

СОСТОЯНИЕ И РАЦИОНАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОСВОЕНИЯ РУДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Ю.Г. Сафонов

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
Москва, Старомонетный пер., 35, Россия*

Рассматриваются основные черты металлогении Российской арктической зоны, обусловленные специализацией ранних континентальных геоструктур и общностью мезокайнозойского геодинамического развития территории. Показан значительный рудный потенциал различных секторов зоны на стратегические виды рудного сырья: урана, платиновых металлов, золота, олова, редких элементов и других. В выборе рационального направления освоения рудных ресурсов рекомендуется сохранение, развитие существующих и новых базовых горно-рудных центров (районов) на основе известных крупных месторождений и открытие новых коренных месторождений (уран, золото и др.), а также реализаций высокого потенциала россыпной металлоносности. Подчеркивается значимость научного обеспечения всего комплекса прогнозно-поисковых и горно-добывающих работ, вплоть до их экологического мониторинга.

Рудный потенциал, металлогения, рудные районы, уран, золото, металлы платиновой группы, олово, редкие элементы, месторождения, россыпи, горно-рудные центры, Российская Арктика.

MINERAL POTENTIAL OF THE RUSSIAN ARCTIC: STATE AND EFFICIENT DEVELOPMENT

Yu.G. Safonov

The metallogeny of the Russian Arctic zone, with a high potential for U, platinum-group metals, Au, Sn, trace elements, etc., in its different sectors, has been controlled by the type of early continental structures and by the uniform Meso-Cenozoic evolution of the area. The suggested reasonable development strategy is to conserve and further develop the existing mining districts associated with known large fields and to discover new lode (U, Au, etc.) and placer deposits. It is important to provide scientific background and environmental monitoring in the area at the stages of mineral prediction, exploration, and development.

Mineral potential, metallogeny, ore districts, uranium, gold, platinum-group metals, tin, trace elements, mineral deposits, placers, mining centers, Russian Arctic

ВВЕДЕНИЕ

Положительные оценки рудно-сырьевого потенциала Российской Арктики были даны еще первыми исследователями северных территорий, благодаря маршрутным пересечениям и целевым экспедициям в конце XIX и начале XX веков. Геологическая изученность Советской Арктики и данные по рудоносности ее обширной территории до середины 30-х годов XX в. были охарактеризованы Г.Г. Мором [1940], Е.П. Молдавцевым, В.М. Сергиевским [1940] и другими учеными в докладах на XVII сессии Международного геологического конгресса (1937 г.). В.А. Обручев [1940] исследовал северную ее часть. Советская Арктика на этой стадии освоения Арктической зоны понималась как территория, изучаемая Главным управлением Северного морского пути [Моор и др., 1940], куда входили большое Северное Предуралье, Полярный и Северный Урал, Пай-Хой, Большеземельская тундра, северные области Сибири, Чукотский полуостров, а также острова и архипелаги Баренцева, Карского морей, как и морей Лаптева, Восточно-Сибирского и Чукотского, вплоть до Берингова пролива. В пределах материковой Арктической зоны выделялись три сектора: западный — между реками Печора и Енисей, центральный — с границами по Енисею и Лене, восточный. В последующем понимание западного сектора расширилось, в него вошло значительно больше освоенных северо-западных областей страны. И это естественно как по географическому положению и климатическим характеристикам последних, так и по начальным пунктам Северного морского пути. В наши дни отличия в уровнях освоения разных секторов Арктики, их отдельных составляющих сохраняется, но общий уровень экономического, социального развития Арктической зоны радикально изменился в основном за счет освоения топливно-энергетических и рудных ресурсов. С этими направлениями хозяйственной, промышленной деятельности связано и будущее материковых и шельфовых областей Арктической зоны, по крайней мере, в ближайшей перспективе.

Проблемы Арктики уже с середины прошлого столетия привлекают все большее внимание мирового сообщества и приарктических стран. В 1975 г. в Канаде проходила Международная конференция, организованная Специальным Советом НАТО [Яковлев, Смольянинов, 1982]. На ней были представлены

эксперты различных специальностей из 10 стран. Приглашения к участию в конференции страны соцлагеря (за исключением Польши) не приняли. На конференции обсуждались вопросы арктического транспорта, без решения которых невозможно масштабное освоение энергетических и минерально-сырьевых ресурсов. В решении этих проблем большое значение придавалось их интернационализации, международному сотрудничеству, а также военно-прикладным аспектам. Была предложена единая социально-техническая система деятельности в Арктике, включающая шесть обобщенных специализированных систем — от транспортной до социально-культурной. Поиски, разработка и транспортировка минерального сырья вошли в систему управления движением, навигации и связи, базирующуюся в основном на опыте, полученном соответствующими службами Канады. В последующем эти предложения не были реализованы, но национальные исследовательские программы арктических государств разрабатывались и принимались при совмещении политических и экономических интересов этих стран, обеспечения национальной безопасности. Показательно, что в Соединенных Штатах Америки в 1984 г. был принят закон о политике в области научных исследований США в Арктике. На основании этого закона были созданы Комиссия по арктическим исследованиям, разрабатывающая единую национальную политику в этой области, Межведомственный комитет, разрабатывающий и координирующий выполнение исследований, а также Национальный научный фонд — как головное ведомство по реализации национальной политики и обеспечивающий деятельность названных комиссии и комитета. Исследования энергетических и минеральных полезных ископаемых вошли в число приоритетных на всех уровнях — политики, планов и конкретных программ, реализующихся, начиная с 1985 г. При этом освоение ресурсов Арктической зоны рассматривается и как обеспечивающее необходимое военное строительство, его инфраструктуру и действенность.

Основы стратегии изучения Арктики, организационные формы ее определения и реализации в нашей стране, располагающей наиболее обширной Арктической зоной по суше и континентальному шельфу, начали разрабатываться уже в 20-е годы прошлого столетия. На сегодняшний день эта стратегия близка принятой в США по основным направлениям, включая главное — сочетание интересов национальной безопасности, экономического развития страны, а также активного участия в международном сотрудничестве в разработках фундаментальных проблем геосферы, биосферы, ближнего космоса, климата, экологической безопасности.

Актуальные проблемы международного сотрудничества были определены и обстоятельно рассмотрены в декабре 1988 г. в Ленинграде на представительной конференции приарктических государств по координации научных исследований в Арктике. Россия участвует в различных формах сотрудничества — в двусторонних, а также многосторонних, осуществляемых ЮНЕСКО и другими международными организациями. Проблемы рудных ресурсов арктической суши на этом уровне практически не рассматриваются, за исключением вопросов экологической безопасности при их освоении и проблем арктической транспортной системы.

Вышеизложенные данные приводятся нами для понимания специфики оценки рудно-сырьевых объектов в Арктической зоне страны на разных стадиях их изученности — прогнозных ресурсов, выявленных рудопроявлений, разведываемых и эксплуатируемых месторождений. Традиционные геолого-экономические методики при таких оценках требуют изменений, вплоть до отказа от приоритета рентабельности при высокой социальной или иной значимости развития промышленных предприятий в определенных районах. Напротив, возможны консервация, перевод перспективных вновь открытых месторождений в разряд резервных из-за нерешенных проблем экологической безопасности проведения работ или по другим причинам, из большого списка ограничений и высоких требований к развитию горно-рудного производства в Арктической зоне. Эти обстоятельства учитываются нами в оценках состояния изученности рудных ресурсов, в их прогнозировании и рекомендуемых направлениях развития и освоения рудной минерально-сырьевой базы Арктической зоны страны.

В приводимых ниже материалах основное внимание уделяется западному и восточному секторам Арктической зоны страны. Центральный сектор обстоятельно рассматривается в статье Н.Л. Добрецова, Н.П. Похиленко (см. настоящий выпуск). Рудные ресурсы этой части Арктики затрагиваются нами главным образом в связи с проблемами золото- и ураноносности, а также приводятся как иллюстрация перспектив освоения Арктической зоны на основе развития базовых (опорных) горно-рудных (промышленных, социально-экономических) региональных центров.

КРАТКИЙ ОЧЕРК МЕТАЛЛОГЕНИИ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Системные металлогенические исследования Арктики в ее российской части имеют более длительную историю, чем в Северо-Американской провинции, хотя наиболее резонансные ранние открытия рудных месторождений — золотоносных россыпей Клондайк были сделаны на Аляске. В нашей стране, как отмечено выше, в этот период проводились северные экспедиции, которые получили ценные данные как по россыпям, так и по коренным рудопроявлениям, но системное изучение Арктической зоны нача-

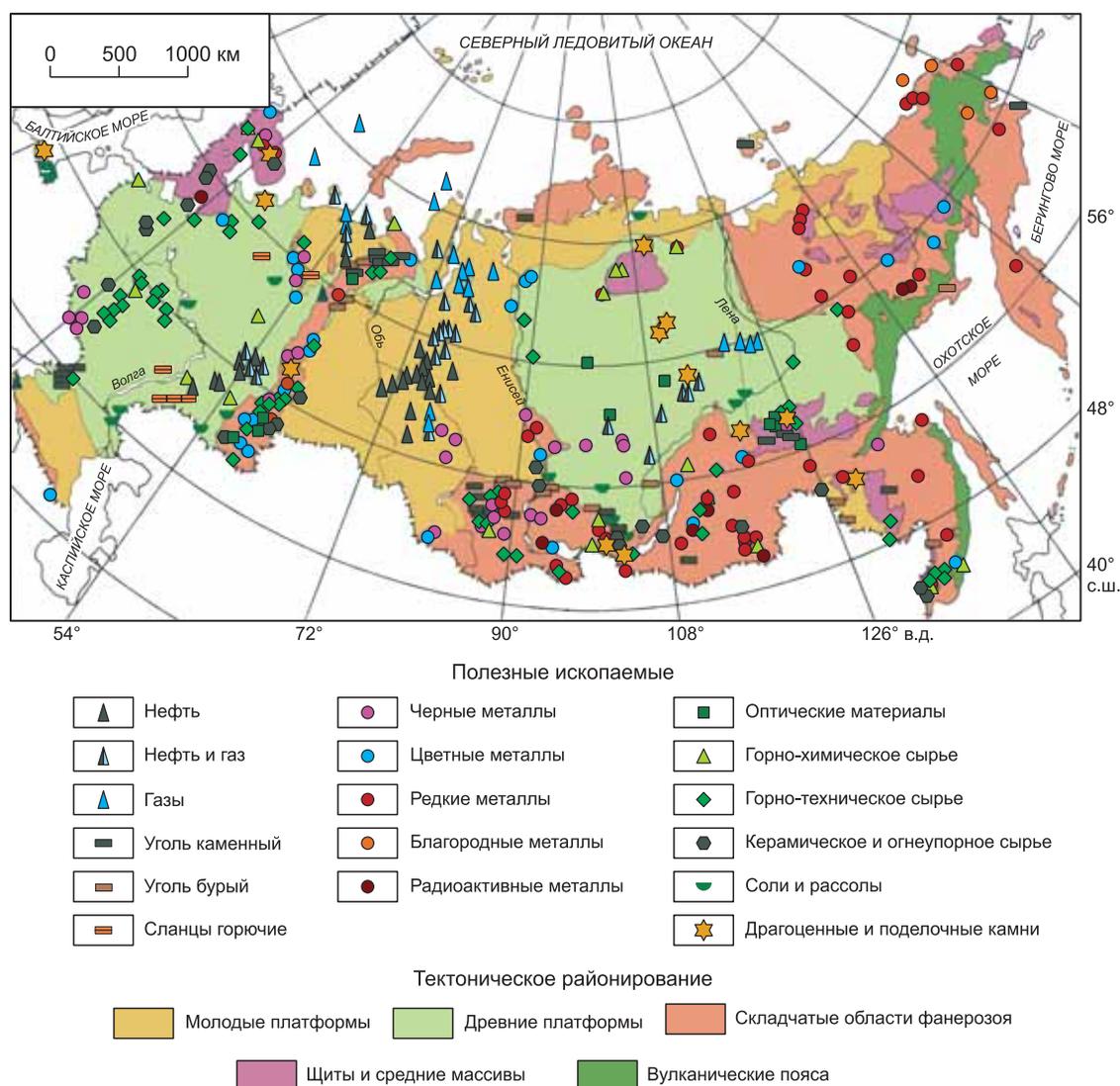


Рис. 1. Схема размещения месторождений основных полезных ископаемых на территории России [Недра..., 2001].

лось в конце 20-х—в 30-е годы прошлого столетия. В начальные стадии оно было связано с Институтом по изучению Севера (Ленинград), первыми региональными геологическими организациями Геолкома и ведомственными геологическими службами, институтами Академии наук СССР. В годы Великой Отечественной войны геологические исследования проводились в основном в восточном секторе Арктической зоны в связи с разработкой россыпей золота Колымской области, а в послевоенные — они осуществлялись с нарастающей интенсивностью при постоянном научном обеспечении в разных ее секторах, в рамках государственного геологического картирования с попутными поисками полезных ископаемых и целевым изучением определенных регионов (Норильский район — Cu, Ni, МПГ; Верхояно-Колымская область, Чукотка — Au, Sn, W, западный сектор — при приоритете нефтегазоносных ресурсов). Обзоры истории геологического изучения Арктической зоны в XX в., оценки достигнутого уровня металлогенической изученности можно найти в многочисленных публикациях, начиная с трудов НИИгеологии Арктики, научных центров Министерства геологии, Академии наук СССР и других организаций, включая последние издания российских ученых [Российская Арктика..., 2002; Додин, 2008].

Металлогеническая-минерагеническая специализация Арктической зоны обусловлена докембрийско-палеозойско-раннемезозойскими геоструктурами континента, в связи с чем имеет секториальный характер, а также общностью ее позднемезозойско-кайнозойского геодинамического развития как континентальной окраины, соответствующей единой мегапровинции (рис. 1). Эта мегапровинция имеет свои секториальные особенности, но характеризуется четко выраженными минерагеническими чертами — нефтегазоносностью шельфа и платформенных провинций, угленосностью последних, общей эк-

зогенной рудоносностью (россыпи, коры выветривания) континентальных областей, включая острова. Исключение составляет восточный сектор Арктической зоны, охватывающий северо-западную часть глобальной Тихоокеанской металлогенической провинции. Здесь распространены не только россыпи, но и молодые коренные месторождения золота, олова, вольфрама, а также сурьмяно-ртутные и серебро-полиметаллические месторождения мезозойского возраста. Коренные рудные месторождения Арктической зоны составляют тот блок рудных ресурсов, который полностью создан в ходе планомерных работ в послевоенный период активного развития геолого-разведочной отрасли СССР.

Как видно на геологической карте (см. рис. 1), в пределах Российской Арктики, при условном ее южном ограничении по широте 64° , субмеридиональные разграничения секторов в материковой части достаточно отчетливы, как и металлогеническая-минерагеническая специализация секторов. В более крупномасштабном районировании четко выражается специализация конкретных региональных геоструктур не только складчатых поясов, но и граничных рифтовых зон, ареалов магматизма и других. Карта, представляющая уменьшенный цифровой макет, опубликованная в [Геологический атлас..., 1996], содержит не полную информацию по рудным месторождениям, но достаточную для ориентации в металлогеническом профиле секторов [Недра России, 2001]. Различие секторов по распространенности месторождений коррелируется в определенной мере с уровнем их изученности. Региональная специфика геологической изученности территорий Советского Союза, имевшая многофакторные причинные зависимости, отчетливо проявилась в недостаточном исследовании Арктической зоны. Такими факторами остаются трудная доступность, неблагоприятные климатические условия, ограниченность материальных возможностей.

Привилегированная природой северо-западная часть зоны, активно осваиваемая, относится к изученным на уровне обычных континентальных регионов. Здесь установлены большие рудные ресурсы и, по совокупности данных, высоко оцениваются вероятные возможности их наращивания. Последние заключаются в выявлении малосульфидных платиновых руд в Карело-Кольском регионе, определенные запасы которых уже созданы, в открытии ряда золоторудных месторождений и проявлений, а также в хромитовых рудопроявлениях, в дальнейшем раскрытии потенциала Хибин (рис. 2). Менее определен-

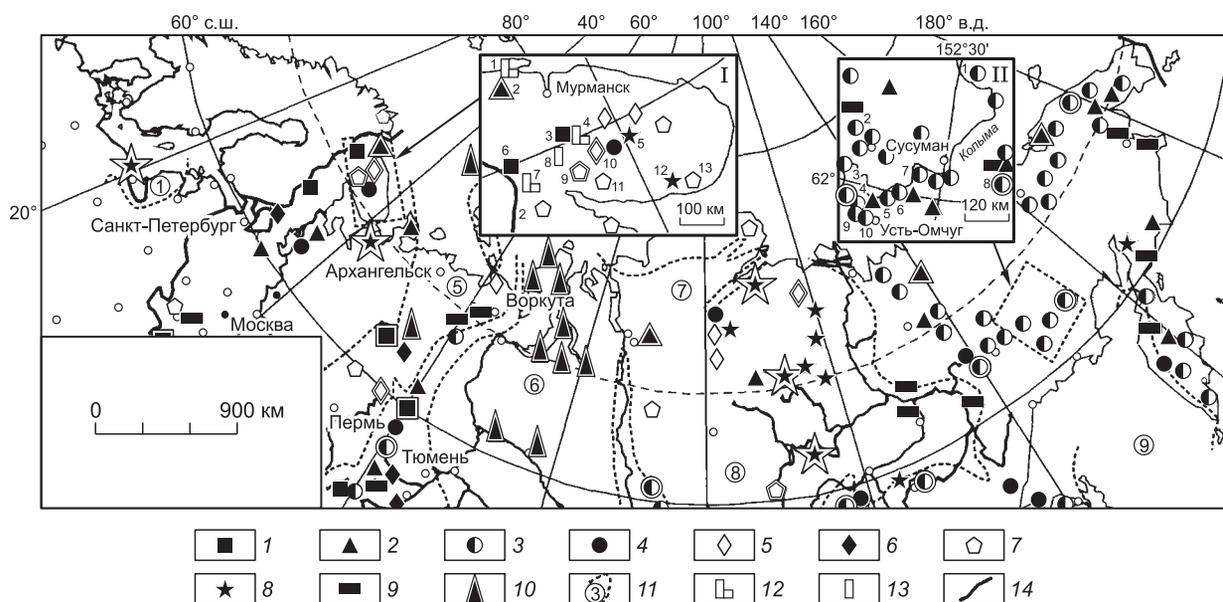


Рис. 2. Размещение месторождений различных видов полезных ископаемых в Приарктической зоне России, по [Гатинский, Вишневский, 2001] с сокращениями.

1—10 — месторождения (двойными линиями обозначены крупные): 1—5 — рудного сырья: 1 — черных металлов, 2 — цветных металлов, 3 — золота и серебра, 4 — металлов платиновой группы, 5 — редких и редкоземельных металлов; 6 — урановые; 7 — неметаллических полезных ископаемых; 8 — драгоценных и полудрагоценных камней; 9 — угля; 10 — углеводородного сырья; 11 — нефтегазоносные провинции: 1 — побережья и шельфа Балтийского моря, 5 — Тимано-Печорская, 6 — Западно-Сибирская, 7 — Енисейско-Анабарская, 8 — Лено-Тунгусская, 9 — Охотская; 12 — горно-обогатительные комплексы (врезка I); 13 — перерабатывающие предприятия (врезка I); 14 — границы Российской Федерации. Врезка I — Кольский горно-промышленный центр, месторождения, рудники: 2 — печенгская группа, 3 — Оленегорское, Кировогородское, 5 — Плоскогорское, 6 — Ковдорское, 9 — хибинская группа, 10 — Ловозерское, 11 — Олений Ручей, Пантомчорское, 12 — Кашкаранское, Мыс Корабль, 13 — Чупино-Лоухское; заводы, ГОК: 1 — Печенганикель, 4 — Оленегорский, 7 — Ковдорский, 8 — Североникель. Врезка II — Верхнеколымский район, месторождения, рудники, прииски: 1 — Глухариный, 2 — Верхний Хачкан, 3 — Наталкинское, 4 — им. Гастелло, 5 — Бутугычак, 6 — Ветренный, 7 — Обо, 8 — Дукат, 9 — им. Белова, 10 — Омчугский.

ны перспективы восполнения запасов медно-никелевых руд Печенгского узла, но они имеются. Здесь следует отметить особенно значительный вклад ученых Академии наук в первичные открытия и рост рудных ресурсов северо-запада. Ранее, как отмечено выше, в западную часть материковой Арктики входили Печорский край с Тиманом, Полярный Урал с Пай-Хоем и Западно-Сибирская низменность до 62—63° с.ш. в разных вариантах. Открытие Архангельской алмазонасной области, как и признаки алмазонасности Кольского региона, отражают своеобразие минерагении западного мегасектора, подразделяемого на ряд металлогенических зон и провинций.

Тимано-Уральский сегмент Арктической зоны объединяет несколько металлогенических зон (областей), характеризующихся определенными особенностями. Значительная часть этой территории рассматривается как Урало-Новоземельская флюоритонасная провинция, в ее пределах флюоритовая минерализация представлена как в самостоятельных месторождениях (Амдерминское, Буреданское и др.), так и в ассоциации с рудными минералами в основном с сульфидами свинца и цинка [Юшкин и др., 1982]. Амдерминское месторождение начали разрабатывать еще в 1940 г., но уже в 1950-х годах оно было законсервировано, не став начальным звеном массовой добычи флюорита в провинции. Опубликованные данные показывают, что потенциал флюоритонасности провинции значителен. Вместе с тем широкое распространение флюорита как в разрезе осадочных пород (от рифейских до пермских), так и в магматических породах, в ассоциации с разнородной минерализацией, по-видимому, является указанием геохимического своеобразия литосферного блока и отражением важной роли фтора в развитии различных эндогенных рудных концентраций. Следует отметить вероятность нахождения в пределах провинции урановых месторождений уран-молибденовой и других формаций. Такие признаки отмечаются не только в Урало-Новоземельской, но и в Тиманской флюоритонасной зоне. В пределах последней, известной своей бокситонасностью, выявлены признаки проявления золоторудной минерализации в черносланцевых толщах. В южной части зоны (Тиманской) размещается уникальное Ярегское месторождение тяжелых металлоносных (титан) нефтей.

Особым звеном в металлогении западной части Российской Арктики остается Полярно-Североруральское с его материковой и островной (Вайгач, Новая Земля) составляющими, имеющими свою металлогеническую специализацию. Интересно, что на раннем этапе исследований островные рудоносные площади были изучены лучше, чем Полярно-Уральские [Молдованцев, Сергиевский, 1940]. На Новой Земле были установлены свинцово-цинковые и медные рудопоявления различных типов, увязывающиеся с особенностями проявлений гранитоидного магматизма, включая элементы зональности в их размещении. В целом уже тогда была выделена свинцово-цинково-медно-флюоритовая Пай-Хой-Вайгач-Новоземельская формация. Выявление значительного по запасам свинца и цинка месторождения Павловского на Новой Земле, очевидно, можно рассматривать как реализацию ранних прогнозов. Подобным образом можно оценить открытие марганцевых месторождений на острове.

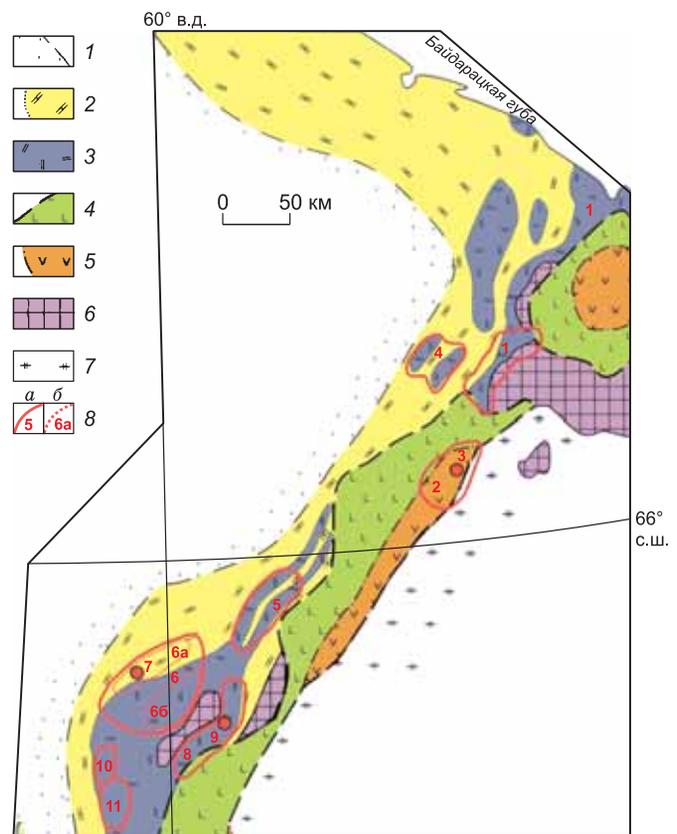
Северный и Полярный Урал сохраняют черты общей металлогении Уральской металлогенической провинции, за исключением масштаба распространения колчеданно-полиметаллической рудной минерализации, но имеют и свои особенности. Для Северного Урала к таким относятся развитие хромитонасных (и платиноносных) интрузивных массивов, из которых Рай-Изский остается наиболее известным [Гурская и др., 2004]. В последние годы потенциал Полярного Урала на хромиты оценивается как весьма значительный. Вместе с тем новые позитивные оценки получены по золотоносности северного сектора Уральской провинции, позволяющие выделять здесь золоторудный пояс с рядом рудных районов (рис. 3). Оруденение представлено золото-сульфидно-кварцевыми минерализованными зонами и жилами (месторождения Новогоднее Манто, Сосновое), а также сульфидно-магнетитовыми скарновыми залежами (Новогоднее Манто) и вкрапленно-прожилковыми, штокверковыми рудами различных типов. Среди последних выделяются месторождения, подобные известным в породах черносланцевой формации, и новые, не имеющие аналогов в мировой практике. Открытие в 1994 г. рудопоявления Чудное с Au-Pd-Tl минерализацией в гидротермально измененных риолитах (окварцованных, альбитизированных, серицитизированных) с основной ассоциацией рудных минералов и фуксита [Тарбаев и др., 1996] привело к переоценке золотоносности Кожимского района и к установлению нового золото-фукситового минерального типа золоторудной минерализации. Следует подчеркнуть ассоциацию золота с палладием, сурьмой, ртутью, хромом и легкими лантаноидами (церием и др.). На последние необходимо обратить особое внимание, так как их геохимические связи с золотом установлены на таких уникальных месторождениях, как Олимпик-Дэм (Au-Cu-U-Ag) и рудоносные (Au-U) рифы Витватерсранда (ЮАР) [Сафонов, Прокофьев, 2006]. К группе железо-оксидно-золото-уран-медных месторождений типа Олимпик-Дэм зарубежными специалистами относятся и сложные скарновые медно-магнетитовые (Новогоднее Манто).

Арктическая часть Западно-Сибирской низменности, составляющая уникальную нефтегазоносную провинцию, также выделяется как особая в арктической минерагении.

Енисейско-Ленский сектор Арктической зоны, очевидно, можно рассматривать как наиболее значительный по рудным ресурсам только из-за нахождения в нем уникального Норильского рудного райо-

Рис. 3. Схема золотоносности Полярно-Уральского сегмента Уральской складчатой системы [Беневольский, 2004].

1 — Предуральский краевой прогиб; 2 — Западно-Уральская миогеосинклиальная структурно-формационная мегазона (СФМЗ); 3 — Центрально-Уральская миогеосинклиальная СФМЗ; 4 — Тагило-Магнитогорская эвгеосинклиальная СФМЗ; 5 — Ауэрбаховско-Новогодненский краевой вулканоплутонический пояс (ВПП); 6 — выступы кристаллического фундамента; 7 — мезокайнозойские образования Западно-Сибирской платформы; 8 — границы золоторудных площадей, месторождений и их номера: а — рудные районы, б — золоторудные зоны. 1 — Харбейская перспективная площадь, 2 — Новогодненская перспективная площадь, 3 — месторождение Новогоднее Манто, 4 — Нияюзский рудный район, 5 — Лемвинский рудный район, 6 — Кожимский рудный район, 6а — Россомахинская рудная зона, 6б — Малдинская рудная зона, 7 — месторождение Чудное, 8 — Хальмерьинский рудный район, 9 — месторождение Сосновое, 10 — Хобеизский рудный район, 11 — Яраташорская перспективная площадь.



на, в котором после полувекового периода интенсивной отработки комплексных руд (МПП, Ni, Cu, Au, Ag и др.) и на сегодня сосредоточены основные запасы рудно-сырьевой базы страны по профильным металлам — МПП, Ni, Cu. Но здесь значителен потенциал редкометалльной рудной минерализации (Sc-TR-Y-Nb — Томтор), алмазов и урана (Анабарский массив). Г.Г. Мором ранее было написано: «Рудоносные проявления, связанные с трапповым комплексом, бесспорно являются наиболее крупными на территории Сибирской платформы» [Мор, 1940]. Последующие работы показали, что эта часть Арктической зоны характеризуется масштабным проявлением магматизма центрального типа, выраженного не только в указанных районах, но и в Меймеча-Котуйской зоне массивов щелочно-ультраосновных магматических пород. К последним приурочены платинометалльные, титаномагнетитовые, апатитовые, флогопитовые рудопроявления. Интерес, прежде всего, вызывает нахождение здесь россыпей платиноидов, преимущественно Os, Ir, Ru, при подчиненных Pt, Pd, с относительной их концентрацией около крупного (~2000 км²) Гулинского массива [Малич, Лопатин, 1997]. Целевые исследования последнего учеными ГЕОХИ РАН показывают возможность нахождения масштабного скрытого хромитового оруденения.

Наиболее существенным золоторудным потенциалом в этой части Арктической зоны характеризуются п-ов Таймыр и прилегающие к нему острова. Серия золоторудных проявлений позволяет ожидать выявление здесь разномасштабных месторождений: золото-сульфидных, золото-кварцевых, золото-кварц-сульфидных, а также золото-ртутных. На о. Большевик выявлены промышленно интересные концентрации золота и платиноидов, а также жильные, относящиеся к бананцовым типам золотого оруденения, с содержаниями в сотни г/т [Самойлов и др., 1999]. Буровые скважины на Нижнелиткинской площади, пробуренные до глубины около 100 м, позволили перевести часть рудопроявления в разряд месторождений. На о. Большевик, как и на других островах архипелага Северная Земля, представлены россыпи золота, в том числе и значительные.

Анабарский массив считается наиболее перспективной рудной областью Российской Арктики, по своей металлогении и масштабности относящийся к категории локальных металлогенических зон. Здесь отчетливо проявляются черты сходства геолого-тектонической обстановки, радиогеохимических (U, Th) аномалий и проявлений эпигенетической минерализации с известными районами в ураново-рудной провинции Атабаска (Канада), а также в Северо-Восточной Австралии [Молчанов и др., 2006]. Накопленная информация позволяет предполагать существование в различных районах щита месторождений «типа несогласия», ураноносных рифов, подобных представленным в бассейне Витватерсранд, а также ураноносных карбонатитов и эйситов. На территории массива и прилегающих площадях известны проявления россыпного золота, платиноидов, алмазов.

Рудный потенциал восточной части Арктической зоны отличается важной ролью россыпных месторождений. Россыпная рудоносность, как отмечалось выше, является общей чертой металлогении Арк-

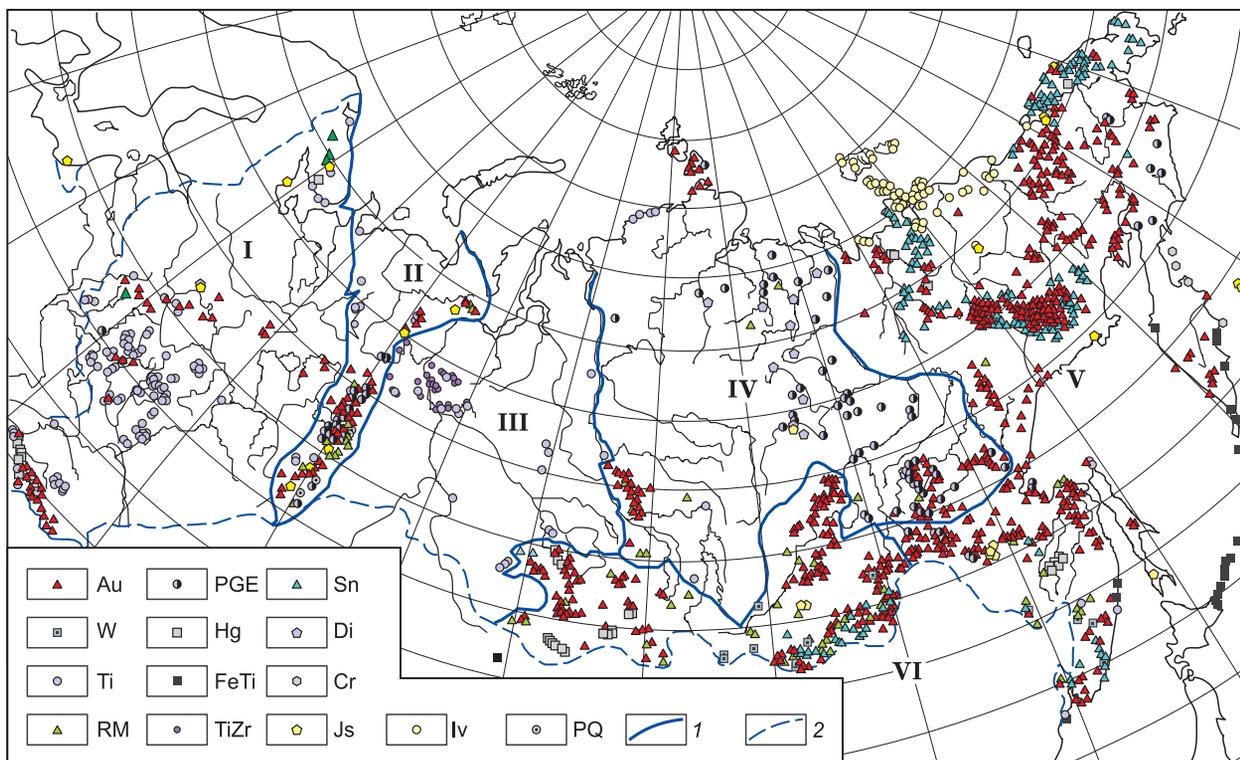


Рис. 4. Размещение россыпей различных минеральных типов на территории России [Патык-Кара, 2008].

I — границы россыпных мегапровинций: I — Восточно-Европейской, II — Тимано-Уральской, III — Западно-Сибирской, IV — Восточно-Сибирской, V — Северо-Восточной, VI — гор Южной Сибири; 2 — граница России.

тической зоны. Промышленная значимость россыпей возрастает в восточном направлении, с одновременным ростом представительности россыпей золота и олова. В центральной и западной частях зоны россыпи золота встречаются вместе с россыпями Ti-Zr и алмазов.

Карта россыпеносных формаций, подготовленная в ИГЕМ РАН [Патык-Кара, 2008], иллюстрирует названные закономерности и повышенную россыпную «нагрузку» восточного сектора Российской Арктики (рис. 4). Соответствующая полная база данных по указанным объектам на 2007 г. находится в ИГЕМ РАН.

Олово-вольфрам-золотой металлогенический профиль восточного сектора Арктической зоны определен еще на ранней стадии изучения территории северо-востока страны. Показательно, что рекордное количество золота (80 т), добытого из россыпей Колымского региона, было получено в 1940 г. В послевоенный период были открыты многочисленные коренные месторождения золота, олова, серебра, сурьмы и ртути, свинца, цинка. Редкие открытия новых месторождений на территории страны в последний период в значительной части приходятся на этот континентальный сектор. Среди этих месторождений — активно разрабатываемые (золото, серебро), ограниченно эксплуатируемые (Sn, W, Sb, Hg) и резервные. Активной отработкой характеризуются в основном эпitherмальные месторождения золота, отличающиеся богатыми рудами. Сохраняется рентабельность отработки россыпей золота, несмотря на длительный период их эксплуатации. Идет и определенный прирост запасов рудного золота, что позволяет Магаданской области уже в ближайшее время восстановить высокий уровень общей добычи золота (30—40 т/год и более). Основная часть разведанных запасов и прогнозных ресурсов россыпного олова (касситерита) относится к шельфовым арктическим областям (море Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское, Берингово моря). Здесь выделены Ляховский, Чокурдахский, Святоносский, Чаунско-Кибереvский, Валькарайский районы, среди которых наиболее крупным является первый [Иванова, Ушаков, 1998]. Преобладают россыпи подводных береговых склонов с торфами мощностью до 30—50 м. Россыпи золота представлены главным образом в континентальных областях. В пределах последних выявлены и россыпи олова, в том числе в пределах рудных районов с коренными месторождениями олова, из которых наиболее известным является Депутатское, эксплуатируемое в трудных условиях. Следует отметить, что при решении проблемы энергетического обеспечения района Депутатского ГОКа, добыча здесь

касситерита (коренного, россыпного) могла бы существенно возрасти. Этот район входит в Яно-Колымский оловоносный пояс, переходящий из бассейна р. Яна в Верхнеколымский и далее на северное побережье Чукотского полуострова, где локализованы коренные месторождения, в том числе крупное Пэркайское, отличающееся от Депутатского значительно более бедными рудами [Павловский, Лаптева, 2002]. Сочетанием коренных и россыпных месторождений характеризуется и Чукотская золотоносная область, частью перекрывающаяся с вольфрам-оловянной металлогенической зоной. На полуострове выявлены также ртутные месторождения и в крайней восточной части — урановые рудопроявления.

РАЦИОНАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОСВОЕНИЯ РУДНЫХ РЕСУРСОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Как показано выше, в Российской Арктике обозначаются районы (области), дальнейшее развитие базы минерально-сырьевых ресурсов в пределах которых определяется задачами обеспечения устойчивого многолетнего функционирования действующих предприятий и/или целесообразностью (необходимостью) создания новых горно-рудных центров (см. рис. 2). К первым относятся районы Кольской провинции и примыкающий к ней Архангельский алмазонасный район в западном секторе, Норильский район — в центральной части, Верхнеколымская область, подразделяющаяся на два основных района — олово- и золоторудный, а также Чукотская, геолого-экономические оценки которой позволяют выделить наряду с Певекским и другие перспективные рудные районы.

Привязка одного из новых запланированных горно-рудных районов уже известна [Машковцев и др., 2008]. В разрабатываемой программе развития минерально-сырьевой базы металлургической отрасли России планируется создать 10 новых перспективных комплексных горно-рудных районов. Из них только один — Харпский (или Полярно-Уральский) размещается в Арктической зоне. Здесь положительно оценены перспективы нахождения значительного количества руд хрома, меди, золота, коксующегося угля. Создание этого горно-рудного центра представляет новые возможности освоения крупной территории, включая Новую Землю. В сегодняшних условиях реализация проекта Урал Полярный—Урал Промышленный, вероятно, сместится во времени, но его актуальность будет только нарастать, так как ресурсные проблемы крупных горно-рудных производств в средней и южной частях Урала будут проявляться в посткризисный период с новой остротой. Аналогичным образом обозначаются и проблемы Норильского рудного района, занимающего особое место в горно-рудной промышленности страны. Невосполнение запасов активно разрабатываемых богатых сульфидных руд ведет к их полной отработке в 2025—2035 гг. (табл. 1, 2) [Попов, Сафонов, 2006]. В то же время Норильский промышленный район является базовым для эффективного освоения минерально-сырьевых ресурсов Таймыра и прилегающих островов. Это касается всех основных профильных металлов Норильска — Ni, МПГ, Cu. Естественно, что в решение проблемы может внести свой вклад и наращивание рудного ресурса в Печенга-Мончегорском регионе и в платиноносных поясах Карело-Кольского региона. Таймырский регион характеризуется не только потенциальной рудоносностью (включая уран), но и значительной угленосностью, составляя часть крупной угольной провинции, прослеживающейся и восточнее. С Таймыра и Северной Земли на восток возрастает распространенность в Арктической зоне россыпных месторождений Au, Sn, что отмечено выше (см. рис. 4). От развития Норильского района, безусловно, зависят и перспективы интенсификации геолого-разведочных работ в Меймеча-Котуйской металлогенической зоне, освоение нового Томторского

Таблица 1. **Состояние запасов и прогнозная оценка добычи никеля в долгосрочной перспективе в Норильском рудном районе**

Месторождение, тип руды	Содержание Ni в руде, %	Запасы Ni от запасов Норильского рудного района на 2003 г., %		Прогнозная оценка добычи Ni из недр в долгосрочной перспективе с учетом запасов C ₁ +C ₂ , тыс. т				Год отработки запасов с учетом потерь при добыче
		ABC ₁	C ₂	2002 г. факт	2010 г.	2020—2030 гг.	2050 г.	
Норильск-1	0.34	4.6	11.45	8.2	10.0	10.0	10.0	После 2050
Талнахское, богатые руды	0.71	36.1	32.45	22.4	60	65	30	После 2050 2035
	3.64	8.9	10.1	12.6	50	50	—	
Октябрьское, богатые руды	0.94	59.2	56.1	229.3	235	30.0	50.0	После 2050 2025
	3.13	30.0	31.9	216.3	110	—	—	
Всего по Норильской горной компании,	—	100	100	259.3	305	105	90	—
богатые руды	—	38.9	42.0	228.9	270	50	—	—
% от общей добычи	—	—	—	88.3	88.5	47.6	0.0	—

Таблица 2.

**Прогнозная оценка добычи из недр металлов платиновой группы (МПГ)
в долгосрочной перспективе в Сибирском Федеральном округе**

Предприятие, месторождение	Содержание МПГ в руде, г/т	Запасы на начало 2003 г. ABC ₁ C ₂ , % от РФ	Прогнозные ресурсы P ₁ +P ₂ , % от запасов РФ	Прогнозная оценка добычи МПГ, % от суммарной добычи в РФ в 2002 г.				Год отработки месторождения
				2002 г. факт	2010 г.	2020—2030 гг.	2050 г.	
Таймырский АО								
ОАО «Норильский никель»	—	98.94	24.5	91.9	110.0	60.0	45.0	После 2050
Октябрьское	4.829	46.79	—	67.9	72.0	22.0	15.0	»
Талнахское	4.703	34.77	—	11.8	28.0	28.0	21.0	»
Норильск-1	6.657	17.17	—	12.1	10.0	9.0	9.0	»

рудного района. Последний следует рассматривать и в связи с рудным потенциалом Анабарского щита. Работы различных исследователей показывают, что возможность обнаружения в пределах щита и его экзоконтактовых площадей золото-уранового оруденения известного в мире типа — рудоносных «конгломератов» (типа Витватерсранда) — наиболее высока относительно других золотоносных провинций страны. Широкая программа поисков оруденения этого типа на территории СССР, реализованная в начале 70-х годов прошлого столетия, не принесла явных положительных результатов. Изученность Анабарского щита, как и некоторых других районов Восточной Сибири, по естественным объективным причинам осталась недостаточной. Сегодняшние аналитические возможности, новые данные, как и обоснование различных генетических моделей формирования рудоносных рифов, позволяют оценивать возможность открытия месторождений данного типа на Анабарском щите как вполне реальное. Нахождение Томторского рудного района и Анабарской области в центральной, наиболее труднодоступной, части Арктической зоны определяет необходимость выбора рациональных направлений освоения этого региона с учетом как западной, так и восточной ветвей транспортной системы. Целесообразность более интенсивного развития последней, устойчиво функционирующей до порта Певек, вытекает из перспективности развития Верхоянского и Колымского рудных районов, как и районов Чукотки (см. рис. 2).

Главный золотоносный район — Колымский представляет возможность предметно рассмотреть проблему золотоносности крупной провинции. Это единственный район, который по своей золотоносности может сравниться с уникальным бассейном Витватерсранд, за 120-летний период освоения которого добыто более 50 тыс. т золота и не менее 30 тыс. т подтверждено в запасах до глубины 4 км. Рудные подсечения известны и на глубинах 5—6 км. Здесь строится первая в мире шахта с прямым стволом в 3 км. Содержания золота на глубинных горизонтах рудника сохраняются на уровне рентабельных (5—8 г/т и более) для отработки руд даже в этих непростых условиях. Общие размеры бассейна ~300 × 100 км, в пределах которых золотоносные площади с многоярусным оруденением занимают около 20 % общей территории. Из этого следуют максимальные оценки удельной площадной золотоносности территории (n) — $n \cdot 10$ т/км², при обычных значениях этого показателя — $n \cdot 10$ кг/км². Усредненные параметры Колымского золоторудного района, с исходными данными о накопленной добыче в 3000 т, позволяют относить его уже сейчас к высокопродуктивным с удельной золотоносностью выше $n \cdot 10$ кг/км². Академик Н.А. Шило в своих последних работах отмечал, что первичный потенциал коренной золотоносности Колымского региона составляет около 200 тыс. т золота, т.е. соизмеримый с потенциалом бассейна Витватерсранд [Шило, 2004]. Эрозионный срез золотоносных блоков в Колымской провинции весьма дифференцирован, в связи с чем здесь особенно актуальными являются поиски слабоэродированных и скрытых месторождений. Степень опосредования региона на россыпное золото значительно выше изученности его коренной золотоносности, что позволяет относить регион к числу приоритетных в дальнейшем освоении минерально-рудных ресурсов Арктической зоны.

Как видно из вышеизложенного, в определении общей стратегии освоения рудных ресурсов Российской Арктики сохраняется свое значение концепция базовых (опорных) горно-рудных районов: развитие существующих и создание новых на основе крупных месторождений стратегических видов рудного сырья, прежде всего, остродефицитного. В списке этих видов на сегодняшний день — уран, скандий, хромиты, марганец и некоторые другие. Важно как предотвращение пополнения этого списка, так и изменение доли «активных» запасов ряда видов сырья в минерально-сырьевой базе страны.

Характеристики известных и перспективных рудных районов приводятся нами без количественных данных по прогнозным ресурсам различных категорий. Такие данные можно найти в сводках геологических служб субъектов Российской Федерации, а также в многочисленных целевых изданиях, использованных автором [Попов, Сафонов, 2006]. Достоверность прогнозных оценок, как известно, имеет прямую зависимость от степени геологической изученности территорий, которая на сегодняшний день

крайне неравномерна для Арктической зоны. Другую сторону количественных оценок прогнозных ресурсов составляют экономические и организационные аспекты реализации этих прогнозов — перевода их в запасы, рентабельные для отработки. Свое значение имеют отмеченные в вступительном разделе геополитические составляющие, прежде всего, обеспечения определенного уровня независимости экономического развития страны, ее национальной безопасности, необходимой минерально-сырьевой базой. Вероятно, последние нужно рассматривать как наиболее важные, другие оценки зависят от них. В связи с этим можно выделить те виды рудных ресурсов Арктической зоны, освоение которых имеет большое значение для экономического развития страны. К таким относятся золото, уран, редкие металлы. Значение высокого уровня добычи благородных металлов контрастно проявляется в условиях текущего экономического кризиса. Страна располагает возможностями удвоения добычи золота и серебра, в большой части за счет потенциала Арктической зоны и прилегающих территорий.

Крайне неудовлетворительное состояние сырьевой базы урана широко известно. Ограничено и число областей, перспективных на обнаружение крупных урановых месторождений или комплексных, подобных названным выше (Витватерсранд — 250 тыс. U_3O_8 , Олимпик-Дэм — 1 млн 200 тыс. U_3O_8). Поэтому прогнозно-поисковые работы на урановые руды в различных районах Арктической зоны следует рассматривать как первоочередные. Необходимость обеспечения отечественной авиационной промышленности, как и других высокотехнологичных отраслей, дефицитными редкими металлами определяет отношение к потенциалу Томторского месторождения и других районов. Важно отметить вероятность выявления и новых видов рудного сырья для получения не только рассмотренных металлов, но и других (Re, Mo и др.). Благоприятным фактором в освоении рудных ресурсов Арктической зоны является широкое распространение в ней угольных месторождений при перспективе развития автономных топливно-энергетических систем в определенных регионах в процессе освоения их нефтегазового потенциала. В проблеме освоения угольных месторождений следует выделить попутную металлоносность углей, отмеченную ранее в Арктической зоне. Исследования последних лет, проводимые ИГЕМ РАН и другими организациями, показывают, что бурого угольные месторождения различных регионов содержат экономически значимые концентрации редких и благородных металлов, а также редкоземельных элементов. Такое изучение бурого угля в Приморье привело к выявлению рудоносных угольных пластов, а также рудной минерализации в породах вскрыши на Павловском и других месторождениях. Ранее такие разработки были выполнены для некоторых Южно-Якутских угольных месторождений. Разрабатываются технологии извлечения рассеянных рудных элементов.

В освоении ресурсного потенциала Арктики важнейшую роль играет современное техническое и технологическое обеспечение геолого-разведочной, горно-добывающей отраслей на всех стадиях их производственных циклов. Особо следует отметить комплексность в освоении минерально-сырьевых ресурсов, включая поиски и разведку месторождений нерудных ископаемых, максимальное извлечение из минерального сырья полезных компонентов при минимизации экологического ущерба для окружающей среды. Достижение такого уровня решения практических задач возможно при надлежащем научном обеспечении и сопровождении всего комплекса работ — от проектирования до получения конечного продукта и экологического мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА

Беневольский Б.И., Волчков А.Г., Процкий А.Г. Перспективы создания сырьевой базы рудного золота в Полярно-Уральском регионе // Минеральные ресурсы России: экономика и управление, 2004, № 2, с. 10—15.

Гатинский Ю.Г., Вишневская Н.А. Основные этапы развития горной добычи в России (к 300-летию горно-геологической службы) // Геология рудных месторождений, 2001, т. 43, № 2, с. 99—111.

Геологический атлас России м-ба 1:10 000 000. Раздел 3. Полезные ископаемые и закономерности их размещения / Под ред. Н.П. Лаврова, В.П. Орлова, Д.В. Рундквиста. М.; СПб., 1996.

Гурская Л.И., Смелов Л.В., Колбанцев Л.Р., Ляхницкая В.Д., Ляхницкий Ю.С. Шахова С.Н. Платиноиды хромитоносных массивов Полярного Урала. СПб., Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2004, 306 с.

Додин Д.А. Минералогия Арктики. Кн. 1. СПб., Наука, 2008, 298 с.

Иванова А.М., Ушаков В.Л. Минерально-сырьевой потенциал шельфовых зон России. Твердые полезные ископаемые // Минеральные ресурсы России: экономика и управление, 1998, № 5, с. 6—12.

Малич К.Н., Лопатин Г.Г. Новые данные о металлогении уникального Гулинского клинопироксенит-дунитового массива (Северная Сибирь, Россия) // Геология рудных месторождений, 1997, т. 39, № 3, с. 247—257.

Машковцев Г.А., Коротков В.В., Печенкин И.Г., Покалов В.Т., Рогожин А.А. Минерально-сырьевой потенциал металлургии России // Разведка и охрана недр, 2008, № 9, с. 63—68.

Молдованцев Е.П., Сергиевский В.М. Металлогения западного сектора Советской Арктики // Международный геологический конгресс (Москва, 1937 г.). М., 1940, с. 235—238. (Труды XVII сессии, Т. 5).

Молчанов А.В., Коваль С.Г., Ходжаев Д.К., Лазарев Ф.Д. Перспективы выявления высокорентабельных урановых и комплексных месторождений «типа несогласия» на Анабарском щите // Руды и металлы, 2006, № 6, с. 5—15.

Моор Г. Металлогения Енисейско-Ленского сектора Арктики // Международный геологический конгресс (Москва, 1937 г.). М., 1940, с. 239—249. (Труды XVII сессии, Т. 5).

Моор Г., Рябухин Г., Сакс В. Геологическая изученность и геологическая карта Советской Арктики // Международный геологический конгресс (Москва, 1937 г.). М., 1940, с. 199—218. (Труды XVII сессии, Т. 5).

Недра России. Т. 1. Полезные ископаемые / Под ред. Н.В. Межеловского, А.А. Смыслова. СПб., СПГГИ, 2001, 547 с.

Обручев В.А. Краткий очерк истории геологического исследования Сибири // Международный геологический конгресс (Москва, 1937 г.). М., 1940, с. 285—328. (Труды XVII сессии, Т. 5).

Павловский А.Б., Лаптева А.М. Минерально-сырьевая база олова России: состояние и пути развития // Минеральные ресурсы России; экономика и управление, 2002, № 6, с. 8—14.

Патык-Кара Н.Г. Минерагения россыпей: типы россыпных провинций. М., ИГЕМ РАН, 2008, 528 с.

Попов В.В., Сафонов Ю.Г. Минерально-сырьевая база топливно-энергетического и металлургического комплексов России: состояние, перспективы освоения и развития (2006—2020—2050 гг.). М., ИГЕМ РАН, 2006, 301 с.

Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология / Под ред. Д.А. Додина, В.С. Суркова. СПб., ВНИИОкеангеология, 2002, 958 с.

Самойлов А.Г., Ванюнин Н.В., Тимкин С.Б. Золото архипелага Северная Земля // Минеральные ресурсы России: экономика и управление, 1999, № 1, с. 27—31.

Сафонов Ю.Г., Прокофьев В.Ю. Модель конседиментационного гидротермального образования золотоносных рифов Витватерсранда // Геология рудных месторождений, 2006, т. 48, № 6, с. 475—511.

Тарбаев М.Б., Кузнецов С.К., Моралев Г.В., Соболева А.А., Лапутина И.П. Новый золото-палладиевый тип минерализации в Кожимском районе Приполярного Урала (Россия) // Геология рудных месторождений, 1996, т. 38, № 7, с. 15—30.

Шило Н.А. Новый взгляд на роль даек в формировании рудных систем // Проблемы рудной геологии, петрологии, минералогии и геохимии. М., ИГЕМ РАН, 2004, с. 25—34.

Юшкин Н.П., Ромашкин Ю.Н., Маркова Г.А. Урало-Новоземельская флюоритоносная провинция. Л., Наука, 1982, 220 с.

Яковлев А.Н., Смольянинов Н.Д. Системный подход к проблемам освоения Арктики. М., ВНИИ системных исследований, 1982, 48 с.

*Поступила в редакцию
21 мая 2009 г.*