

<b>Abstract</b>	<p>The open pit mining method will be used to treat enormous accumulation of mining waste from the past years (the so-called technogenic deposits), where content of valuable components is often higher than in the newly developed natural deposits.</p> <p>As for the underground mining, propitious prospects to enhance this method efficiency are offered by the validated potential to place mining waste in underground mined-out voids.</p> <p>The second development line for the mining industry in Russia is the improvement of mining and transport machinery control. VIST Group, Russia, has elaborated Karier Project for placing open pit mining machinery under remote control at the initial stage of mining and under overall automated control at the final operation stage.</p>
<b>Keywords</b>	<p>Mining sciences, mineral resources, mining operations, efficient subsoil development, resource-reproducing geotechnologies, automated control of mining and transport machinery.</p>
<b>References</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lomonosov M. V. <i>Pervye osnovaniya metallurgii ili rudnykh del</i> (First basis of ore mining metallurgy). Saint Petersburg : Emperor Academy of Sciences and Arts, 1763.</li> <li>2. Trubetskoy K. N. <i>Gornye nauki</i> (Mining Sciences). Moscow : Great Russian Encyclopedia, 2007. Vol. 7. pp. 452–454.</li> <li>3. Gornye nauki. <i>Osvoenie i sokhranenie nedr zemli</i> (Mining sciences. Mastering and saving of earth subsoils). Under the editorship of K. N. Trubetskoy. Moscow : Publishing House of Academy of Mining Sciences, 1997. 478 p.</li> <li>4. Laverov N. P., Trubetskoy K. N. O klassifikatsii gornykh nauk (About classification of mining sciences). <i>Gornyi Zhurnal = Mining Journal</i>. 1996. No. 1-2. pp. 5–9.</li> <li>5. Laverov N. P., Trubetskoy K. N. Gornye nauki v sisteme nauk o Zemle (Mining sciences in the system of Earth sciences). <i>Vestnik Rossiyskoy Akademii Nauk = Bulletin of Russian Academy of Sciences</i>. 1996. Vol. 66, No. 5. pp. 411–418.</li> <li>6. Trubetskoy K. N., Kaplunov D. R., Tomaev V. K., Pomelnikov I. I. Resursovoizvozdyashchie, ekologicheski sbalansirovannye geotekhnologii kompleksnogo osvoiniya mestorozhdeniy Kurskoy magnitnoy anomalii (Resource-production, ecologically balanced geotechnologies of complex mastering of Kursk magnetic anomaly deposits). <i>Gornyi Zhurnal = Mining Journal</i>. 2014. No. 8. pp. 45–53.</li> </ol>

УДК 001.895:332.14(98)

**Н. Н. МЕЛЬНИКОВ** (Горный институт Кольского научного центра РАН)

## РОЛЬ АРКТИКИ В ИННОВАЦИОННОМ РАЗВИТИИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ



**Н. Н. МЕЛЬНИКОВ**,  
директор, академик РАН

*Показан ресурсный потенциал Арктической зоны России, способный значительно пополнить минерально-сырьевую базу страны. Приведены результаты исследований Горного института КНЦ РАН, направленных на повышение эффективности горно-обогатительного производства в сложных природных условиях Кольского Заполярья. Высказаны предложения по корректировке государственной стратегии освоения минеральных ресурсов Арктики.*

**Ключевые слова:** инновационное развитие экономики, Арктика, Арктическая зона России, ресурсный потенциал, минеральное сырье, освоение месторождений, научные исследования, высокие технологии.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.07.04>

В настоящее время около 40 % фондов промышленных предприятий и 13 % балансовой стоимости основных фондов экономики страны сосредоточены в сфере недропользования. При этом российский экспорт на 85 % представлен топливно-энергетическими товарами, минеральным сырьем, металлами, драгметаллами и алмазами [1].

При целевой задаче мультипликативного роста экономики и увеличения ВВП страны горнодобывающая отрасль играет роль системообразующей составляющей инновационного развития России. Сырьевой сектор России является базой развития эконо-

мики страны, обеспечивает ее ресурсно-инновационный рост, который должен осуществляться одновременно с развитием новой экономики, основывающейся на высоких технологиях, и с импортозамещением в различных отраслях. На сегодня львиную долю (95 %) добавленной стоимости в сырьевом секторе России составляет добыча полезных ископаемых, остальные 5 % приходятся на лесное хозяйство и рыболовство.

Роль сырьевого сектора в экономике России можно оценивать с позиции как сегодняшних выгод, так и долгосрочных перспектив освоения новых минеральных объектов, повышения сте-

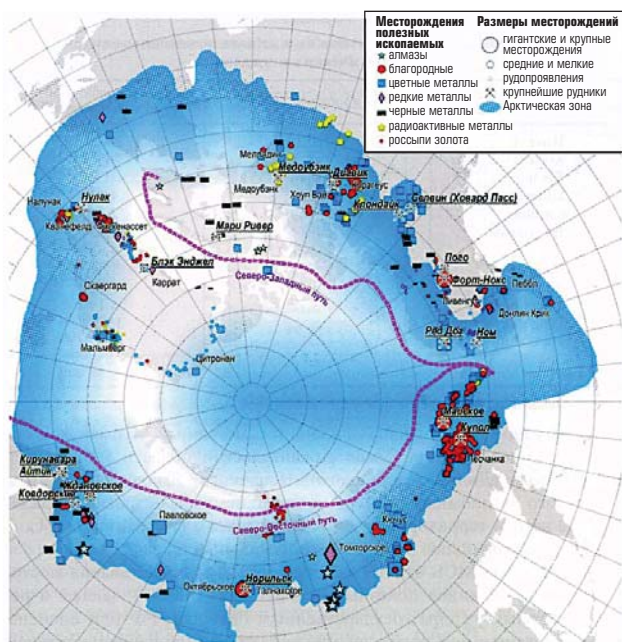


Рис. 1. Месторождения мировой Арктической зоны

**Запасы и добыча стратегических видов минеральных продуктов в России и их доля в Арктической зоне [5]**

Извлекаемые металлы	В России, %		Доля в Арктической зоне, %	
	Запасы	Добыча	Запасы	Добыча
Никель	70,5	83,33	97	97
Медь	4,05	54,37	48,4	81,86
Кобальт	75	85	99	99
Цинк	3,25		13,15	
Свинец	4,28		17,97	
Олово	50,23		100	
Вольфрам	5,11		43,1	
Молибден	4,7		2,36	
Титан	8,75		30,9	
Циркон	5,17	98	99	100
Золото	11,72	9,75	23,3	34,2
Серебро	11,16	13	52,77	29,16
Платина + Палладий	94,6	95,37	99,55	98,84

пени извлечения полезных компонентов и уровня их передела, в первую очередь для высоких технологий обороны, космоса, авиации, машиностроения, энергетики, электроники [2]. К примеру, редкоземельные металлы (РЗМ) — иттрий, скандий, лантан, 14 элементов лантаноидов находят более 100 областей применения. Они могут стать для России тем, чем сегодня являются нефть и газ. Но в мире сегодня добывается примерно 130 тыс. т/год РЗМ, а в России всего 2 тыс. т [3].

Нынешняя экономическая ситуация внесла осложнения в состояние отечественной сырьевой базы. Если в 1990 г. добыча тантала, германия, лития, бериллия и других стратегических металлов в стране составляла 15–43 % мировой добычи, то во второй половине девяностых снизилась до 3–9 %, в 2–7 раз сократились объемы производства. При этом большая часть полученного идет на экспорт, в результате даже небольшие сегодняшние потребности отечественной промышленности в редких металлах удовлетворяются главным образом за счет импорта (Россия ввозит литиевое, танталовое и циркониевое сырье, а также феррониобий, бериллий и рений). Практически остановлен Ловозерский редкометалльный ГОК. Дефицитными минеральными продуктами при значительном внутреннем потреблении, покрываемом за счет импорта, являются марганец, титан, уран, бокситы; при небольшом по объему внутреннем потреблении — бериллий, литий, олово [4]. И если проблем с запасами золота, серебра, платины, алмазов в стране нет, то недефицитным ныне металлам (медь, свинец, цинк) грозит в ближайшем будущем истощение ресурсной базы.

Значительно пополнить сырьевую базу России и снять дефицит минеральных продуктов по большинству позиций призвана Арктическая зона страны.

Потенциал Арктики по минеральному сырью для будущего России огромен (рис. 1) [5]. Кроме больших запасов углеводородного сырья, в арктических регионах России находится около 10 % мировых запасов никеля, 19 % металлов платиновой группы, 10 % титана, более 3 % цинка, кобальта, серебра, а также редкоземельных металлов. По некоторым оценкам, ценность твердых полезных ископаемых в Арктической зоне России достигает половины ценности углеводородного сырья Севера. Уже сегодня стоимость добываемого сырья Российского Севера составляет более 14,5 млрд долл. США [5].

Можно выделить уникальные месторождения золота, олова, меди на Чукотке; алмазов, редкоземельных металлов Томтора с содержаниями до 10–11 % по полезным компонентам; коксующегося каменного угля; перспективного месторождения Анабарского щита с содержанием урана более 10 % в Якутии; никеля, меди, кобальта с 18 сопутствующими извлекаемыми элементами Норильской группы; месторождения чистого графита и каменного угля на Диксоне; хрома, бокситов, благородных металлов на Полярном Урале; алмазов Архангельской группы. Кольский полуостров является флагманом по фосфатному сырью, танталу, ниобию, редкоземельным металлам; в целом на Кольском полуострове представлены элементы 3/4 таблицы Менделеева. Запасы минерального сырья в Арктике свидетельствуют о больших возможностях социально-экономического и инновационного развития страны (см. таблицу).

Горный институт КНЦ РАН, проводя фундаментальные исследования по комплексному решению задач освоения месторождений твердых полезных ископаемых северо-запада Арктической зоны России, на основе динамического моделирования минеральных объектов, процессов горно-обогатительного производства и геозкотехнологий разрабатывает инновационные техноло-

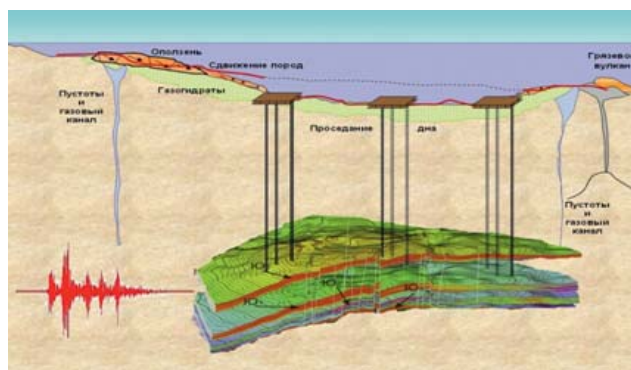
гии добычи и переработки минерального сырья, отвечающие современным требованиям промышленной и экологической безопасности; большинство наработок института внедрены на предприятиях Кольского горнопромышленного комплекса и за его пределами. Отметим наиболее значительные наработки.

В институте создана горно-геологическая информационная база, позволяющая обеспечить комплексный подход к реализации единой геоинформационной среды при обоснования параметров горнотехнических систем, при проектировании открытой, подземной и комбинированной разработки месторождений, что позволяет в полной мере использовать взаимоувязанность, интегрированность информационных ресурсов горно-технологической модели для решения задач эффективной эксплуатации месторождений. С использованием системы MineFrame разработан технологический регламент на перепроектирование карьера Ковдорского ГОКа, где определены технологические возможности увеличения запасов руды.

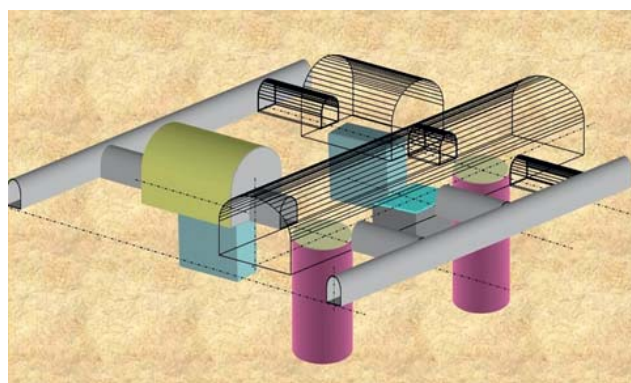
Для повышения эффективности добычи руд обоснована новая конструкция борта карьера с применением уступов, имеющих вертикальные откосы; она позволяет за счет увеличения углов бортов на 10–15° обеспечить прирост запасов на 40–50 %, в результате чего сокращаются удельные, в расчете на 1 т добытой руды, площади карьеров и отвалов, снижается техногенная нагрузка на природные экосистемы. Выполнен проект этапа доработки Ковдорского месторождения. Прирост запасов составил 470,3 млн т руды при уменьшении среднего коэффициента вскрыши на 18–20 %, обеспеченность запасами возросла с 16 до 45 лет. Данная технология внедряется не только на Ковдорском ГОКе, но и на комбинате «Апатит», ГОКе «Олений Ручей».

Для подземных горных работ предложены системы с конвейерным транспортом и дроблением руды под землей, позволяющие значительно сократить объемы проходки вскрывающих выработок, интенсифицировать процесс подземной добычи. С использованием этих систем обоснована схема вскрытия глубоких горизонтов рудника «Олений Ручей» и совместной отработки месторождения Суолауй. Даны рекомендации по комбинированным системам добычи сырья с одновременным использованием открытого и подземного способов, позволяющие поддерживать производственную мощность предприятий. Так, принята к проектированию комбинированная схема отработки месторождений Ковдорского рудного узла. Разработан комплекс геомеханических методик, технологических мероприятий и систем мониторинга on-line для глубоких горизонтов подземных рудников на объектах, склонных к горным ударам, и в тектонически напряженных средах для обеспечения безопасности и повышения эффективности работ. Примером является АО «Апатит», где внедрен такой комплекс.

Обоснована экологическая стратегия развития горнодобывающей отрасли, заключающаяся в снижении техногенной нагрузки на природную среду при повышении эффективности добычи и переработки минерального сырья за счет прироста запасов и уменьшения среднего коэффициента вскрыши; повышения комплексности и полноты извлечения полезных компонентов; уменьшения



**Рис. 2. Система геодинамического мониторинга шельфовых месторождений углеводородов**



**Рис. 3. Принципиальная схема подземной атомной станции малой мощности**

отходов производства; вовлечения в эксплуатацию техногенных месторождений; уменьшения объемов сточных вод, сбрасываемых в природные водоемы; восстановления техногенно нарушенных объектов природной среды [6]. Для реализации стратегии на предприятиях Кольского горнопромышленного комплекса разработаны новые геотехнологии и оборудование, способы переработки сырья, реагенты и реагентные режимы.

В институте развиваются новые для академических институтов горного профиля научные направления. Создана система геодинамического мониторинга шельфовых месторождений углеводородов для обеспечения безопасности при разработке месторождений и прокладке трубопроводов. Работы выполняются в рамках соответствующей программы РАН, с использованием всего арсенала горной геомеханики на примере разработки Штокмановского газоконденсатного месторождения в Баренцевом море (рис. 2).

Второе направление касается энергообеспечения Арктической зоны на основе атомных электростанций малой мощности; в первую очередь это относится к неосвоенным районам расположения перспективных месторождений. В круг решаемых вопросов входят: выбор площадок, в том числе в вечной мерзлоте; хранение и захоронение радиоактивных отходов; обеспечение радиационной безопасности при сооружении и эксплуатации станций, в том числе в подземном варианте, например для Томторского месторождения редкоземельных металлов (рис. 3) [7]. Институт





**Рис. 4. Обогащительная фабрика ГОКа «Олений Ручей»**

имеет большой международный опыт в этой области — имеются проекты с ФРГ, Францией, Бельгией, Скандинавскими странами. Осуществлено научное сопровождение строительства хранилища реакторных отсеков атомных подводных лодок Северного ВМФ в Сайда-Губе.

Институт обладает уникальной опытно-промышленной установкой (единственной в стране) для обогащения любых типов руд производительностью до 20 т/сут концентрата и возможностью переработки сотен тонн руды; имеет полигон со всей необходимой измерительной аппаратурой для испытаний ВВ мощностью до 25 кг тротила, также единственный в стране для горных институтов.

Результаты исследований, инновационные наработки института и имеющееся оборудование позволяют разрабатывать и выдавать технологические регламенты на проектирование предприятий. Пример тому — проектирование нового горно-обогащительного предприятия «Олений Ручей» компании «Акрон» производительностью 6 млн т/год, в составе которого открытый, подземный рудники, обогащительная фабрика (рис. 4). ГОК «Олений Ручей» построен за 7 лет, капиталовложения составили более 700 млн долл. Технологические регламенты, авторское сопровождение проектирования, строительства и начала эксплуатации выполнены Горным институтом [8].

Для освоения месторождений в условиях Арктики, где практически нет инфраструктуры, требуются серьезные инвестиции. Поэтому на первом этапе нужна государственная поддержка, особенно для разработки месторождений стратегического сырья, в том числе редких металлов. Создание горно-обогащительных предприятий дело долгое, трудоемкое, с большим сроком окупаемости вложений (также больших), поэтому надеяться сразу на частные инвестиции трудно. Участие частных инвестиций в долевой пропорции или при определенной капитализации объекта предусматривается, но начальный этап освоения месторождений требует господдержки, в том числе через специальные госпрограммы на доразведку месторождений, производство проектных и опытно-промышленных работ.

В заключение следует отметить, что для обеспечения высокого научно-технического уровня производства в стране требуется разработка программ развития науки и техники, в том числе для Арктики. Отдача от финансовых вложений в образование, науку, здравоохранение в развитых странах составляет от 35 до 45 % ВВП, при расходах более 10 % только на образование. В России в постсоветский период такая отдача составляет, по самым оптимистическим оценкам, не более 15 %, с тенденцией к уменьшению; и это при расходах на образование около 4 %.

Если государство провозглашает курс на новую инновационную экономику, нужно понимать, что она должна ориентироваться на ресурсно-инновационный рост при определении приоритетов страны на развитие науки и техники, учитывая поставленные задачи импортозамещения, что позволит противостоять конкуренции. Нужен системный подход к решению всего комплекса вопросов освоения Арктики, потенциал которой для будущего развития России очевиден. Необходимо провести анализ минерально-сырьевой базы страны, перспектив развития горнодобывающей отрасли, в первую очередь в отношении стратегического сырья для развития высоких технологий при планируемом росте ВВП страны.

Поэтому ядро программы — это геология и горное дело, включая переработку сырья и доведение до конечных продуктов. Затем следует энергетика, транспорт, материалы. И, наконец, создание инфраструктуры, образование, здравоохранение и т. д. Программа предполагает комплексную разработку планов при выделении задач науки и техники в соответствии с определяемыми приоритетами.

В связи с обозначенными целями инновационного развития экономики России необходимо создание Государственного комитета по науке и технике, в составе которого должен быть мощный блок по геологоразведке и добыче полезных ископаемых, который будет рассматривать весь комплекс задач, стоящих перед наукой, включая вопросы горного машиностроения и специализированного транспорта. Государственный комитет должен координировать работу академической, отраслевой, вузовской и холдинговой науки и ставить новые задачи по модернизации экономики и инновационному развитию России.

*Библиографический список*

1. Итоги первого национального горнопромышленного форума. — М., 2014. — 4 с.
2. Матвеев А. С., Матвеев О. А. Роль инновационного сектора в инновационном развитии России // Минеральные ресурсы России. 2014. № 5. С. 53–58.
3. Быховский Л. З. Реальные, потенциальные и перспективные источники редкоземельного сырья в России // Минеральные ресурсы России. 2014. № 4. С. 2–7.
4. Донской С. Е. Новая модель управления недрами и проблемы воспроизводства минерально-сырьевой базы России // Топливо-энергетический комплекс России. Федеральное справочное издание. — М.: Центр стратегических программ, 2014. С. 109–116.
5. Бортников Н. С. Стратегические минеральные ресурсы Российской Арктики и проблемы их освоения // Научно-технические проблемы освоения Арктики: сб. докл. — М.: Наука, 2014. С. 40–47.

6. Экологическая стратегия развития горнодобывающей отрасли — формирование нового мировоззрения в освоении природных ресурсов // Сб. докл. Всерос. науч.-техн. конф. с участием иностранных специалистов, 13–15 октября 2014 г. : в 2 т. / Российская академия наук, Горный ин-т Кольского научного центра РАН. — Апатиты, СПб. : Реноме, 2014. Т. 1 — 399 с.
7. Мельников Н. Н., Конухин В. П., Наумов В. А., Гусак С. А. Оценка перспектив использования атомных станций малой мощности при освоении месторождений полезных ископаемых в удаленных регионах Арктики // Труды международной конференции «Атомные станции малой мощности: направление развития энергетики». — М., 2015. Т. 2.
8. Мельников Н. Н. Диалог бизнеса и академической горной науки // Федеральный деловой журнал «ТСР» (Тренды. События. Рынки). 2015. № 1. С. 5. [ГЖ](#)

Мельников Николай Николаевич,  
e-mail: melnikov@goi.kolasc.net.ru

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2015, № 7, pp. 23–27	
<b>Title</b>	<b>Role of the Arctic Region in the innovation-driven economic development of Russia</b>
<b>DOI:</b>	<a href="http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.07.04">http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.07.04</a>
<b>Author 1</b>	Name & Surname: <b>Mel'nikov N. N.</b>
	Company: <b>Mining Institute, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences (Apatity, Russia)</b>
	Work Position: <b>Director</b>
	Scientific Degree: <b>Academician of the Russian Academy of Sciences</b>
	Contacts: <b>melnikov@goi.kolasc.net.ru</b>
<b>Abstract</b>	<p>Natural resources are the basis for the economic development of Russia. A lion's share (95%) in the added value in the natural resources industry is mineral mining, and forestry and fishery make 5%. The current situation in the world's economy has complicated Russia's position in the field of natural resources and initiated shortage of some minerals in Russia.</p> <p>Replenishment of natural reserves and expansion of supply of some minerals that are now insufficient is possible with assistance of Russia's Arctic. Being rich in oil and gas, this zone holds 10% of world's nickel, 19% of platinum group metals, 10% of titanium, more than 3% of zinc, cobalt, silver and rare earth metals.</p> <p>Immense contribution to mineral mining in the Arctic zone is made by the Mining Institute, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences. The Institute implements the research in the severe natural environment under difficult production conditions of the Kola Polar Area (Murmansk Region).</p> <p>The article gives a report of the research output results introduced into production. A new design of a pit wall with the vertical slope is validated: an increase in the ultimate slope of pit walls by 10–15 degrees magnifies open pit mineable reserves by 40–50%. For underground mines, a chart including conveyor transport and underground ore crushing is offered, and guidelines on combination open pit-and-underground mining at the sustainable mine capacity are given. In the framework of efficient development of subsoil, new technologies and equipment, techniques, reagents and concentration modes are proposed for mineral beneficiation.</p> <p>The Institute evolves the research areas that are new for the mining-related basic research. In terms of Shtokman gas and condensate field in the Barents Sea, a geodynamic monitoring system is generated for offshore hydrocarbons. Issues of energy supply in the Arctic zone are solved by means of using small-size power stations based on the ample international experience gained by the Institute in this field.</p>
<b>Keywords</b>	Economical innovation, Arctic, Russia's Arctic zone, resource potential, mineral reserves, mineral mining, scientific research, high technologies.
<b>References</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Itogi pervogo natsionalnogo gornopromyshlennogo foruma</i> (Results of the first national mining forum). Moscow, 2014. 4 p. (in Russian)</li> <li>2. Matveev A. S., Matveev O. A. Rol innovatsionnogo sektora v innovatsionnom razvitií Rossii (Role of innovation sector in innovation development of Russia). <i>Mineralnye resursy Rossii = Russian mineral resources</i>. 2014. No. 5. pp. 53–58.</li> <li>3. Bykhovskiy L. Z. Realnye, potentsialnye i perspektivnye istochniki redkozemelnogo syrya v Rossii (Real, potential and prospective sources of rare-earth raw materials in Russia). <i>Mineralnye resursy Rossii = Russian mineral resources</i>. 2014. No. 4. pp. 2–7.</li> <li>4. Donskoy S. E. Novaya model upravleniya nedrami i problemy vosproizvodstva mineralno-syrevoy bazy Rossii (New model of subsoil management and problems of production of Russian mineral raw material base). <i>Federalnyy spravochnik «Toplivno-energeticheskiy kompleks Rossii»</i> (Federal reference book "Thermal-energetic complex of Russia"). Moscow : Center of Strategic Programs, 2014. 110 p.</li> <li>5. Bortnikov N. S. <i>Strategicheskie mineralnye resursy Rossiyskoy Arktiki i problemy ikh osvoeniya – nauchno-tekhnicheskie problemy osvoeniya Arktiki</i> (Strategic mineral resources of Russian Arctic and problems of their mastering – scientific-technical problems of Arctic mastering). Moscow : Nauka, 2014. pp. 40–47.</li> <li>6. <i>Ekologicheskaya strategiya razvitiya gornodobyvayushchey otrasli – formirovanie novogo mirovozzreniya v osvoenii prirodnykh resursov</i> (Ecological strategy of development of mining branch – formation of new outlook in mastering of natural resources). <i>Sbornik dokladov Vserossiyskikh nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s uchastiem inostrannykh spetsialistov, 13–15 oktyabrya 2014 goda. V 2 tomakh</i> (Collection of reports of All-Russian scientific-technical conference with participation of foreign specialists, October 13–15, 2014. In two volumes). Russian Academy of Sciences. Mining Institute of Kola Scientific Center of Russian Academy of Sciences. Volume 1. Apatity, Saint Petersburg : Renome, 2014. 399 p. (in Russian)</li> <li>7. Melnikov N. N., Konukhin V. P., Naumov V. A., Gusak S. A. Otsenka perspektiv ispolzovaniya atomnykh stantsiy maloy moshchnosti pri osvoenii mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh v udalennykh regionakh Arktiki (Assessment of prospects of usage of low-power atomic stations during mastering of mineral deposits in remote Arctic regions). <i>Trudy mezhdunarodnoy konferentsii «Atomnye stantsii maloy moshchnosti: napravlenie razvitiya energetiki»</i> (Proceedings of international conference "Low-power atomic stations: ways of energetic development"). Moscow, 2015. Vol. 2.</li> <li>8. Melnikov N. N. Dialog biznesa i akademicheskoy gornoy nauki (Dialog of business and academical mining science). <i>Federalnyy delovoy zhurnal TSR = Federal business journal TSR</i>. 2015. No. 1. p. 5.</li> </ol>