титана, а также абразивных материалов – карбидов, карбосилицидов титана.

**Флюорит.** По преобладающим минеральным типам флюоритопоявлений, их структурной приуроченности, возрасту вмещающих пород, характеру минерализации, регионально-геологической обстановке выделяются две перспективные флюоритоносные зоны – Южнопайхойская и Амдерминская (Республика Коми) [Юшкин и др., 1982, 2007]. Южнопайхойская флюоритовая зона вытянута узкой полосой протяженностью 300 км вдоль юго-западного крыла Пайхой-Вайгач-Южноновоземельского мегантиклинория и объединяет многочисленные флюоритопоявления в карбонатных и кремнисто-карбонатных отложениях преимущественно нижнекаменноугольного возраста.

Буреданское месторождение площадью 9 км<sup>2</sup> располагается в юго-восточной части Южнопайхойской зоны. По результатам общих и детальных поисков, поисково-оценочных работ на участке обнаружено 46 рудных тел и блоков с 4 уровнями содержания флюорита: 5–10, 10–20, 20–38 % и выше.

Амдерминская рудная зона протяженностью 25 км с севера на юг от пос. Амдерма. Наиболее изучена ее северная часть, включающая собственно Амдерминское месторождение (гряды 1, 2 и 3), где в 1932–1951 годы проводилась добыча флюорита. Оруденение приурочено к контакту карбонатных отложений амдерминской свиты верхнего рифея и сланцево-карбонатных отложений нижнего ордовика.

В Приладожье флюорит связан с оловорудными проявлениями – Уксинское, Хопунваара, Хопунлампи, Люпикко и Юго-Западное Люпикко в Кительско-Питкярантском рудном районе. Оценка запасов и прогнозных ресурсов проведена в границах оловорудных тел, в состав которых кроме грейзенов входят скарны и пропилиты, содержащие бедную флюоритовую минерализацию. Апоскарновые метасоматиты и грейзены, несущие основной объем флюоритовой минерализации, имеют значительно больший размах по мощности, простиранию и падению. Естественно, при доизучении и переоценке запасов и ресурсов их потенциал возрастет в несколько раз.

**Фосфориты.** Перспективная Максаро-Пижемская площадь находится на Среднем Тимане в поле развития верхнеюрских фосфоритоносных отложений [Павлов, 1983]. Прогнозные

ресурсы желваковых фосфоритов оцениваются в 720 млн тонн. На этой площади выделен перспективный участок «Чуркино», где вскрыт фосфоритовый горизонт мощностью 1,8–2,3 м, с продуктивностью от 425 до 636 кг/м<sup>2</sup>. Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в фосфоритах фракции +5 мм составляет от 13,72 до 17,86 %. Прогнозные ресурсы (кат. P<sub>1</sub>) фосфоритов участка оценены в 12–15 млн т. Своеобразное фосфат-бокситовое месторождение известно на Среднем Тимане в верховьях р. Цильмы (Заостровское).

Несколько перспективных площадей фосфоритовых руд высокого качества в терригенно-карбонатных породах ордовика выявлены на Полярном Урале. Проявления фосфоритов также установлены в породах верхней перми Западного Притиманья.

**Цеолиты.** Выделена Тиманская цеолитоносная провинция, сопоставимая с Уральской, Ленской и Тунгусской провинциями [Осташенко, 1984]. Цеолитоносные породы распространены в широком стратиграфическом интервале от девона до верхней перми (от п-ова Канин на севере до р. Вычегды на юге). В осадочных толщах отмечено значительное содержание анальцима. Проявление «Весляна» сегодня является одним из наиболее перспективных объектов для промышленного освоения. Результаты исследования сорбции различными цеолитовыми сорбентами показали, что анальцимсодержащие породы являются эффективными сорбентами тория, радия и урана, причем степень поглощения тория для всех образцов данных пород составляет 100 %.

Цеолиты группы гейландита – клиноптилолита выявлены в верхнеюрских отложениях при изучении Чим-Лоптюгского месторождения горючих сланцев [Салдин и др., 2012].

**Шунгиты.** Шунгитовые породы – древние углеродсодержащие породы Карелии с возрастом порядка 2 млрд лет, не имеющие аналогов в геологической истории нашей Земли по форме проявлений и гигантским промышленным запасам. Они широко распространены в Заонежье. Прогнозные ресурсы – более 4 млрд тонн углерода, среди которых приоритет имеет Зажогинское рудное поле площадью 240 км<sup>2</sup> с двумя действующими карьерами. В чем заключается уникальность этих пород? Они трактуются как природные углерод-минеральные композиты, содержащие шунгитовое вещество и широкий спектр микро- и наноминералов, образованных в палеопротерозое. Шунгитовое вещество представляет собой неграфитируемый фуллереноподобный углерод со структурой, подобной структуре стеклокристаллических материалов, где высокодисперсные

кристаллы распределены в некристаллической матрице [Калинин, Ковалевский, 2011].

В целом современный этап изучения шунгитовых пород Карелии и выявление перспектив их индустриального использования предполагается направить не столько на оценку запасов потенциальных месторождений и определение петрографических и структурно-химических особенностей шунгитовых пород, а скорее на выявление критериев и рекомендаций по использованию пород потенциальных месторождений в конкретных инновационных и наукоемких направлениях [Kovalevski, Shchiptsov, 2019].

Проведенные геолого-поисковые работы на промышленные типы шунгитовых пород позволят создать их классификацию, определить наиболее перспективные участки залегания шунгитовых пород под конкретные направления использования [Калинин и др., 2008]. По сути, осуществление планируемых работ приведет к эффективному вложению затраченных средств в стоимость будущих месторождений и развитие инновационных подходов в использовании уникального углеродсодержащего сырья России [Kovalevski, Shchiptsov, 2019].

## Заключение

Для действующих ГОКов положение с началом перестройки в СССР усугубилось истощением приповерхностных, наиболее рентабельных частей крупных месторождений после многих десятилетий эксплуатации (начиная с 1930–1950 гг.). Таким образом, изменение условий хозяйствования крайне негативно отразилось на региональной экономике. Например, комбинат «Апатит» достиг максимальной производительности в 54–61 млн т по руде и 17–20 млн т по концентрату в период 1985–1990 г., выработав в 1988 г. рекордные 20 млн т концентрата. А в следующую пятилетку показатели упали до 20–24 млн т по руде и 6–8 млн т концентрата [Григорьев и др., 1999]. Новые рыночные условия наиболее негативно отразились на «Севредмете» (Ловозерском ГОКе), ПО «Ковдорслюда», ГОК «Карелслюда», ПО «Карелстройматериалы» и др.

Промышленные минералы могут серьезно способствовать развитию отечественного горного производства на севере европейской части Российской Федерации и внедрению новых технологий. Должны разрабатываться программы комплексной оценки минерально-сырьевого потенциала, которые в свою очередь повлияют на формирование новых минерально-сырьевых потоков и развитие транспортных

коридоров на экономическом пространстве Севера.

Добыча и переработка полезных ископаемых составляет основу экономики всех наиболее благополучных территорий Российской Федерации. В окраинных регионах добывающие предприятия являются градообразующими и обеспечивают до 75 % рабочих мест. Принципы развития МСБ севера европейской части России должны быть построены на основе учета всех полезных ископаемых, включая и те, управление которыми полностью лежит в компетенции федеральной власти.

*Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (тема НИР № АААА-А18-118020290175-2).*

## Литература

Арзамасцев А. А., Арзамасцева Л. В., Беляцкий Б. В. Щелочной вулканизм инициального этапа палеозойской тектоно-магматической активизации северо-востока Фенноскандии: геохимические особенности и петрологические следствия // Петрология. 1998. Т. 6, № 3. С. 316–336.

Афанасьев Б. В. Минеральные ресурсы щелочно-ультраосновных массивов Кольского полуострова. СПб.: Роза ветров, 2011. 224 с.

Баянова Т. Б., Кирнарский Ю. М., Левкович Н. В. U-Pb изучение бадделеитов из пород Ковдорского массива // ДАН. 1997. Т. 356, № 4. С. 509–511.

Бельков И. В. Кианитовые сланцы свиты Кейв. М.; Л.: АН СССР, 1963. 136 с.

Беляев В. В. Каолины России: состояние и перспективы сырьевой базы. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2003. 60 с.

Беляев В. В., Швецова И. В., Яцкевич Б. А. Девонские бокситы Тимана. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1999. 187 с.

Богацкий В. И., Иванов А. В., Агулов С. Н. Условия соленакопления в Верхнепечорском соленосном бассейне Коми АССР // Проблемы осадконакопления. Новосибирск: Наука, 1977. Т. 2. С. 138–141.

Богачев А. И., Зак С. И., Сафронова Г. П., Инина К. А. Геология и петрология Елетьозерского массива габброидных пород Карелии (геология, петрография, петрология, металлогения). М.; Л.: Наука, 1963. 159 с.

Борисов П. А. Керамические пегматиты СССР и их заменители. М.: АН СССР, 1954. 270 с.

Быховский Л. З., Архипова Н. А. Редкометалльное сырье России: перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы // Разведка и охрана недр. 2016. № 11. С. 26–30.

Власенко В. В. Особенности и перспективы совместной разработки высоковязкой нефти и титановой руды на площадях их совместного залегания

в границах Ярегского нефтетитанового месторождения // Проблемы разработки и эксплуатации месторождений высоковязких нефтей и битумов: Матер. межрег. науч.-техн. конф. Ухта, 2010. С. 24–35.

*Войтеховский Ю. Л.* Кианитовые сланцы Б. Кейв – стратегический ресурс России // Проблемы освоения кианитовых месторождений Кольского полуострова, Карелии и Урала. Апатиты: ГИ КНЦ РАН, 2010. С. 55–63.

*Герасимов Н. Н.* Добыча и переработка баритового сырья // Горный журнал. 2007. № 3. С. 75–79.

*Гинзбург И. И.* Слюда, ее свойства, применение и распространение в России. Петроград: 1-я Гос. тип., 1919. 128 с.

Годовой отчет ПАО «Акрон» за 2019 г. (проект). 102 с. URL: <https://www.acron.ru/upload/iblock/419/GO-Akron-20119-RUS.pdf> (дата обращения: 30.05.2020).

*Голдин Б. А., Дудкин Б. Н., Ключкова И. В.* Северо-Уральские аповулканы – сырье для производства фарфора // Стекло и керамика. 1999. № 1. С. 7–9.

*Голубев Ю. К., Прусакова Н. А.* Оценка перспектив коренной алмазности Архангельской области с анализом текущего состояния прогнозных ресурсов алмазов // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов: Тезисы докл. VIII Межд. науч.-практ. конф. М., 2018. С. 47–48.

*Григорьев А. В., Свинин В. С., Погребняк О. С.* Оптимальное развитие рудной базы – гарантия долголетия предприятия и стабильности его работы // Горный журнал. 1999. № 9. С. 9–13.

*Гришин Н. Н., Крашенинников О. Н., Белогурова О. А., Бастрыгина С. В.* Огнеупоры и жаростойкие бетоны из сырья Кольского полуострова // Формирование основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. С. 206–217.

*Дудкин О. Б.* Технологическая минералогия комплексного сырья на примере месторождений щелочных плутонов. Апатиты: КНЦ РАН, 1996. 134 с.

*Евстропов А. А., Бурьян Ю. И., Кухарь Н. С., Серых Н. М., Цюцкий С. С.* Жильный кварц Урала в науке и технике. Геология основных месторождений кварцевого сырья. М.: Недра, 1995. 207 с.

*Едемский М. Б.* Геология и полезные ископаемые северного края (краткий очерк). Архангельск: Севкрайгаз, 1934. 117 с.

*Жиров Д. В., Зозуля Д. Р., Козлов Н. Е.* Сырьевая база твердых полезных ископаемых – основа сбалансированного социально-экономического развития Евро-Арктической зоны Российской Федерации // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2019. № 1(63). С. 36–49. doi: 10.25702/KSC.2220-802X.1.2019.63.36-49

*Жиров Д. В., Мелихова Г. С., Рыбин В. В., Сохрев В. А., Климов С. А.* Особенности инженерно-геологического изучения массивов скальных пород в целях проектирования глубоких карьеров на примере Ковдорского месторождения магнетитовых и апатитовых руд. Часть 1 // Вестник КНЦ РАН. 2016. № 1. С. 15–25.

*Иванова Т. Н.* Апатитовые месторождения Хибинских тундр. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 288 с.

*Иванова Т. Н., Дудкин О. Б., Козырева Л. В., Поляков К. И.* Ийолит-уртиты Хибинского массива. Л.: Наука, 1970. 180 с.

*Игнатъев В. Д., Бурцев И. Н.* Лейкоксен Тимана: минералогия и проблемы технологии. СПб.: Наука, 1997. 213 с.

*Иевлев А. А.* Проекты модернизации производства соли на Сереговском месторождении (Республика Коми) и деятельность Сереговского сользавода в 1960-х годах // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 8. С. 21–25.

*Калинин Е. П.* Бариты Республики Коми: современное состояние и перспективы // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2010. № 3. С. 3–5.

*Калинин Ю. К., Калинин А. И., Скоробогатов Г. А.* Шунгиты Карелии – для новых стройматериалов, в химическом синтезе, газоочистке, водоподготовке и медицине. СПб.: УНЦХ СПбГУ, ВВМ, 2008. 219 с.

*Калинин Ю. К., Ковалевский В. В.* Шунгитовые породы – 50 лет научно-технологических исследований в Институте геологии // Геология Карелии от архея до наших дней. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С. 172–179.

*Каменев Е. А.* Поиски, разведка и геолого-промышленная оценка апатитовых месторождений хибинского типа (методические основы). Л.: Недра, 1987. 188 с.

*Колокольцев В. Г.* Новое о титаносности Ярегского рудного узла (Южный Тиман) // Региональная геология и металлогения. 2016. № 67. С. 107–117.

*Коровкин В. А., Турылева Л. В., Руденко Д. Г., Журавлев В. А., Ключникова Г. Н.* Недра Северо-Запада Российской Федерации. СПб.: ВСЕГЕИ, 2003. 520 с.

*Крупеник В. А., Ахмедов А. М., Свешников К. Ю.* Строение разреза Онежской структуры по данным бурения ОПС // Онежская палеопротерозойская структура. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С. 172–189.

*Кузнецов С. К.* Жильный кварц Приполярного Урала. СПб.: Наука, 1998. 203 с.

*Кузнецов С. К., Бурцев И. Н., Лютоев В. П.* Высококачественное сырье Тимано-Североуральского региона // Горный журнал. 2013. № 9. С. 48–53.

*Ладожская протерозойская структура /* Ред. Н. В. Шаров. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2020. 435 с.

*Леонтьев А. Г., Михайлов В. П., Бискэ Н. С.* Графит // Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия, 2006. Кн. 2. С. 40–47.

*Лукичев С. В., Жиров Д. В., Чуркин О. Е.* Состояние и перспективы минерально-сырьевого комплекса Мурманской области // Горный журнал. 2019. № 6(2263). С. 19–24. doi: 10.17580/gzh.2019.06.01

*Малов Н. Д., Щипцов В. В.* Кризис слюдяной отрасли Беломорской пегматитовой провинции и перспективы его преодоления // Записки Горного института. 2016. Т. 218. С. 172–178.

*Махлаев Л. В.* О природе лейкоксена в Ярегском нефтетитановом месторождении (в связи с оценкой перспектив других титановых палероссыпей Притиманья) // Литосфера. 2008. № 5. С. 117–121.

*Махлаев Л. В., Голубева И. И.* Ильменитсодержащие метапелиты как важнейший источник формирования гигантских и сверхгигантских титановых

россыпей // Титаноциркониевые месторождения России и перспективы их освоения: Матер. всерос. совещания. М., 2006. С. 39–42.

*Минерально-сырьевая база Республики Карелия. Петрозаводск: Карелия, 2006. Кн. 2. 356 с.*

*Минерально-сырьевая база твердых полезных ископаемых Арктической зоны России / Гл. ред. Г. А. Машковцев. М.: ВИМС, 2018. 198 с.*

*Морозов А. Ф., Хахаев Б. Н., Петров О. В., Горбачев В. И., Тарханов Г. В., Цветков Л. Д., Эринчек Ю. М., Ахмедов А. М., Крупеник В. А., Свешникова К. Ю. Толща каменных солей в разрезе палеопротерозоя Онежского прогиба Карелии (по данным Онежской параметрической скважины) // ДАН. 2010. Т. 435, № 2. С. 230–233.*

*Морозова Л. Н. Колмозерское литиевое месторождение редкометалльных пегматитов: новые данные по редкоэлементному составу (Кольский полуостров) // Литосфера. 2018. Т. 18, № 1. С. 82–98. doi: 10.24930/1681-9004-2018-18-1-082-098*

*Морозова Л. Н., Баянова Т. Б., Базай А. В., Лялина Л. М., Серов П. А., Борисенко Е. С., Кунаккузин Е. Л. Редкометалльные пегматиты Колмозерского литиевого месторождения арктического региона Балтийского щита: новые геохронологические данные // Вестник КНЦ РАН. 2017. № 1(9). С. 43–52.*

*Мультимедийный справочник по минерально-сырьевым ресурсам и горнопромышленному комплексу Мурманской области: Цифровой информационный ресурс / Под ред. Ф. П. Митрофанова, А. В. Лебедева; отв. рук. Д. В. Жиров; отв. исп. С. В. Жабин, Н. И. Бичук, Н. О. Сорохтин, В. Ю. Калачев, С. А. Климов; сост.: Б. В. Афанасьев, Б. В. Гавриленко, В. И. Пожиленко и др. Апатиты: ГИ КНЦ РАН, 2001. Ч. 1. Геология и минерально-сырьевые ресурсы – 460 мб; ч. 2. Горнопромышленный комплекс – 680 мб.*

*Небокситовое алюминиевое сырье России / Отв. ред. В. А. Коротеев. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 229 с.*

*Огородников В. Н., Коротеев В. А., Войтеховский Ю. Л., Щипцов В. В., Поленов Ю. А., Савичев А. Н., Нерадовский Ю. Н., Скамницкая Л. С., Бубнова Т. П., Гришин Н. Н., Белогурова О. А., Гершенков А. Ш., Коротеев Д. В. Морфогенетические типы и технология обогащения кианитовых руд. Екатеринбург: УрО РАН, 2013. 310 с.*

*Осташенко Б. А. Проблема цеолитов Тимана // Научные рекомендации народному хозяйству. Вып. 49. Сыктывкар, 1984. 20 с.*

*Павлов А. М. Изучение закономерностей размещения фосфоритов на территории деятельности ПГО «Полярноуралгеология». Ухта, 1983. (Комигеолфонд. Инв. № 9988).*

*Петрик А. И., Быховец А. Н., Сохарев В. А., Перин В. Н., Сердюков А. Л. Модернизация минерально-сырьевой базы в стратегии долгосрочного развития Ковдорского ГОКа // Горный журнал. 2012. № 10. С. 12–17.*

*Плякин А. М. Россыпи Тимана. История изучения месторождения. Аннотированная хронобиблиография: уч. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Ухта: УГТУ, 2014. 168 с.*

*Плякин А. М., Беляев В. В. Твердые полезные ископаемые Тимана: уч. пособие. Ухта: УГТУ, 2004. 109 с.*

*Пожиленко В. И., Гавриленко Б. В., Жиров Д. В., Жабин С. В. Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 359 с.*

*Родионов Н. В., Лепехина Е. Н., Антонов А. В., Капитонов И. Н., Балашова Ю. С., Беляцкий Б. В., Арзамасцев А. А., Сергеев С. А. U-Pb-II возраст титанита и время образования апатит-нефелиновой минерализации Хибинского и Ловозерского щелочных массивов // Геология и геофизика. 2018. Т. 59, № 8. С. 1195–1210. doi: 10.15372/GiG20180805*

*Салдин В. А., Бурцев И. Н., Симакова Ю. С., Филиппов В. Н. Цеолиты в верхнеюрских породах Чим-Лоптюгского месторождения горючих сланцев (Яренгский сланценосный район) // Диагностика вулканогенных продуктов в осадочных толщах: Матер. Рос. совещ. с междунар. участием. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2012. С. 112–116.*

*Сняtkова О. Л., Пронягин Н. И. Новые данные о структуре апатит-нефелиновых месторождений // Разведка и охрана недр. 1983. № 7. С. 10–14.*

*Тимонин Н. И. Печорская плита: история геологического развития в фанерозое. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 238 с.*

*Топорков В. Г. Оценка перспектив центральных районов Республики Коми на нетрадиционные и редкие виды неметаллических полезных ископаемых (битумы, битуминозные породы, природные пигменты, глаукониты, облицовочные, поделочные и декоративные камни). Ухта, 1996. (Комигеолфонд. Инв. № 10998).*

*Удоратина О. В., Куликова К. В., Варламов Д. А., Макеев Б. А., Исаенко С. И., Шевчук С. С. Калиевый полевой шпат сиенитов (Средний Тиман) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2015. № 10. С. 11–16.*

*Устинов В. Н., Загайный А. К., Смит К. Б., Ушков В. В., Лазько Е. Е., Лукьянова Л. И., Лобкова Л. П. Раннепротерозойские алмазоносные кимберлиты Карелии и особенности их формирования // Геология и геофизика. 2009. Т. 50, № 9. С. 963–977.*

*Ушков В. В., Загайный А. К., Смит К. Б., Ушков В. В., Лазько Е. Е., Лукьянова Л. И., Лобкова Л. П. Кимозерское проявление кимберлитов в Онежской структуре // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. № 3. С. 94–98.*

*Щипцов В. В. Значение индустриальных минералов Карелии в областях промышленного производства // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. № 3. С. 126–130.*

*Щипцов В. В. Обзор и оценка индустриальных минералов Республики Карелия // Геология рудных месторождений. 2005. Т. 47, № 1. С. 3–15.*

*Юшкин Н. П., Кунц А. Ф., Таранина Т. И. Бариты Урало-Пайхойской провинции. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 338 с.*

*Юшкин Н. П., Кунц А. Ф., Тимонин Н. И. Минералогия Пай-Хоя. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 290 с.*

*Юшкин Н. П., Ромашкин Ю. Н., Маркова Г. А. Урало-Новоземельская флюоритоносная провинция. Л.: Наука, 1982. 218 с.*

Boström R. Litum: esiintymät, tuotanto ja markkinat // Suomen teollisuusmineraalit ja teollisuuskiivet / Toim. I. Haapala. Helsinki: Yliopistopaino, 1988. P. 133–143.

Heino J., Ivanova L. V., Burtsev I. N., Drivenes E. A., Isaeva E. D., Shchiptsov V. V. Mineral resources and mining // Encyclopedia of the Barents region / Ed. M.-O. Olsson. Oslo: Fax Forlag A/S, 2016. Vol. I, A-M. P. 482–494.

Industrial minerals: deposits & new developments in Fennoscandia: Proceed. Int. Conf. / Eds. V. V. Shchiptsov, L. S. Scamnikskaya, L. A. Danilevskaya. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1999. 162 p.

Kovalevsky V., Shchiptsov V. Shungites and their industrial potential // ICAM 2019 / S. Glagolev (ed.). SPEES, 2019. P. 201–204.

Kramm U., Kogarko L. N. Nd and Sr isotope signatures of the Khibina and Lovozero apatitic centers, Kola Alkaline Province, Russia // Lithos. 1994. Vol. 32. P. 33–44.

Kramm U., Kogarko L. N., Kononova V. A., Vartiainen H. The Kola Alkaline Province of the CIS and Finland: Precise Rb-Sr ages define 380–360 age range for all magmatism // Lithos. 1991. Vol. 30. P. 33–44.

Lehtonen M., O'Brien H. Mantle transect of the Karelian Craton from margin to core based on P-T data from

garnet and clinopyroxene xenocrysts in kimberlites // Bull. Geol. Society of Finland. 2009. Vol. 81. P. 79–102.

Precambrian industrial minerals of Karelia / Ed. V. V. Shchiptsov. Petrozavodsk: Poliprint Ltd, 1993. 84 p.

Putinceva E. V., Spiridonov E. M. Features of the mineral composition of the oldest Russia's kimberlites and metakimberlites of Kimozero (Karelia) and the reasons for their // Геология, магматизм и металлогения Центра Азии. 2018: Рудно-магматические системы Сангилен (щелочные интрузивы, карбонатиты): Сб. трудов конф. Кызыл: ТУВИКОПР СО РАН, 2018. С. 94–99.

Zeisev A., Bell K. Sr and Nd isotope data of dolomite as indicators of source, and relations of phosphates and carbonatites from Kovdor massif, Kola peninsula, Russia // Contr. Mineral Petrol. 1995. No. 123. P. 324–325.

Zhirov D. Controlling structures of the Palaeozoic Plume in the Kola Alkaline Large Igneous Province // SGEM-2016: Conf. Proceed. Book 1: Sci. and Tech. in Geol., Exploration and Mining. Vol. 1. Hydrogeol., Engineering Geol. and Geotechnics. Albena (Bulgaria), 2016. P. 133–140.

Поступила в редакцию 04.06.2020

## References

Arzamastsev A. A., Arzamastseva L. V., Belyatskii B. V. Alkaline volcanism of the initial phase of Paleozoic tectono-magmatic reactivation in northeastern Fennoscandia: Geochemical features and petrologic consequences. *Petrology*. 1998. Vol. 6, no. 3. P. 293–312.

Afanas'ev B. V. Mineral'nye resursy shchelochno-ul'traosnovnykh massivov Kol'skogo poluostrova [Mineral resources of alkaline-ultrabasic massifs of the Kola Peninsula]. St. Petersburg: Roza vetrov, 2011. 224 p.

Bayanova T. B., Kirnarskii Yu. M., Levkovich N. V. U-Pb izuchenie baddeleitov iz porod Kovdorskogo massiva [U-Pb study of baddeleyites from the Kovdor massif rocks]. *DAN [Dokl. Acad. Sci.]*. 1997. Vol. 56, no. 4. P. 509–511.

Bel'kov I. V. Kianitovye slantsy svity Keiv [Kyanite schists of the Keiv formation]. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1963. 136 p.

Belyaev V. V. Kaoliny Rossii: sostoyanie i perspektivy syr'evoi bazy [Russian kaolins: state and prospects of the raw material base]. Syktyvkar: Komi NTs UrO RAN, 2003. 60 p.

Belyaev V. V., Shvetsova I. V., Yatskevich B. A. Devonskie boksity Timana [The Devon bauxites from Timan]. Syktyvkar: Komi NTs UrO RAN, 1999. 187 p.

Bogatskii V. I., Ivanov A. V., Agulov S. N. Usloviya solenakopleniya v Verkhnepechorskom solenosnom basseine Komi ASSR [Salt accumulation conditions in the Verkhnepechorsky salt-bearing basin of the Komi ASSR]. *Probl. osadkonakopleniya [Sedimentation Probl.]*. Novosibirsk: Nauka, 1977. Vol. 2. P. 138–141.

Bogachev A. I., Zak S. I., Safronova G. P., Inina K. A. Geologiya i petrologiya Elet'ozerskogo massiva gabroidnykh porod Karelii (geologiya, petrografiya, petrologiya, metallogeniya) [Geology and petrology

of the Yeletozersky gabbroid rocks massif of Karelia (geology, petrography, petrology, metallogeny)]. Moscow; Leningrad: Nauka, 1963. 159 p.

Borisov P. A. Keramicheskie pegmatity SSSR i ikh zameniteli [Ceramic pegmatites of the USSR and their substitutes]. Moscow: AN SSSR, 1954. 270 p.

Bykhovskii L. Z., Arkhipova N. A. Redkometall'noe syr'e Rossii: perspektivy osvoeniya i razvitiya mineral'no-syr'evoi bazy [Rare metal raw materials in Russia: prospects for exploration and development of mineral resources]. *Razvedka i okhrana nedr [Prospect and Protection of Min. Resources]*. 2016. No. 11. P. 26–30.

Dudkin O. B. Tekhnologicheskaya mineralogiya kompleksnogo syr'ya na primere mestorozhdenii shchelochnykh plutonov [Technological mineralogy of complex raw materials on the example of alkaline pluton deposits]. Apatity: KNTs RAN, 1996. 134 p.

Evstropov A. A., Bur'yan Yu. I., Kukhar' N. S., Serykh N. M., Tsyutskii S. S. Zhil'nyi kvarts Urala v nauke i tekhnike. Geologiya osnovnykh mestorozhdenii kvartsevogo syr'ya [Vein quartz of the Urals in science and technology. Geology of the main deposits of quartz raw materials]. Moscow: Nedra, 1995. 207 p.

Edemskii M. B. Geologiya i poleznye iskopaemye severnogo kraya (kratkii ocherk) [Geology and minerals of the northern region (a brief outline)]. Arkhangel'sk: Sevkraigaz, 1934. 117 p.

Gerasimov N. N. Dobycha i pererabotka baritovogo syr'ya [Mining and processing of barite raw materials]. *Gorn. zhurn. [Mining J.]*. 2007. No. 3. P. 75–79.

Ginzburg I. I. Slyuda, ee svoystva, primeneniye i rasprostraneniye v Rossii [Mica, its properties, use, and distribution in Russia]. Petrograd: 1-ya Gos. tip., 1919. 128 p.

Godovoi otchet PAO "Akron" za 2019 g. (proekt) [Acron annual report for 2019 (draft)]. 102 p. URS:

<https://www.acron.ru/upload/iblock/419/GO-Akron-20119-RUS.pdf> (accessed: 30.05.2020).

Goldin B. A., Dudkin B. N., Klochkova I. V. Severo-Ural'skie apovulkanity – syr'e dlya proizvodstva farfora [North-Ural apovolcanites – raw materials for porcelain production]. *Steklo i keramika* [Glass and Ceramics]. 1999. No. 1. P. 7–9.

Golubev Yu. K., Prusakova N. A. Otsenka perspektiv korennoi alamazonosnosti Arkhangel'skoi oblasti s analizom tekushchego sostoyaniya prognoznykh resursov almazov [Assessment of the prospects of the primary diamond potential of the Arkhangel'sk Region with an analysis of the current state of the forecasted diamond resources]. *Nauchno-metod. osnovy prognoza, poiskov, otsenki mestorozhdenii almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov*: Tez. dokl. VIII Mezhd. nauch.-prakt. konf. [Sci. and method. foundations of forecasting, prospecting, evaluation of diamond deposits, precious and non-ferrous metals: Abs. VIII int. sci. pract. conf.]. Moscow, 2018. P. 47–48.

Grigor'ev A. V., Svinin B. C., Pogrebnyak O. S. Optimal'noe razvitiye rudnoi bazy – garantiya dolgoletiya predpriyatiya i stabil'nosti ego raboty [Optimal development of the ore base guarantee of longevity of the enterprise and stability of its operation]. *Gorn. zhurn.* [Mining J.]. 1999. No. 9. P. 9–13.

Grishin N. N., Krasheninnikov O. N., Belogurova O. A., Bastrygina S. V. Ogneupory i zharostoikie betony iz syr'ya Kol'skogo poluostrova [Refractories and refractory concrete made of raw materials from the Kola Peninsula]. *Formirovanie osnov sovr. strategii prirodopol'zovaniya v Evro-Arkticheskom regione* [Formation of the foundations of a modern nat. management strategy in the Euro-Arctic region]. Apatity: KSC RAS, 2005. P. 206–217.

Ivanova T. N. Apatitovye mestorozhdeniya Khibinskikh gor [Apatite deposits of the Khibiny tundra]. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1963. 288 p.

Ivanova T. N., Dudkin O. B., Kozyreva L. V., Polyakov K. I. Iiolit-urtity Khibinskogo massiva [Iyolite-urtites of the Khibiny massif]. Leningrad: Nauka, 1970. 180 p.

Ignat'ev V. D., Burtsev I. N. Leikoksen Timana: mineralogiya i problemy tekhnologii [Timan leucosen: mineralogy and technology problems]. St. Petersburg: Nauka, 1997. 213 p.

Ievlev A. A. Proekty modernizatsii proizvodstva soli na Seregovskom mestorozhdenii (Respublika Komi) i deyatel'nost' Seregovskogo sol'zavoda v 1960-kh godakh [Salt production modernization projects at the Seregovskoe deposit (Komi Republic) and the activities of the Seregovsky salt plant in the 1960s]. *Vestnik IG Komi NTs UrO RAN* [Vestnik IG Komi SC UrB RAS]. 2011. No. 8. P. 21–25.

Kalinin E. P. Barity Respubliki Komi: sovremennoe sostoyanie i perspektivy [Barites of the Komi Republic: current status and prospects]. *Vestnik IG Komi NTs UrO RAN* [Vestnik IG Komi SC UrB RAS]. 2010. No. 3. P. 3–5.

Kalinin Yu. K., Kalinin A. I., Skorobogatov G. A. Shungity Karelii – dlya novykh stroimaterialov, v khimicheskoy sinteze, gazoostoyke, vodopodgotovke i meditsine [Shungites of Karelia – for new building materials, in chemical synthesis, gas purification, water treatment, and medicine]. St. Petersburg: UCCH SPbSU, VVM, 2008. 219 p.

Kalinin Yu. K., Kovalevskii V. V. Shungitovye porody – 50 let nauchno-tekhnologicheskikh issledovaniy v Institute geologii [Shungite rocks – 50 years of scientific and technological research at the Institute of Geology]. *Geol. Karelii ot arkheya do nashikh dnei* [Geol. of Karelia from the Archean to the present]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2011. P. 172–179.

Kamenev E. A. Poiski, razvedka i geologo-promyshlennaya otsenka apatitovykh mestorozhdenii khibinskogo tipa (metodicheskie osnovy) [Search, exploration, and geological and industrial assessment of apatite deposits of the Khibiny type (methodological bases)]. Leningrad: Nedra, 1987. 188 p.

Kolokol'tsev V. G. Novoe o titanonosnosti Yaregskogo rudnogo uzla (Yuzhnyi Timan) [New data on the titaniferous content of the Yarega ore cluster (South Timan)]. *Regional'naya geol. i metallogeniya* [Regional Geol. Metallogeny]. 2016. No. 67. P. 107–117.

Krupenik V. A., Akhmedov A. M., Sveshnikov K. Yu. Stroenie razreza Onezhskoi struktury po dannym bureniya OPS [Sectional structure of the Onega structure according to drilling data from the POS]. *Onezhskaya paleoproterozoiskaya struktura* [Paleoproterozoic Onega structure]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2011. P. 172–189.

Kuznetsov S. K. Zhil'nyi kvarts Pripolyarnogo Urala [Vein quartz of the Subpolar Urals]. St. Petersburg: Nauka, 1998. 203 p.

Kuznetsov S. K., Burtsev I. N., Lyutov V. P. Vysokokachestvennoe syr'e Timano-Severoural'skogo regiona [High quality quartz raw materials of Timan North Ural region]. *Gorn. zhurn.* [Mining J.]. 2013. No. 9. P. 48–53.

Ladozhskaya proterozoiskaya struktura [Ladoga Proterozoic structure]. Ed. N. V. Sharov. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2020. 435 p.

Leont'ev A. G., Mikhailov V. P., Biske N. S. Grafit [Graphite]. *Mineral'no-syr'evaya baza Respubliki Kareliya* [Min. raw materials base of the Republic of Karelia]. Petrozavodsk: Kareliya, 2006. B. 2. P. 40–47.

Lukichev S. V., Zhiron D. V., Churkin O. E. Sostoyanie i perspektivy mineral'no-syr'evogo kompleksa Murmanskoi oblasti [State and prospects of the mineral resource complex of the Murmansk Region]. *Gorn. zhurn.* [Mining J.]. 2019. No. 6(2263). P. 19–24. doi: 10.17580/gzh.2019.06.01

Malov N. D., Shchiptsov V. V. Krizis slyudyanoi otrasli Belomorskoi pegmatitovoi provintsii i perspektiva ego preodoleniya [Crisis of the mica industry of the White Sea pegmatite province and the prospect of overcoming it]. *Zapiski Gornogo inst.* [Proceed. Mining Inst.]. 2016. Vol. 218. P. 172–178.

Makhlaev L. V. O prirode leikoksena v Yaregskom nefitetitanovom mestorozhdenii (v svyazi s otsenkoi perspektiv drugikh titanovykh palerossypei Pritiman'ya) [On the nature of leucosene in the Yaregskoye titanium deposit (in connection with the assessment of the prospects of other titanium paleo placers of the Timan)]. *Litosfera* [Lithosphere]. 2008. No. 5. P. 117–121.

Makhlaev L. V., Golubeva I. I. Il'menitsoderzhashchie metapelity kak vazhneishii istochnik formirovaniya gigant'skikh i sverkhgigant'skikh titanovykh rossypei [Ilmenite-containing metapelites as the most important source of formation of giant and super-giant titanium placers]. *Titanotsirkonievye mestorozhdeniya Rossii i*

*perspektivy ikh osvoeniya*: Mater. vseros. soveshch. [Titanocirconium deposits of Russia and prospects for their development: Proceed. All-Russ. meeting]. Moscow, 2006. P. 39–42.

*Mineral'no-syr'evaya baza Respubliki Kareliya* [Mineral raw materials base of the Republic of Karelia]. Petrozavodsk: Kareliya, 2006. B. 2. 356 p.

*Mineral'no-syr'evaya baza tverdykh poleznykh isko-paemykh Arkticheskoi zony Rossii* [Mineral raw materials base of solid minerals of the Arctic zone of Russia]. Ed. G. A. Mashkovtsev. Moscow: VIMS, 2018. 198 p.

Morozov A. F., Khakhaev B. N., Petrov O. V., Gorbachev V. I., Tarkhanov G. V., Tsvetkov L. D., Erinchek Yu. M., Akhmedov A. M., Krupenik V. A., Sveshnikova K. Yu. Rock salt mass in the Paleoproterozoic sequence of the Onega trough in Karelia (from the Onega parametric well data). *Dokl. Earth Sci.* 2010. Vol. 435, no. 1. P. 1483–1486.

Morozova L. N. Kolmozerskoe litievoe mestorozhdenie redkometall'nykh pegmatitov: novye dannye po redkoelementnomu sostavu (Kol'skii poluostrov) [Kolmozersky lithium deposit of rare-metal pegmatites: new data on the rare-element composition (Kola Peninsula)]. *Litosfera* [Lithosphere]. 2018. Vol. 18, no. 1. P. 82–98. doi: 10.24930/1681-9004-2018-18-1-082-098

Morozova L. N., Bayanova T. B., Bazai A. V., Lyalina L. M., Serov P. A., Borisenko E. S., Kunakkuzin E. L. Redkometall'nye pegmatity Kolmozerskogo litievogo mestorozhdeniya arkticheskogo regiona Baltiiskogo shchita: novye geokhronologicheskie dannye [Rare metal pegmatites of the Kolmozero lithium deposit of the Arctic region of the Baltic Shield: new geochronological data]. *Vestnik KNTs RAN* [Bull. KSC RAS]. 2017. No. 1(9). P. 43–52.

*Multimediyniy spravochnik po mineral'no-syr'evym resursam i gornopromyshlennomu kompleksu Murmanskoi oblasti: Tsifrovoi informatsionnyi resurs* [Multimedia reference book on mineral resources and mining complex of the Murmansk Region: Digital information resource]. Eds F. P. Mitrofanov, A. V. Lebedev; ed. head D. V. Zhiron; ed. Executive Director S. V. Zhabin, N. I. Bichuk, N. O. Sorokhtin, V. Yu. Kalachev, S. A. Klimov; comp.: B. V. Afanasiev, B. V. Gavrilenko, V. I. Serzhenko, etc. Apatity: GI KSC RAS, 2001. Part 1: Geol. and mineral resources – 460 MB; part 2: Mining and Mining complex – 680 MB.

*Neboksitovoe alyuminievoe syr'e Rossii* [Non-bauxite aluminum raw materials of Russia]. Ed. V. A. Koroteev. Ekaterinburg: IGG UrB RAN, 2011. 228 p.

Korovkin V. A., Turyleva L. V., Rudenko D. G., Zhuravlev V. A., Klyuchnikova G. N. Nedra Severo-Zapada Rossiiskoi Federatsii [The bowels of the North-West of the Russian Federation]. St. Petersburg: VSEGEI, 2003. 520 p.

Ogorodnikov V. N., Koroteev V. A., Voitekhovskii Yu. L., Shchiptsov V. V., Polenov Yu. A., Savichev A. N., Neradovskii Yu. N., Skamnit'skaya L. S., Bubnova T. P., Grishin N. N., Belogurova O. A., Gershenkop A. Sh., Koroteev D. V. Morfogeneticheskie tipy i tekhnologiya obogashcheniya kyanitovykh rud [Morphogenetic types and technology of kyanite ores enrichment]. Ekaterinburg: UrB RAS, 2013. 310 p.

Pavlov A. M. Izuchenie zakonomernostei razmeshcheniya fosforitov na territorii deyatel'nosti PGO Pol'yarnouralgeologiya [The study of the patterns of phosphate distribution in the activity area of the Polarnouralgeologiya mining production association]. Ukhta, 1983. (Komigeolfond. Inv. № 9988)

Petrik A. I., Bykhovets A. N., Sokhareva V. A., Perein V. N., Serdyukov A. L. Modernizatsiya mineral'no-syr'evoi bazy v strategii dolgosrochnogo razvitiya Kovdorskogo GOKa [Modernization of the mineral resource base in the strategy of long-term development of the Kovdorsky GOK]. *Gorn. zhurn.* [Mining J.]. 2012. No. 10. P. 12–17.

Plyakin A. M. Rossypi Timana. Istoriya izucheniya mestorozhdeniya. Annotirovannaya khronobibliografiya: Ucheb. posobie. 2-e izd., pererab. i dop. [Timan placers. Field study history. Annotated chronobibliography: a textbook. 2<sup>nd</sup> ed. rev. suppl.]. Ukhta: UGTU, 2014. 168 p.

Plyakin A. M., Belyaev V. V. Tverdye poleznye isko-paemye Timana: Ucheb. posobie [Timan solid minerals: a textbook]. Ukhta: UGTU, 2004. 109 p.

Rodionov N. V., Lepekhina E. N., Antonov A. V., Kapitonov I. N., Balashova Yu. S., Belyatskii B. V., Arzamastsev A. A., Sergeev S. A. U-Pb SHRIMP-II ages of titanite and timing constraints on apatite-nepheline mineralization in the Khibiny and Lovozero alkaline massifs (Kola Peninsula). *Russ. Geol. and Geophysics.* 2018. Vol. 59, no. 8. P. 962–974. doi: 10.15372/GiG20180805

Pozhilenko V. I., Gavrilenko B. V., Zhiron D. V., Zhabin S. V. Geologiya rudnykh raionov Murmanskoi oblasti [Geology of ore regions of the Murmansk Region]. Apatity: KNTs RAN, 2002. 359 p.

Saldin B. A., Burtsev I. N., Simakova Yu. S., Filippov V. N. Tseolity v verkhneyurskikh porodakh Chim-Loptyugskogo mestorozhdeniya goryuchikh slantsev (Yarengskii slantsenosnyi raion) [Zeolites in the Upper Jurassic rocks of the Chim-Loptyugskoye oil shale field (Yarengsky shale-bearing region)]. *Diagnostika vulkanogennykh produktov v osadochnykh tolshchakh*: Mater. ros. soveshch. s mezhdunar. uch. [Diagnostics of volcanogenic products in sedimentary strata: Proceed. Russ. meeting with int. part.]. Syktyvkar: Komi NTs UrO RAN, 2012. P. 112–116.

Shchiptsov V. V. Znachenie industrial'nykh mineralov Karelii v oblastiakh promyshlennogo proizvodstva [Importance of industrial minerals of Karelia in the areas of industrial production]. *Geol. i poleznye iskopaemye Karelii* [Geol. and Min. of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2001. No. 3. P. 126–130.

Shchiptsov V. V. Obzor i otsenka industrial'nykh mineralov Respubliki Kareliya [Review and assessment of industrial minerals of the Republic of Karelia]. *Geol. rudnykh mestorozhdenii* [Geology of Ore Deposits]. 2005. Vol. 47, no. 1. P. 3–15.

Snyatkova O. L., Pronyagin N. I. Novye dannye o strukture apatit-nephelinovykh mestorozhdenii [New data on the structure of apatite-nepheline deposits]. *Razvedka i okhrana nedr* [Exploration and Protection of Subsurface Resources]. 1983. No. 7. P. 10–14.

Timonin N. I. Pechorskaya plita: istoriya geologicheskogo razvitiya v phanerozoie [Pechora Plate: history

of geological development in the Phanerozoic]. Ekaterinburg: UrD RAS, 1998. 238 p.

Toporkov V. G. Otsenka perspektiv tsentral'nykh raionov Respubliki Komi na netraditsionnye i redkie vidy nemetallicheskikh poleznykh iskopaemykh (bitumy, bituminoznye porody, prirodnye pigmenty, glaukonity, oblitsovochnye, podelochnye i dekorativnye kamni) [Assessing the prospects of the central regions of the Komi Republic for unconventional and rare types of non-metallic minerals (bitums, bituminous rocks, natural pigments, glauconite, facing, ornamental and decorative stones)]. Ukhta, 1996. (Komigeolfond. Inv. № 10998).

Udoratina O. V., Kulikova K. V., Varlamov D. A., Makeev B. A., Isaenko S. I., Shevchuk S. S. Kalievyi polevoi sphet sienitov (Srednii Timan) [Potassium feldspar of syenites (Middle Timan)]. *Vestnik IG Komi NTs UrO RAN* [Vestnik IG Komi SC UrB RAS]. 2015. No. 10. P. 11–16.

Ustinov V. N., Zagainyi A. K., Smit K. B., Ushkov V. V., Laz'ko E. E., Luk'yanova L. I., Lobkova L. P. Ranneproterozoiskie almazonosnye kimberlity Karelii i osobennosti ikh formirovaniya [Early Proterozoic diamondiferous kimberlites of Karelia and features of their formation]. *Geol. i geofizika* [Geol. and Geophysics]. 2009. Vol. 50, no. 9. P. 963–977.

Ushkov V. V., Zagainyi A. K., Smit K. B., Ushkov V. V., Laz'ko E. E., Luk'yanova L. I., Lobkova L. P. Kimozer-skoe proyavlenie kimberlitov v Onezhskoi strukture [Kimozersky manifestation of kimberlites in Onega structure]. *Geol. i poleznye iskopaemye Karelii* [Geol. and Minerals of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2001. No. 3. P. 94–98.

Yushkin N. P., Kunts A. F., Taranina T. I. Barity Uralo-Paikhoiskoi provintsii [Barites of the Ural-Paykhoy province]. Ekaterinburg: URO RAN, 2002. 338 p.

Yushkin N. P., Kunts A. F., Timonin N. I. Minerageniya Pai-Khoya [Pai-Khoy Minerageny]. Ekaterinburg: URO RAN, 2007. 290 p.

Yushkin N. P., Romashkin Yu. N., Markova G. A. Uralo-Novozemel'skaya flyuoritonosnaya provintsiya [Ural-Novaya Zemlya fluoriferous province]. Leningrad: Nauka, 1982. 218 p.

Vlasenko V. V. Osobennosti i perspektivy sovmestnoi razrabotki vysokovyazkoi nefiti i titanovoi rudy na ploshchadyakh ikh sovmestnogo zaleganiya v granitsakh Yaregskogo neftititanovogo mestorozhdeniya [Features and prospects of the joint development of high-viscosity oil and titanium ore on the areas of their joint occurrence within the Yarega oil and titanium field]. *Probl. razrabotki i ekspluatatsii mestorozhdenii vysokovyazkikh neftei i bitumov: Mat. mezhreg. nauch.-tekhn. konf.* [Problems of development and operation of high-viscosity oil and bitumen deposits: Proceed. inter-regional sci. and tech. conf.]. Ukhta, 2010. P. 24–35.

Voitekhovskii Yu. L. Kianitovye slantsy B. Keiv – strategicheskii resurs Rossii [Kyanite shales of the Bolshie Keivy – a strategic resource of Russia]. *Probl. osvoeniya kianitovykh mestorozhdenii Kol'skogo poluostrova, Karelii i Urala* [Probl. of development of kyanite deposits of the Kola Peninsula, Karelia, and the Urals]. Apatity: KNTs RAN, 2010. P. 55–63.

Zhirov D. V., Zozulya D. R., Kozlov N. E. Syr'evaya baza tverdykh poleznykh iskopaemykh – osnova sba-

lansirovannogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Evro-Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii [Mineral resources of the Murmansk Region as a basis for sustainable socio-economic development of the Euro-Arctic zone of the Russian Federation]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomich. poryadka* [North and market: Formation of the economic order]. 2019. No. 1(63). P. 36–49. doi: 10.25702/KSC.2220-802X.1.2019.63.36-49

Zhirov D. V., Melikhova G. S., Rybin V. V., Sokhariev V. A., Klimov S. A. Osobennosti inzhenerno-geologicheskogo izucheniya massivov skal'nykh porod v tselyakh proektirovaniya glubokikh kar'erov na primere Kovdorskogo mestorozhdeniya magnetitovykh i apatitovykh rud. Chast' 1 [Features of engineering-geological study of rock masses for the purpose of designing deep pits using the example of the Kovdorsky deposit of magnetite and apatite ores. Part 1]. *Vestnik KNTs RAN* [Bull. KSC RAS]. 2016. No. 1. P. 15–25.

Boström R. Litum: esiintymät, tuotanto ja markkinat. *Suomen teollisuusmineraalit ja teollisuuskivet*. Toim. I. Haapala. Yliopistopaino, Helsinki, 1988. P. 133–143. (In Finnish)

Heino J., Ivanova L. V., Burtsev I. N., Drivenes E. A., Isaeva E. D., Shchiptsov V. V. Mineral resources and mining. *Encyclopedia of the Barents region*. Ed. M.-O. Olsson. Oslo: Fax Forlag A/S, 2016. Vol. I, A-M. P. 482–494.

*Industrial minerals: deposits & new developments in Fennoscandia: Proceed. Int. Conf.* Eds. V. V. Shchiptsov, L. S. Scamnitskaya, L. A. Danilevskaya. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1999. 162 p.

Kovalevsky V., Shchiptsov V. Shungites and their industrial potential. *ICAM 2019: SPEES*. S. Glagolev (ed.). 2019. P. 201–204.

Kramm U., Kogarko L. N. Nd and Sr isotope signatures of the Khibina and Lovozero apatitic centers, Kola Alkaline Province, Russia. *Lithos*. 1994. Vol. 32. P. 33–44.

Kramm U., Kogarko L. N., Kononova V. A., Vartiainen H. The Kola Alkaline Province of the CIS and Finland: Precise Rb-Sr ages define 380–360 age range for all magmatism. *Lithos*. 1991. Vol. 30. P. 33–44.

Lehtonen M., O'Brien H. Mantle transect of the Karelian Craton from margin to core based on P-T data from garnet and clinopyroxene xenocrysts in kimberlites. *Bull. Geol. Society of Finland*. 2009. Vol. 81. P. 79–102.

*Precambrian industrial minerals of Karelia*. Ed. V. V. Shchiptsov. Petrozavodsk: Poliprint Ltd, 1993. 84 p.

Putinceva E. V., Spiridonov E. M. Features of the mineral composition of the oldest Russia's kimberlites and metakimberlites of Kimozero (Karelia) and the reasons for their. *Geologiya, magmatizm i metallogeniya Tsentra Azii. 2018: Rudno-magmaticheskie sistemy Sangilena (shchelochnye intruzivy, karbonatity): Sb. trudov konf.* [Geology, magmatism, and metallogeny of Central Asia. 2018: Sangilen ore-magmatic systems (alkaline intrusives, carbonatites): Proceed. conf.]. Kyzyl: TuvKOPR SO RAN, 2018. P. 94–99.

Zeisev A., Bell K. Sr and Nd isotope data of dolomite as indicators of source, and relations of phoscorates and carbonatites from Kovdor massif, Kola peninsula, Russia. *Contr. Mineral Petrol*. 1995. No. 123. P. 324–325.

*Zhirov D.* Controlling structures of the Palaeozoic Plume in the Kola Alkaline Large Igneous Province. *SGEM-2016: Conf. Proceed. Book 1: Sci. and Tech. in Geol., Exploration and Mining. Vol. 1. Hydrogeol.,*

*Engineering Geol. and Geotechnics. Albena (Bulgaria), 2016. P. 133–140.*

*Received June 04, 2020*

## **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

### **Щипцов Владимир Владимирович**

заведующий отделом минерального сырья, д. г.-м. н.  
Институт геологии КарНЦ РАН,  
Федеральный исследовательский центр  
«Карельский научный центр РАН»  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,  
Россия, 185910  
эл. почта: vv.shchiptsov@gmail.com  
тел.: +79216240981

### **Бурцев Игорь Николаевич**

директор, к. г.-м. н.  
Институт геологии Коми научного центра УрО РАН  
ул. Первомайская, 54, Сыктывкар, Республика Коми,  
Россия, 167982  
эл. почта: bin19661010@gmail.com  
тел.: +79128665942

### **Жиров Дмитрий Вадимович**

научный сотрудник  
Геологический институт Кольского научного центра РАН  
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Мурманская область,  
Россия, 184209  
эл. почта: zhirov@geoksc.apatity.ru  
тел.: +79113032903

### **Волошин Анатолий Васильевич**

старший научный сотрудник, д. г.-м. н.  
Геологический институт Кольского научного центра РАН  
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Мурманская область,  
Россия, 184209  
эл. почта: vol@geoksc.apatity.ru  
тел.: (81555) 79292

### **Машин Денис Олегович**

младший научный сотрудник  
Институт геологии Коми научного центра УрО РАН  
ул. Первомайская, 54, Сыктывкар, Республика Коми,  
Россия, 167982  
эл. почта: denis.mashin@gmail.com  
тел.: +79222724386

## **CONTRIBUTORS:**

### **Shchiptsov, Vladimir**

Institute of Geology, Karelian Research Centre,  
Russian Academy of Sciences  
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia  
e-mail: vv.shchiptsov@gmail.com  
tel.: +79216240981

### **Burtsev, Igor**

Institute of Geology, Komi Science Centre,  
Russian Academy of Sciences  
54 Pervomaiskaya St., 185910 Syktyvkar, Komi Republic,  
Russia  
e-mail: bin19661010@gmail.com  
tel.: +79128665942

### **Zhirov, Dmitry**

Geological Institute, Kola Science Centre,  
Russian Academy of Sciences  
14 Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia  
e-mail: zhirov@geoksc.apatity.ru  
tel.: +79113032903

### **Voloshin, Anatoly**

Geological Institute, Kola Science Centre,  
Russian Academy of Sciences  
14 Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia  
e-mail: vol@geoksc.apatity.ru  
tel.: (81555) 79292

### **Mashin, Denis**

Institute of Geology, Komi Science Centre,  
Russian Academy of Sciences  
54 Pervomaiskaya St., 185910 Syktyvkar, Komi Republic,  
Russia  
e-mail: denis.mashin@gmail.com  
tel.: +79222724386