

*Российская Академия Наук*

# ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

1/2009



- К ЧИТАТЕЛЯМ ВЕСТНИКА
- КОЛЬСКИЙ СЕВЕР: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ
- НАУКА И АРКТИЧЕСКАЯ ДОКТРИНА РОССИИ
- НАУКА - ПРОИЗВОДСТВУ
- ТЕРРИТОРИЯ НАУКИ
- КОЛЬСКИЙ СЕВЕР: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ
- ИНТЕГРАЦИЯ
- КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ
- НОВЫЕ КНИГИ
- НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ
- ЮБИЛЯРЫ

**1/2009**

издается с декабря 2009 года  
ISBN 978-5-91137-119-7

*Российская Академия Наук*

# ВЕЕСТНИК

## Кольского научного центра РАН

Учредитель - Учреждение Российской академии наук Кольский научный центр РАН

---

Главный редактор - академик В.Т. Калинин

Заместители главного редактора:  
д.г.-м.н. В.П. Петров,  
к.г.-м.н. В.А. Припачкин (руководитель редакции)

Редакционный совет:

академик Г.Г. Матишов, академик Н.Н. Мельников,  
академик Ф.П. Митрофанов, чл.-корр. В.К. Жиров,  
чл.-корр. А.И. Николаев, д.г.-м.н. Ю.Л. Войтеховский,  
д.т.н. Б.В. Ефимов, д.э.н. Ф.Д. Ларичкин,  
д.т.н. В.А. Маслобоев, д.т.н. В.А. Путилов,  
д.ф.-м.н. Е.Д. Терещенко,  
к.г.-м.н. А.Н. Виноградов (ответственный секретарь)

184209, Мурманская область, г.Апатиты, ул.Ферсмана, д.14.  
Кольский научный центр РАН, редакция журнала "Вестник Кольского научного центра РАН"  
Тел.(81555)79226. Факс (81555)76425  
E-mail: usov@admksk.apatity.ru

В.Т.Калинников	К читателям Вестника .....	5
<b>КОЛЬСКИЙ СЕВЕР: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ</b>		
А.Н.Виноградов, В.Т.Калинников	Кольский региональный научный центр как проводник идей Российской академии наук в сфере промышленного освоения и цивилизации Западного сектора Арктической зоны России .....	6
Г.П.Лузин	Северное измерение России и северное измерение ЕС: перспективы сотрудничества .....	13
Г.Г.Матишов, С.Л.Дженюк, Д.Г.Ишчулов	Развитие гидробиологических исследований в Евро-Арктическом регионе в XIX – XX веках и в перспективе .....	17
В.А.Маслобоев	Долговременный опыт мониторинга промышленных загрязнений .....	24
В.К.Жиров, О.Б.Гонтарь	Интродукция растений как приоритетное направление научной и практической деятельности Полярно-альпийского ботанического сада-института .....	34
Н.Н.Мельников, В.П.Конухин, В.А.Наумов, П.В.Амосов, С.А.Гусак, А.В.Наумов	Развитие научных основ радиогеоэкологии подземных объектов долговременного хранения и захоронения ядерных и радиационно опасных материалов в геологических формациях Европейского Севера России .....	45
Ф.Д.Ларичкин, Е.П.Башмакова, В.В.Дидык, Л.А.Рябова	Социально-экономическое развитие Мурманской области: Стратегия 2025 .....	52
<b>НАУКА И АРКТИЧЕСКАЯ ДОКТРИНА РОССИИ</b>		
Г.Г.Матишов, В.В.Денисов	Эколого-географические задачи научного обеспечения стратегического развития Мурманской области как субъекта морской деятельности Российской Федерации .....	59
Е.Д.Терещенко, В.Е.Иванов, И.В.Головчанская	Геофизические исследования Полярного геофизического института КНЦ РАН на архипелаге Шпицберген .....	71
<b>НАУКА – ПРОИЗВОДСТВУ</b>		
Ф.П.Митрофанов	Разработка изотопно-геохимических и геолого-недрологических критериев поисков благородных металлов – инновационный вклад в современную стратегию освоения Арктики .....	84
<b>ТЕРРИТОРИЯ НАУКИ</b>		
Ю.Л.Войтеховский, Ю.Н.Нерадовский, В.А.Припачкин Н.Н.Мельников	Геологический институт КНЦ РАН: из века в век .....	89
В.Т.Калинников, А.И.Николаев	Горный институт КНЦ РАН – опорная база для развития научных основ горного дела на Европейском Севере России .....	99
В.К.Жиров, Л.М.Лукьянова	Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В.Тананаева: шаги в будущее .....	104
	История становления и развития Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А.Аврорина .....	110
<b>КОЛЬСКИЙ СЕВЕР: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ</b>		
В.П.Петров	Современный взгляд на исторический опыт реализации идей А.Е. Ферсмана о рациональном использовании минеральных ресурсов Кольского полуострова .....	113
<b>ИНТЕГРАЦИЯ</b>		
Н.Е.Козлов	Апатитский филиал МГТУ – 10 лет плодотворного сотрудничества КНЦ РАН и Мурманского государственного технического университета .....	119
А.Г.Олейник, М.Г.Шишаев, Т.П.Скуфьина	О необходимости и возможности создания вуза нового типа на Европейском Севере России .....	121
	<b>КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ</b> .....	126
	<b>НОВЫЕ КНИГИ</b> .....	129
	<b>НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ</b> .....	133
	<b>ЮБИЛЯРЫ</b> .....	135

Редколлегия:

к.г.-м.н. Припачкин В.А., д.б.н. Белишева Н.К., к.т.н. Громов П.Б., д.ф.-м.н. Иванов В.Е., д.б.н. Кашулин Н.А., д.т.н. Козырев А.А., д.б.н. Макаревич П.Р., д.т.н. Олейник А.Г., д.и.н. Разумова И.А., к.г.-м.н. Рундквист Т.В., д.э.н. Селин В.С., к.т.н. Усов А.Ф. (ответственный секретарь редколлегии)

Редакторы: В.И. Хяргинен, С.А. Шарам, Е.Н. Еремеева, А.С. Менделева

Корректоры: В.И. Осташева, С.М. Юрченко

Зав.издательством, художественный редактор М.С. Строков

Верстка, фото В.Ю. Жиганов







## КОЛЬСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР КАК ПРОВОДНИК ИДЕЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК В СФЕРЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ И ЦИВИЛИЗАЦИИ ЗАПАДНОГО СЕКТОРА АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

А.Н. Виноградов, к.г.-м.н.; В.Т. Калинин, академик РАН

### Аннотация

Дан краткий обзор истории становления Кольского регионального научного центра РАН, охарактеризован его вклад в формирование ноосферной стратегии освоения Севера и в научное обеспечение цивилизационных процессов в Западном секторе Арктической зоны России. Показано, что создание в Мурманской обл. крупного академического центра способствовало не только ускорению темпов индустриализации и урбанизации необжитого ранее заполярного края, но и обеспечило гармоничное развитие образовательного и культурного потенциала северного социума. База знаний, накопленная КНЦ РАН за 80 лет, в сочетании с инновационными технологическими разработками может служить основой для выбора рациональных способов обеспечения промышленной безопасности, охраны здоровья населения северных территорий и поддержания стабильного равновесия между техносферой и биосферой при реализации перспективной арктической стратегии России.

### Ключевые слова:

*Российская академия наук, Кольский научный центр, Евро-Арктический регион, Арктическая зона России, ноосферная стратегия развития, природопользование, промышленное освоение, цивилизация.*

### Abstract

Short scope of the Kola Science Centre (KSC) 80-years history is presented as a case study, showing a significance of advanced knowledge, generated by the Russian Academy of Sciences (RAS), for development of the Noosphere concept of nature-using in the North, as well as for scientific grounding and support of civilization processes in the Western sector of the Russian Arctic. It was pointed, that establishing of the large research academic centre in the Murmansk Region in 1930 has provided an acceleration of both industrialization and urbanization of previously live-less territories over the Polar Circle, and contributed a lot in a contemporaneous harmonic growth of educational and cultural level of the Northern society. The knowledge base, accumulated by KSC RAS, in couple with modern technological innovations could provide a rational choice of tools for industrial safety, human health protection, and for a stable balance between growing technosphere and environment under framework of the Russian perspective national program for Arctic development.

### Keywords:

*Russian Academy of Sciences, Kola Science Centre, Euro-Arctic Region, Arctic zone of Russia, noosphere strategy, nature-using, industrial development, civilization.*



Российская академия наук приступила к исследованиям Евро-Арктического региона с момента своего образования в 1724 г. Первоначально основной формой академического присутствия были кратковременные экспедиции, направлявшиеся на Север из столицы для географического и этнографического описания окраин государства. В 1769 г. было положено начало формированию в Заполярье академической исследовательско-мониторинговой инфраструктуры: на востоке Кольского п-ова была создана первая геофизическая обсерватория для изучения геомагнитного поля. В 1899 г. обсерваторская сеть в Западной Арктике дотянулась до арх.Шпицберген: под руководством академиков Ф.Н.Чернышева и О.А.Баклунда была построена первая научная база в фьорде Хорнсун на острове Зап. Шпицберген, имевшая в своем составе обсерваторию первого разряда для метеорологических и магнитометрических наблюдений, а также аппаратуру для спектрофотометрических исследований полярных сияний [15, 26].

Среди приоритетов академических исследований XVII-XIX вв. следует особо выделить теоретическую разработку возможностей плавания из Атлантики в Тихоокеанский бассейн по Северному морскому пути. Инициатором этого направления исследований Академии наук, не утратившего своей актуальности и по сей день, был М.В.Ломоносов. В 1762 г. им представлено «Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможностей проходу Сибирским океаном в Восточную Индию» [8, с. 417-498]. Опираясь на идеи Ломоносова, Главное адмиралтейство организовало в 1764-1766 гг. морскую экспедицию под командованием В.Я.Чичагова для оценки возможностей прохода из Баренцева моря к Северному полюсу вокруг Шпицбергена. В ходе этой экспедиции была построена первая российская опорная база для географических исследований в фьорде Бельсунн на острове Зап. Шпицберген [15].

В академических трудах досоветской эпохи вопросы практического освоения ресурсного потенциала рассматривались лишь эпизодически. Начало было положено в 1745 г. статьей М.В.Ломоносова «О способе ловли жемчужных раковин около Кольского острога», а продолжена эта традиция в работах финского ученого, чл.-корр. Академии\* наук, Вильяма Рамсея, давшего первое описание уникальной Кольской провинции щелочных пород [30], и в трудах акад. Е.С.Федорова, который первым указал на уникальную фосфатность магматических пород региона [23].

Целенаправленное и всестороннее изучение ресурсного потенциала Европейского Севера России было развернуто в годы Первой мировой войны, когда в связи с необходимостью восполнить потерю иностранных поставок сырья для военной промышленности по предложению акад. В.И.Вернадского в 1915 г. при Академии наук была организована Комиссия по изучению естественных производительных сил России (КЕПС). Возглавил Комиссию вице-президент Академии наук акад. А.П.Карпинский. В 1917 г. в составе КЕПС была создана Подкомиссия по вопросу изучения и использования естественных и производительных сил Русского Севера, преобразованная в мае 1918 г. в Отдел по исследованию Севера, руководителем которого был утвержден акад. В.И.Вернадский, а его заместителями стали академики А.П.Карпинский (к этому времени уже избранный президентом Российской АН) и А.Е.Ферсман.

После окончания войны и вывода иностранных войск с территории Мурманского края в 1920 г. Отдел по исследованию Севера КЕПС принял на себя функцию инициатора и организатора комплексных научных исследований природных ресурсов Европейского Севера, а позицию лидера на этой «экспертно-оценочной» фазе формирования «индустриальной цивилизации» достаточно быстро и уверенно занял А.Е.Ферсман, наиболее деятельный и целеустремленный руководитель КЕПС. Не случайно в современной краеведческой и исторической литературе, посвященной истории социально-экономического развития Мурманской обл., период 1920-1940 гг. принято называть «эпохой Ферсмана», а в г.Апатиты на центральной улице, носящей его имя, воздвигнут памятник великому преобразователю арктической окраины России.

Результаты академических исследований природы и ресурсов края в эту эпоху послужили надежной научной основой для промышленно-хозяйственного освоения и урбанизации субарктического региона, рекордных по масштабам и темпам для XX в. Важно подчеркнуть, что развитие шло не в стихийном стиле «золотой лихорадки», сотрясавшей в начале века Север Америки, а осуществлялось в форме планомерного и сбалансированного строительства промышленных центров с развитой научной, культурно-образовательной и социальной инфраструктурой. И в этой отличительной черте «русского» подхода к формированию «индустриальной цивилизации» в Заполярье ключевую роль сыграла Академия наук и ее первый региональный форпост – Кольский филиал АН СССР. Его создание явилось знаковым рубежом в стиле ее работы: на смену «эре экспедиций» с кратковременными выездами столичных экспертов в удаленные регионы пришла пора формирования на необъятной территории России местных центров научных знаний и «возрощения» в региональных социумах научных элит, тесно связанных с регионами не только опытом профессиональной деятельности, но и перманентными социально-бытовыми и культурными взаимоотношениями во всей их полноте, сложности и своеобразии.

Одним из пионерных звеньев в формировании новой жизненной среды на Европейском Севере стала Хибинская горная станция (ХИГС) АН СССР, организованная по настоянию акад. А.Е.Ферсмана в 1930 г. [18]. В самом создании научной базы Академии в необходимом, но имеющем большие перспективы экономического развития заполярном регионе можно усматривать стремление А.Е.Ферсмана к практическому воплощению в жизнь учения о ноосфере, основы которого были сформулированы акад. В.И.Вернадским именно в этот период [31]. Возникнув первоначально как опорный пункт для комплексных академических экспедиций, ХИГС последовательно повышала свой статус в качестве регионального «центра знаний»: в 1935 г. она была преобразована в Кольскую базу им. С.М.Кирова АН СССР, в 1948 г. стала основой Кольского филиала Академии наук, а в 1988 г. Филиал был трансформирован в Кольский региональный научный центр АН СССР. В декабре 1991 г. в этом юридическом статусе Центр вошел в состав Российской академии наук.

В первой половине XX в. главной задачей Академии наук на Европейском Севере было комплексное изучение природных систем и формирование научных основ стратегии неразрушающего природопользования, т.е., по сути дела, выявление и обоснование путей создания «ноосферы» в условиях Заполярья. Уместно напомнить о том, что до «ферсмановской эпохи» в Мурманской обл. проживало постоянно менее 20 тыс. чел. и практически отсутствовала крупная промышленность. Сегодня же область, как и вся российская часть Евро-Арктического региона, представляет собой наиболее урбанизированный регион в мировом Заполярье с мощным промышленным потенциалом, опирающимся на уникальную собственную ресурсную базу [14].

На начальном этапе становления «индустриальной цивилизации» на Мурмане (1920-1950 гг.) требовалось как можно быстрее прирастить ресурсный потенциал региона, чтобы создать экономические предпосылки для его заселения. Лавина геологических открытий 1920-1930-х гг. была систематизирована и в обобщенном виде представлена в 1941 г. в первом выпуске региональной серии трудов СОПС (бывшей КЕПС) и КБАН СССР [24]. Великая Отечественная война прервала этот поступательный процесс приращения знаний, но в первые же послевоенные годы АН СССР предприняла действенные меры по восстановлению исследовательского потенциала Кольской базы и ускоренной разработке и претворению в жизнь

---

\* В те годы – Императорская Санкт-Петербургская Академия наук.



«ферсмановского наследия». Естественным откликом на вызов времени стало создание в 1951 г. в составе КФАН СССР первого исследовательского учреждения – Геологического института.

В 1950-1980-е гг. на первый план выдвинулось развитие научных основ комплексных технологий для добычи и переработки выявленных в регионе уникальных минеральных и биологических ресурсов. Один за другим в КФАН СССР возникают специализированные институты – Горно-металлургический, Институт химии редких элементов и минерального сырья, Мурманский морской биологический институт, приобретает статус института Ботанический сад.

С середины 1980-х гг., когда промышленный комплекс региона в общих чертах сформировался и достиг максимальной производительности, возникли новые проблемы, с которыми ранее человечество в Арктической зоне не сталкивалось, – потеря устойчивости экосистем вследствие мощного антропогенного воздействия на природную среду. Одновременно усложнились проблемы социально-экономической стабильности и началось формирование «компьютерной» цивилизации. Центр внимания академических исследований сместился в область разработки методов мониторинга и поддержания стабильного баланса между техносферой и биосферой, а с началом экономических реформ в России к этой проблематике добавилось в качестве приоритетного и еще одно направление – разработка стратегии трансформации экономической системы и выживания Севера России в условиях глобализации. В этот период в КНЦ был создан первый в России исследовательский институт – Институт проблем промышленной экологии Севера и первый в Заполярье – Институт информатики и математического моделирования технологических процессов, образованы Институт экономических проблем и Институт физико-технических проблем энергетики Севера. Благодаря инициативе КНЦ и на основе его технологических разработок в этот непростой по экономическим условиям период был сделан первый реальный шаг по диверсификации традиционной сырьевой экономики Мурманской обл. путем формирования наукоемких производств: в г.Апатиты создано крупнейшее в России производство высокочистых кристаллических и порошковых материалов, используемых в самых современных наукоемких отраслях радиотехники и оптоэлектроники (мировую известность этот завод получил в начале XXI в., вырастив суперсовершенные кристаллы вольфрамата свинца для Большого адронного коллайдера в Женеве).

Структура Кольского научного центра эволюционировала в соответствии с приоритетными задачами научного обеспечения социально-экономического развития российской части Евро-Арктического региона. Из Хибинской горной станции с численностью постоянного персонала 6 человек за 60 лет вырос самый крупный региональный центр РАН, в котором трудилось в 1990 г. около 3500 человек; 10 исследовательских институтов с мощной вспомогательной инфраструктурой и сетью обсерваторий, покрывающей весь регион, имели возможность эффективно реагировать на актуальные потребности общества и обеспечивать научное обоснование и сопровождение стратегий развития с опорой на постоянно обновляемые и адаптируемые к условиям региона базы знаний по 32 научным дисциплинам [6].

Работы КНЦ были сфокусированы на решении задач пяти проблемных блоков:

- исследование свойств и параметров природных систем Евро-Арктического региона, определение их места и роли в глобальных процессах; оценка масштабов геохимической трансформации вещества в арктических геобиосферных системах, исследование их временной и пространственной изменчивости с целью выявления трендов естественной эволюции и прогноза их нарушения под воздействием антропогенных факторов; оценка ресурсного потенциала Евро-Арктического региона;

- разработка научных основ неразрушающего природопользования, создание экологически безопасных технологий для рационального использования природного и техногенного сырья, освоения подземного пространства Евро-Арктического региона, поддержания качества среды обитания и жизнеобеспечения с учетом специфики Севера; развитие и совершенствование методов и систем контроля и стабилизации равновесия техносферы и природной среды;

- разработка и развитие региональных информационных систем и автоматизированных систем обучения;

- разработка научных основ рациональной энергетической политики и развития экологически безопасной энергетики в Евро-Арктическом регионе;

- исследование социальной и этнической структуры общества, динамики миграционных процессов, формирования и распределения трудовых ресурсов, уровня и качества жизни в Заполярье с учетом специфики традиционных методов хозяйствования коренного населения Севера; развитие научных основ управления экономикой Севера и обеспечения устойчивого социально-экономического развития Евро-Арктического региона.

В 1990 г. в КНЦ были сформулированы пять базовых принципов новой стратегии природопользования на Севере, исходящей из ноосферной концепции развития биосферы В.И.Вернадского:

- 1) ограничение хозяйственной деятельности в Арктике до пределов, определяемых «экологическим императивом»;

- 2) введение дифференцированных экологических нормативов для всех пользователей с учетом уровней предельных суммарных нагрузок на региональные экосистемы, создаваемых локальными и трансграничными источниками загрязнения;

- 3) сохранение ненарушенных территорий для сбережения природного генофонда и обеспечения экологически равновесных традиционных форм природопользования коренного населения;

4) регулирование миграции трудоспособного населения с целью минимизации постоянного населения Севера до уровня экологической емкости территории;

5) развитие экологически безвредной безотходной энергетики.

Эти формулировки были представлены в ряде докладов на обсуждение Президиуму РАН и международной научной общественности [6, 27, 28, 32], что дало возможность привести их в полное соответствие с принятой в 1992 г. Организацией Объединенных Наций «Повесткой дня на XXI век» и использовать в качестве концептуальной основы как для выбора главных направлений фундаментальных исследований КНЦ РАН, так и для выстраивания новой региональной стратегии устойчивого развития Баренц-региона [2, 33]. Характерно, что осознание необходимости перехода от «покорения Севера» путем экстенсивного расширения горно-промышленного и рыбоперерабатывающего комплексов к стратегии устойчивого развития выдвинуло на передний план академических исследований проблемы благополучия человека в Арктике. В результате этого в программу деятельности КНЦ РАН на 90-е годы XX в. были включены новые направления:

- разработка систем жизнеобеспечения в Арктике;
- обоснование методов поддержания стандартного качества среды обитания человека;
- обеспечение надежного и бесперебойного энергоснабжения;
- поиск способов минимизации негативного воздействия на здоровье северян специфических климатических, геофизических и геохимических особенностей природной среды авроральной зоны Арктики, разработка методов адаптации человека к условиям Севера.

Изменение мировоззренческого подхода к выбору стратегии природопользования совпало во времени с эпохой снятия «железного занавеса» между Россией и странами НАТО. Кольский научный центр сыграл в этот период ключевую роль в расширении интернациональной кооперации в Евро-Арктическом регионе, выполнив совместно с ведущими научными организациями и университетами Скандинавии, ЕС и США обширную программу эколого-геофизических, океанологических и экономических исследований. Результаты этих работ легли в основу принятого ООН и Советом Баренц-региона Плана действий по устойчивому развитию Европейского Севера и Баренц-региона в XXI в. [33].

Объем научной информации, выпущенной Центром за годы переходной экономики, превысил 9 тыс. публикаций (в том числе 220 монографий); учеными Центра сделано более 4 тыс. докладов на конференциях, защищено 50 докторских и 137 кандидатских диссертаций, запатентовано 175 изобретений. В этих работах была дана оценка масштабов антропогенного воздействия на природную среду региона, предложены современные методы прогнозной оценки и мониторинга рисков, способы поддержания стабильного баланса между техносферой и биосферой. Был всесторонне обоснован механизм трансформации хозяйственной системы Севера России, обеспечивший не только выживание в годы глубокого экономического спада в середине 1990-х, но и открывший перспективу подъема экономики за счет диверсификации и освоения нетрадиционных видов ресурсов. На Кольском п-ове была выявлена крупнейшая в Европе платино-палладиевая провинция, обоснована возможность освоения месторождений остродефицитных хромитов, титановых и редкометалльных руд.

В 2000-2009 гг. деятельность Центра была сфокусирована на научном обеспечении инновационного пути развития Севера. Численность работников Центра за этот период уменьшилась вдвое, но повсеместная компьютеризация и внедрение информационных технологий привели к существенному росту объемов научной продукции: выпущено в свет более 20 тыс. публикаций (в том числе 301 монография), представлено более 10 тыс. докладов на конференциях, защищено 55 докторских и 194 кандидатских диссертации, запатентовано 175 изобретений, издано 430 учебных пособий для вузов. О высоком уровне работ Центра в этот период косвенно свидетельствует и тот факт, что на одном из крупнейших мировых форумов 2008 г. – “CoupemMind” (Объединенный разум), проходившем в Дании и собравшем экспозиции 116 научных объединений и университетов со всего света, Россию было доверено представлять КНЦ РАН.

В числе наиболее важных разработок этого времени можно выделить «Стратегию социально-экономического развития Мурманской области на период до 2025 года» и дополняющий ее пакет научных обоснований и перспективных программ по формированию инновационного комплекса в промышленной сфере региона (в том числе создание производств функциональных материалов так называемой критической группы для обеспечения стратегических отраслей российской промышленности и оборонного комплекса). Разработаны и доведены до промышленного применения технологии взрывчатых веществ повышенной экологической чистоты и безопасности. С учетом обострения проблем загрязнения северных территорий и морей радиоактивными отходами и нефтепродуктами в КНЦ развиты научные основы и разработаны способы реабилитации нарушенных территорий и минимизации последствий аварийного загрязнения водной среды. Предложены концептуальные решения и обоснован выбор мест для строительства в регионе долговременных подземных хранилищ радиоактивных отходов. Создана информационная технология и сформирована не имеющая аналогов по объему и составу комплексная база океанологических данных за почти двухсотлетний период наблюдений в Западной Арктике, издан Климатический атлас морей Арктики. Совместно с заинтересованными организациями созданы уникальные экспериментальные комплексы для генерации ультранизкочастотных волн и контроля их распространения в ионосфере и литосфере, введены в эксплуатацию первые в России территориально распределенные системы для сейсмоинфразвукового мониторинга волновых полей и приземного озона. Составлены и опубликованы экологические атласы и Красные книги флоры и фауны региона,

обеспечено сохранение генофонда редких и исчезающих растений северных и альпийских биотопов. Можно уверенно утверждать, что трудами Центра созданы современные научные основы неразрушающего природопользования и формирования эффективных систем мониторинга качества среды обитания [7, 9, 10, 12, 13, 17, 25].

Следует особо отметить, что в последние годы фокус внимания КНЦ РАН отчетливо сместился с проблем наземных природно-технических и экономических комплексов на морские системы, что естественным образом связано с возрастающими темпами практического освоения углеводородного потенциала Арктического шельфа и возрождением интереса к использованию Северного морского пути в качестве международного транспортного коридора между Европейским и Азиатско-Тихоокеанским сегментами глобального рыночного пространства. Всесторонний экономический анализ проблем морской экономики Арктической зоны России (АЗР) выполнен в серии монографических работ Института экономических проблем КНЦ РАН с позиций «Северного измерения России» [3, 4, 16, 20, 21 и др.], а проблемы обеспечения экологической стабильности морских природно-технических систем глубоко проработаны в трудах Мурманского морского биологического института КНЦ РАН на основе таких новых научных дисциплин, как учение о больших морских системах, экологическая география моря, радиационная экологическая океанология [5, 9-11, 17, 29].

Из всего вышеизложенного следует, что Кольский научный центр в течение 80 лет успешно выполнял возложенные на него Российской академией наук «цивилизационные функции» проводника новых идей и новой культуры природопользования и жизнеобеспечения на северных территориях. На пороге третьего тысячелетия КНЦ РАН сохраняет преемственность главных направлений исследований, но вместе с тем адаптирует их к новым глобальным вызовам. В обстановке возрастающего во всем мире интереса к использованию природных ресурсов Арктики приоритеты научной деятельности должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить адекватную поддержку обновленной геополитической стратегии России, общие контуры, цели и задачи которой намечены в «Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», утвержденных президентом РФ 18 сентября 2008 г. Практически одновременно с Россией определились со своей арктической политикой Соединенные Штаты Америки: «Стратегия действий США в Арктике» утверждена президентом США 9 января 2009 г. Представляется особо важным акцентировать внимание на том, что оба концептуальных документа признают необходимость строить систему управления природопользованием в Арктике на основе комплексного междисциплинарного подхода, сочетающего важнейшие принципы «ноосферной» концепции освоения Севера и концепции «больших морских систем». Оба эти направления, как показано выше, давно и успешно развиваются в КНЦ РАН, но, чтобы соответствовать возросшим требованиям на новой стадии обживания полярной шапки планеты, потребуются, несомненно, многократно поднять роль интеграционных проектов при проведении фундаментальных исследований.

В «Основах-2008» определены 6 главных целей освоения Арктической зоны России:

1) **в сфере социально-экономического развития** – расширение ресурсной базы АЗР для обеспечения потребности России в углеводородных ресурсах, водных биологических ресурсах и других видах стратегического сырья;

2) **в сфере военной безопасности, защиты и охраны государственной границы Российской Федерации, пролегающей в АЗР**, – обеспечение благоприятного оперативного режима в АЗР, включая поддержание необходимого боевого потенциала группировок войск (сил) общего назначения, других войск, воинских формирований и органов в этом регионе;

3) **в сфере экологической безопасности** – сохранение и обеспечение защиты природной среды Арктики, ликвидация экологических последствий хозяйственной деятельности в условиях возрастающей экономической активности и глобальных изменений климата;

4) **в сфере информационных технологий и связи** – формирование единого информационного пространства в АЗР с учетом природных особенностей;

5) **в сфере науки и технологий** – обеспечение достаточного уровня фундаментальных и прикладных научных исследований по накоплению знаний и созданию современных научных и геоинформационных основ управления арктическими территориями, включая разработку средств для решения задач обороны и безопасности, а также надежного функционирования систем жизнеобеспечения и производственной деятельности в природно-климатических условиях Арктики;

6) **в сфере международного сотрудничества** – обеспечение режима взаимовыгодного двустороннего и многостороннего сотрудничества Российской Федерации с приарктическими государствами на основе международных договоров и соглашений, участницей которых является Российская Федерация.

Кольский научный центр РАН имеет многолетний опыт работ и существенные научные заделы по всем намеченным направлениям, что предопределяет благоприятные стартовые возможности для его активного включения в реализацию национальной Арктической программы, в первую очередь по следующим приоритетным задачам:

- геолого-геофизическое, гидрографическое и картографическое обоснование внешней границы шельфа АЗР;
- обеспечение промышленной и экологической безопасности на начальных стадиях работ по освоению нефтегазовых месторождений в АЗР;

- разработка новых видов техники и технологий для освоения морских месторождений полезных ископаемых и водных биологических ресурсов в арктических условиях, в том числе в покрытых льдом районах;
- оптимизация экономических механизмов «северного завоза» за счет использования возобновляемых и альтернативных источников энергии, реконструкции и модернизации выработавших ресурс энергетических установок, внедрения энергосберегающих материалов и технологий;
- обоснование путей и механизмов реструктуризации грузоперевозок по Северному морскому пути;
- создание систем комплексной безопасности для защиты территорий, населения и критически важных для национальной безопасности Российской Федерации объектов АЗР от угроз чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- сохранение биологического разнообразия арктической флоры и фауны, в том числе путем расширения сети особо охраняемых природных территорий и акваторий, с учетом национальных интересов Российской Федерации, необходимости сохранения окружающей природной среды в условиях расширения экономической деятельности и глобальных изменений климата;
- разработка и освоение новых технологий для очистки территорий островов, прибрежных зон и акваторий арктических морей от антропогенных загрязнений;
- создание функциональных материалов, адаптированных к природно-климатическим условиям Арктики;
- обеспечение рационального природопользования и сохранение культурного наследия и языков, народно-художественных промыслов народов Севера;
- обоснование особых режимов природопользования и охраны окружающей природной среды в АЗР, включая мониторинг ее загрязнения;
- рекультивация природных ландшафтов, утилизация токсичных промышленных отходов, обеспечение химической безопасности;
- обоснование долгосрочных перспектив и основных направлений развития различных видов деятельности в Арктике;
- изучение опасных и кризисных природных явлений, разработка современных технологий и методов их прогнозирования в условиях меняющегося климата;
- прогноз и оценка последствий глобальных климатических изменений, происходящих в АЗР под влиянием естественных и антропогенных факторов, в среднесрочной и долгосрочной перспективе;
- проведение исследований в области истории, культуры и экономики региона, а также правового регулирования деятельности в Арктике;
- изучение влияния на здоровье населения вредных факторов окружающей среды, обоснование комплекса мероприятий, направленных на оздоровление среды обитания населения и профилактику заболеваний.

В 2009 г. Кольский научный центр представил в Президиум РАН пакет предложений по включению в Арктическую программу 39 исследовательских проектов по вышеперечисленным приоритетным проблемам АЗР. Ранее, в 2004-2007 гг., КНЦ была обоснована целесообразность создания на арх.Шпицберген Национального центра высокоширотного мониторинга природной среды и разработана концепция формирования Западно-Арктического сегмента национальной системы космического мониторинга «Север». Эти предложения гармонично вписывались и в новую арктическую стратегию, и в национальную доктрину присутствия России на арх.Шпицберген, поэтому для реализации первой стадии перспективной программы развития научной инфраструктуры российских поселков на острове Зап. Шпицберген были внесены соответствующие задания в план работ на 2009-2012 гг. по подпрограмме «Освоение и использование Арктики» ФЦП «Мировой океан». Если финансовый кризис не затормозит осуществление намеченных планов, КНЦ РАН получит в ближайшей перспективе гораздо более широкие возможности для исследования природы высокоширотной зоны Западной Арктики, чем это было за весь предшествующий период деятельности РАН в Арктике. Помимо чисто познавательной значимости ожидаемых результатов будущих работ по 10 междисциплинарным проектам, КНЦ РАН получает реальный шанс стать полноправным участником формирования Свальбардского сегмента международной системы дистанционного мониторинга Земли (проект SIOS Европейского агентства по науке), что также отвечает новым концептуальным установкам российской геополитики в свете «Основ-2008».

Принципиальное значение для осуществления цивилизационной функции Российской академии наук в АЗР имеет тот несомненный факт, что новая государственная политика подводит черту под не оправдавшей себя стратегией целенаправленной депопуляции АЗР в годы переходной экономики. В «Основах-2008» намечены позитивные ориентиры в области социально-экономического и культурного развития АЗР, учитывающие многовековой российский опыт «приращения богатств Севером и Сибирью» [8] с использованием научно обоснованных способов поступательного и неуклонного обживания северных территорий. Мурманская обл. в XX в. служила своего рода мировым эталоном именно такого пути прогрессивного освоения и цивилизации Заполярья. КНЦ РАН бережно хранит и систематизирует в своих музейных коллекциях и архивных фондах материалы, характеризующие механизм влияния академической науки на цивилизационный процесс в Евро-Арктическом регионе. За последние годы были приняты меры по снятию устаревших ограничений на распространение информации об этом опыте, что дало возможность сделать доступными для молодого поколения северян исторические документы, обеспечивающие трансляцию в наше

время положительного опыта первопроходцев [1, 15, 18, 19, 22]. Эту просветительскую деятельность, нацеленную на сохранение исторической памяти нации, КНЦ РАН предстоит расширить в свете приоритетных задач по развитию социально-экономической сферы и кадрового потенциала АЗР, поставленных в «Основах-2008».

Уместно в этой связи напомнить об одном из изначальных предназначений Российской академии наук, долгое время находившемся в тени «профильной» поисково-исследовательской функции. Академии в целом и КНЦ РАН, как ее форпосту в Западном секторе АЗР, предстоит многое сделать для «возрождения художеств и наук» и обучения наукам. Вступление в постиндустриальное общество, с повсеместным проникновением во все сферы жизни глобальных систем информации и контроля, потребует новых подходов к подготовке кадров, способных эффективно трудиться в обновленной техносфере Севера. Из своей 80-летней истории Кольский научный центр 60 лет ограничивался только поддержанием аспирантуры, в которой готовились для региона ежегодно по 20-30 специалистов высшей квалификации. За последние 20 лет интеграция Центра с вузами значительно укрепились, вокруг него сформировалась образовательная сфера в виде филиалов Петрозаводского, Мурманского и Костромского университетов, Санкт-Петербургской инженерно-экономической академии и Санкт-Петербургского горного института. Более 200 научных сотрудников КНЦ совмещают исследовательскую деятельность с преподаванием в вузах, 19 из них присвоено ученое звание профессора, они руководят 22 кафедрами; при институтах КНЦ успешно действуют 9 научно-образовательных центров. Так на деле осуществляется передача опыта и воспитание новой генерации специалистов, адаптированных к жизни на Севере и для работы в арктических условиях. Им предстоит в XXI в. реализовать Арктическую стратегию России и достроить арктический сегмент «ноосферы», воплотив в жизнь замыслы выдающихся основоположников КНЦ РАН с помощью знаний и технологического инструментария, созданного трудами их последователей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арктика – история освоения и изучения. Наука, реальность, легенды (к 110-летию со дня рождения И.Д.Папанина) / отв. ред. акад. Г.Г.Матишов. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006. – 200 с. 2. Разработка оптимальной стратегии природопользования и экономического развития Баренцева Евро-Арктического региона с учетом международного сотрудничества в Северной Европе // Региональная научно-техническая программа Мурманской области «Баренц-регион»: основные результаты за 1993-1996 гг. В 2 ч. // науч. ред. В.Т.Калинников; отв. ред. А.Н.Виноградов. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1996. 3. Васильев А.М., Куранов Ю.Ф. Рыбная отрасль Мурманской области: современное состояние, стратегия развития. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 213 с. 4. Васильев В.В., Грицевич А.В., Селин В.С. Исторические тенденции и современные организационно-экономические проблемы «северного завоза». Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 152 с. 5. Денисов В.В. Эколого-географические основы устойчивого природопользования в шельфовых морях (экологическая география моря). – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2002. – 502 с. 6. Кольский научный центр как базовое научное учреждение по изучению фундаментальных проблем эволюции природной среды и разработке рациональной системы природопользования в Евро-Арктическом регионе / под ред. В.Т.Калиникова. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. – 20 с. 7. Куницын В.Е., Терещенко Е.Д., Андреева Е.С. Радиотомография ионосферы. М.: Физматлит, 2007. – 336 с. 8. Ломоносов М.В. Полное собрание сочинений. Т.6: Труды по русской истории, общественно-экономическим вопросам и географии (1747-1765 гг.). – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1952. – 692 с. 9. Матишов Д.Г., Матишов Г.Г. Радиационная экологическая океанология. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2001. – 417 с. 10. Матишов Г.Г., Кренева С.В., Муравейко В.М. и др. Биотестирование и прогноз изменчивости водных экосистем при антропогенном загрязнении. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. – 468 с. 11. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Денисов В.В. Рациональное природопользование в связи с перспективой нефтедобычи в Арктике // Вестник РАН. – 2009. – Т. 79, № 8. – С. 696-700. 12. Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Ресурсобалансированное недропользование: теория и методы. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. – 120 с. 13. Минин В.А., Дмитриев Г.С. Перспективы освоения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии на Кольском полуострове. – Мурманск: Bellona, 2007. – 92 с. 14. Мурманская область в XXI веке: тенденции, факторы и проблемы социально-экономического развития / науч. ред. акад. В.Т.Калинников. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 192 с. 15. Наука на Шпицбергене. История российских исследований / под науч. ред. акад. В.Т.Калиникова. – СПб.: ГАМАС, 2009. – 408 с. 16. Национальные экономические интересы и тенденции развития морских перевозок углеводородных ресурсов в Арктике / С.Ю.Козьменко и В.С.Селин (отв. ред.). – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 163 с. 17. Новые технологии мониторинга природных процессов в зоне взаимодействия пресных и морских вод (биологическая индикация) / отв. ред. акад. Г.Г.Матишов. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 202 с. 18. Оранжиреева А.М. Работа Академии наук СССР и социалистическое строительство на Кольском полуострове (1920-1935) / отв. ред. проф. В.П.Петров. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008. – 119 с. 19. Первая полярная конференция по вопросам комплексного использования Хибинской апатито-нефелиновой породы. 9-12 апреля 1932 года, г.Хибиногорск / отв. ред. проф. В.П.Петров. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 324 с. 20. Селин В.С., Истомин А.В. Экономика Северного морского пути: исторические тенденции, современное состояние, перспективы. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. – 201 с. 21. Селин В.С., Цукерман В.А., Виноградов А.Н. Экономические условия и инновационные возможности освоения углеводородного сырья Арктического шельфа. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008. – 267 с. 22. Ученые Кольского научного центра РАН (1930-2005) / гл. ред. акад. В.Т.Калинников; отв. ред. проф. В.П.Петров. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006. – 400 с. 23. Федоров Е.С. Белое море как источник материала для сельскохозяйственной культуры // Изв. Моск. с.-х. ин-та, 1908. – Кн. 1. – С. 94-97. 24. Ферсман А.Е. Полезные ископаемые Кольского полуострова: современное состояние, анализ, прогноз // Труды Комиссии по проблемам минерального сырья Совета по оценке производительных сил России. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1941. – Вып. 1. – 345 с. 25. Формирование основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе / гл. ред. акад. В.Т.Калинников; отв. ред. А.Н.Виноградов. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. – 511 с. 26. Чернышев Ф.Н. Работы экспедиции по градусным измерениям на Шпицбергене в 1901 году // Изв. Акад. наук. – 1902. – V сер. – Т. XVI, № 5. – С.151-152. 27. Kalabin G.V., Vinogradov A.N. Use and protection of the Northern Nature: five principles for a rational strategy // 3rd Circumpolar Universities Cooperation Conference, 30.11-3.12.1992. Abstracts. – Rovaniemi, 1992. – P.25-26. 28. Kalinnikov V., Vinogradov A. Developing the Natural Resources of the Barents Region: Opportunities and Dangers // Arctic Wilderness: the 5th World Wilderness Congress / eds V.G.Martin and N.Tyler. – Colorado: North American Press, Golden. – 1995. – P.230-239. 29. Matishov D.G., Matishov G.G. Radioecology in Northern European Seas. – Springer, 2004. – 335 p. 30. Ramsay W., Hackman V. Das Nephelisyenitgebiet auf der Halbinsel Kola // Fennia. – 1894. – Vol.11, N.2. – 225 p. 31. Vernadsky V. La biosphere. – Paris: Alcan, 1929. – XII. – 232 p. 32. Vinogradov A.N. Main principles of creation of the Arctic Noosphere research system // Man's Future in Arctic Areas. Arctic Centre Publications. – Rovaniemi: University of Lapland, 1990. – P. 173-175. 33. UNDP – Capacity 21: Murmansk Region-Barents Sea Sustainable Development Project Environmental Capacity-Building Action Plan for the Murmansk Region. – Murmansk – Boston – New York, 1997. – 560 p.

## СЕВЕРНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ РОССИИ И СЕВЕРНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ЕС: ПЕРСПЕКТИВЫ СОТРУДНИЧЕСТВА

Г.П. Лузин, член-корр. РАН  
Институт экономических проблем КНЦ РАН



25 января 2000 года оборвалась жизнь Геннадия Павловича Лузина – депутата Государственной Думы Российской Федерации, члена-корреспондента РАН, доктора экономических наук, профессора, директора Института экономических проблем Кольского научного центра РАН, трагически погибшего в автокатастрофе на пути в г. Мурманск.

Геннадий Павлович Лузин являлся лидером важного научного направления в отечественной науке – экономики «Северного измерения».

Плодотворную научную работу Г.П.Лузин творчески сочетал с общественной и государственной деятельностью: он был первым заместителем губернатора Мурманской области; являлся членом Высшего экономического совета России; членом Экономического совета и вице-президентом Союза промышленников и предпринимателей Мурманской области; членом Президиума Северной торгово-промышленной палаты; заместителем председателя Научного совета по социально-экономическому развитию Севера России при Президиуме АН СССР, членом бюро Научного совета РАН по проблемам экономики регионов и межрегиональных отношений.

На концепции «Северного измерения России», развиваемой в трудах научной школы Г.П.Лузина, базировалась разработка стратегических программ на XXI в., поэтому в первый выпуск «Вестника» включена одна из основополагающих работ по данному научному направлению – последний доклад Г.П.Лузина на Международной конференции по проблеме «Северного измерения Европы», проходившей в г.Рованиеми (Финляндия).

Северное измерение Европейского союза возникло после вступления в него Швеции и Финляндии, северное измерение России существовало всегда.

Россия – северная страна: 67% ее территории расположено на Севере, простираясь в широтном направлении на тысячи километров от западной до восточной границы России и на тысячи километров с севера на юг.

Для России становится общепризнанным, что Север в целом – это жизненно важная экономическая зона страны, богатая природными ресурсами, с ярко выраженной спецификой социально-экономического развития, особо неблагоприятными природными условиями, характерным комплексом климатических воздействий на человека, технику и сооружения. В то же время Север является зоной стратегических интересов России. Это обусловлено уникальным геополитическим и географическим положением, наличием морских портов, Северным морским путем, трансграничными транспортными коридорами и пограничными переходами, энергетическими сетями, телекоммуникациями, газо- и нефте-трубопроводами, комплексом полезных ископаемых среди которых: нефть и газ, уголь, золото, алмазы, цветные и редкие металлы, сырье для минеральных удобрений, медь, никель, алюминий, лес, рыба, мех, морской зверь.

Через Северный Ледовитый океан проходит самый короткий маршрут между Атлантическим и Тихоокеанским регионами планеты. Шельф Северного Ледовитого океана является крупнейшей нефтегазоносной провинцией на Земле.

Таким образом, «Северное измерение» в российской экономике имеет объективную экономическую и общественную основу. Экономика Севера органически переплетается с экономикой всей страны. Именно поэтому проблемы Севера являются, прежде всего, национальными проблемами, именно поэтому «Северное измерение» для России является жизненно важной, стратегической проблемой, связанной как со стабилизацией текущей кризисной ситуации, так и со стратегией экономического роста и развития России.

Экономика Российского Севера, в отличие от Севера зарубежного, является самодостаточной и необходимо осознавать, что хозяйственные системы Севера России выступают и в ближайшем будущем будут выступать одним из основных факторов стабилизации экономики России и обеспечения национальной экономической безопасности.

Ни в одной стране мира, кроме России, экономика Севера не играет ключевой роли в хозяйственных системах страны, что является одним из основных отличий «Северного измерения» ЕС и России. Становление экономики Советского Союза во многом обязано интенсивному освоению Севера.

К началу перехода к рыночной экономике Россия имела мощные хозяйственные системы Севера, работоспособность которых поддерживалась уникальной транспортной инфраструктурой. Север всегда был эффективен. Экономические кризисы, обрушившиеся на нашу страну, существенно подорвали возможность хозяйственных систем Севера. Под угрозу поставлены как экономическая, так и национальная безопасность России в целом.

Необходимо иметь в виду, что мировая политика освоения северных территорий основана на многосторонней и активной поддержке государства. Поэтому совершенно ясно, что и в условиях формирования

рыночной экономики российское государство должно оказывать всемерную поддержку северным территориям, тем более что экономика Севера не только способствует созданию конкурентной среды при вхождении в рынок средних и южных регионов страны, но и сама может функционировать по критерию эффективности при создании надлежащего рыночного экономического порядка.

Наряду с факторами геополитического и транспортного значения доминирующую роль на Севере выполняют природные ресурсы, альтернативы которым не имеется ни сейчас, ни в обозримой перспективе. В силу относительно сложных природно-климатических условий и исторических особенностей устойчивость производства и конкурентоспособность отечественной продукции в значительной мере была обеспечена именно благодаря дешевизне национальных ресурсов. К тому же минерально-сырьевая база для высоких технологий также практически полностью находится в северных регионах и способна обеспечить отечественную промышленность.

На Севере расположено свыше 80% всех запасов полезных ископаемых России, в том числе подавляющая часть никеля и платиноидов (треть мировых запасов), кобальта (15% мировых запасов), все российские месторождения алмазов, около 80% нефти и почти весь добываемый газ, 90% олова, а также золото, слюда, апатит и множество других видов сырья, что является одной из причин интереса к Российскому Северу Европейского союза и мирового сообщества в целом и возможности реализации совместных программ в освоении этих ресурсов.

Становление рыночных отношений, развитие процессов федерализма, глобализации и регионализации на огромном экономическом пространстве Севера России дают импульс к развитию и углублению процессов международного сотрудничества и интеграции. Получают развитие "коридоры" экономического сотрудничества нового типа, такие как Евро-Арктический (Баренцев), Мурманский, Архангельский, Чукотский и Тихоокеанский коридоры.

Обеспечению транспортной доступности, как важного фактора стабилизации современного экономического состояния и будущего устойчивого экономического роста на Европейском Севере в значительной мере будут способствовать проекты "Баренцев коридор", включающий строительство автодороги и железной дороги Салла-Алакуртти в Мурманской области; "Архангельский коридор", включающий строительство железной дороги Ледмозеро-Кочкома-Карпогоры-Вендега с учетом экологического аспекта, связанного с национальным парком Кендозеро; проект коридора "Оулу-Карелия-Архангельск-Коми".

Спецификой сотрудничества в этих коридорах является усиление роли регионов в управлении процессами сотрудничества и интеграции, повышенное воздействие этих процессов на развитие коммуникаций, экономику и социально-культурное положение, усиление внешней торговли, создание и развитие рынка труда, получение иностранных инвестиций, тесное переплетение в этих стратегически важных регионах национальных интересов России и мирового сообщества.

Северные регионы России имеют стратегически важное геополитическое значение в связи с оживлением Северного морского пути, который является основной транспортной артерией, соединяющей северные регионы Российской Федерации в пределах территориальных вод, особенно, если учесть возможность приемки в северных портах России крупнотоннажных судов морского класса (водоизмещением свыше 100 тыс. т).

Проект "Севморпуть-XXI" будет непосредственно способствовать развитию топливно-энергетического комплекса, промышленности, транспорта, связи, арктической гидрометеорологии и навигации, межрегиональных сообщений и улучшению условий жизни населения северных территорий. Реализация в Арктике крупного международного коммерческого проекта "Севморпуть-XXI" будет содействовать укреплению безопасности России и всего мирового сообщества в северной зоне Земли.

Глобализация мировой экономики стимулирует создание нового межконтинентального транспортного маршрута между Европой и Азией. Северный морской путь – самое короткое и дешевое сообщение в Северном полушарии между Тихоокеанским и Атлантическим регионами планеты и единственный морской путь из Северо-Запада Канады и Аляски в Северную Европу.

Одной из первоочередных задач инфраструктуры арктической транспортной системы выступает совершенствование управления Северным морским путем, для чего необходимо создание предприятия, предоставляющего мировые услуги по использованию этой трассы. Таким предприятием может быть международный консорциум «Северный морской путь».

Модернизация и реконструкция всей системы Северного морского пути как главной широтной транспортной магистрали, связывающей северные районы России и способной осуществлять эффективные межконтинентальные и международные транспортные связи между Европой, Азией и Америкой, должно стать приоритетным объектом государственной транспортной политики на Севере России.

Для районов Севера экологические условия, необходимые для сохранения здоровья населения и обеспечения устойчивого социально-экономического развития, являются более жесткими, что обусловлено объективной хрупкостью экосистем и экстремальностью климата.

Районы Севера, в которых наблюдается устойчивое несоблюдение допустимого состояния окружающей среды (нарушение национальных стандартов качества природной среды), следует отнести к районам экологического бедствия.

Экологические проблемы Арктики и Севера России, находящиеся на острие внимания мирового сообщества и Европейского союза носят глобальный характер, которому присущи такие особенности:

- загрязнение Мирового океана;
- сохранение поглотительной способности лесов Севера России (так называемого, углеродного кредита, то есть возможности увеличения квоты на выброс CO<sub>2</sub> в одних странах за счет ее компенсирующего снижения в других);
- радиационное загрязнение (военное, промышленное, энергетическое);
- разрушение стратосферного озона;
- сохранения биоразнообразия, включая сохранение уникальных на планете действенных природных территорий и др.

Негативный вклад северных регионов России в глобальные проблемы охраны окружающей среды выражается в следующем.

**Радиационное загрязнение.** Радиоактивное промышленное загрязнение связано с деятельностью горнодобывающих предприятий, которые перерабатывают сырье, обогащенное радионуклидами. Локальные очаги радиоактивного загрязнения связаны с ядерными взрывами в мирных целях. Высокая опасность радиационного загрязнения сопряжена с деятельностью Северного флота, Новоземельского государственного центрального полигона. Особую актуальность имеет проблема утилизации гражданских и военных атомных энергетических установок.

В комплексе проблем ядерной безопасности, связанных с радиоактивными отходами ядерной энергетики и промышленности, важное место занимает утилизация ядерных подводных лодок. Особую проблему представляет проблема обращения с отработанным ядерным топливом ядерных подводных лодок, выведенных из эксплуатации, обращение с жидкими и твердыми радиоактивными отходами, с вырезанными отсеками утилизируемых АПЛ. Это также проблемы захоронения РАО в северных морях. Сложной проблемой сегодня является проблема транспортировки радиоактивных материалов и отходов и отработанного ядерного топлива.

**Разрушение озонового экрана планеты.** Поступление в атмосферу западного сектора Российской Арктики фреонов, соединений хлора, а также загрязняющих веществ, связанных с использованием сверхзвуковой радиации и запусками ракет, в условиях холодного климата привели к уменьшению содержания озона на 15 % от доиндустриального уровня в 1992-1993 гг.

**Сведение лесов.** Общая площадь вырубок достигает 100 тыс. км<sup>2</sup>. Ежегодно на дрова вырубается 400-500 км<sup>2</sup>. Средняя ежегодная площадь гарей составляет около 2-3 тыс. км<sup>2</sup>, в засушливые годы она может возрасти до 10 тыс. км<sup>2</sup>. Разница между статистикой и реальностью может достигать 10 раз.

**Загрязнение арктических морей.** Прибрежные зоны Баренцева моря и моря Лаптевых являются территориями, наиболее загрязненными химическими веществами. Приоритетными загрязнителями арктических морей являются нефтяные углеводороды, фенолы, тяжелые металлы (особенно ртуть), СПАВ, хлорированные углеводороды.

В связи с принятием приарктическими государствами (Россия, США, Канада, Норвегия, Финляндия, Швеция, Дания, Исландия) «Стратегии защиты окружающей среды Арктики», эти проблемы включены сегодня в практику международного сотрудничества.

Проблемы международного сотрудничества, а тем более экономической интеграции следует рассматривать, как минимум, в двух аспектах. С одной стороны, равноправное партнерство увеличивает эффективность всех взаимодействующих хозяйственных систем, с другой, – в условиях ослабления внутренних связей внешняя интеграция должна поддерживаться только до того предела, который не представляет угрозы превышения внешних контактов над внутренними связями.

Можно ожидать, что дальнейшее развитие интеграционных процессов в Баренцевом Евро-Арктическом регионе будет, в первую очередь, происходить по линии сближения информационного и правового пространства. Именно здесь имеется достаточный опыт взаимодействия, а в области связи – и совместная техническая база. Однако отсутствие реального сближения в этой сфере сдерживает интеграционное взаимодействие практически по всем другим направлениям.

Следует признать, что избранные приоритеты во взаимодействии «Северного измерения» России и ЕС и реализация их, прежде всего, через Баренцпрограммы с акцентами на стимулирование экономической деятельности и обеспечение экономической безопасности в полной мере отвечают потребностям России с учетом продолжающегося кризиса ее экономики. Данные приоритеты отвечают также стратегическим интересам региона.

С позиций межгосударственных отношений интегральное сотрудничество в Баренцевом Евро-Арктическом регионе (БЕАР) связано с формированием «Северного измерения Европейского союза». Содержание измерения заключается, с одной стороны, в подчеркивании положительной взаимозависимости ЕС и России, с другой стороны, – в стремлении интегрировать Россию в европейские структуры.

Важнейшим аспектом взаимодействия в рамках «Северного измерения» является возрастание зависимости ЕС от импортируемых энергоносителей и увеличения газа в энергопотреблении. Потенциал России по этому виду ресурсов заметно превышает остальные альтернативные источники.

В принципе, такое сотрудничество можно признать положительным, но при соблюдении, как минимум, двух условий:

- 1) усиление не сырьевого, а технологического развития национальной экономики России;
- 2) отсутствие угрозы ее территориальной целостности.



Специфика формирования затрат в северных регионах такова, что в качестве их экономической базы в реально обозримой перспективе остается ресурсная специализация с обеспечением повышенных издержек за счет рентной составляющей цены. Вместе с тем, характер сырьевых отраслей будет постепенно меняться, приобретать более высокий технико-технологический и организационно-экономический уровень, однако преобладающими остаются отрасли с относительно узкой специализацией - извлечение и обогащение минерального сырья, добыча и первичная переработка топливно-энергетических ресурсов и т.п. Модернизация в них примет характер повышения комплексности и углубления переработки с ориентацией на конечные продукты.

Особенное значение для северных предприятий приобретает организационно-экономическая реструктуризация, в ходе которой создаются технологические концерны, объединяющие связанные технологической цепочкой добывающие и перерабатывающие предприятия. В мировой практике это основной подход к обеспечению устойчивого функционирования сырьевых отраслей, и здесь возможность использования опыта и финансовых ресурсов наших партнеров по международному сотрудничеству, в том числе в рамках БЕАР и «Северного измерения», является незаменимой.

Таким образом, региональная экономическая политика на Севере России – «Северное измерение России» оказывается непосредственно связанной с формированием «Северного измерения Европейского союза».

Россия и Европейский союз оказываются в ситуации, когда имеются взаимные интересы, и возможно нахождение общих выгод. Устойчивое использование энергоресурсов, расположенных в северных регионах России, предполагает строительство охватывающей всю Европу сети энергораспределения, способной обеспечивать поставки и конкуренцию на рынках.

Освоение крупных сырьевых ресурсов Севера России предполагает развитие транспортной инфраструктуры и создание новых связей с европейскими сетями. Для реализации этих целей необходимо развивать главные транспортные коридоры, телекоммуникации, энергетические сети, порты, пограничные переходы, Северный морской путь.

Окружающая среда также является сферой сопряжения интересов Европы и России, так как загрязнения и ядерные отходы не имеют границ, угрожая окружающей среде как в России, так и в Европе.

Общие интересы и взаимозависимость – это мощные стабилизирующие факторы в северных регионах. Интеграцию России в европейские структуры можно поддерживать путем совершенствования ее основных торговых путей к соседним европейским странам. Региональное и трансграничное сотрудничество, формирующееся предпринимательство, социальные программы – это составные части стабилизации и развития на Севере.

Использование энергоресурсов и других полезных ископаемых Севера в соответствии с принципами устойчивого развития предполагает долгосрочные инвестиции в развитие энергетических, транспортных, инновационных сетей.

Однако вопрос сотрудничества в рамках «Северного измерения» не может ограничиваться экспортом газа или других сырьевых ресурсов. Российская сторона заинтересована в активизации и повышении технического уровня необходимых для этого металлургических, машиностроительных, судостроительных и других производств на своей территории с адекватным увеличением числа рабочих мест.

Необходимым является расширение сотрудничества в сфере научных исследований в целях содействия неистощимому использованию природных ресурсов Севера, важных с точки зрения всей Европы.



Образование, подготовка кадров и НИОКР формируют важный континуум в развитии конкурентоспособности производства и рыночной экономики. Разработка и изготовление конкурентоспособной высококачественной продукции и развитие механизмов распределения предполагают высокий уровень квалификации менеджеров предприятий, управленческих кадров и персонала, вследствие чего их способность применять современные технологии должна стать основным направлением развития контактов Европейского союза и России в рамках «Северного измерения».

# РАЗВИТИЕ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЕВРО-АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ В XIX-XX ВЕКАХ И В ПЕРСПЕКТИВЕ

Г.Г. Матишов, академик РАН; С.Л. Дженюк, д.г.н.; Д.Г. Ишкулов, к.б.н.  
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

## Аннотация

В марте 2010 г. исполняется 75 лет Мурманскому морскому биологическому институту КНЦ РАН. В статье содержится краткий очерк истории Института от организации морской биологической станции на побережье Кольского полуострова до современного научно-исследовательского учреждения, которое занимает ведущие позиции в изучении среды и экосистем морей Западной Арктики. Дана характеристика экспедиционной и научной деятельности Института, перспективных инновационных разработок и технологий.

## Ключевые слова:

*ММБИ, КНЦ РАН, юбилей, Морская биологическая станция, научно-исследовательские суда, морские экосистемы, технологии.*

## Abstract

The 75th anniversary of Murmansk Marine Biological Institute will be celebrated in March 2010. The paper contains the brief review of the Institute history from the organization of Marine Biological Station on the Kola Peninsula coast to the contemporary research center which occupies leading positions in the studies of the West Arctic seas environment and ecosystems. The expedition and scientific activity, including prospective innovation elaborations and technologies, is described.

## Keywords:

*MMMBI KSC RAS, anniversary, history, marine biological station, research vessels, marine ecosystems, technologies.*



В 2010 году исполняется 75 лет старейшему академическому учреждению на Кольском полуострове – Мурманскому морскому биологическому институту (ММБИ). За эти годы Институт прошел долгий и не всегда простой путь своего становления и развития от сравнительно небольшой береговой биологической станции до крупного научного морского центра в Арктике. В этой статье мы хотим рассказать об истории Института, показать его современное состояние и поделиться планами на будущее.

Если говорить об истории Института, то 75-летний срок на самом деле окажется значительно большим, поскольку первая Морская биологическая станция, которая по праву считается родоначальницей ММБИ, была основана Санкт-Петербургским обществом естествоиспытателей еще в XIX веке. Тогда, в 1881 году, на территории Соловецкой обители (Белое море) был создан первый в России полевой научный стационар, сыгравший исключительно важную роль не только в изучении Белого моря, но и в развитии естествознания в целом (рис.1). Именно тогда были заложены основы отечественной гидробиологической науки, давшей России и миру целую плеяду выдающихся ученых.

В 1898 году по требованию монастыря станция на Соловецких островах была закрыта. Пришлось решать вопрос о новом месте ее расположения [17]. Была выбрана Екатерининская гавань Кольского залива, где в то время строился новый город Александровск (ныне г. Полярный). Имущество станции состояло в то время, как вспоминал К.М. Дерюгин, «из одного шкапа, посуды, книг, реактивов, небольшой коллекции беломорских животных и нескольких снарядов для ловли животных» [4].



Рис.1. Станция Соловецкой обители (фото XIX в.)



Рис. 2. Мурманская биологическая станция в Екатерининской гавани.

Однако уже через несколько лет как технически, так и по масштабу работ Мурманская биологическая станция, как она стала называться с 1902 г., не уступала, а во многом и превосходила лучшие зарубежные аналоги (рис.2).

На станции была оборудована аквариальная с проточной морской водой, имелась прекрасная библиотека и научно-вспомогательный музей, в начале XX в. станция получила два исследовательских судна. Большую роль в ее становлении сыграли профессора К.М.Дерюгин и Г.Е.Клюге. Последний бессменно руководил станцией на протяжении 25 лет, с 1908 по 1933 гг. В 1920-х годах на станцию приезжал и проводил научную работу академик В.И.Вернадский. С 1923 по 1933 гг. здесь работал в созданной им лаборатории физиологии академик Е.Н.Крепс.

В 1929 году в связи с реорганизацией Северного флота и выбором Екатерининской гавани его главной базой Мурманскую биологическую станцию объединили с Плавучим морским научно-исследовательским институтом. Такое решение фактически означало прекращение существования станции как самостоятельного учреждения. На этом собственно и заканчивается предыстория Мурманского морского биологического института и начинается его уже настоящая история.

С закрытием Александровской станции сложилось чрезвычайно сложное положение для биологов и океанографов, занимающихся Арктикой, и остро встал вопрос о создании нового стационара на побережье Баренцева моря. Уже в 1934 г. была организована экспедиция в составе профессоров Е.М.Крепса, К.М.Дерюгина и архитектора А.Ф.Рюмина для выбора места под строительство новой станции.

Исторической для ММБИ датой можно считать 18 июня 1934 г., когда экспедиция прибыла в губу Дальнезеленецкую. Как писал К.М.Дерюгин, «...гавань губы оказалась действительно превосходной. Другие заливы, безусловно, подходили для осуществления поставленной задачи значительно меньше» [4]. По итогам экспедиции был сделан доклад в Народном комиссариате РСФСР, после которого была подготовлена докладная записка председателю Совета народных комиссаров СССР В.М.Молотову, а 10 марта 1935 г. Совнарком СССР принимает решение № 501-50 о создании биологической станции Академии наук СССР в губе Дальнезеленецкая. Именно этот день и считается днем рождения МБС-ММБИ.

С самого начала как руководство страны, так и руководство Академии наук придавали строительству и последующей научной работе станции первостепенное значение. Об этом свидетельствует состав комиссии по организации станции: в нее вошли академики С.А.Зернов (первый директор станции), В.И.Вернадский, Е.М.Крепс, Н.М.Книпович и Л.А.Орбели.

Еще во время строительства станции (рис.3), уже в ноябре 1935 г., начались гидрологические и биологические работы в близлежащих к станции районах. Основные направления исследовательской работы были сформулированы вышеназванной комиссией и включали:

разработку общих проблем океанологии;

систематические наблюдения за изменением флоры и фауны в связи с колебанием климата и гидрологических условий;

изучение пищевых связей и экологии морских организмов в природе и экспериментальных условиях;

эволюционное изучение основных жизненных функций на сравнительном материале;

изучение вопросов эволюционной морфологии, эмбриологии и биологии;

изучение круговорота основных веществ в связи с микробиологическими процессами;

сравнительное изучение химического состава морских организмов.

Как мы видим, все перечисленные направления не потеряли своей актуальности и по сей день. Так, например, еще в 1941 г. перед МБС была поставлена задача изучения изменения фауны Баренцева моря в связи с изменением климата, а теперь это стало тематикой многочисленных научных проектов.

К сожалению, начавшаяся Великая Отечественная война прервала все работы, и станция была эвакуирована. Однако уже в 1946 г. сотрудники МБС



Рис.3. Мурманская биологическая станция в Дальних Зеленцах в период строительства (фото 1938 г.)

вернулись в Дальние Зеленцы и приступили к работе. Под руководством нового директора станции В.В.Кузнецова станция (сильно пострадавшая во время войны) в короткий срок восстанавливается, приобретает научное оборудование и новое судно «Диана», на котором стало возможным проводить рейсы в отдаленные районы Баренцева моря [18].

В 1948 году произошло еще одно событие, определившее на многие годы развитие МБС, а в дальнейшем ММБИ. В силу определенных событий августа 1948 г. (печально известная сессия ВАСХНИЛ) многим известным ученым было запрещено работать в Москве, Ленинграде и других крупных городах. Среди них оказались известный генетик, профессор М.М.Камшилов и крупнейший паразитолог, чл.-корр. АН СССР Ю.И.Полянский. Это, безусловно, трагическое для науки событие оказалось удачей не только для МБС, но и

для всей морской гидробиологии. Именно при их непосредственном участии в Дальних Зеленцах формировались научные школы и закладывались традиции ММБИ [14, 18].

М.М.Камшилов посвятил Северу 15 лет жизни. В 1953 г. он становится директором МБС, и именно ему принадлежит исключительная роль в реорганизации биологической станции в Мурманский морской биологический институт (Постановление Президиума АН СССР от 18 апреля 1958 г.). Он привлекает к работе в Институте целый ряд ученых, труды которых и заложили основы дальнейшего развития академической науки в Арктике. Достаточно вспомнить такие имена, как Э.Ш.Айрапетьянц, Б.П.Токин, М.И.Роухийнен, Э.А.Зеликман, М.В.Пропп и многие другие. По сегодняшний день ведет активную работу в Институте еще один специалист «камшиловского призыва» – к.б.н. А.Д.Чинарина.

После М.М.Камшилова директорами были доктор биологических наук Ю.И.Галкин (1964-1972) и профессор И.Б.Токин (1972-1980), с приходом последнего начались первые в Арктике электронно-микроскопические исследования морских организмов.

С 1981 года Институт возглавляет один из авторов этой статьи, академик Г.Г.Матишов. С начала 1980-х гг. изменился ритм работы Института, расширился спектр исследований, были привлечены молодые специалисты и ученые из ведущих научных учреждений страны. Наряду с исследованиями флоры и фауны арктических морей начинается процесс внедрения компьютерных технологий в биологические и океанографические работы, усиливаются разработки теоретических основ марикультуры, начинаются исследования по новым направлениям – антропогенная экология, орнитология, работы с морскими млекопитающими (в том числе в интересах Военно-морского флота). Тогда же проводятся первые работы по экологическому сопровождению народно-хозяйственных объектов – различного рода оценки воздействия на окружающую среду и инженерно-экологические изыскания.

Значительные изменения в судьбе Института произошли в 1989 г. Дирекцией Института было принято решение о его перебазировании в Мурманск, так как академический бюджет уже не мог обеспечивать жизнедеятельность поселка Дальние Зеленцы при отсутствии других источников финансирования. Это позволило в то трудное время для всей страны, а для академической науки, особенно, сохранить научный потенциал Института.

Следует отметить, что эта вынужденная мера, в конечном счете, пошла Институту на пользу и вывела его на качественно новый уровень организации научной деятельности. Институт вышел из состояния транспортной изоляции, расширились возможности контактов, особенно с зарубежными учеными (Дальние Зеленцы были и остаются в пределах пограничной зоны, закрытой для свободного посещения). Отпали проблемы обеспечения повседневной жизни сотрудников и их семей. Было организовано планомерное переселение жителей поселка в Североморск, часть научных работников получила или приобрела с помощью Института квартиры в Мурманске. Размещение в большом городе позволило использовать быстро растущие возможности современной связи, от факсимильной до электронной. Улучшились условия эксплуатации научного флота.

В течение 1990-х годов дирекция и ведущие ученые ММБИ использовали все возможности для сохранения и наращивания научного потенциала при поддержании достойного материального уровня работников. Был выполнен большой объем исследований по договорам с предприятиями рыбной промышленности, а с 1993 г. – с компанией «Росшельф» и другими предприятиями морского нефтегазового комплекса по экологическому сопровождению морских месторождений, в первую очередь, Штокмановского. Это одновременно стало заметным вкладом в фундаментальную науку. Монография [10] и ряд последующих публикаций позволили Институту занять ведущие позиции в стране и получить признание за рубежом по этому актуальному направлению.

Периодом резкого расширения международного научного сотрудничества ММБИ, особенно, в области морских экспедиционных исследований стали 1990-е гг. Наряду с традиционным приграничным сотрудничеством с норвежскими и другими зарубежными партнерами по изучению экосистем и биоресурсов Баренцева моря были проведены радиоэкологические исследования акваторий и прибрежных зон. Это позволило снять опасения зарубежной общественности, связанные с радиационной безопасностью в Арктике. Фундаментальным результатом этих исследований стали теоретические основы нового научного направления – радиационной экологической океанологии [20].

Использование привлеченных средств и возможностей международного сотрудничества позволило сохранить работоспособность экспедиционных судов и непрерывность океанологического мониторинга в те годы, когда многие российские ведомства и организации полностью свернули морские исследования. Район экспедиционных работ ММБИ включает прежде всего Баренцево и Белое моря как важнейшую арену фундаментальных исследований и морской хозяйственной деятельности. Вместе с тем, маршруты многих экспедиций пролегают от Северной Атлантики до шельфовых морей Восточной Арктики (рис.4).

Качественно новым этапом в изучении труднодоступных морей Арктики стали работы ММБИ на трассе Севморпути с использованием атомного ледокольного флота. Разумеется, ледоколы использовались для научных целей и раньше. Так, ААНИИ, ЦНИИ морского флота и другие институты занимались разработкой тактики ледового плавания и проводили исследования ледовых качеств судов. Однако эти работы носили прикладной характер и не увязывались с изучением морских экосистем.

Первая экспедиция ММБИ по трассе Севморпути состоялась в феврале-марте 1996 г. на ледоколах «Таймыр» и «Вайгач». Ее основной задачей была оценка возможности использования попутных рейсов для научных исследований. Результаты экспедиции подтвердили, что в условиях ледокольного плавания можно собирать уникальный научный материал. Поэтому такие рейсы практически сразу стали постоянной

составляющей экспедиционной деятельности ММБИ. Теперь в Институте проводится от двух до четырех экспедиций в год. Всего за 12-летний период исследований выполнен 31 рейс, в ходе которых собран научный материал с более чем 1200 станций.

Результаты экспедиционных работ на трассе Севморпути отражены в многочисленных публикациях, среди которых следует выделить две монографии [2, 3]. Их научная ценность состоит прежде всего в том, что в них впервые освещено состояние экосистем арктических шельфовых морей в ледовый период, который длится от 6 месяцев на востоке Баренцева моря до 8-9 – в Карском и других арктических морях. Более компактное описание методов и результатов этих работ содержится в статье «Научные изыскания в Арктике» [8].

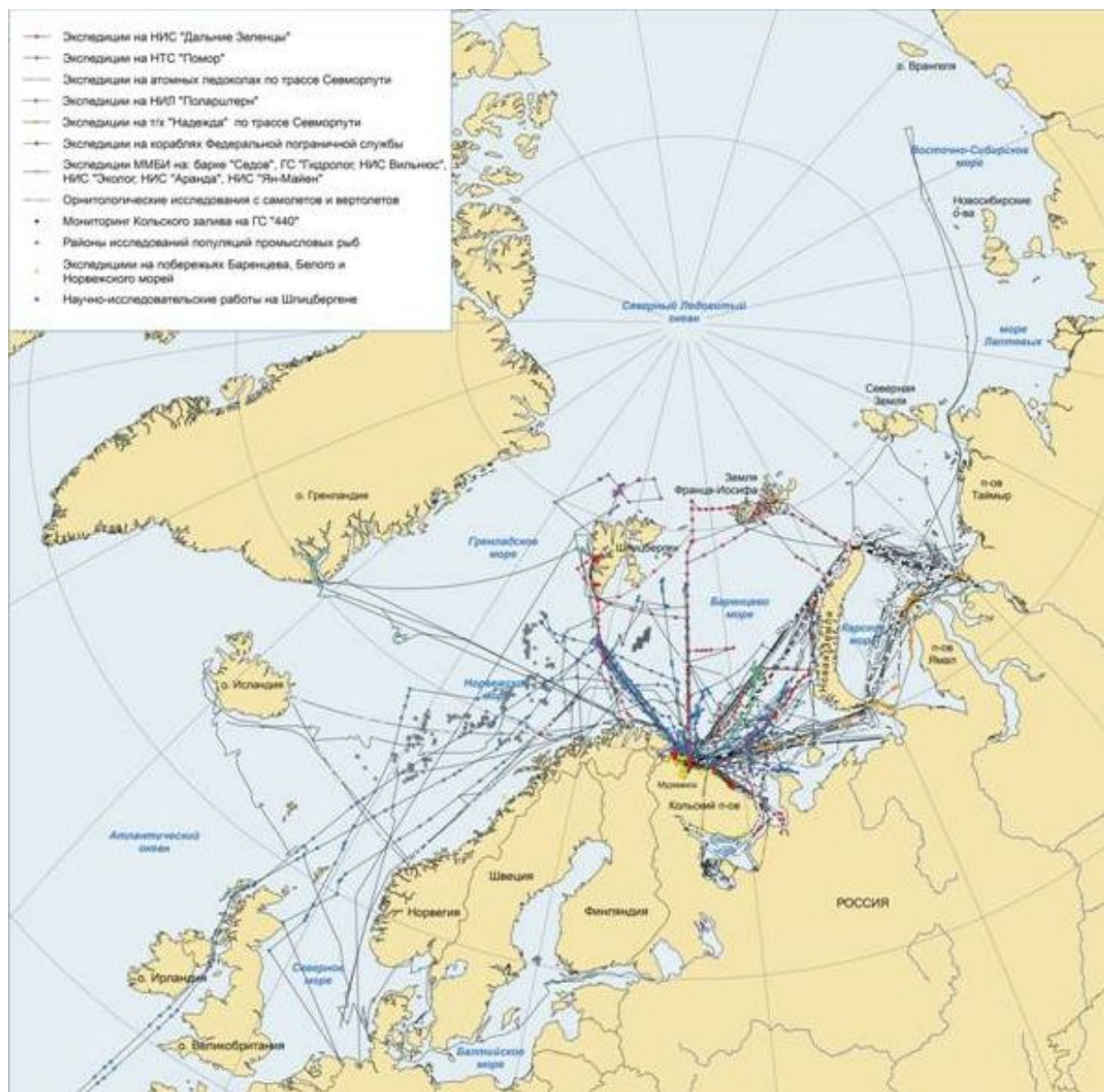


Рис.4. Морские экспедиции ММБИ в 2004-2009 гг.

За последнее десятилетие Институт, сохраняя верность своему названию, перестал быть только мурманским. Расширение сферы его деятельности на южные моря России было обусловлено новой ситуацией, сложившейся в морской науке после распада СССР. Если на Балтике сохранились ведущие научные центры в Петербурге и Калининграде, то в Азово-Черноморском бассейне академические и ведомственные научные организации за небольшими исключениями отошли к Украине. Возникла необходимость создания сначала небольшой научной ячейки, а в дальнейшем - и полноценного центра академической науки на юге России. Свою первую экспедицию в Азовском море ММБИ провел в 1996 г. Спустя 3 года в Ростове-на-Дону был образован отдел океанографии и биологии южных морей ММБИ, а в 2001 г. он был преобразован в Азовский филиал ММБИ. К настоящему времени филиал ММБИ обзавелся небольшим, но хорошо оснащенным научным флотом, построена экспериментальная база в с.Кагальник на устьевом взморье Дона, где, в частности, проводятся опыты по искусственному выращиванию осетровых рыб. Полное

представление о результатах исследований Азовского филиала дает серия монографий, которые ежегодно выходят в издательстве КНЦ [1, 9, 13].

Наиболее полное представление об истории Института и развитии отдельных научных направлений со времени основания Мурманской биостанции по 2005 г. дают материалы юбилейного сборника [13], отражающие историю формирования научных школ планктонных исследований, альгологии, ихтиологии, экологии моря, морского природопользования и в других областях деятельности Института, вклад ведущих ученых и рядовых специалистов, каждый из которых занял свое место в истории изучения арктических морей.

В настоящее время ММБИ представляет собой относительно небольшое по численности, но хорошо оснащенное и эффективное научное учреждение. Общая численность работников в 2009 г. составляла 175 человек, в том числе 97 научных сотрудников.

Институт располагает несколькими научными стационарами: биологической станцией в пос. Дальние Зеленцы (побережье Баренцева моря), экспериментальным аквакомплексом с полигонами в г. Гаджиево и г. Полярный (Кольский залив Баренцева моря), береговой научной экспедиционной базой в с. Кагальник (побережье Азовского моря). Институт также использует научную базу КНЦ РАН на архипелаге Шпицберген, в создании которой принимали активное участие его сотрудники. Научный флот ММБИ состоит из научно-исследовательского судна «Дальние Зеленцы» (1074 т), научно-транспортного судна «Помор» (1202 т) и небольшого судна типа СРК «Профессор Панов» (32 т) для работ на Азовском море (рис.5-7).

По инициативе Института и под его научно-методическим руководством создан единственный в Арктике экспериментальный научно-исследовательский комплекс «Мурманский океанариум», где проводятся работы по изучению морских млекопитающих и разрабатываются методы их использования в биотехнических системах. Комплекс введен в эксплуатацию в 2005 г., размер его рабочих площадей – 40 000 м<sup>2</sup>.



Рис.5. Научно-исследовательское судно «Дальние Зеленцы»



Рис.6. Научно-транспортное судно «Помор»

Остановимся на некоторых, наиболее значимых результатах научной деятельности ММБИ за последние годы.

В области экологии организмов и сообществ впервые для пелагической зоны замерзающих арктических морей были получены данные о состоянии пелагических микроводорослей в течение всех сезонов на акваториях северных морей России, большую часть года полностью покрытых льдом [9]. На основе анализа динамики видового состава и количественных показателей развития фитопланктона была построена общая картина полного годового продукционного цикла сообществ микроводорослей в северных морских водоемах. Установлено, что активизация первичных продуцентов не связана с состоянием ледового покрова и начинается задолго до его разрушения. Продукционный потенциал сообщества в ходе сезонного развития в максимальной степени реализуется в летний период.

В области биоинформатики создана информационная технология, на основе которой сформирована не имеющая аналогов по составу и объему комплексная база океанологических данных (метеорология, гидрология, гидрохимия, планктон, бентос, ихтиология) [15]. База включает в себя серию электронных атласов на CD-ROM, содержащих данные за 200-летний период (с 1810 г.) по Баренцеву, Белому, Карскому и Азовскому морям:

Климатический атлас Баренцева моря 1998: температура, соленость, кислород;

Биологический атлас морей Арктики 2000: планктон Баренцева и Карского морей;

Климатический атлас морей Арктики 2002: Часть I. База данных Баренцева, Карского, Лаптевых и Белого морей – океанография, планктон, бентос;

Климатический атлас морей Арктики 2004: Часть I. База данных Баренцева, Карского, Лаптевых и Белого морей – океанография и морская биология;



Рис.7. Судно «Профессор Панов»

Климатический атлас Азовского моря 2006;

Климатический атлас Азовского моря 2008.

Мурманский морской биологический институт выполняет ряд научных программ, связанных с фундаментальными основами управления, мониторинга и рационального использования биологических ресурсов. В 2002-2009 гг. в рамках таких программ Институтом выполнены девять проектов, направленных на формирование комплексной базы данных по морским биологическим ресурсам; исследование структуры, закономерностей формирования, устойчивости и современной продуктивности рыбной части сообществ северных морей [15]; разработку основ мониторинга и биотехнологий воспроизводства и использования перспективных для промысла и культивирования водорослей Баренцева моря для пищевой и фармацевтической промышленности [5]; разработку основ рационального использования промысловых видов крабов и крабидов Баренцева моря (включая камчатского краба); разработку методов эффективного управления биоресурсами Азовского моря.

Институт активно участвует в выполнении научно-исследовательских работ по федеральным целевым программам Министерства образования и науки РФ практически с самого начала их реализации. За последние восемь лет ММБИ выиграл свыше десяти конкурсов, проводимых Федеральным агентством по науке и инновациям по федеральным целевым программам. В рамках нескольких приоритетных направлений (рациональное природопользование, живые системы, проведение исследований с использованием уникальных стендов и установок) выполнены работы по таким проектам, как «Научное обоснование методов оценки воздействия морской нефтегазодобычи на окружающую среду арктических морей», «Разработка новых технологий мониторинга природных процессов в экологически уязвимых зонах взаимодействия пресных и морских вод с использованием биологических индикаторов», «Разработка интегрированных технологий обеспечения природохозяйственной деятельности на шельфах и в прибрежных зонах арктических и южных морей», «Биологические и научно-технические основы использования морских млекопитающих в системах охраны стратегических объектов на установке “Экспериментальный научно-исследовательский комплекс “Мурманский океанариум”», «Разработка комплексных методов сохранения разнообразия эксплуатируемых популяций проходных видов лососевых рыб в северных и дальневосточных регионах России» и др.

Институт является лидирующим на Северо-Западе России исполнителем и координатором работ по подпрограмме «Исследования природы Мирового океана» Федеральной ЦП «Мировой океан», в рамках которой выполнены и продолжают такие крупные проекты, как «Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей североευропейского бассейна» (2003-2007 и 2008-2010 гг.), «Исследование морских экосистем и разработка технологии сохранения биологических ресурсов морей России в условиях возрастающего воздействия на морскую среду природных и антропогенных факторов» (2008-2010 гг.) и др., а также многочисленные проекты, в которых ММБИ КНЦ РАН являлся соисполнителем других организаций. По результатам законченного проекта ФЦП опубликованы две одноименные монографии [6, 7].

В своей деятельности Институт всегда стремился к доведению результатов научных исследований до практического использования. Институтом накоплен значительный опыт в области инженерно-экологических изысканий, производственного экологического мониторинга, мониторинга окружающей среды в рамках оценок воздействия на окружающую среду (ОВОС), разработки современных биотехнологий для ряда морских отраслей промышленности и природоохранных мероприятий.

Особого упоминания заслуживают технологии использования ластоногих и китообразных в биотехнических системах двойного назначения. Для этих целей Институтом создан биотехнический аквакомплекс с экспериментальными полигонами в городах Гаджиево и Полярный (Кольский залив Баренцева моря). Впервые для полярного бассейна отработаны методы содержания в неволе и обучения гренландского и серого тюленей, морского зайца, кольчатой нерпы, белухи с целью использования их при проведении подводно-технических, аварийно-спасательных и антитеррористических работ в качестве активных помощников водолазов в холодных водах Арктики. Получены уникальные данные по особенностям биологии, физиологии и экологии ластоногих северных морей. Проводятся исследования сенсорных систем тюленей при распознавании зрительных и слуховых раздражителей в воде и воздухе, их поведения при обучении сложным двигательным навыкам. Начаты долгосрочные работы по изучению способностей ластоногих к выработке сложных многозвенных навыков и отработке методов направленного обучения тюленей задачам поиска и маркировки подводных объектов на открытых акваториях [19].

Сотрудниками лаборатории альгологии ММБИ КНЦ РАН разработан проект «Плантация-биофильтр для очистки морской акватории от нефтяного загрязнения», основанная на симбиотической ассоциации водорослей и углеводородокисляющих бактерий. Плантация обеспечивает саморазвитие и восстановление своих свойств в течение срока эксплуатации. Результаты модельных и натуральных экспериментов показали, что 1 га плантации-биофильтра может нейтрализовать за неделю около 100 кг нефтепродуктов. В настоящее время разработан действующий экспериментальный образец плантации-биофильтра в губе Дальнезеленевская (побережье Восточного Мурмана Баренцева моря, пос. Дальние Зеленцы), а также демонстрационный образец в губе Оленья (Кольский залив Баренцева моря, ЗАТО Снежногорск).

Среди основных направлений инновационной деятельности ММБИ - марикультура важнейших промысловых видов морских гидробионтов и обоснование комплексного использования нетрадиционных объектов промысла. В рамках научно-технического партнерства с ООО «Помор» в морской аквариальной

ММБИ, созданной на основе современных отечественных и зарубежных технологий и оснащенной автономной терморегулируемой системой водоснабжения, в 2007 г. разработана и успешно апробирована методика подращивания молоди камчатского краба с использованием искусственных кормов. Результаты исследований послужат основой для разработки новых биотехнологий марикультуры камчатского краба и других гидробионтов Баренцева моря.

За период 2002-2009 годов ММБИ КНЦ РАН выполнил инженерно-экологические изыскания и ряд ОВОС для нескольких вариантов трасс подводного газопровода от Штокмановского газоконденсатного месторождения (ГКМ) до различных районов северного побережья Кольского п-ова (губы Териберская, Малая Волоковая, Ура, Печенга), а также под строительство объектов обустройства Штокмановского ГКМ в районе лицензионной зоны месторождения. Кроме того, выполнена разработка разделов ОВОС при транспортировке сжиженного природного газа и концепция производственного экологического мониторинга (ПЭМ) в составе ОВОС «Обоснование морской транспортировки сжиженного газа по маршруту Штокмановское ГКМ – США» по заказу ОАО «Газпром». В результате проекта определены основные направления и объемы работ по ПЭМ на этапах строительства и эксплуатации объектов транспорта газа от Штокмановского ГКМ (от границ лицензионной площадки) до завода по сжижению газа, расположенного в пос. Видяево, а также оценка инвестиционных задач на проведение ПЭМ.

За последние годы Институт выполнил несколько инженерно-экологических изысканий, оценок воздействия на окружающую среду и гидробиологических наблюдений для различных промышленных объектов на побережье и в прибрежных водах Кольского п-ова по заказу таких организаций, как ОАО «Мурманское морское пароходство», ООО «ЛУКОЙЛ-Астраханьморнефть», ОАО «Ленинорниипроект», ООО «Газфлот», ЗАО «НПФ «ДИЭМ», ООО «Эко-экспресс-сервис» и др.

Институтом ведутся работы в области биологических технологий мониторинга состояния окружающей среды и использования морских биологических ресурсов в народном хозяйстве. Разработан способ комплексной переработки фукусковых водорослей, преимущественно водорослей Баренцева моря, с получением в едином технологическом цикле как индивидуальных биологически активных веществ, так и комплексных препаратов для медицинской, химико-фармацевтической и пищевой промышленности [12]. В 2006 г. на данное изобретение получен патент. Также в области биотехнологий разработан способ биологического мониторинга на основе системы многоуровневой биоиндикации с использованием водных животных (получен патент на изобретение). Система мониторинга прошла практическую апробацию при выполнении ряда инженерно-экологических изысканий в рамках проектирования объектов береговой нефтегазовой инфраструктуры в Кольском заливе и других губах и заливах побережья Баренцева моря [11].

Рамки журнальной статьи не позволяют нам остановиться более подробно на истории и современном состоянии исследований ММБИ. Накопленный научный потенциал, большое число молодых перспективных специалистов, востребованность результатов фундаментальных и прикладных исследований позволяют ММБИ уверенно смотреть в будущее и занимать достойное место среди институтов Кольского научного центра.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Азовское море в конце XX – начале XXI веков: геология, осадконакопление, пелагические сообщества. Т. X / отв. ред. Г.Г.Матишов. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008. – 295 с.
2. Биология и океанография Карского и Баренцева морей (по трассе Севморпути). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1998. – 467 с.
3. Биология и океанография Северного морского пути: Баренцево и Карское моря. М.: – Наука, 2007 – 323 с.
4. Дерюгин К.М. Первые шаги в организации Мурманской биологической станции // Труды Мурманской биологической станции. Изд. АН СССР, 1948. Т. 1. – С. 5-9.
5. Запасы, современное состояние и перспективы использования водорослей-макрофитов Баренцева моря. – Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2007. – 92 с.
6. Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. Вып. 1. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. – 558 с.
7. Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. Вып. 2. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. – 635 с.
8. Матишов Г.Г., Дженюк С.Л. Научные изыскания в Арктике // Вестник РАН. 2007. Т. 77. № 1. – С. 11-21.
9. Макаревич П.Р. Планктонные альгоценозы эстуарных экосистем. Баренцево, Карское и Азовское моря. – М.: Наука, 2007. – 224 с.
10. Научно-методические подходы к оценке воздействия газонефтедобычи на экосистемы морей Арктики (на примере Штокмановского проекта) / под ред. Г.Г.Матишова и Б.А.Никитина. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. – 394 с.
11. Новые технологии мониторинга природных процессов в зоне взаимодействия морских и пресных вод (биологическая индикация). – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 262 с.
12. Облучинская Е.Д. Технологии лекарственных и лечебно-профилактических средств из бурых водорослей – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. – 164 с.
13. Океанологические и биологические исследования арктических и южных морей России (к 70-летию Мурманского морского биологического института). – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006. – 479 с.
14. Полянский Ю.И. Годы прожитые: Воспоминания биолога. – СПб.: Наука, 1997. – 264 с.
15. Современные информационные и биологические технологии в освоении ресурсов шельфовых морей. – М.: Наука, 2005. – 360 с.
16. Современные исследования иктиофауны арктических и южных морей России. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. – 230 с.
17. Токин И.Б., Хасанкаев В.Б. Старейшее научное учреждение Русского Севера (к 100-летию Мурманской биологической станции) // Природа и хозяйство Севера. – Мурманск, 1981. – С. 3-9.
18. Чинарина А.Д. Основные этапы развития академической науки на Севере // Океанологические и биологические исследования арктических морей России (к 70-летию Мурманского морского биологического института). – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006. – С. 20-45.
19. Экспериментальные исследования морских млекопитающих в условиях Кольского залива. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. – 254 с.
20. Matishov D.G., Matishov G.G. Radioecology in Northern European Seas. Springer, 2004. – 335 p.



# ДОЛГОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

В.А. Маслобоев, д.т.н.

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН

## Аннотация

Систематизированы многолетние данные, характеризующие как состояние окружающей среды, так и природные ресурсы и промышленный потенциал Мурманской обл. – наиболее урбанизированного и промышленно развитого региона России. Проведены оценки критических нагрузок на экосистемы, показана необходимость изучения их ассимиляционной (буферной) емкости как важнейшего компонента устойчивого функционирования природных систем и оптимизации рационального природопользования. Раскрыта взаимосвязь и взаимная обусловленность экономических и экологических аспектов промышленного освоения региона, предпринята попытка обоснования региональной концепции поступательного (устойчивого) развития. Рассмотрены наиболее перспективные механизмы поддержания функционирования природных экосистем в условиях интенсивной антропогенной нагрузки.

## Ключевые слова:

*мониторинг, промышленные загрязнения, экосистемы, критические нагрузки, восстановление ландшафтов, промышленная экология, физико-химическое моделирование.*

## Abstract

The long-term data describing as status of environment as well natural resources and industrial potential of the Murmansk region, the most urbanized and industrially advanced region of Russia are systematized. Estimations of critical loadings on ecosystems are carried out, necessity of study on their assimilation (buffer) capacity is shown. Assimilation capacity of ecosystems is the major component of sustainable functioning of natural systems and optimization of rational nature management. The interrelation and mutual conditionality of economic and ecological aspects for industrial development of region is determined, attempt of substantiation of the regional concept of sustainable development is undertaken. The most perspective mechanisms of maintenance of functioning natural ecosystems under conditions of intensive anthropogenous loading are considered.

## Keywords:

*monitoring, industrial pollution, ecosystems, critical loadings, remediation of landscapes, industrial ecology, physical and chemical modeling.*



Возрастание антропогенного воздействия на окружающую среду напрямую связано с интенсификацией производства, региональной концентрацией промышленных предприятий и другими факторами развития, характерными для техногенных регионов России. Начавшееся в 30-е годы XX столетия интенсивное развитие на Кольском полуострове горнодобывающей, металлургической, химической и энергетической отраслей промышленности, оборонного комплекса и сопутствовавший им рост инфраструктуры и урбанизации привели к значительным нагрузкам на природу Крайнего Севера. При этом, как правило, хозяйственная деятельность ведется без учета специфических природоохранных требований и без научной базы по нормированию уровней загрязнения и критических нагрузок на экосистемы для различных климатических зон, несмотря на то, что Кольский полуостров относится к территориям с высокой экологической уязвимостью.

Отсутствие экологической концепции природопользования и необходимость комплексного и всестороннего научного подхода к оценке состояния живых организмов и среды их обитания побудили Президиум Академии наук СССР создать в 1989 г. в структуре Кольского филиала АН СССР первый в системе Академии наук и в стране в целом Институт проблем промышленной экологии Севера (ИППЭС). Так было положено начало научному эксперименту, когда специалисты различных научных направлений экологического профиля были объединены для решения общей цели: разработать научные основы экологической оптимизации природопользования на Севере на примере Кольского п-ова как наиболее урбанизированного развитого горно-металлургического региона Крайнего Севера России.

Стратегией научной деятельности Института является разработка научных основ экологической оптимизации природопользования в промышленно развитых регионах Севера, в том числе:

- определение допустимых нагрузок на наземные и водные экосистемы в условиях антропогенного воздействия предприятий горно-перерабатывающих комплексов;
- оценка и долгосрочное прогнозирование возможных изменений экологических и природно-хозяйственных систем при различных сценариях природопользования и глобальных изменениях природной среды и климата;
- создание экологически обоснованных технологий освоения и переработки минерально-сырьевых и углеводородных ресурсов;
- разработка научных основ восстановления техногенно-нарушенных ландшафтов;
- информационное обеспечение исследований по состоянию окружающей среды и прогноз ее изменений с помощью математического моделирования.

Приоритетным направлением исследований Института является изучение антропогенной трансформации биогеохимических циклов различных элементов как научной основы анализа состояния и прогноза развития арктических экосистем.

Для достижения указанной цели перед Институтом была поставлена задача развития следующих основных научных направлений:

1. Изучение закономерностей структурно-функциональной организации биосферы Севера как единства образующих ее экологических и природно-хозяйственных систем в условиях одновременного воздействия как антропогенных (техногенных), так и экстремальных природных факторов.

2. Оценка и долгосрочное прогнозирование возможных изменений экологических и природно-хозяйственных систем при различных сценариях природопользования.

3. Оптимизация природопользования путем управления уровнем техногенного воздействия промышленных выбросов на среду обитания при одновременном развитии технологии рекуперации отходов потребления.

Плотность населения в расположенной вдоль железных дорог с севера на юг «индустриальной части» Мурманской области составляет около 19 чел/км<sup>2</sup>, что несвойственно северным территориям РФ, где плотность населения обычно составляет 1-2 чел/км<sup>2</sup>.

Отсюда следует, что антропогенная нагрузка на ограниченной территории компактного проживания населения Мурманской обл. значительно превышает таковую на других северных территориях. Аналогичная ситуация наблюдается в Норильском промышленном узле (Красноярский край). В пределах Мурманской обл. можно выделить два типа северных территорий – фоновую и промышленную природопользования [23]:

#### ***Фоновое природопользование***

1. Территории традиционного природопользования (оленьеводство, рыболовство, другие промыслы), которыми занимается коренное население (восточные и северо-восточные районы Кольского п-ова).

2. Сельскохозяйственные территории. Основная специализация сельского хозяйства области – животноводство и птицеводство, на долю которых приходится более 80% объема продукции сельского хозяйства региона.

3. Лесозаготовительные территории. Рубки сплошными лесосеками оказывают негативное воздействие на природу, приводя к обезлесению из-за ветровой эрозии, медленного прироста древесины, подверженности вырубкам и гарей заболачиванию.

#### ***Промышленное природопользование***

Промышленные комплексы, среди которых выделяются:

предприятия, добывающие и перерабатывающие комплексные руды цветных металлов, являющиеся до сих пор главными загрязнителями воздушной среды, водных объектов и наземных экосистем. Наблюдаются признаки глубокой деградации ландшафтов на больших территориях (комбинаты “Североникель”, “Печенганикель”);

комплекс по добыче и переработке апатито-нефелиновых руд, формирующий обширную зону загрязнения, особенно для водных объектов;

комплексы по добыче редкометалльных, железных руд, слюд с более компактным размещением предприятий.

На территории Мурманской обл. эффекты негативного влияния антропогенных нагрузок обнаружены во всех экосистемах. В последние годы, несмотря на снижение объемов производства горно-металлургического комплекса, экологическая ситуация улучшается крайне медленно.

Нельзя утверждать, что все экосистемы находятся в критическом состоянии. Объективно можно констатировать проявление кризисных явлений на отдельных территориях, вблизи (30-40 км) крупных источников загрязнения окружающей среды, и в первую очередь, от предприятий цветной металлургии. Поэтому пространственное распределение различной степени нарушенности экосистем (например, почвенных, северотаежных лесов, пресноводных) носит мозаичный характер.

Тем не менее, существует реальность незатухающего развития деградации природных систем, развивающейся вблизи мощных источников загрязнения на соседние экосистемы за счет цепной реакции на экосистемном уровне.

К числу опасных аспектов, определяющих неустойчивость региональных экосистем, относятся:

1. Использование возобновляемых ресурсов в таких масштабах, которые превосходят способность природы к самовосстановлению.

2. Дальнейшее уменьшение биоразнообразия, обусловленное усиливающимся антропогенным давлением на природные экосистемы.

3. Расширяющиеся масштабы закисления окружающей среды, изменения климата и круговорота воды, изменения биопродуктивности, причины которых лежат в нарушении естественных биогеохимических круговоротов.

По мере развития хозяйственной деятельности человека с ее масштабностью и темпами роста все большую актуальность приобретает проблема рационального использования природных ресурсов и поддержания здоровой окружающей среды. Решение проблемы – создание производств без выбросов. Такие производства предусматривают систему технологических процессов, которые обеспечивают комплексное

использование сырья и энергии, с тем, чтобы в рамках разумной достаточности и допустимого экологического риска обеспечить удовлетворение потребностей человека.

Для Кольского п-ова такими путями являются: комплексная переработка сырья; создание бессточных и замкнутых систем водопотребления; разработка и создание территориально-промышленных комплексов в замкнутой структуре материальных потоков сырья и отходов.

Создание безотходных производств относится к сложному и длительному процессу, требующему значительных материальных и финансовых затрат и консолидации на территории региона усилий частного капитала различных корпораций.

Паллиативным решением указанной проблемы может стать совершенствование действующих производств и создание малоотходных производств.

Наряду с разработкой технологических подходов к решению экологических проблем региона необходимо разрабатывать и активно реализовывать природоохранный подход – выявление механизмов, которые способны противодействовать деградации окружающей среды в условиях существующих антропогенных нагрузок.

К механизмам такого рода относятся следующие: 1) оценка воздействия на окружающую среду отдельных субъектов хозяйственной деятельности с последующим переходом к стратегической экологической оценке территорий и региона в целом; 2) поддержание функционирования природных экосистем; 3) создание экологически обоснованных технологий, в том числе, для восстановления нарушенных экосистем; 4) расширение особо охраняемых природных территорий и рекреационных ресурсов как «экологического скелета» территории, предотвращающего цепные реакции деградации на экосистемном уровне; 5) экологическое образование, воспитание и просвещение.

Наиболее уязвимыми и менее защищенными из природных ресурсов Кольского Севера являются водные ресурсы.

**Причины уязвимости водных ресурсов Севера.** На сегодняшний день при высокой количественной обеспеченности Мурманской обл. водными ресурсами возникает проблема их качественного истощения. Исследования ИППЭС показали, что основные причины такого неблагоприятного положения с качеством вод рек и озер на Кольском п-ове следующие:

- Аккумуляция атмосферных выпадений в снежном покрове, включая загрязняющие вещества, происходит в течение длительной полярной зимы (6-8 месяцев).

- Низкие среднегодовые температуры воздуха ослабляют процессы водной эрозии, а неразвитость почвенного покрова делает геохимический состав подстилающих пород определяющим фактором в формировании гидрохимии поверхностных вод. Условия избыточного увлажнения обуславливают низкую минерализацию и олиготрофный характер вод, поэтому даже незначительные изменения геохимии водосборов быстро нарушают ионное равновесие.

- Миграционная способность загрязняющих веществ с водосбора высока, их циркуляция в водоемах продолжительна, процессы биодеградации и захоронения замедлены, а токсичные воздействия в слабоминерализованных водах много выше. Низкое видовое разнообразие и короткие пищевые цепи способствуют быстрому продвижению токсичных компонентов к конечным продуцентам – рыбам и, соответственно, их потребителям.

- Глубокие изменения всей водосборной системы подтверждают устойчивые тренды снижения щелочности и нарастания сульфатов в крупных реках: при сохранении существующей нагрузки к 2020 г. щелочность может достигнуть нуля.

- Антропогенное эвтрофирование характерно для малых озер и участков, куда поступают хозяйственные и сельскохозяйственные стоки.

- В условиях развития кислородного дефицита в период длительной полярной зимы усиливается диффузия металлов из донных отложений и формируется высокий градиент их концентраций.

Экологическое нормирование – ключевая проблема в формировании системы экологической безопасности. Требуется новый подход к оценке качества вод и определению допустимых нагрузок на поверхностные воды. Как было показано, в регионах арктического бассейна даже соблюдение ПДК по отдельным параметрам не обеспечивает требуемое качество вод и не защищает водные сообщества от деградации [39]. Нормирование нагрузок должно основываться на: 1) знаниях природных условий региона и водных объектов; 2) особенностях поведения и превращения всего комплекса загрязняющих веществ в конкретных условиях водоема; 3) обосновании биологических критериев ранней диагностики нарушений на различных уровнях организации водных экосистем; 4) определении реальных критических уровней комплексного загрязнения вод и их экотоксикологических последствий.

Для ограничения воздействия существующих и планируемых горно-обогатительных и металлургических производств на Севере, рекомендуется использовать следующие рабочие инструменты: 1) критические уровни комплексного загрязнения вод стоками горно-металлургических производств в совокупности с коммунальными выбросами; 2) критические нагрузки кислотообразующих веществ; 3) экологический риск выпадения металлов.

**Критические нагрузки (CL) по фактору закисления.** Для определения критических нагрузок для вод Кольского региона в ИППЭС была адаптирована методика A.Henriksen [55, гл. 3], основанная на принципе

равновесного состояния химического состава вод и их способности к нейтрализации сильных кислот при сохранении определенного запаса буферной емкости, предотвращающей экосистему от деградации –  $ANC_{limit}$ .

По данным широкомасштабных исследований озер, выполненных в 1995 г. на Кольском Севере, низкие значения  $CL < 20$  экв/м<sup>2</sup>год (или  $< 0.3$  г S/м<sup>2</sup>год) встречаются более, чем на 50% изученной территории. Превышение  $Cl_{ex}$  наблюдалось на 30% территории – в северо-западном и центральном районах, где расположены металлургические комплексы и отмечается высокий уровень выпадения сульфатов, а также в северо-восточном районе, где нагрузка сульфатов значительно ниже, но уязвимость территории высокая.

Вместе с тем, принятый уровень запаса буферной емкости может быть быстро исчерпан, особенно в условиях высоких кислотных нагрузок, которые существуют на Кольском Севере [38]. В геохимических провинциях высокий вклад в формирование токсичности среды вносит фактор высвобождения ионных форм металлов [40], что обусловило необходимость разработки интегрального показателя, отражающего совместные эффекты как кислотного фактора, так и токсичного воздействия тяжелых металлов.

Эти работы получили дальнейшее развитие в лаборатории водных экосистем ИППЭС (зав. лаб. д.б.н. Н.А.Кашулин) в последующие годы в направлении разработки теоретических основ нормирования антропогенного воздействия на водные экосистемы Севера, палеоэкологической реконструкции и прогноза глобальных изменений природной среды и климата Севера. Решаются следующие задачи:

1. Выявление особенностей формирования качества поверхностных вод в условиях воздействия горнодобывающих и перерабатывающих комплексов различного типа, интенсивности в различных геологических условиях.

2. Оценка среднесрочных уровней аэротехногенной нагрузки на водосборы, выявление биологических эффектов антропогенного воздействия различных типов.

3. Выявление особенностей формирования биологического разнообразия водоемов Кольского п-ова в условиях ландшафтного разнообразия и различных видов антропогенного воздействия.

4. Разработка методов биологической индикации процессов антропогенной трансформации пресноводных экосистем.

5. Разработка и развитие методических подходов реконструкции прошлых климатических и экологических условий по результатам анализа химического состава донных отложений, сообществ диатомовых водорослей и хирономид.

К основным достижениям ИППЭС по изучению водных экосистем можно отнести следующие [3-9, 21, 25-27, 38, 40-44, 49-52, 56, 57, 59-61]:

- Уточнен видовой состав и установлена структура рыбных сообществ ряда водоемов Кольского п-ова, расположенных вне зоны прямого влияния горнопромышленных комплексов. Получен ряд биологических характеристик ихтиофауны эталонных водоемов региона, которые могут быть основой биоиндикации техногенного загрязнения поверхностных вод.

- Исследованы долговременные изменения структуры популяции сигов *Coregonus lavaretus* под воздействием малых (фоновых) доз загрязнения субарктического водоема выбросами металлургического комбината.

- Впервые определен современный статус популяций речной жемчужницы *Margaritifera margaritifera* в реках северо-запада Кольского п-ова и установлена его зависимость от качества вод.

- Выявлены закономерности изменения таксономической структуры палеокомплексов хирономид (*Diptera: Chironomidae*) позднего плейстоцена в связи с изменениями климата и северной границы произрастания древесной растительности на Севере России. Предложены методы реконструкции изменений природной среды в субарктических и арктических регионах России в позднем плейстоцене.

- Выявлены особенности пространственного (латерального) и вертикального распределения радионуклидов в донных отложениях открытых водоемов, расположенных в районе редкометалльных месторождений; показана вероятность миграции радионуклидов в водоемы с рудников и хвостохранилищ.

- Сформировано представление о механизмах формирования качества вод и донных отложений арктических водоемов под влиянием различных по характеру антропогенных факторов - тяжелых металлов, минеральных солей, биогенной нагрузки, сбросных вод АЭС.

- На примере Кольского региона разработана теория и методология влияния природных локальных факторов на процессы осаждения загрязняющих веществ из атмосферы на подстилающую поверхность. Определены количественные характеристики процессов вымывания из атмосферы сульфатов, никеля, меди снегом и дождем.

- Впервые на примере модельной субарктической озерно-речной системы показано влияние природных и антропогенных факторов на современное состояние и долговременную сукцессию сообществ диатомовых водорослей озерных экосистем со сходными условиями формирования качества вод в условиях промышленного загрязнения различного типа и интенсивности.

- Впервые определен видовой состав фитопланктона и фитоперифитона водоемов горно-тундровой области и показана его зависимость от техногенных нагрузок.

Из комплексных исследований последних лет следует отметить работу по совместному влиянию антропогенных и природных факторов на состояние водных экосистем, в частности, на зоопланктон [63].

На основе анализа долговременной (1990-2003 гг.) динамики природных и антропогенных факторов впервые показано, что наряду с техногенным загрязнением солнечная активность (главным образом, УФ-радиация) является важным дополнительным фактором, воздействующим на динамику зоопланктонных сообществ пресноводных экосистем высоких широт.

**Исследования наземных экосистем.** С целью исследования структуры и функций наземных экосистем Севера, в том числе биогеохимических циклов элементов и динамики органического вещества в бореальных лесах, разработки методологии и методов мониторинга, рационального использования и восстановления лесов и техногенно нарушенных ландшафтов в ИППЭС по инициативе проф., д.б.н. В.В.Никонова было создано научное направление (лаборатория Наземных экосистем), в дальнейшем получившее развитие (зав. лаб. к.с.-х.н. Л.Г.Исаева), охватывающее следующий круг задач:

1. Разработка концепции разнообразия лесных экосистем на северном пределе распространения и взаимосвязей между разнообразием местообитаний и биоразнообразием (Кольский п-ов), основанная на анализе комплексного воздействия природных и антропогенных факторов, определяющего сукцессионные ряды лесообразовательного процесса.

2. Организация и развитие мониторинга лесных экосистем в соответствии с методологией международной программы ISP Forest и с учетом специфики лесов Севера.

3. Развитие теории биогеохимического круговорота.

4. Разработка концепции питательного режима бореальных лесов.

5. Разработка концептуальной модели повреждения и восстановления лесов на основе параметров питательного режима.

6. Разработка системы устойчивого управления лесами Мурманской обл. с учетом принципов Монреальского и Хельсинского процессов.

7. Создание научных основ формирования системы особо охраняемых территорий в контексте территориальной организации Баренцева Евро-Арктического региона.

На территории Кольского п-ова под руководством профессора, д.б.н. В.В.Никонова в начале 1990-х годов создана и успешно функционирует сеть биогеохимического мониторинга в зонах влияния крупнейших в Европе медно-никелевых комбинатов. Регулярно собираемая информация характеризует состояние экосистем 4 полигонов: Мончегорского, Ковдорского, Кандалакшского и Печенгского. В настоящее время разработана методология и ведется постоянный мониторинг лесных экосистем, адаптированный к специфике Мурманской обл. на постоянно действующей сети биогеохимического мониторинга. Три мониторинговые площадки 2-го уровня интенсивного наблюдения созданы и действуют по методике международной программы ICP-Forests.

Экспедиционные исследования по изучению биоразнообразия и разнообразия местообитаний лесов Европейского Севера для выявления взаимосвязей между биологическим разнообразием и ведущими природными факторами проводятся с 1999 г. Исследуются старовозрастные леса на территории Кольского п-ова, Карелии, Валдая, Вологодской области, Республики Коми, в том числе и в государственных заповедниках: Лапландском биосферном, Кандалакшском, «Кивач», Костомукшском, Печоро-Илычском и Валдайском национальном парке.

В лаборатории наземных экосистем применяются передовые методы химического анализа с использованием современных высокоточных и высокочувствительных приборов. Методы определения элементного состава и функциональных групп дополнены исследованиями низкомолекулярных органических соединений на основе высокоэффективной жидкостной хроматографии. Разработанные методики позволяют определять как биогенные, так и техногенные органические соединения в растительном сырье, почве, почвенных водах, донных отложениях и открытых водоемах.

К основным достижениям ИППЭС по изучению наземных экосистем можно отнести [1-3, 6-8, 22, 28-32, 45-48, 53, 58, 62, 64]:

- Сформировано представление о дигрессионных сукцессиях в бореальных лесах, подверженных воздушному промышленному загрязнению кислотообразующими веществами и соединениями тяжелых металлов. На основе многочисленных данных, полученных в полевых и лабораторных экспериментах, выявлены тенденции изменения кислотности и питательного режима еловых лесов. Разработаны научные основы и подходы к восстановлению нарушенных территорий в результате негативного воздействия медно-никелевых комбинатов.

- Выявлены взаимосвязи между параметрами ростовых процессов (морфометрические характеристики) и содержанием элементов минерального питания в хвое ели сибирской в процессе дигрессионной сукцессии, вызванной воздушным загрязнением медно-никелевого производства.

- Приведена характеристика основного состава и свойств водорастворимого органического углерода вод подзолов северотаежных лесов.

- Проведены исследования фенольных компонентов хвои и побегов *Picea abies* (L.) Karst. для использования фенольных соединений в качестве биомаркеров, откликающихся на климатические и экологические изменения окружающей среды. Идентифицированы новые фенольные соединения для хвои *Picea abies*, представляющие интерес для биохимии и хемотаксономии вида.

- Проведены комплексные исследования по содержанию полифенолов и поступлению мономерных фенольных форм в почву при разложении опада и подстилки различного происхождения в ельниках зеленомошных Кольского п-ова. Дан анализ связей между содержанием общих фенолов и углерода, азота, фосфора, серы и металлов, а также между темпами потери общей массы и фенолсодержащих компонентов и климатическими факторами на ранних этапах разложения растительного опада и подстилки различного происхождения в еловых лесах (*Picea obovata* Ledeb.).

- Изучены природные факторы формирования низкомолекулярных органических кислот в атмосферных выпадениях и почвенных водах сосновых и еловых лесов Мурманской обл.

- Изучена урожайность ягод дикорастущих растений в многолетнем тренде (период 1964-1999 гг.) и дан анализ особенностей плодоношения брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.), черники (*V. myrtillus* L.), вороники (*Empetrum hermaphroditum* Haheг.) и морошки (*Rubus chamaemorus* L.) в хвойных лесах, горной тундре и болотных сообществах в центральной части Мурманской обл. Выявлены оптимальные условия для плодоношения и показана средняя многолетняя урожайность ягод дикорастущих растений по растительным сообществам.

- Выявлен видовой состав афиллофороидных грибов на разных стадиях послепожарных сукцессий в еловых лесах Мурманской обл. Определены грибы-индикаторы и доминанты афиллофороидных грибов в ельниках с разной давностью пожара.

- Изучены и впервые для Мурманской обл. представлены данные по видовому разнообразию лишайников на основе полной ревизии всех доступных гербарных образцов России и Финляндии, с учетом литературных источников (1139 видов из 278 родов, включая 1029 видов лишайников, 86 видов лишайниковых грибов и 24 вида сапрофитных грибов). Введены 3 новых номенклатурных комбинации для родов *Miriquidica* и *Rhizocarpon*. Подготовлены и опубликованы сведения по видовому разнообразию для 8 биогеографических провинций Восточной Фенноскандии.

- Разработана концепция формирования территориального кадастра биологических ресурсов Мурманской обл.: 1) составление реестров растительного и животного мира; 2) выбор учетной территориальной единицы; 3) использование водосборного бассейна как учетной территориальной единицы; 4) разработка структуры и наполнение паспорта территориального кадастра биологических ресурсов Мурманской обл.

- Разработана «Концепция развития особо охраняемых природных территорий Мурманской области на период 2005-2020 годов» и на ее основе – «Программа развития особо охраняемых природных территорий Мурманской области на период 2005-2008 годов». Определены пути территориальной охраны природы для достижения оптимального уровня биотической регуляции окружающей среды, даны обосновывающие их современные теоретические представления и проведен анализ их применения для развития особо охраняемых природных территории в Мурманской обл. Подготовлены и включены предложения в Лесной план Мурманской обл. на период 2009-2018 гг. (с картографическим материалом и обоснованием) по развитию сети особо охраняемых природных территорий в лесном фонде.

**Исследования по промышленной экологии.** Лаборатория экологии промышленного производства (зав. лаб., к.т.н. А.П.Зосин) в составе ИППЭС была создана с целью разработки концепции и технологий экологически чистого природопользования в условиях высокоширотных районов Севера России и Фенноскандии. Основное направление исследований лаборатории – создание адсорбционно-активных материалов на основе твердеющих минеральных дисперсий (ТМД-материалы) и местного минерального сырья для решения задач природопользования [4, 5, 9, 21, 25, 26, 43, 44, 50-52].

Создание класса твердотельных материалов, которые обладают адсорбционной активностью, развитой пористой структурой, прочностью и необходимым составом, позволяющим после их отработки в цикле очистки использовать исходное сырье в других технологических циклах, включая гидрометаллургическую переработку (селективное выщелачивание), позволяет проводить их иммобилизацию в природной среде. Таким новым классом адсорбентов являются предложенные ИППЭС технические адсорбенты-материалы на основе коагуляционно-конденсационных структур твердения высококонцентрированных минеральных дисперсий.

На основании результатов исследований Института также предложен принцип постепенности перехода к устойчивому природопользованию: на первом этапе – обезвреживание экологически опасных компонентов выбросов и сбросов и кондиционирование твердых отходов действующих предприятий для обеспечения их повторного использования в будущем; на втором – переход на новые низкопотенциальные процессы движения материи с получением в течение определенного времени иного по качеству природного сырья (т.е. процессы, моделирующие выветривание в сочетании с адсорбционным концентрированием).

Основными загрязняющими компонентами сточных вод предприятий медно-никелевой промышленности являются катионы цветных металлов. Для адсорбции катионов неорганическими адсорбентами необходима нейтральная или слабощелочная среда. При выборе твердеющей минеральной композиции для синтеза сорбентов катионов цветных металлов необходимо исходить из систем, в состав которых входят дисперсионные среды, позволяющие получать при твердении оксигидраты, алюмосиликаты и гидратированные оксиды. Этим требованиям удовлетворяют магнезиально-железистые стекла-шлаки, способные вступать в реакцию взаимодействия с растворами щелочей как ультраосновные ортосиликаты с невысокой стойкостью в щелочных растворах.

Шлаки руднотермической и обеднительной плавок медно-никелевых предприятий, подвергнутые водной грануляции, представляют собой стекла черного цвета, по гранулометрии близкие крупной песчаной фракции, по

составу на 95-97% состоящие из Mg-Fe-стекла. Гидрохимические исследования выветривания показали что шлаковое стекло способно гидратироваться при грануляции и при обработке паром. Оно неустойчиво в разбавленных растворах соляной и серной кислот, гидроксида натрия и даже углекислого натрия. Mg-Fe-шлаки цветной металлургии относятся к кислым с оптимальной гидравлической активностью при сульфатно-щелочной активации и твердении в гидротермальных условиях. Наиболее эффективными активаторами твердения в технологии вяжущих материалов являются оксиды щелочных и щелочноземельных металлов.

В качестве дисперсионной среды ИППЭС были выбраны растворы оксида и силикатов натрия. Свойства растворов силикатов натрия определяются подвижностью и гидратацией катиона натрия и полимеризацией кремнекислородных анионов.

Фазовый состав вяжущего (цемента) обуславливает полифункциональные свойства ТМД-адсорбента на его основе. Механизм адсорбции определяется как ионным обменом, так и хемосорбцией за счет образования труднорастворимых соединений.

Изучение адсорбционных свойств показало, что процесс сорбционной очистки может успешно осуществляться в динамическом режиме в проточных колонках при линейной скорости фильтрации очищаемого раствора 4 м/ч и времени контакта адсорбент-раствор не менее 20 мин. при температуре от 0 до 50°C. В указанном режиме адсорбции было изучено декатионирование растворов от катионов тяжелых цветных металлов, цинка, ртути и радионуклидов. Изучалась сорбция многокомпонентных растворов.

Отработанный до насыщения адсорбент можно использовать в промышленности как руду для последующей переработки, так как концентрация металлов в насыщенном сорбенте выше, чем в добываемой руде.

Испытания показали высокую эффективность адсорбента и при очистке от радионуклидов сильноминерализованных технологических растворов: ТМД-адсорбент по его сорбционной емкости в сочетании с прочностными и коррозионными характеристиками может быть рекомендован для иммобилизации радиоактивных отходов с целью последующего захоронения в виде бетонов.

Разработаны алюминий-, титан-, цирконийсодержащие ТМД-адсорбенты в системе: кислотонеустойчивое минеральное сырье (или отходы) – раствор кислоты. Технология включает: помол минерального сырья до заданной величины поверхности (0.19-0.30 м<sup>2</sup>/г); приготовление раствора кислоты; смешение компонентов дисперсии в определенных соотношениях Т/Ж > 3/1; грануляцию полученной дисперсии; термолит при температуре 110-130°C в течение 20-60 мин., адсорбционную емкость 1.0-1.2 мг-экв/г.

Алюминийсодержащие адсорбенты синтезированы в системе: нефелинсодержащее сырье (>40 масс. % нефелина) – раствор соляной кислоты и хлористого кальция. Новообразования представлены аморфной фазой, состоящей из гидратированных оксидов кремния и алюминия, оксигидрохлорида алюминия – Al<sub>6</sub>O<sub>14</sub>H<sub>10</sub>НCl, гидросиликатов кальция – CaO<sub>2</sub>SiO<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O.

Титансодержащие адсорбенты синтезированы в системе: сфеновый концентрат – раствор серной кислоты. Новообразования представлены аморфной фазой, в состав которой входят гидратированные оксиды кремния, титана и алюминия, обусловленного наличием в сфеновом концентрате нефелина, гипсом – CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, дисиликатом кальция – CaO<sub>2</sub>SiO<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O.

Цирконийсодержащие адсорбенты синтезированы в системе: эвдиалитовый концентрат – раствор серной кислоты. Состав продуктов твердения представлен гидроокисолями циркония, двуводным сульфатом кальция и аморфной фазой, состоящей из гидратированных оксидов кремния и алюминия.

Предложены способы утилизации отработанных ТМД-адсорбентов путем повторного использования их после помола в качестве исходного сырья для последующего синтеза адсорбентов, допускается их трехкратный оборот в составе дисперсии для получения адсорбентов. Новообразования отработанных адсорбентов, представленные кристаллохимически устойчивыми минеральными фазами, можно использовать в составе пассивных или твердеющих закладочных смесей при подземной обработке месторождений.

Определены области применения ТМД-материалов:

адсорбционная очистка поверхностных и шахтных вод от ряда катионов и анионов; взвешенных частиц, растворенных нефтепродуктов;

адсорбционно-активная добавка к смесям для закладки отработанных пространств подземных выработок с целью снижения концентрации солей в шахтной воде и повышения прочности закладочного бетона;

закрепление пылящих поверхностей хранилищ нефелинсодержащих хвостов обогащения.

На примере фосфор-, алюминий- и никельсодержащего минерального сырья сложного по минералогическому составу показана перспективность применения ТМД-продуктов в технологии его переработки с целью селективного выщелачивания целевых компонентов P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, NiO, CuO, CoO в стационарном или движущемся слое адсорбента.

Все это позволяет наметить пути решения ряда сложных геоэкологических научных проблем, связанных с устойчивым экологически чистым природопользованием.

К достижениям ИППЭС последних лет в области промышленной экологии следует отнести следующие:

1. Предложен и апробирован минеральный адсорбент-катализатор для кондиционирования питьевой воды от катионов железа и марганца.

В качестве носителя каталитически активных групп использованы минеральные породы, содержащие соли слабых кислот и слабых оснований, а в качестве закрепленных каталитически активных центров – металлоорганические комплексы переходных металлов. Степень очистки питьевой воды достигает 99.9% с исходной концентрацией

катионов железа в очищаемой воде до 9-10 мг/л при чувствительности методов анализа  $10^{-4}$  мкг/дм<sup>3</sup>. Исследован механизм очистки воды, заключающийся в окислении железа (II) до железа (III), выделении оксигидратной твердой фазы и соосаждении примесей марганца и других металлов. Разработана промышленная технология адсорбента-катализатора.

2. Разработана технология минерального фтор-селективного адсорбента на основе нефелинсодержащего минерального сырья для очистки сточных и шахтных вод от фтора.

Для синтеза адсорбента, активного по отношению к фтор-иону, предложены щелочные алюмосиликатные минеральные породы. Сорбционно-активные центры сорбента, селективные к фтор-иону, формируются в процессе синтеза на основе оксигидратных алюминийсодержащих комплексов. Исследована степень очистки воды при различных концентрациях. При исходной концентрации фтор-анионов в очищаемой воде до 20 мг/л очищенная вода содержит фтор-иона менее 0.7 мг/л. Механизм очистки воды заключается в связывании фтор-иона твердой фазой адсорбента с одновременным снижением взвешенных частиц в очищенной воде от 20 до 0.5-1.0 мг/л. Разработана технология фтор-селективного адсорбента и проведена опытная проверка на реальных сточных водах.

3. Разработана бессточная технология синтеза тонкослойных оксигидратных титановых адсорбентов на основе кислотонестойкого сфенсодержащего минерального сырья для очистки технологических стоков предприятий по переработке радиоактивных отходов.

В качестве матрицы для синтеза тонкослойного гранулированного адсорбента, активного в процессах обезвреживания радиоактивных технологических стоков, предложен сфеновый концентрат, получаемый при переработке апатит-нефелинового сырья Хибинского месторождения. В процессе синтеза в качестве сорбционно-активных центров сформированы наночастицы оксигидратных Ti-содержащих комплексов, а в качестве связки при формировании гранул выступает алюмокремнегель, образующийся при кислотной обработке сфенового концентрата в условиях дефицита жидкой фазы. Проведены укрупненные лабораторные испытания синтезированного адсорбента на реальных технологических стоках одного из предприятий по переработке радиоактивных отходов Мурманской обл. При исходной активности по <sup>137</sup>Cs до 40 КБк/л технологического стока степень его очистки достигает 95.0%.

Из работ ИППЭС в области моделирования экологических процессов важно отметить применение метода физико-химического моделирования в комплексе с другими методами экологического профиля. Эти работы развиваются под руководством к.х.н. С.И.Мазухиной и позволяют решить широкий круг задач, включая реконструкцию первичного состава природных вод в ассоциации с равновесной газовой фазой, которая обычно теряется при отборе водных проб [24, 33-37].

1. Впервые проведено детальное исследование гипергенных преобразований минералов сульфидсодержащих хвостохранилищ Кольского п-ова, включая геоэкологические исследования техногенных объектов и их физико-химическое моделирование.

Установлено, что вследствие гипергенных процессов происходит перераспределение соотношений силикатной и сульфидной форм никеля в пользу первой. Результаты физико-химического моделирования системы «вода-порода-атмосфера» методом минимизации свободной энергии Гиббса (ПК «Селектор») термодинамически подтвердили возможность перехода никеля в силикатную форму. Экспериментально определенное содержание никеля в составе поровых вод растворов существенно выше ПДК, хотя pH поровых растворов выше 8, что свидетельствует об экологической опасности не только кислых, но и щелочных вод, контактирующих с никелем в силикатной форме в хвостохранилищах.

2. Проведено комплексное физико-химическое, палеоэкологическое и гидробиологическое исследование озер Пай-Куньявр (Гольцовое) и Б.Вудьявр, расположенных в пределах Хибинского горного массива, одно из которых Пай-Куньявр (Гольцовое) взято как модельный «условно фоновый» водоем, другое (Б.Вудьявр) испытывает техногенное воздействие предприятий горно-промышленного комплекса.

Палеоэкологические и гидробиологические исследования показали, что с начала освоения Хибин оз.Б.Вудьявр претерпело качественные и количественные изменения видового состава фито- и зоопланктона и снижение уровня техногенной нагрузки не изменяет негативный характер этого воздействия. Но эти исследования лишь косвенно отражают качество вод водоема, которое зависит от величины pH, наличия взвесей, содержания кислорода.

3. В многолетнем цикле изучено формирование химического состава поверхностных, придонных вод оз.Имандра и поровых вод седиментов под воздействием стоков апатитового производства.

Модель адекватно отражает процессы, происходящие в поверхностных, придонных и поровых водах губы Белой в периоды снижения и возрастания объемов производства. Результаты моделирования удовлетворительно совпадают по концентрациям макрокомпонентов и значениям pH с интервалами значений, полученных химико-аналитическими методами.

4. Доказана возможность прогноза химического состава водной среды в зависимости от химического состава и объема стоков апатитнефелиновой обогатительной фабрики ОАО «Апатит» в масштабе реального времени (годовых циклов).

Физико-химическим моделированием показано, что при постоянном объеме стоков начиная с 1998 г. (40 млн м<sup>3</sup>/год) концентрации Na<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> через 10 лет увеличатся в 1.5 раза в поверхностных водах при соответственном росте концентраций K<sup>+</sup>, F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> и значений pH. Увеличение объема стока в 1.5 раза (60 млн м<sup>3</sup>/год), начавшееся с 2001 г., приведет состояние губы Белой через 10 лет к состоянию деградации водоема, имевшему место в конце 1980-х годов.



5. Методами физико-химического анализа и термодинамического моделирования (ПК «Селектор») исследованы гипергенные процессы в хвостах обогащения апатит-нефелиновых руд.

Установлено, что в процессе хранения хвостов обогащения апатит-нефелиновых руд происходит их изменение как в результате физического выветривания, так и вследствие гипергенеза. В условиях промывного режима Кольского п-ова наиболее мелкие и легкие частицы и продукты гипергенных преобразований минералов удаляются вниз вследствие суффозионных процессов. Новообразованные фазы представлены слюдами (лепидомелан и либнерит), а также аморфным кремнеземом, оксидами титана, марганца и гетитом. Данные процессы имеют место и при формировании природных кор выветривания, однако в хвостах они значительно более интенсивные, ввиду активации поверхности минералов в процессе измельчения и обогащения.

6. Загрязнение окружающей среды в результате нефтяных разливов привели к необходимости разработки физико-химических моделей, описывающих процесс взаимодействия «нефть-природные воды».

Чтобы успешно моделировать процессы деструкции нефти, список зависимых компонентов модели должен включать следующие компоненты: в водном растворе наряду с основными ионами – алканы (C<33); арены (C6-C20); нафтены (C3-C8); карбоновые кислоты (C<7); растворенные газы CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S и другие неуглеводородные газы. Газовая фаза должна быть представлена также легкими алканами (C<10) аренами и нафтенами. Твердые фазы наряду с минеральными компонентами (окислы, гидроокислы, карбонаты, алюмосиликаты, сульфаты, сульфиды), должны включать тяжелые углеводороды алканы, арены, нафтены и продукты их окисления.

Термодинамические расчеты (ПК «Селектор») показали, что в процессе этого взаимодействия снижается окислительно-восстановительный потенциал жидкой фазы с образованием нафтеновых кислот и их производных. В результате взаимодействия нефти с водами Кольского залива образуются нафтеновые кислоты, их производные и металлоорганические комплексы.

Современный уровень разработки компьютерных технологий расчета результатов взаимодействия природных вод и техногенных стоков достаточно высок. Построение и использование имитационных моделей, определяющих ионный состав вод, значения pH, минеральный состав взвесей, окислительно-восстановительные условия позволяют прогнозировать последствия такого взаимодействия на экосистемы еще на уровне проектирования объектов, техногенные стоки которых будут поступать в природные водоёмы.

Тематика ИППЭС в области охраны окружающей среды достаточно многогранна, однако, можно выделить факторы, которые являются индикаторами здоровья окружающей среды Кольского п-ова:

1. Высокое качество всех экосистем, обеспечивающее здоровье проживающего здесь населения.
2. Высокая рыбопродуктивность водных экосистем, обеспечивающая потребности населения в ценной самовозобновимой белковой продукции.
3. Стабильное функционирование водных и околородных экосистем, обеспечивающее их биоразнообразие, способность к саморегуляции и самоочищению.
4. Эколого-эстетическая привлекательность природных комплексов (зон рекреации), обеспечивающая потребности населения в отдыхе, образовании и духовном обогащении.

Комплексный подход к исследованию природных экосистем Кольского п-ова, реализуемый ИППЭС, позволяет получить объективное представление о процессах их трансформации под воздействием природных и антропогенных факторов, что, в свою очередь, является научной основой нормирования техногенных нагрузок и прогноза развития природных комплексов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Артемкина Н.А., Горбачева Т.Т., Лукина Н.В. Низкомолекулярные органические кислоты в почвенных водах лесов Кольского полуострова // Лесоведение. – 2008. – № 6. – С.37-44.
2. Артемкина Н.А., Рошин В.И. Экстрактивные вещества хвои и побегов *Picea abies* (PINACEAE). 2. П-гидроксиацетофенон-4-О-β-(6'-ацетил)-глюкопиранозид и кемпферол-3-О-β-(3''-ферулоил)-глюкопиранозид в хвое // Растительные ресурсы. – 2005. – Т.41, вып.3. – С.105-111.
3. Артемкина Н.А., Рошин В.И. Экстрактивные вещества хвои и побегов *Picea abies* (PINACEAE). 3. Динамика содержания фенольных соединений // Растительные ресурсы. – 2006. – Т.42, вып.3. – С.66-74.
4. Вандыш О.И. Зоопланктон как индикатор состояния озерных экосистем (на примере субарктического оз. Имандра) // Водные ресурсы. – 2000. – Т.27, № 3. – С.364-370.
5. Вандыш О.И. Влияние закисления на сообщества зоопланктона малых озер горной тундры // Водные ресурсы. – 2002. – Т.29, № 5. – С.554-560.
6. Ганичева С.Н., Лукина Н.В., Костина В.А., Никонов В.В. Техногенная дигрессионная и восстановительная сукцессия в хвойных лесах Кольского полуострова // Лесоведение. – 2004. – № 4. – С.57-67.
7. Горбачева Т.Т., Лукина Н.В., Артемкина Н.А. Динамика содержания фенолов при разложении опада и подстилки в ельниках зеленомошных Кольского полуострова // Лесоведение. – 2006. – № 3. – С.15-23.
8. Горбачева Т.Т., Лукина Н.В. Органический углерод в водах подзолов ельников зеленомошных Кольского полуострова // Лесоведение. – 2004. – № 4. – С.43-50.
9. Даувальтер В.А., Моисеенко Т.И., Кудрявцева Л.П., Сандимиров С.С. Накопление тяжелых металлов в оз.Имандра в условиях его промышленного загрязнения // Водные ресурсы. – 2000. – Т.27, № 3. – С.313-321.
10. Зосин А.П., Приймак Т.И., Авсарагов Х.Б. Использование твердеющих минеральных дисперсий для иммобилизации и размещения жидких радиоактивных отходов в локальных геозенозах // Атомная энергетика. – 1998. – Вып.85, № 1. – С.78-82.
11. Зосин А.П., Приймак Т.И., Авсарагов Х.Б., Кошкина Л.Б. Лабораторные исследования вяжущих материалов для защитных барьеров на основе металлургических шлаков // Геоэкология. – 2000. – № 3. – С.224-228.
12. Зосин А.П., Приймак Т.И., Авсарагов Х.Б., Кошкина Л.Б. // Сорбция и последующая иммобилизация <sup>134</sup>Cs на МЖС-сорбентах // Геоэкология. – 2002. – № 3. – С.245-251.
13. Зосин А.П., Приймак Т.И., Калабин Г.В. Организация экологически безопасного размещения отходов горнопромышленного производства в геозенозах путем использования твердеющих минеральных дисперсий // Геоэкология. – 1999. – № 3. – С.218-226.
14. Зосин А.П., Приймак Т.И. Адсорбционно-активные материалы на основе твердеющих минеральных дисперсий в управлении движением отходами переработки горнородного сырья. – Апатиты, 1999. – 249 с.
15. Зосин А.П., Приймак Т.И., Кошкина Л.Б. Экспериментальное изучение взаимодействия техногенных пылевых выбросов горнодобывающих предприятий с компонентами воздуха (на примере Мурманской области) // Экологическая химия. – 2002. – Т.11, вып.3. – С.157-161.
16. Зосин А.П., Приймак Т.И., Кошкина Л.Б., Маслобоев В.А. Сорбционно-активные материалы на основе кислотнеустойчивого алюмосиликата – нефелина для дефторирования промышленных стоков //

Прикладная химия. – 2005. – Т.78, вып.7. – С.1099-1105. 17. Зосин А.П., Приймак Т.И., Кошкина Л.Б., Шаль Э.Э. Экологические аспекты геохимической трансформации минеральных отходов от переработки сульфидных медно-никелевых руд // Экологическая химия. – 2002. – Т.11, вып.4. – С.192-197. 18. Зосин А.П., Приймак Т.И., Кошкина Л.Б., Калабин Г.В. Экспериментальное моделирование взаимодействия водных растворов с минеральными составляющими хвостов обогащения апатито-нефелиновых руд Хибинского месторождения // Геоэкология. – 1999. – № 2. – С.117-127. 19. Зосин А.П., Приймак Т.И., Сулименко Л.П., Алеев Н.Г. Интенсификация процессов биодegradации нефтепродуктов, аккумулированных на поверхности минеральных субстратов // Экологическая химия. – 2004. – Т.13, вып.2. – С.125-131. 20. Зосин А.П., Самохвалов В.К., Приймак Т.И., Кошкина Л.Б. Оксигидратные сорбенты на основе сфенового концентрата // Экологическая химия. – 2006. – Т.15, вып.1. – С.60-63. 21. Ильяшук Б.П. Реликтовые ракообразные в условиях длительного загрязнения субарктического оз.Имандра (результаты наблюдений за период 1930-98 гг.) // Экология. – 2002. – Т.33, № 3. – С.215-219. 22. Исаева Л. Г., Гавриленко Е. А. Кислотность почв и особенности в ризосфере старовозрастных сосновых лесов Кольского полуострова // Лесоведение. – 2008. – № 5. – С.70-75. 23. Калабин Г.В. Экодинамика техногенных провинций Севера. – Мурманск: Изд. МГТУ, 1999. – 400 с. 24. Калинин В.Т., Макаров В.Н., Мазухина С.И., Макаров Д.В., Маслобоев В.А. Исследование гипергенных процессов обогащения сульфидных медно-никелевых руд // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – № 13. – С.515-519. 25. Кашулин Н.А. Рыбы малых озер Северной Фенноскандии в условиях аэротехногенного загрязнения. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. – 198 с. 26. Кашулин Н.А., Даувальтер В.А., Кашулина Т.Г., Сандимиров С.С., Раткин Н.Е., Кудрявцева Л.П., Королева И.М., Вандыш О.И., Мокротоварова О.И. Антропогенные изменения лотических экосистем Мурманской области. Ч.1: Ковдорский район. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2004. – 247 с. 27. Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амундсен П.А. Рыбы пресных вод субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1999. – 142 с. 28. Лукина Н.В., Горбачева Т.Т., Никонов В.В., Лукина М.А. Пространственная изменчивость кислотности почв в процессе техногенной сукцессии лесных биогеоценозов // Почвоведение. – 2003. – № 1. – С.32-45. 29. Лукина Н.В., Никонов В.В. Биогеохимические циклы в лесах Севера в условиях аэротехногенного загрязнения. В 2 ч. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1996. 30. Лукина Н.В., Никонов В.В. Питательный режим лесов северной тайги: природные и техногенные аспекты. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1998. – 316 с. 31. Лукина Н.В., Сухарева Т.А., Исаева Л.Г. и др. Техногенные дигрессии и восстановительные сукцессии в северотаежных лесах. – М.: Наука, 2005. – 245 с. 32. Лукина Н.В., Никонов В.В., Исаева Л.Г. Кислотность и питательный режим почв еловых лесов // Коренные леса: биоразнообразие, структура, функции. – СПб.: Наука, 2005. – С.215-254. 33. Мазухина С.И., Сандимиров С.С. Моделирование влияния техногенных стоков на озеро Имандра (Кольский полуостров) // Метеорология и гидрология. – 2003. – № 1. – С.83-91. 34. Мазухина С.И., Сандимиров С.С., Королева И.М. Оценка воздействия техногенных стоков на пресный водоем // Экологическая химия. – 2003. – № 12(2). – С.97-104. – 35. Мазухина С.И., Сандимиров С.С. Влияние техногенных стоков на физико-химические характеристики пресноводного водоема // Вестник МГТУ. – 2002. – Т.5, № 2. – С.253-260. 36. Мазухина С.И., Сандимиров С.С. Применение физико-химического моделирования для решения экологических задач Кольского Севера. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. – 108 с. 37. Мазухина С.И., Маслобоев В.А. Физико-химическое моделирование геоэкосистем в условиях неопределенности входной информации // Формирование основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. – С.383-395. 38. Моисеенко Т.И. Закисление поверхностных вод Кольского Севера: критические нагрузки и их превышения // Водные ресурсы. – 1996. – Т.23, № 2. – С.200-211. 39. Моисеенко Т.И. Теоретические основы нормирования антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. – 261 с. 40. Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Родюшкин И.В. Механизмы круговорота природных и антропогенных металлов в поверхностных водах Субарктики // Водные ресурсы. – 1998. – Т.25, № 2. – С.231-243. 41. Моисеенко Т.И., Родюшкин И.В., Даувальтер В.А., Кудрявцева Л.П. Формирование качества вод и донных отложений в условиях антропогенных нагрузок на водоемы арктического бассейна (на примере Кольского Севера). – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1996. – 263 с. 42. Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Родюшкин И.В. Геохимическая миграция элементов в субарктическом водоеме (на примере озера Имандра). – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. – 127 с. 43. Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Кудрявцева Л.П., Ильяшук Б.П., Ильяшук Е.А., Лукин А.А., Сандимиров С.С., Каган Л.Я., Вандыш О.И., Шаров А.Н., Шарова Ю.Н., Королева И.М. Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра / под ред. Т.И.Моисеенко. – М.: Наука, 2002. – 487 с. 44. Моисеенко Т.И., Даувальтер В.А., Ильяшук Б.П., Каган Л.Я., Ильяшук Е.А. Палеоэкологическая реконструкция антропогенной нагрузки // Докл. Академии наук. – 2000. – Т.370, № 1. – С.115-118. 45. Никонов В.В., Лукина Н.В. Биогеохимические функции лесов на северном пределе распространения. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1994. – 315 с. 46. Никонов В.В., Лукина Н.В., Безель В.С. и др. Рассеянные элементы в бореальных лесах. – М.: Наука, 2003. – 616 с. 47. Никонов В.В., Лукина Н.В., Макаров В.Н. Подходы к восстановлению бореальных лесов в условиях воздушного промышленного загрязнения // Труды XI съезда Русского географического общества. – СПб., 2000. – Т.8. – С.244-248. 48. Никонов В.В., Лукина Н.В., Исаева Л.Г., Горбачева Т.Т., Белова Е.А. Восстановление территорий, нарушенных воздушным загрязнением медно-никелевого производства на Кольском полуострове // Инновационный потенциал Кольской науки. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. – С.284-288. 49. Раткин. Н.Е. Методологические и методические аспекты изучения закономерностей аэротехногенного загрязнения импактных территорий (на примере Мурманской области). – Мурманск: Изд. МГТУ, 2001. – С.128. 50. Раткин Н.Е. Применимость метода подсчета концентраций сульфатов, никеля и меди в снежном покрове к геоэкологическим исследованиям // Геохимия. – 2002. – № 2. – С.177-189. 51. Раткин Н.Е. Снежный покров и его роль в количественной оценке аэротехногенного загрязнения подстилающей поверхности // Известия АН. Сер. геогр. – 2002. – № 6. – С.46-54. 52. Решетников Ю.С., Попова О.А., Кашулин Н.А., Лукин А.А. и др. Оценка благополучия рыбной части водного сообщества по результатам морфопатологического анализа рыб // Успехи современной биологии. – 1999. – Т.119, № 2. – С.165-177. 53. Сухарева Т.А., Лукина Н.В. Химический состав и морфометрические характеристики хвои ели сибирской на Кольском полуострове в процессе деградиционной сукцессии лесов // Лесоведение. – 2004. – № 2. – С.36-43. 54. Gorbacheva T.T., Lukina N.V., Nikonov V.V. Modern methods of studying the composition and properties of water in Al-Fe-humus podzols of northern taiga forests // Eurasian Soil Science: Supplementary Issue. – 2002. – V.35, N 1. – P.107-115. 55. Henriksen, A., Kamari, I., Posch M., Wilander A. Critical loads of acidity: Nordic surface waters // AMBIO. – 1992. – N 21. – P.356-363. 56. Ilyashuk B.P., Ilyashuk E.A. Response of alpine chironomid communities (Lake Chuna, the Kola Peninsula, north-western Russia) to atmospheric contamination // J. Paleolimnology. – 2001. – V.25. – P.467-475. 57. Ilyashuk B., Ilyashuk E., Dauvalter V. Chironomid responses to long-term metal contamination: a paleolimnological study in two bays of the Lake Imandra, the Kola Peninsula, northern Russia // Journal of Paleolimnology. – 2003. – V.30, N 2. – P.217-230. 58. Kikuchi R., Gorbacheva T.T. Resistance of organic horizon to acidification of snowmelt in Podzolic land of the Kola Peninsula under natural conditions // J. of Soils and Sediments. – 2005. – N 5(3). – P.143-146. 59. Liljaniemi P., Vuori K.M., Ilyashuk B.P., Luotonen H. Habitat characteristics and macroinvertebrate assemblages in boreal forest streams: relations to catchment silvicultural activities // Hydrobiologia. – 2002. – V.474, N 1-3. – P.239-251. 60. Lukin A., Dauvalter V., Kashulin N., Yakovlev V., Sharov A., Vandysh O. Assessment of copper-nickel industry impact on a subarctic lake ecosystem // The Science of the Total Environment. – 2003. – V.306. – P.73-83. 61. Moiseenko T., L. Kudrjavezva, I. Rodyshkin. The episodic acidification of small streams in the spring flood period of industrial polar region, Russia // Chemosphere. – 2001. – V.42/1, N 362. – P.45-50. 62. Nikonov V.V., Lukina N.V., Polyanskaya L.M., Fomicheva O.A., Isaeva L.G., Zvyagintsev D.G. Population and biomass of microorganisms in soils of Pyrogenic succession in the northern taiga pine forests // Eurasian Soil Science. – 2006. – V.39, N 4. – P.433-443. 63. Shmironov O.I., Kasatkina E.A., Kashulin N.A., Vandysh J.I., Sandimirov S.S. Solar and wastewater effects on zooplankton communities of the Imandra Lake (the Kola Peninsula, Russia) to 2003 // Caspian J. Env. Sci. – 2005. – V.3, N 2. – P.139-145. 64. Urbanavichus G., Ahti T., Urbanavichene I. Catalogue of lichens and allied fungi of the Murmansk Region, Russia // Norrfinia. – 2008. – V.17. – P.1-80.

# ИНТРОДУКЦИЯ РАСТЕНИЙ КАК ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ НАУЧНОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА-ИНСТИТУТА

В.К.Жиров, член-корр. РАН; О.Б.Гонтарь, к.б.н.  
Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А.Аврорина КНЦ РАН

## Аннотация

Рассмотрены вопросы адаптаций растений к условиям высоких широт. Предлагается новый подход к систематизации физиологических реакций растения, позволяющий определить доминирующий тип адаптивной стратегии для конкретного объекта и направление связанных с ним изменений продуктивности на основе анализа изменений физиологического возраста при действии экстремальных факторов окружающей среды в модельных экспериментах.

## Ключевые слова:

*адаптации растений, физиологический возраст, классификация адаптивных стратегий.*

## Abstract

Strategies of plant adaptations to high latitude conditions are discussed. By authors opinion, the choice between active and passive strategy is determined by plant physiological age. A new approach to classification of plant adaptive reaction based on physiological age is proposed.

## Keywords:

*plants adaptations, physiological age, of adaptive strategy classification.*



Интродукция растений является ведущим направлением исследовательской работы в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН (ПАБСИ), как и в подавляющем большинстве ботанических садов. Традиционно процесс акклиматизации растений отслеживается на основе регулярно проводимых фенологических и биометрических наблюдений, многолетние результаты которых представляют большую научную ценность, так как влияние внешней среды на организм растения на макроскопическом уровне опосредуется прежде всего через вариабельность процессов роста и развития. На протяжении многих лет исследования адаптаций растений к экстремальным (в том числе и северным) условиям в разных организациях развивались независимо друг от друга, по-видимому, вследствие недостаточности теоретического уровня соответствующих обобщений [17, 18]. Вместе с тем, давно стала очевидной необходимость их интеграции, которая возможна при условии формирования объединяющей концепции. В интродукционных исследованиях на протяжении последних десятилетий явно ощущается идейный дефицит в отношении изучения физиологических аспектов акклиматизации переселенных растений, а в физиологических – разнообразия интродукционного материала. Идейной основой начального взаимодействия этих направлений при изучении адаптаций интродуцентов может служить классическая «Теория циклического старения и омоложения растений» Н.П.Кренке [27], согласно которой существующее морфологическое и физиологическое разнообразие растений является результатом их возрастной изменчивости, или вариабельности «физиологического возраста» [54]. Эта теория связывает изменчивость формы и функций растительного организма в общей плоскости темпоральных изменений. Подход, используемый Н.П.Кренке, позволяет сопоставлять эффекты вариабельности структур различных иерархических уровней организма растения, и, по существу, является универсальным по отношению к разнообразным растительным объектам, с одной стороны, и неспецифическим – относительно различных действующих факторов внешней среды – с другой.

*Интродукция, устойчивость и адаптации.* Под интродукцией растений большинство авторов понимает целеустремленную деятельность человека по введению в культуру новых видов, сортов и форм или перенос их из природы в культуру [1, 29, 35, 53].

В связи с этим главными задачами интродукции являются: 1) предварительное изучение и выбор исходного материала; 2) его мобилизация; 3) изучение реакций растений на действие факторов новой среды обитания; 4) подведение итогов интродукции [31, 35].

Выполнение двух последних задач традиционно основывается на систематических наблюдениях за сезонным развитием интродуцентов. Поскольку, в конечном счете, успех интродукции определяется акклиматизацией переселенного растения, итоги интродукционного эксперимента могут оцениваться по степени достижения интродуцированным образцом основных физиологических и морфолого-анатомических параметров, присущих ему в естественной среде обитания, включая типичный габитус, вегетативную и генеративную продуктивность и устойчивость в новом месте обитания.

Существует несколько мнений о природе акклиматизации растений. Ряд авторов считает, что происходящие в процессе адаптации изменения относятся к фенотипическому (ненаследственному) уровню [6, 49]. По другим представлениям, процесс акклиматизации связан с изменениями исходного генотипа на протяжении длительных временных периодов [9] и обусловлен геологическими изменениями земной коры, климатическими сдвигами и т.п. [39].

Под устойчивостью понимается способность растений адаптироваться к изменившимся условиям, возможность перехода в новое состояние равновесия [12]. Устойчивость интродуцентов определяется временем поддержания основных морфо-анатомических и физиологических параметров в новых условиях существования, в идеале – при достижении естественной продолжительности жизни. Устойчивость является одной из универсальных характеристик живых систем, начиная с простейших и кончая высшими млекопитающими.

Адаптация в самом широком смысле этого слова представляет собой приобретение организмом свойств, позволяющих ему выживать и размножаться в условиях конкретной среды. Способы, с помощью которых организмы решают проблемы приспособляемости и развития в конкретных условиях обитания, чрезвычайно разнообразны и охватывают все уровни их организации. Термин «адаптация» рассматривается большинством авторов в динамическом смысле. Адаптация – эволюционно возникшее приспособление организмов к условиям среды, выражающееся в изменениях их внешних и внутренних особенностей, а также любое приспособление органа, функции или организма к изменяющимся условиям среды [10]. А.М.Гродзинский и Д.М.Гродзинский понимают адаптацию как «приспособление к изменившимся условиям существования от кратковременных ответных реакций до генетических изменений, закрепленных естественным отбором» [13]. Адаптацию можно рассматривать и как достижение в определенном интервале времени такого соответствия внешней среде, при котором организм обеспечивает оптимальное решение своей главной задачи – выживание в условиях новой среды обитания [4]. Способность к адаптивным модификациям может стать фактором дальнейшей дифференцировки, обеспечивающей в итоге устойчивость организма к действию определенного повреждающего фактора.

*Подходы к общей теории адаптации.* Изучение адаптаций растений в экстремальных условиях является одним из наиболее интересных и важных направлений в современной физиологии, анатомии и морфологии растений. Начиная с 1970-х гг. в их развитии наметились явные тенденции к созданию общей теории адаптивных перестроек растительного организма на различных уровнях его структурной организации. Заметную роль в развитии этих тенденций сыграли исследования механизмов неспецифической устойчивости [37], важные в теоретическом и практическом отношении. Формирование новых представлений об универсальных принципах устойчивости живых систем и ее нарушений под действием неблагоприятных факторов среды отражает общую направленность к синтезу ранее не связанных друг с другом взглядов, что в целом свидетельствует о переходе данной проблемы на более высокий теоретический уровень. В частности, он открывает широкие возможности для использования системного подхода в изучении жизнедеятельности растительного организма и способствует целостному восприятию его структуры и функций.

Однако до сих пор общая теория адаптаций растительных организмов не создана, а существующие концепции о модификациях структур различных (от мембранного до организменного) иерархических уровней практически не связаны друг с другом.

Очевидно, что их интеграция требует обобщений более крупного масштаба. Определенные перспективы в этой связи имеет классическая и к настоящему времени практически (и незаслуженно) забытая теория Н.П.Кренке о циклическом старении и омоложении растений, связывающая их морфологическое разнообразие с возрастной изменчивостью [27]. По мнению Н.П.Кренке, последняя представляет собой универсальный тип структурно-функциональной вариабельности живых систем, играющей роль главного посредника между изменениями параметров их внешней и внутренней сред. Теория циклического старения и омоложения не была закончена вследствие ранней смерти ее автора, однако дополнения (там же) и более поздние комментарии к ней [54] свидетельствуют о том, что проблема, затронутая Н.П.Кренке [27], может относиться не только к структурам органного и организменного, но и других иерархических уровней, и применяться к живым организмам нерастительного происхождения, то есть иметь общебиологическое значение. В существующем многообразии современных концепций, связанных с проблемами стресса и адаптаций растений, в этом плане особого внимания заслуживают представления о свободнорадикальном окислении (СРО) мембранных липидов как универсального механизма стрессовых состояний и старения, а также структурной иерархии ассимилирующего аппарата.

*Свободнорадикальное окисление мембранных липидов.* До начала 1980-х гг. в литературе по физиолого-биохимическим аспектам стресса и адаптаций растений существовали непосредственно не связанные между собой представления о неспецифической устойчивости растений [37], универсальном физиологическом значении процессов свободнорадикального окисления как биохимического механизма стресса [21], а также об адаптивных функциях ненасыщенных липидов в низкотемпературных условиях [76]. В целом, для этого периода было характерным заметное возрастание интереса к биохимическим аспектам проблемы старения [25], благодаря чему она приблизилась к проблеме биологической роли СРО. В то же время в отечественной литературе обозначилась тенденция к системному пониманию функций роста, покоя и старения растений, выразившаяся в представлениях о полифункциональной роли различных гормональных систем [38] и бинарной классификации адаптивных механизмов [22]. По своей логике эти представления имели определенное сходство со взглядами Н.П.Кренке [27], согласно которым классификационной основой существующего многообразия реакций растительного организма является бинарная оппозиция "омоложение-старение", или шкала физиологического возраста [54].

С практической точки зрения, развитие этих исследований было оправдано их непосредственной связью с задачами интродукции и отбора перспективных сельскохозяйственных и других полезных растений, которые особенно актуальны в районах Крайнего Севера, где антропогенная деятельность влечет за собой наиболее негативные экологические последствия. Увеличение разнообразия используемых растительных форм как один из важных путей оптимизации взаимоотношений человека с природой в настоящее время требует привлечения более совершенных методов прогноза устойчивости и продуктивности растений в новых условиях существования. Так как антропогенное воздействие часто приводит к непредсказуемым изменениям внешней среды, решение этой задачи должно быть связано с изучением реакций, отражающих уровень стресса растительного организма или его неспецифическую устойчивость к действию неблагоприятных факторов.

По распространенным представлениям, к реакциям этого рода относится перекисное окисление липидов (ПОЛ), представляющее один из типов СРО биологических молекул и использующее в качестве основных субстратов полиненасыщенные жирные кислоты [11]. Еще более 20 лет назад в литературе был широко представлен фактический материал, подтверждающий идею об универсальном характере ПОЛ как молекулярной основе стресса [69] и старения [66, 70] биологических систем. Кроме того, к тому времени уже были получены данные об участии ПОЛ в изменениях баланса ингибирующих и стимулирующих гормонов [63], что, как известно, играет ключевую роль в адаптациях растений к экстремальным условиям среды обитания. Двойственность физиологических эффектов активации ПОЛ дала основание предполагать, что эти процессы имеют непосредственное отношение к выбору растительного организма между альтернативами повреждения или приспособления, с одной стороны, и между активной или пассивной адаптационными стратегиями – с другой [23].

Учитывая классические представления Н.П.Кренке [27] о возрастной зависимости ответных реакций растительного организма на действие экстремальных факторов внешней среды, а также фундаментальную роль СРО в процессах старения [25], можно было предполагать, что возрастной статус растения оказывает влияние на характер взаимоотношений между составляющими этих оппозиций. Таким образом, изучение роли процессов СРО в формировании патологических и адаптивных реакций на экстремальные условия внешней среды в аспекте возрастной изменчивости представлялось одним из перспективных путей дальнейшего развития концепции неспецифических механизмов повреждения и устойчивости растений.

*Структурная иерархия фотосинтезирующего аппарата.* Выбор фотосинтетического аппарата в качестве основного объекта для изучения неспецифических механизмов стресса и адаптаций растений оправдывается уникальной ролью фотосинтеза в жизни растительного организма. Поскольку наличие именно этой функции определяет принадлежность конкретной биологической системы к растительному миру, существует мнение, что системные механизмы адаптаций растений к неблагоприятным факторам среды связаны, в первую очередь, с модификациями фотосинтезирующих структур.

Во-первых, поскольку трансформация солнечной энергии и ее аккумуляция является основной функциональной особенностью растений, жизнедеятельность любого растительного организма определяется взаимодействием двух противоположных тенденций: первая ориентирована на увеличение интенсивности поглощаемого светового потока, т.е. возрастание продуктивности фотосинтеза, вторая – на ее уменьшение и снижение продуктивности в целях предотвращения фотоиндуцированных повреждений ассимилирующих структур. Положение устойчивого равновесия, определяющего большую или меньшую фотосинтетическую продуктивность, зависит от индивидуальных особенностей конкретного организма, его экологической принадлежности, а также возрастного статуса. Последнее, в частности, подтверждается результатами предварительных исследований, в которых обосновывается ключевая роль вариабельности ультраструктуры хлоропластов в выборе между активной или пассивной стратегиями адаптации [18].

Во-вторых, ведущее положение ассимилирующих структур в формировании адаптивного ответа растений обуславливается тем, что, согласно распространенной точке зрения, эволюционно эти структуры являются первичными по отношению к другим – опорным, проводящим и запасающим структурам [48]. Клетки и ткани стеблей, подземных органов, цветков и плодов можно рассматривать как продукты модификаций фотосинтезирующих клеток и тканей, причем, вероятно, процессы старения играли в этих модификациях определяющую роль [16].

С позиций этих представлений, основным принципом организации ассимилирующего аппарата по «горизонтали» является повторяемость единообразных элементарных единиц – тилакоидов стромы и гран хлоропластов, самих хлоропластов, ассимилирующих клеток (прежде всего, палисадной паренхимы листа), участков листовой пластинки, окруженных простейшими элементами ее сосудисто-проводящей системы, листьев и растений в целом различных жизненных форм – одноствольных деревьев, многоствольных деревьев, прямостоячих и простратных кустарников.

Как указывалось выше, одна и та же эффективность усвоения и трансформации солнечной энергии может достигаться путем увеличения числа элементарных единиц при уменьшении их размеров, либо уменьшением числа при увеличении размеров. Поэтому изучение общих принципов возрастной изменчивости различных по иерархическому уровню структур, а также взаимодействия их зависимых от возраста перестроек может строиться на оценке вариабельности количества элементарных единиц на соответствующих уровнях структурной иерархии в пересчете на общий объем или площадь всей структуры. При этом интегративными характеристиками функционирования ассимилирующего аппарата могут служить интенсивность наблюдаемого

фотосинтеза и активность свободнорадикального окисления как показатели эффективности и устойчивости соответственно.

Теоретически данный подход может быть применен и к структурам более высоких – надорганизменных - уровней организации. Однако в естественных условиях выявление элементарных единиц микропопуляций и растительных сообществ представляется достаточно сложной проблемой, требующей проведения отдельных и более детальных исследований.

### **Возрастные изменения фотосинтезирующих структур различных уровней организации**

Необходимо отметить, что первое из концептуальных направлений по существу предваряет второе, а второе является развитием первого. Поскольку СРО преимущественно локализуется в биологических мембранах, эти процессы можно рассматривать как низшие в функциональной иерархии относительно изменений ультраструктуры пластид, клеток, тканей и органов. Возрастная изменчивость этих структур растительного организма достаточно подробно изучена в работах многих авторов, однако имеющиеся в литературе данные чаще всего строятся на различных теоретических представлениях. Вероятно, этому способствовало то, что необходимые для формирования целостных представлений сведения о механизмах старения были накоплены в основном на протяжении последних трех десятилетий, в то время как базовая для их синтеза концепция Н.П.Кренке утратила свою популярность уже в 1960-х гг.

Имеющаяся литература позволяет оценить следующие организационные уровни: органоидный (ультраструктура хлоропластов), тканевый (особенности развития ассимилирующих и проводящих тканей) и органный (размеры и форма листьев как основных фотосинтезирующих органов).

*Ультраструктура хлоропластов.* Как известно, важной особенностью строения хлоропластов является наличие двух типов тилакоидов, которые, в зависимости от плотности их взаиморасположения и размеров, разделяются на тилакоиды стромы и гран [26]. Биохимические различия между гранами и ламеллами стромы в основном связаны с большим содержанием белков и меньшим – ацилсодержащих липидов, а также более высокой концентрацией хлорофилла  $\bar{b}$  и меньшим – каротинов в первом случае. При этом практически все ксантофиллы содержатся в гранах [26]. Физиологические различия между гранами и ламеллами стромы подробно изучались Х.Лихтенталлером с сотрудниками в связи с реакциями хлоропластов на действие света различной интенсивности [67, 74, 75]. Было показано, что интенсивное освещение приводит к формированию хлоропластов с преобладанием ламелл стромы, а теневые условия – гран. В целом ламеллы стромы обладают большей эффективностью светоусвоения и лучше защищены от повреждений светом, чем граны.

Поскольку фотодеструкция хлоропластов представляет собой универсальный тип повреждений этих структур и, согласно распространенному мнению, опосредует повреждающее действие других неблагоприятных факторов [32], фотозащитный механизм перестройки ультраструктуры хлоропластов может рассматриваться в качестве универсального на органоидном уровне структурной иерархии. В этом смысле формирование хлоропластов «светового» типа с преобладанием ламелл стромы имеет более глубокое физиологическое значение, чем просто адаптация к интенсивному освещению.

По результатам исследований многих авторов, одним из основных феноменов старения хлоропластов является разрушение ламелл и образование глобулярных частиц – пластоглобул [64, 65, 71, 77], по-видимому, преимущественно за счет ламелл стромы. В результате количество гран на ранних стадиях старения пластид возрастает [77]. На более поздних стадиях наблюдается распад гранальных структур [72]. Таким образом, установленные микроскопическими исследованиями возрастные модификации ультраструктуры пластид (увеличение количества гран и вновь его уменьшение) соответствуют общей форме возрастных изменений по Н.П.Кренке [27]. Это подтвердили результаты более поздних исследований, связывающих ультраструктуру пластид с определенным характером развития свободнорадикального СРО окисления мембранных липидов и возможностями синтеза АБК при окислительном катаболизме ксантофиллов [18].

*Анатомические особенности листьев.* Одной из наиболее детальных работ по возрастной изменчивости анатомии листовой пластинки остается классическая монография В.Р.Заленского [22]. По его данным, с увеличением ярусности в пределах побега ширина и средний диаметр клеток верхнего и нижнего эпидермиса листа уменьшается. Аналогичные данные были получены этим автором при изучении метамерной изменчивости размеров клеток палисадной и губчатой паренхимы. Кроме того, В.Р.Заленским было показано, что листья более высоких ярусов отличаются более густой сетью сосудисто-проводящей системы, однако объем межклеточных пространств при этом уменьшается.

В соответствии со сформулированными выше предположениями о характере взаимоотношений между размерами и числом энергопреобразующих фотосинтезирующих единиц различной структурной иерархии данные В.Р.Заленского свидетельствуют о том, что эти взаимоотношения подвержены возрастной изменчивости как на уровне клеток, так и тканей.

*Морфологические особенности листьев.* Изучение метамерной изменчивости формы листьев послужило основой создания теории циклического старения и омоложения растений Н.П.Кренке. Главным результатом его изучения морфологических особенностей разноярусных листьев является отчетливое усложнение их формы вплоть до формирования сложных листовых пластинок в средних ярусах и упрощение – в нижних и верхних [54]. Ранее аналогичные эффекты были отмечены М.Шлейденом [78] А.Брауном [62] и А.Н.Бекетовым [7], Дж.Кашманом и Дж.Шеллом [61], однако никто из них не обратил внимания на явно выраженную связь между

высотой яруса и морфологическими характеристиками листовой пластинки. В заключение следует упомянуть уже цитировавшуюся работу В.Р.Заленского [22], также обнаружившего возрастную цикличность на примере длины и ширины разноярусных листьев ежи сборной.

*Жизненная форма растений.* Определению понятия «жизненная форма растений», классификации жизненных форм и изучению их в отношении эволюции, акклиматизации и устойчивости при интродукции посвящено немало отечественных и зарубежных работ. Термин «жизненная форма» (от греческого *bios* – жизнь, *morphe* – форма) обозначает общий облик (габитус) растения, обусловленный своеобразием его системы надземных и подземных органов, формирующихся в онтогенезе в результате роста и развития растений в определенных условиях среды [79]. Наличие связи вариаций жизненных форм с возрастной изменчивостью у растений можно подтвердить, опираясь на распространенные представления об их эволюции у растений. Обычно последняя рассматривается в рамках концепций филэмбриогенеза или гетерохронии [34, 40, 46, 47, 50, 51, 73]. Несмотря на существенное различие между этими концепциями (в первой главную роль играет стадия морфогенеза, на которой возникают изменения органов, во второй – изменение скорости онтогенетического развития потомка по отношению к предку) [20], обязательным компонентом обеих является возраст. Оценивая известные жизненные формы растений с позиций упоминавшихся вариаций дискретности – континуальности фотосинтезирующего аппарата, можно отметить, что для данного организменного уровня структурной иерархии применима та же логика, что и ниже лежащих – тканевого, клеточного и субклеточных.

*«Горизонтальные» и «вертикальные» взаимодействия в экстремальных условиях.* В настоящем разделе приводятся обобщенные результаты исследований взаимодействия фотосинтезирующих структур различной иерархии в экстремальных условиях при использовании градиента техногенного загрязнения выбросами ОАО «Североникель» (г.Мончегорск, Мурманская обл.) [19].

Структуры одного уровня организации могут быть в большей или меньшей степени дифференцированы и, соответственно, функционально специализированы. В зависимости от этого интенсивность их «горизонтальных» взаимодействий в процессе трансформации энергии и веществ может быть более или менее высокая, равно как и степень интегрированности или целостности объединяющей их структуры. Более высокая степень функциональной специализации предполагает и более высокую степень целостности в «горизонтальном» направлении.

Пассивная стратегия адаптации связана с понижением, а активная – с повышением уровня интегрированности. Процесс трансформации энергии, в частности, при фотосинтезе, связан с опасностью повреждения преобразующих ее систем в условиях ее избытка. В основе повреждений клетки экстремальными факторами среды лежит нарушение баланса между величиной энергетического потока и «пропускной способностью» преобразующей системы. Результатом таких нарушений является активация свободнорадикальных процессов и, в конечном счете, – старения, либо процессов быстрой деградации. С этой точки зрения, пассивный путь адаптации строится на уменьшении энергетической нагрузки путем ее перераспределения на большее количество подсистем. Увеличение числа энергопреобразующих единиц связано с падением уровня интегрированности объединяющей их системы и снижением физиологического возраста.

При оценке изменчивости структур различных иерархий в градиенте техногенного воздействия в аспекте вариаций уровня их интегрированности можно выделить три типа реакций.

1. Активизация процессов энергообмена при снижении целостности на всех уровнях, начиная с суборганоидного (ультраструктура пластид) и выше – по органной (листья) - включительно: уменьшение размеров подсистем при увеличении их числа.

2. Снижение уровня энергообмена при возрастании целостности структур всех уровней, за исключением организменного, и падении (судя по активации ПОЛ) их устойчивости. Реакция организменного уровня в этом случае (уменьшение размеров при увеличении числа подсистем, т.е. снижение целостности) сходна с поведением структур ниже лежащих уровней в предыдущем случае.

3. Дальнейшее падение уровня энергообмена при снижении целостности структур всех иерархий.

Первые две (особенно первая) реакции имеют адаптивный характер, третья – явно повреждающий, поскольку снижение целостности в этом случае имеет характер распада структур всех уровней организации.

Суммируя сказанное, можно предположить, что адаптивные перестройки на различных уровнях структурной иерархии представляют собой равнодействующую процессов, направленных на повышение уровня энергообмена (1) и предотвращающих преждевременное старение и быстрые повреждения фотосинтезирующего аппарата путем перераспределения нагрузки на большее число субъединиц (2).

Доминанта первых связана с повышением уровня интегрированности или целостности соответствующих структур, связанным с опасностью развития процессов старения, вторых – с его снижением и общим падением физиологического возраста. Вследствие этого умножение структур в «горизонтальном» направлении обуславливает снижение целостности данного организационного уровня, если при этом они не дифференцируются. Дифференциация «горизонтально» развивающихся структур приводит к появлению новых уровней структурной иерархии.

Можно думать, что поддержание целостности биологической системы вообще и, особенно, в экстремальных условиях представляет собой результат сложного взаимодействия систем менее высоких уровней организации, или взаимодействия по «вертикали».

Выяснение этих возможностей связано с изучением роли межуровневых взаимодействий в адаптивных модификациях фитогенных систем и послужило дальнейшему развитию идей Н.П.Кренке на современной методологической основе.

### **Информативность различных классификаций дендроинтродуцентов в отношении их зимостойкости.**

#### **Возрастная изменчивость зимостойкости, фенологических параметров и признаков роста**

В частности, с этой целью мы использовали результаты биометрического анализа и наблюдений за сроками наступления фенофаз (фенолого-ростовые показатели, ФРП) представителей различных видов древесных и кустарниковых растений, произрастающих на дендрарии северных и высокогорных видов ПАБСИ. Выбор объектов определялся внутриродовой изменчивостью зимостойкости растений, разнообразием происхождения семенного материала и естественных ареалов исследуемых видов и жизненных форм. Данное исследование представляет собой первую попытку применения созданной ранее концепции физиологического возраста как определяющего фактора в выборе основной стратегии адаптивного ответа растений [16, 18, 19] в целях разработки основных принципов долгосрочного прогноза устойчивости дендроинтродуцентов в местных условиях на основе комплексного анализа ряда их фенологических и биометрических признаков.

Мы установили, что для дендроинтродуцентов, завершающих цикл вегетационного развития в местных условиях, принадлежность к определенной фено- или климатогруппе не является определяющим фактором зимостойкости. Это заключение существенно дополняет распространенные представления о значении соответствия ритмов вегетационного развития продолжительности летнего сезона на Севере, поскольку многие авторы непосредственно связывали со способностью к своевременному завершению вегетации не только высокую зимостойкость [3, 18, 29, 58], но и успех акклиматизации в целом [31, 36]. Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что однородная с их точки зрения и значительная по размерам группа интродуцированных деревьев и кустарников, своевременно завершающих вегетационное развитие в условиях короткого северного лета, при ближайшем рассмотрении все же достаточно отчетливо дифференцируется по зимостойкости. В связи с этим логично предположить, что более тонкая, в сравнении с принципиальными различиями между своевременно завершающими и не успевающими завершить вегетационный цикл растениями, обнаруженная нами дифференциация по зимостойкости в основном определяется особенностями внутренней, а не внешней среды растительного организма. Косвенными характеристиками первой могут служить ростовые параметры – скорость роста, скорость одревеснения и длина годичных побегов. Непосредственный анализ этих параметров, а также их взаимной сопряженности у исследованных объектов, позволил выявить различия между древесными и кустарниковыми жизненными формами в связи с зимостойкостью в местных условиях.

Мы установили также, что зимостойкие виды деревьев отличаются стабильной низкой, а зимостойкие кустарники – неустойчивой и высокой скоростью роста годичных побегов. В связи с этим логично предположить существование принципиальных различий между адаптационными стратегиями деревьев и кустарников, которые могут быть интерпретированы с позиций представлений о колебаниях уровня целостности организма растения как единой системы в процессе его адаптации к новым условиям существования.

Поскольку, в отличие от деревьев, кустарники не имеют выраженной иерархии побегов, можно говорить о пониженной целостности на их высшем - организменном - уровне организации. По-видимому, это свойство определяет и более высокую устойчивость кустарников к действию различных неблагоприятных факторов среды [2, 7], что подтверждается многочисленными примерами перехода интродуцентов от древесной к кустарниковым формам в процессе акклиматизации в новых условиях существования [8, 14, 44], в результате техногенного загрязнения среды [15, 28, 45], продвижения на Север или вверх по высотному градиенту [33, 55, 59]. При этом возрастание устойчивости определяется относительной независимостью отдельных модулей или подсистем околоорганизменных уровней структурной иерархии, при которой гибель одного или нескольких модулей не влияет на жизнеспособность остальных.

Согласно представлениям О.А.Зауралова [25], наблюдаемое разнообразие адаптивных модификаций в растительном мире подразделяется на две основные стратегии – активную и пассивную. По мнению других авторов, характерными для этих стратегий являются, соответственно, высокий или низкий уровень целостности растительного организма, т.е. интегрированности его подсистем [18].

Результаты, полученные в ПАБСИ, свидетельствуют о существовании переходных форм адаптации, при которых активная стратегия реализуется при пониженной целостности, по крайней мере, на организменном уровне. Можно предположить, что обнаруженный нами эффект сочетания адаптации активного типа с пониженной организменной целостностью кустарника представляет собой начальную фазу деградации высокоинтегрированных древесных форм, при которой разделение организма растения на отдельные модули стимулирует их жизнедеятельность.

Таким образом, морфофизиологический статус растительного организма в каждой конкретной фазе процесса его адаптации к новым условиям можно представить в виде суммы двух независимых друг от друга переменных: 1) интегрированности (или целостности); 2) активности процессов его жизнедеятельности. Так как повышенный уровень последней является признаком физиологической ювенильности [44], полученные нами данные могут интерпретироваться с позиций приспособительного значения физиологического возраста



дендроинтродуцентов. С этой точки зрения адаптивные преимущества среди кустарников могут иметь в среднем физиологически более ювенильные, а среди деревьев – более зрелые особи.

Как видно, в группе зимостойких растений северного происхождения общая устойчивость явно возрастает во времени у одноствольных деревьев, возрастает или не изменяется у кустарников. У деревьев кустарникового типа сокращение сроков роста побегов и смещение окончания их одревеснения на более ранние сроки сопровождалось увеличением продолжительности одревеснения. В сочетании с уменьшением продолжительности роста побегов такой тип динамики свидетельствует о выраженном снижении адаптивных свойств (устойчивости) растений на протяжении всего периода исследований, поскольку удлинение сроков вегетации при этом происходило в значительной степени за счет увеличения продолжительности старения побегов, в основе которого лежит одревеснение, т.е. развитие процессов лигнификации [5].

В отличие от них, для южных зимостойких одноствольных деревьев характерно отсутствие многолетних изменений анализируемых признаков, что указывает на стабильность их адаптивных возможностей во времени. У деревьев кустарникового типа в равной степени были выражены динамики обоих типов, а у кустарников увеличение этих показателей во времени было доминирующим.

Среди незимостойких растений северного происхождения максимальные приспособительные возможности наблюдались у деревьев кустарникового типа, минимальные – у одноствольных деревьев, а кустарники занимали в этой последовательности промежуточное положение.

Одноствольные деревья и кустарники южных незимостойких растений по характеру многолетней динамики данного качества не различались.

Среди рассмотренных групп интродуцентов наиболее положительной многолетней динамикой устойчивости отличаются зимостойкие виды северного происхождения, а в ряду жизненных форм «одноствольное дерево – дерево кустарникового типа – кустарник» прослеживается явное снижение адаптивного потенциала.

Различия между исследуемыми объектами по многолетней динамике ФП, как характеристик устойчивости, можно интерпретировать с позиций представлений о возрастной изменчивости [27].

Среди «северных» зимостойких растений минимальным физиологическим возрастом отличались деревья кустарникового типа, а физиологический возраст одноствольных деревьев и кустарников был явно выше, и по этому признаку они практически не дифференцировались. В группе зимостойких интродуцентов южного происхождения наблюдалась прямо противоположная картина. В этом случае деревьям кустарникового типа был свойственен максимальный физиологический возраст, а одноствольные деревья и кустарники фактически находились в одном и том же менее зрелом возрастном состоянии.

Незимостойкие «северные» растения отличаются от зимостойких «северных» только тем, что в их группе кустарники в физиологическом отношении несколько моложе одноствольных деревьев, но старше деревьев кустарникового типа, и занимают между ними промежуточное положение.

Полученные результаты не дают основания разделить незимостойкие деревья и кустарники южного происхождения по величине физиологического возраста.

В целом, на основании сравнительного анализа трендов ПР можно констатировать, что различия между одноствольными деревьями (Д), деревьями кустарникового типа (ДК) и типичными кустарниками (К) по физиологическому возрасту неоднозначны в группах зимостойких/незимостойких – «северных»/«южных» видов и отражаются следующих рядах, построенных в порядке увеличения возрастности:

Зимостойкие «северные»	ДК – К, Д
Зимостойкие «южные»	К, Д - ДК
Незимостойкие «северные»	ДК - К - Д
Незимостойкие «южные»	Д, К

В результате сравнения жизненных форм по эффективности акклиматизационного роста зимостойкости, общей устойчивости или физиологического возраста у дендроинтродуцентов различных групп было выявлено, что в процессе акклиматизации максимальная устойчивость среди зимостойких интродуцентов достигается одноствольными деревьями, причем у образцов северного происхождения она связана с высоким, а в случаях южного – с умеренным физиологическим возрастом. В противоположность этому максимальную зимостойкость в этой группе обнаруживают кустарники высокого либо низкого физиологического возраста. Максимально возможная устойчивость в группе незимостойких видов северного происхождения развивается у деревьев кустарникового типа при низком физиологическом возрасте, а зимостойкость – как у одноствольных деревьев, так и у кустарников с высоким физиологическим возрастом в первом, и умеренном – во втором случаях. У незимостойких растений южного происхождения временные изменения как зимостойкости, так и общей устойчивости не связаны с вариациями физиологического возраста.

В целом, можно отметить, что наиболее положительной динамикой общей устойчивости в течение акклиматизационного процесса отличаются одноствольные деревья, а по зимостойкости в этом отношении лидируют кустарники. Деревья кустарникового типа занимают между ними переходное положение. Одноствольным деревьям свойственен сравнительно высокий либо умеренный физиологический возраст,

кустарникам – преимущественно низкий, а возрастной статус многоствольных деревьев колеблется в наиболее широком диапазоне от высокого до низкого.

При этом обращает на себя внимание то, что в случаях зимостойких видов последовательность жизненных форм по возрастанию общей устойчивости в общем повторяет ряды по увеличению физиологического возраста, а соответствующая последовательность по зимостойкости им противоположна. В обоих случаях исключения составляют деревья кустарникового типа, искажающие эту картину. У незимостойких видов можно отметить признаки обратных зависимостей: ряды по зимостойкости сходны, а по общей устойчивости - противоположны последовательности по физиологическому возрасту. Интересно, что в представленных данных в целом обнаруживаются признаки определенной симметрии: полное совпадение последовательности по физиологическому возрасту с рядами общей устойчивости или зимостойкости наблюдается в контрастных случаях зимостойких растений северного происхождения в первом случае, и незимостойких южного – во втором.

Таким образом, фактический материал был проанализирован с позиций отношения к физиологическому возрасту двух основных характеристик акклиматизационного процесса: увеличения зимостойкости и общей устойчивости. Поскольку изменчивость используемых в настоящей работе единиц сравнения (жизненных форм) не может не зависеть от вариаций физиологического возраста, характер взаимоотношений исследуемых свойств в конкретных объектах должен быть достаточно сложен. Однако, хотя сравнительный анализ рядов, полученных в результате «разреза» массива данных в этом направлении, охватывает далеко не все аспекты акклиматизации дендроинтродуцентов на Севере, полученные результаты позволяют приблизиться к пониманию наиболее общих закономерностей ее временного развития.

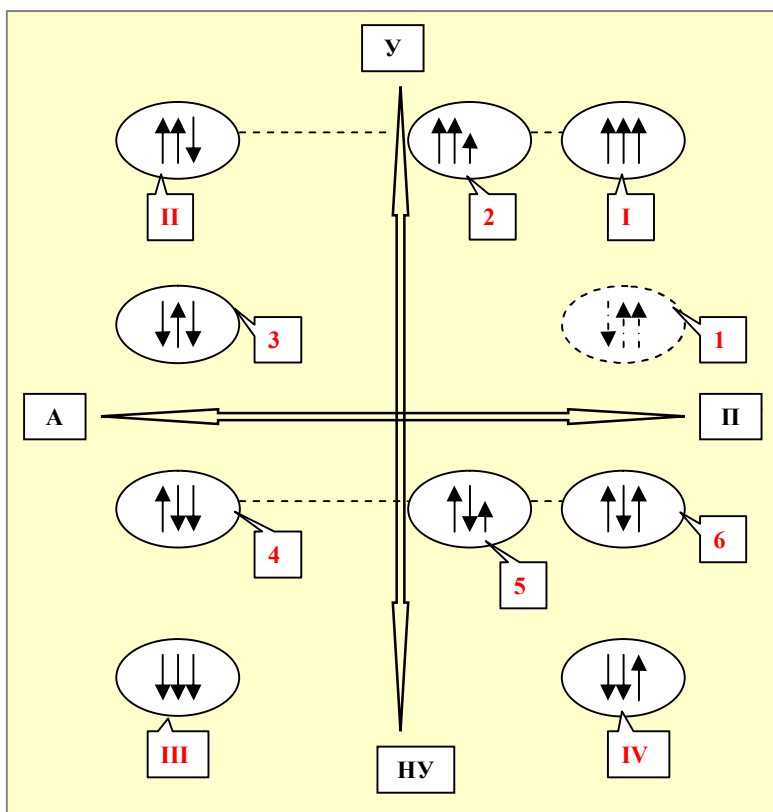
Суммируя их, можно заключить следующее.

1. Механизмы зимостойкости и общей устойчивости дендроинтродуцентов не идентичны, хотя и взаимодействуют друг с другом; каждый из них вносит свой собственный вклад в процесс акклиматизации.

2. Акклиматизационный рост зимостойкости дендроинтродуцентов в местных условиях происходит на фоне возрастания физиологического возраста (ФВ), в то время как увеличение общей устойчивости может происходить как при его возрастании, так и снижении.

3. По отношению к характеру многолетней динамики физиологического возраста обнаруженное разнообразие темпоральной изменчивости зимостойкости и общей устойчивости может быть классифицировано по четырем основным группам:

- (А) рост зимостойкости и общей устойчивости при увеличении ФВ;
- (Б) рост зимостойкости и снижение общей устойчивости при увеличении ФВ;
- (В) снижение зимостойкости и рост общей устойчивости при уменьшении ФВ;
- (Г) снижение зимостойкости и общей устойчивости при уменьшении ФВ.



*Формы адаптации дендроинтродуцентов:  
А – активность, П – пассивность,  
У – устойчивость, НУ – неустойчивость;  
I – пассивный устойчивый тип, II – активный устойчивый тип, III – активный неустойчивый тип, IV – пассивный неустойчивый тип; 1-6 – переходные формы*

4. Сочетание снижения скоростей роста и одревеснения, а также уменьшения длины побегов с уменьшением продолжительности периодов их роста и одревеснения (группа А) проявляется в заметном сокращении продолжительности вегетационного периода, что вместе с возрастанием зимостойкости свидетельствует о принадлежности этих перестроек к адаптациям пассивного типа с достаточно высокой степенью защиты, так как аналогичные формы адаптации доминируют у наиболее резистентных местных растений. В отличие от них, представители группы (Б), также реализующие пассивный тип адаптации, не отличаются такой же стабильностью адаптивных реакций,

поскольку в процессе акклиматизации продолжительность периода их вегетации увеличивается.

5. Растения группы (В) отличаются снижением физиологического возраста и уменьшением продолжительности периодов роста и одревеснения побегов в процессе акклиматизации, что указывает на стабильное течение процесса адаптации к местным условиям по активному типу; у представителей группы (Г) снижение ФВ и возрастание исследованных ФП свидетельствует о нестабильном развитии этого процесса также по активному типу.

6. Устойчивое развитие адаптаций пассивного типа, как правило, свойственно зимостойким одноствольным деревьям и простратным кустарникам, а неустойчивое – зимостойким деревьям кустарникового типа южного происхождения.

7. Устойчивое развитие активных адаптаций характерно для деревьев кустарникового типа, а неустойчивое – присущее одноствольным деревьям южного происхождения, причем, в отличие от одноствольных деревьев, их устойчивое развитие было характерно для более, а неустойчивое – для менее крупных растений.

Таким образом, кроме стабильно развивающихся пассивной и активной адаптаций, у исследованных растений были обнаружены их неустойчивые формы, которые, по-видимому, являются переходными. При этом реакции активного типа наблюдались только при темпоральном снижении, а пассивного – при возрастании физиологического возраста. Используя данную логику, можно было предполагать существование целого спектра различных форм адаптаций, различающихся по своей локализации в двумерной системе координат: 1) активность-пассивность; 2) устойчивость-неустойчивость приспособительных реакций. Гипотетически это можно представить в виде схемы, изображенной на рисунке.

Показанные на рисунке четыре основных (I-IV) и шесть переходных (1-6) форм адаптаций, из которых одна не была обнаружена в анализируемом материале и потому осталась гипотетической, дифференцируются по трем градациям в горизонтальном и по четырем - в вертикальном направлениях. Можно отметить, что между формами I и IV и 4 и 6 по оси абсцисс находятся переходные формы 2 и 5 соответственно. Формы 3 и 4, с одной стороны, и 1 и 6 – с другой, могут рассматриваться соответственно как переходные между II и III, и I и IV, хотя их относительное иерархическое положение остается неясным.

Обнаруженные нами состояния роста зимостойкости и снижения общей устойчивости при увеличении ФВ (Б) и снижения зимостойкости с ростом общей устойчивости при уменьшении ФВ (В) в этой схеме не являются экстремальными, поскольку более ярко качества пассивности-неустойчивости и активности-устойчивости проявляются в случаях одновременного падения зимостойкости и общей устойчивости с ростом ФВ, или снижения всех анализируемых параметров соответственно.

В представленной на рисунке двумерной системе ее правая и левая части (зоны реакций пассивного и активного типов соответственно) различаются по направлению изменений физиологического возраста. Поскольку возраст-зависимые процессы, в частности, старение, в принципе необратимы, эти различия могут быть обусловлены их различной скоростью у исследованных объектов, либо существенными изменениями их морфофизиологического статуса (жизненной формы). Судя по наличию явно выраженных переходных (2 и 5) состояний, различные типы адаптаций могут переходить друг в друга, причем, согласно классической теории Н.П.Кренке, ведущим фактором этих трансформаций является изменчивость физиологического возраста. В соответствии с данной логикой решение чисто практических задач долгосрочного прогноза состояния интродуцентов и определения методов воздействия на процесс их акклиматизации должно быть построено с учетом возрастной специфики каждого конкретного объекта и динамики его возрастных изменений.

Отправной точкой настоящего исследования послужило широко распространенное мнение о том, что устойчивость дендроинтродуцентов на Кольском Севере определяется соответствием эндогенных ритмов их вегетационного развития местной продолжительности летнего периода и особенностям смены погодных условий в это время [3, 56]. Как известно, лето в этом регионе непродолжительное. Для него характерна неустойчивая погода, особенно в начале сезона [41, 42]. Наиболее адаптированные к местным условиям аборигены отличаются весьма высокой, в сравнении с интродуцентами, скоростью роста и развития, их ранним завершением и быстрым одревеснением годовых побегов [43].

При этом традиционный подход к оценке устойчивости древесно-кустарниковых интродуцентов в Мурманской обл. по своевременности завершения вегетационного цикла, использовавшийся несколькими поколениями интродукторов Полярно-альпийского ботанического сада [2, 3, 24], оказывался не во всех случаях эффективным, поскольку, принимая во внимание личный опыт автора, можно утверждать, что относительно высокая устойчивость таких растений может снижаться с годами. Было логично предположить, что объединенные по данному признаку образцы достаточно сильно дифференцированы по резистентности к неблагоприятным факторам Кольского полуострова, а само это качество определяется более сложным сочетанием физиологических характеристик растения. В связи с этим естественно возникли вопросы: 1) в какой мере для оценки устойчивости могут использоваться данные фенологических наблюдений? 2) на основании чего возможен прогноз многолетней динамики этого качества? Последний имел особенно важное значение для решения практических задач озеленения северных городов.

Проведенное исследование не подтвердило существования непосредственной связи зимостойкости с принадлежностью интродуцентов к различным климато- и феногруппам, что позволило усомниться в целесообразности оценки их устойчивости на Кольском полуострове только с этих позиций. В качестве рабочей гипотезы на основании классических представлений Н.П.Кренке предполагалось, что в местных условиях

зимостойкость и общая устойчивость дендроинтродуцентов преимущественно определяются не стационарными, а возраст-зависимыми состояниями защитных систем растительного организма. Для оценки прогностических возможностей такого подхода было необходимо исследовать характер временной изменчивости параметров внутренней среды различных интродуцентов, характеризующих их зимостойкость, общую устойчивость и физиологический возраст. Для этого на предварительном этапе работы статистическими методами были отобраны наиболее информативные фенологические и ростовые показатели, направление линейных трендов многолетней динамики которых использовалось для характеристики последних двух качеств соответственно. Анализ их комбинаций вместе с направлением трендов многолетней динамики зимостойкости у растений различного происхождения и жизненных форм позволил сформулировать гипотетическую двумерную схему взаимоотношений между различными типами темпоральной изменчивости этих состояний, на основании которой стала возможной систематизация разнообразных форм адаптаций интродуцированных растений.

Проекцией этой гипотетической схемы на плоскость практического использования дендроинтродуцентов стала их классификация, связывающая определенный тип адаптации с конкретным набором агротехнических приемов, способствующих развитию акклиматизационного процесса.



Выявленные закономерности лишь фрагментарно описывают многосложные взаимоотношения между адаптивными модификациями и физиологическим возрастом растений. Развитие этой темы в дальнейших исследованиях позволит ближе подойти к пониманию роли возрастной изменчивости в стратегии адаптаций растительного организма к экстремальным условиям Крайнего Севера.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аврорин Н.А. Эколого-статистические методы в интродукции (по опыту Полярно-альпийского ботанического сада) / Успехи интродукции растений. – М.: Наука, 1973. – С. 102-113.
2. Аврорин Н.А., Андреев Г.Н., Головкин Б.Н., Кальнин А.А. Переселение растений на Полярный Север (Результаты интродукции травянистых растений в 1932-1956 гг.). – М.-Л.: Наука, 1964. – 499 с.
3. Александрова М.С., Головкин Б.Н. Переселение деревьев и кустарников на Крайний Север. – Л.: Наука, 1978. – 114 с.
4. Алексеев В.Г. Устойчивость растений в условиях Севера: эколого-биохимические аспекты. – Новосибирск: Наука, 1994. – 151 с.
5. Барская Е.И. Изменения хлоропластов и вызревание побегов в связи с морозоустойчивостью древесных растений. – М.: Наука, 1967.
6. Батыгин Н.Ф. Онтогенез высших растений. – М.: Агропромиздат, 1986. – 100 с.
7. Бекетов А.Н. Две публичные лекции об акклиматизации // Из жизни природы и людей. – СПб., 1870.
8. Беляева И.В., Семкина Л.А., Епанчинцева О.В. Арктомонтанные ивы в культуре на Среднем Урале. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 92 с.
9. Булыгин Н.Е. Дендрология: учебное пособие для вузов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 285 с.
10. Ботанико-фармакогностический словарь / ред. К.Ф.Блинова, Г.П.Яковлева. – М.: Высшая школа, 1990. – 271 с.
11. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. – М.: Наука, 1972. – 273 с.
12. Генкель П.А. О сопряженной и конвергентной устойчивости растений // Физиология растений. 1979. – Т.26, вып. 5. – С.921-931.
13. Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. – Киев: Наукова думка, 1973. – 591 с.
14. Ермаков В.И. Механизмы адаптации березы к условиям Севера. – Л.: Наука, 1986. – 144 с.
15. Жеребцова Г.П. Изменение жизнеспособности древесных растений в условиях городской среды: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М: МЛТИ, 1976. – 31 с.
16. Жиров В.К. Возрастные модификации растений в связи с

адаптациями и стрессом. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1991. – 106 с. 17. Жиров В.К., Руденко С.М., Жибоедов П.М. Покой и зимостойкость растений на Крайнем Севере. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1990. – 111 с. 18. Жиров В.К., Кузьмин А.В., Руденко С.М., Жибоедов П.М., Костюк В.И., Кашулин П.А., Рапотина И.В., Литвинова С.В. и др. Адаптации и возрастная изменчивость растений на Севере. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2001. – 355 с. 19. Жиров В.К., Хаитбаев А.Х., Говорова А.Ф., Гонтарь О.Б. Взаимодействие структур различных уровней организации и адаптационные стратегии растений // Вестник МГТУ. – 2006. – Т.9, вып.5. – С. 725-728. 20. Жмылев П.Ю. Эволюция жизненных форм растений: суждения и предположения // Журнал общей биологии. – 2004. – Т.65, № 3. – С.232-249. 21. Журавлев А.И. Развитие идей Б.Н.Тарусова о роли цепных процессов в биологии // Биоантиокислители в регуляции метаболизма в норме и патологии / под ред. А.И.Журавлева. – М.: Наука, 1982. – С. 3-36. 22. Зеленский В.П. Материалы к количественной анатомии различных листьев одних и тех же растений. – Киев, 1904. – 208 с. 23. Зауралов О.А. Два типа устойчивости растений // Проблемы и пути повышения устойчивости растений к болезням и экстремальным условиям среды в связи с задачами селекции. Ч.1. – Л.: Изд. ВИР, 1981. – С.9-11. 24. Казаков Л.А., Даясова Н.П., Зайцева А.Ф., Лицкевич Л.М., Юшенкова А.А. Древесные растения Полярно-альпийского ботанического сада. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1993. – 185 с. 25. Канунго М. Биохимия старения. – М.: Мир, 1982. – 294 с. 26. Каплан С., Арнтцен Ч.Дж. Структура и функция фотосинтетических мембран // Фотосинтез, Т.1; под ред. М.Говинджи. – М.: Мир, 1987. – С.162-265. 27. Кренке Н.П. Теория циклического старения и омоложения растений и практическое ее применение. – М.: Сельхозгиз, 1940. – 135 с. 28. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. – М.: Наука, 1974. – 125 с. 29. Лапин П.И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции. // Бюлл. ГБС АН СССР. – 1967, вып.65. – С.13-18. 30. Лапин П.И. О терминах, применяемых в исследованиях по интродукции и акклиматизации растений // Бюлл. ГБС АН СССР. – 1972, вып.83. – С.10-17. 31. Лапин П.И., Рябова Н.В. Некоторые проблемы практики интродукции древесных растений в ботанических садах // Исследование древесных растений при интродукции. – М.: Наука, 1982. – С. 5-29. 32. Мерзляк М.Н., Погосян С.И. Фотодеструкция пигментов и липидов в изолированных хлоропластах // Биол. науки. – 1986. – № 3. – С. 8-20. 33. Нахуцришвили Г.Ш. Особенности структуры и ритма развития высокогорных растений. / Жизненные формы: структура, спектры и эволюция. – М.: Наука, 1981. – С. 249-264. 34. Недолужко В.А. Древесные растения: Проблема эволюции жизненных форм. – Владивосток: Изд. ДВО РАН, 1997. – 120 с. 35. Некрасов В.И. Актуальные вопросы развития теории акклиматизации. – М.: Наука, 1980. – 102 с. 36. Огородников А.Я. Характер сезонных ритмов развития и вопросы адаптации древесных растений. // Проблемы дендрологии на рубеже XXI в.: тез. докл. Междунар. конф., г.Москва. – М., 1999. – С.238. 37. Петровская-Баранова Т.П. Физиология адаптации и интродукции растений. – М.: Наука, 1983. – 151 с. 38. Полевой В.В. Фитогормоны. – Л.: Изд. ЛГУ, 1982. – 250 с. 39. Русанов Ф.Н. Еще об основных понятиях в интродукции растений // Бюлл. ГБС. – 1967. – Вып. 67. 40. Северцов А.Н. Собрание сочинений. Т.3. Общие вопросы эволюции. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1945. – 528 с. 41. Семко А.П. Гидротермический режим почв лесной зоны Кольского полуострова. – Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1982. – 142 с. 42. Семко А.П. Режим тепла и влаги для роста и развития дикорастущих и интродуцированных растений в центральной части Кольского полуострова. – Апатиты: Изд. КНЦ АН СССР, 1989. – 30 с. 43. Сергеева К.А. Физиологические и биохимические основы зимостойкости древесных растений. – М.: Наука, 1971. – 174 с. 44. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений (жизненные формы покрытосеменных и хвойных). – М.: Высш. школа, 1962. – 377 с. 45. Слепян Э.И. Пороки развития растений как тест в мониторинге загрязнения окружающей среды // Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. – Л.: Гидрометеозидат, 1980. – С. 208-232. 46. Тахтаджян А.Л. Теория филэмбриогенеза А.Н. Северцова и эволюционная морфология растений // Проблемы ботаники. Т. 1. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1950. – С. 222-231. 47. Тахтаджян А.Л. Вопросы эволюционной морфологии растений. – Л.: Изд. ЛГУ, 1954. – 213 с. 48. Тахтаджян А.Л. Происхождение покрытосеменных растений. – М.: Наука, 1961. – 253 с. 49. Тимофеев-Раевский Н.В., Яблоков А.В., Глотов Н.В. Очерк учения о популяции. – М.: Наука, 1973. 50. Хохряков А.П. Закономерности эволюции растений. – Новосибирск: Наука (Сибирское отделение), 1975. – 202 с. 51. Хохряков А.П. Эволюция биоморф растений. – М.: Наука, 1981. – 168 с. 52. Цицин Н.В. Охрана природы и ботанические сады // Бюлл. ГБС АН СССР. – 1970. – Вып.76. – С.3-8. 53. Цицин Н.В. Итоги научной деятельности Главного ботанического сада АН СССР за 25 лет // Бюлл. ГБС АН СССР. – 1971. – Вып.81. – С.5-15. 54. Чернов Г.Н. Кренке и его теория старения и омоложения. – М.: Изд. АН СССР, 1963. – 117 с. 55. Чистякова А.А. Жизненные формы деревьев и их эколого-ценотическая обусловленность // Жизненные формы в экологии и систематике растений. – М., 1986. – С. 70-75. 56. Шавров Л.А. О причине низкой зимостойкости некоторых древесных растений в условиях Полярно-альпийского ботанического сада // ДАН СССР. – 1961. – Т. 140, № 2. 57. Шавров Л.А. Длинный полярный день и зимостойкость переселенных древесных растений / Введение в культуру новых видов полезных растений в условиях Крайнего Севера. – Л.: Наука, 1971. – С. 17-52. 58. Шавров Л.А. Выявление причин низкой зимостойкости некоторых ценных интродуцированных растений и изыскание средств ее повышения в условиях Мурманской области: отчет о НИР (заключ.) / ПАБСИ; рук. Л.А.Шавров УДК; № ГР. – Кировск-Апатиты, 1973. – 283 с. 59. Юрцев Б.А. Жизненные формы: один из узловых объектов ботаники // Проблемы экологической морфологии растений. – М.: Наука, 1976. – С. 9-44. 60. Ярмишко В.Т. Сосна обыкновенная и ее сообщества в условиях атмосферного загрязнения на Европейском Севере: автореф. докт. дис. – СПб., 1994. 61. Ashby E. Studies in the morphogenesis of leaves. 1. An assay on leaf shape // The New Phytol. – 1948. – V.47, № 2. – P.154-162. 62. Braun A. Betrachtungen uber die Erscheinung der Verjungung in der Natur. – Leipzig, 1851. – 122 p. 63. Burden R.S., Taylor H.F. The structure and chemical transformation of xanthoxin // Tetrahedron Lett. – 1970. – V.47. – P.4071-4071. 64. Butler R.D. The fine structure of senescencing cotyledons of cucumber // J.Ex.Bot. – 1967. – V.18, № 5. – P. 535-543. 65. Butler R.D., Simon E.D. Ultrastructural aspects of senescence in plants / Adv.Geront.Res. – 1971. – V.3, № 1. – P.173-129. 66. Gordon O.P. Free radicals and aging process. Theoretical aspects of Aging / ed. M.Rockstein, M.D.Sussman, J.Chesky). N.Y.; San Fr. – London: Acad. Press, 1974. – P.61-81. 67. Grumbach K.H, Lichtenthaler H.K. Chloroplast pigments and their biosynthesis in relations to light intensity // Photochem. Photobiol. – 1982. – V.35, № 2. – P.209-212. 68. Halliwell B. Superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase: solutions to the problems of living with oxygen // New Phytol. – 1974. – № 73(6). – P. 1075-1086. 69. Halliwell B. Oxygen-free-radicals in living systems: dangerous but useful // Strategies of microbial life in extreme environments, Life Sciences Research Report 13. – Berlin: Verlag Chemie, 1979. – P. 195-221. 70. Harman D. Aging: A theory based on free radicals and radiation chemistry // J. Gerontol. – 1956. – V. 1. P.298-312. 71. Huber D.J., Newman D.W. Relationships between lipid changes and plastide ultrastructural changes in senescencing and regreening soybean cotyledons // J.Ex.Bot. – 1976. – V.27, № 4. – P. 490-511. 72. Hudak J. Plastide senescence. 1. Changes of chloroplast structure during natural senescence in cotyledons of Sinapis alba L. // Photosynthetica. – 1981. – V.15, № 2. – P. 174-178. 73. Li P., Johnston M.O. Heterochrony in plant evolutionary studies through the twentieth century // Bot. Rev. – 2000. – V. 66, №1. – P. 58-88. 74. Lichtenthaler H.K. Effects of biocides on the development of the photosynthetic apparatus of radish seedlings grown under strong and weak light conditions // Z. Naturforsch. – 1979 – V.34c, № 9. – P. 936-940. 75. Lichtenthaler H.K. Adaptations of leaves and chloroplasts to high quanta fluence rates // Photosynthesis VII. Photosynthesis and Productivity, Photosynthesis and Environment / ed. G.Acoyounoglou. Balaban Int., Sci. Services. – Philadelphia-Pa. – 1981. – P. 273-287. 76. Lyons J.M. Phase transition and control of cellular metabolism at low temperatures // Cryobiology – 1972. – V. 9(3). – P.341-356. 77. Shaw M., Manocha M.S. Fine structure in detached senescencing wheat leaves // Can.J.Bot. – 1965. – V.43, № 7. – P. 747-755. 78. Schleiden M. Grundzuge der wissenschaftlichen Botanik. – Leipzig, 1851 – Bd. 2. – 187p. 79. Warming E. Über perenne Gevachse //Bot. Centralblatt. – 1984. – V.18, № 19. – P. 15-47.

# РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ РАДИОГЕОЭКОЛОГИИ ПОДЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ЯДЕРНЫХ И РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

Н.Н. Мельников, академик РАН.; В.П. Конухин, д.т.н.; В.А. Наумов, к.ф.-м.н.; П.В. Амосов, к.т.н.;  
С.А. Гусак, к.т.н.; А.В. Наумов  
Горный институт КНЦ РАН

## Аннотация

Рассматриваются основные элементы комплексной научно-методической базы радиогеоэкологии подземных объектов долговременного хранения и захоронения ядерных и радиационно опасных материалов в геологических формациях Европейского Севера России, обеспечивающей эффективное проведение исследований по обоснованию подземной изоляции радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива.

## Ключевые слова:

*радиоактивные отходы, отработавшее ядерное топливо, радиогеоэкология, долговременное хранение и захоронение ядерных и радиационно опасных материалов, геологические формации Европейского Севера России.*

## Abstract

Main elements of complex scientific-methodological base of radiogeoeology of the underground facilities for long-term storage and disposal of nuclear and radiation-hazardous materials in geological formations in the European North of Russia that provide effective studies on justification of underground isolation of radioactive wastes and spent nuclear fuel are discussed.

## Keywords:

*radioactive waste, spent nuclear fuel, radiogeoeology, long-term storage and disposal of nuclear and radiation-hazardous materials, geological formations of European North of Russia.*



Обращение с радиоактивными отходами (РАО) и отработавшим ядерным топливом (ОЯТ), как источниками радиационной опасности для окружающей среды и населения, является одной из актуальных экологических проблем современной России. Особое место в контексте данной проблемы занимает регион Европейского Севера России (Мурманская и Архангельская области). Этот регион России отличается высокой концентрацией ядерных энергетических установок (ЯЭУ), используемых на Кольской АЭС, а также на атомных судах Северного флота (СФ) и Мурманского морского пароходства (ММП), при эксплуатации которых накоплено значительное количество РАО и ОЯТ. В настоящее время отходы и ОЯТ Кольской АЭС хранятся во временных поверхностных хранилищах на площадке станции. Для хранения РАО и ОЯТ, образующихся при эксплуатации судовых ЯЭУ, используются береговые и плавучие технические базы ММП и СФ. При этом следует отметить, что большая часть временных хранилищ РАО и ОЯТ не приспособлена для долговременной эксплуатации и не

соответствует современным требованиям по безопасности.

В связи с этим повышение уровня радиационной безопасности региона при долговременном хранении РАО и ОЯТ является актуальной научно-технической задачей, решение которой может быть достигнуто, в частности, на основе создания подземного регионального хранилища РАО и ОЯТ.

Основные концептуальные положения создания регионального подземного могильника РАО и подземного хранилища ОЯТ в кристаллических породах региона разработаны Горным институтом КНЦ РАН, в период с 1989 по 2002 г. В этих исследованиях основное внимание уделялось выбору перспективных площадок и обоснованию технической возможности и экономической целесообразности строительства подземных хранилищ РАО и ОЯТ с точки зрения горнотехнических условий, конструктивно-компоновочных решений, а также функциональной надежности и эффективности системы защитных барьеров при взаимодействии подземного радиационно опасного объекта и вмещающих пород. Большая часть исследований была выполнена с учетом международного опыта и совместно с западноевропейскими фирмами SGN, ANTEA, ANDRA, BGRM (Франция) и BELGATOM, TRACTEBEL, SCK-CEN, ONDRAF (Бельгия).

В научном плане радиогеоэкология как новое научное направление включает в себя совокупность знаний о закономерностях воздействия ядерных и радиационно опасных материалов на массив вмещающих пород; методах и средствах создания подземных сооружений и их долговременной изоляции; методах сохранения целостности массива горных пород и его защитных свойств в процессе строительства и эксплуатации объектов; методах прогнозирования изменения радиологической обстановки в зоне размещения отходов и их влияния на изменение экологической обстановки в недрах и окружающей среде.

### **Информационное обеспечение по проблеме обращения с РАО и ОЯТ по региону Европейского Севера России**

Одной из первостепенных научно-практических задач является разработка комплексного информационного обеспечения по проблеме подземного долговременного хранения и захоронения ядерных и радиоактивных материалов в геологических формациях региона. Системы долговременного хранения и захоронения таких материалов должны обеспечить их надежную изоляцию от окружающей среды на длительный период времени. Поэтому при выборе наиболее эффективного способа хранения или захоронения радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива одним из определяющих факторов является характеристика ядерных и радиоактивных материалов, накапливаемых в регионе. Исследования по этой проблеме предполагают анализ, обобщение и систематизацию данных по РАО и ОЯТ, поскольку в настоящее время отсутствует региональный кадастр, содержащий полное описание РАО и ОЯТ, накопленных в регионе. Задачей является анализ и обобщение результатов исследований по обоснованию выбора физико-химических, механических, тепловых свойств вмещающей геологической среды и миграционных характеристик радионуклидов на потенциальных площадках региона.

Результаты исследований, направленных на решение задачи по анализу, обобщению и систематизации данных по РАО, позволили предварительно определить основные дозообразующие радионуклиды, которые обуславливают продолжительность радиотоксичности кондиционированных РАО различного вида. На основе полученных данных выделены две основные группы отходов, для которых в соответствии с международной практикой обращения с РАО требуются различные подходы при выборе системы их безопасной изоляции от биосферы.

Первая группа включает отходы низкого и среднего уровня активности с незначительным содержанием долгоживущих радионуклидов. Поскольку время потенциальной опасности таких отходов относительно невелико, они могут размещаться в наземных или приповерхностных хранилищах на незначительной глубине (несколько десятков метров).

Вторая группа отходов характеризуется значительным содержанием в них долгоживущих радионуклидов. Эта группа РАО включает как высокоактивные отходы (ВАО) от эксплуатации и демонтажа ЯЭУ, долговременную радиотоксичность которых в основном определяют  $^{59}\text{Ni}$  и  $^{63}\text{Ni}$ , так и отходы среднего уровня активности, долгоживущая активность которых определяется такими радионуклидами, как  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ . Значительное содержание этих радионуклидов в отходах определяет потенциальную опасность РАО данной группы в течение нескольких десятков тысяч лет и более. Прогнозируемая радиологическая особенность таких отходов обуславливает объективную необходимость их долговременной изоляции от биосферы в подземном хранилище, размещаемом в стабильных геологических формациях на глубине 100 м и более.

Для решения задачи по анализу, обобщению и систематизации данных по ОЯТ были выполнены оценки физико-технических и радиационных характеристик корабельного ОЯТ, которое в настоящее время не принимается промышленностью на переработку и для которого может потребоваться долговременное хранение в регионе.

По результатам оценки выделено 16 групп перерабатываемого ОЯТ в зависимости от вида топлива, типа ЯЭУ, энерговыработки активных зон и времени выдержки облученного топлива. Для каждой группы выполнена предварительная оценка радиационного потенциала перерабатываемого ОЯТ, суммарная величина которого на 2010 г. прогнозируется на уровне  $9,6 \cdot 10^6$  Ки.

В рамках исследований, направленных на решение задачи по обоснованию выбора физико-химических и физико-технических характеристик вмещающей геологической среды, выполнен анализ данных по геологическому строению Кольского полуострова, определены гранитоидные формации, приуроченные к районам расположения перспективных площадок для размещения подземных хранилищ РАО и ОЯТ и выбраны представительные разновидности вмещающих пород рассматриваемых геологических формаций. На основе анализа результатов международных исследований обоснован предварительный выбор миграционных характеристик радионуклидов для условий перспективных площадок размещения радиационно опасных объектов.

Результаты выполненных исследований могут быть использованы в качестве исходных данных для решения научно-практических задач по изучению различных аспектов безопасности подземных объектов долговременного хранения и захоронения ядерных и радиоактивных материалов в геологических формациях региона.

### **Развитие методологии выбора геологических формаций и площадок для безопасной локализации РАО и ОЯТ в регионе**

Важной научной проблемой в части научно-технического обоснования долговременного хранения и захоронения ядерных и радиационно опасных материалов является развитие методических принципов формирования геотехнических, экологических и экономических критериев выбора площадок для долговременного хранения и захоронения РАО и ОЯТ в геологических формациях Европейского Севера России.

На основании анализа российской и международной практики выбора площадок и предшествующих исследований Горного института принято основополагающее положение, что при подземном размещении РАО и ОЯТ главным барьером, препятствующем выходу радионуклидов в окружающую среду, является геологическая формация. Именно по этой причине основное внимание при выборе площадок уделяется тем качествам геологической формации, которые способны обеспечить надежную и экологически безопасную изоляцию радиационно опасных материалов.

На международном уровне выбор стратегии захоронения и хранения РАО и ОЯТ обусловлен экономическими, экологическими, политическими и другими регулируемыми факторами, а также аспектами безопасности и нераспространения оружейных материалов. При этом в странах Евросоюза к фундаментальным критериям горных пород относят гидрогеологию и устойчивость (стабильность) породного массива и, соответственно, возводимых в нем подземных сооружений могильника РАО или хранилища ОЯТ. Другими важными критериями являются физико-механические свойства горных пород потенциальной формации и отсутствие в ней полезных ископаемых [6].

При выполнении научно-исследовательских работ в составе международных программ сотрудничества в области повышения радиационной безопасности в регионе был сформирован перечень критериев и предполагаемых характеристик для площадок, потенциально пригодных для размещения РАО [1]. При этом использовался широкий спектр методов исследований, позволивший создать обширную базу данных по геологическим, гидрогеологическим и инженерно-геологическим аспектам, которая была применена для выбора перспективных площадок [1, 2, 6].

На первой стадии процедуры отбора площадок были исключены из рассмотрения территории месторождений полезных ископаемых, все зоны крупных тектонических разломов и повышенной трещиноватости, а также массивы пород с нестабильными свойствами.

На второй стадии был проведен детальный анализ геологической структуры и тектонической картины региона, его сейсмичности и палеосейсмичности, геоморфологии, геологических и гидрогеологических характеристик, а также топографии, климата, поверхностного стока и подземного водообмена.

На основе имеющейся информации были отобраны 16 площадок на территории Мурманской обл., 6 площадок на материковой части Архангельской обл. и 3 площадки на архипелагах Новая Земля и Земля Франца Иосифа. По каждой из отобранных площадок для последующего анализа и сравнения была сформирована база данных, включающая подробное описание по всем характеристикам, вошедшим в перечень критериев.

По результатам анализа критериев и фактических данных по площадкам для дальнейшей оценки были рекомендованы площадки Кийявр, Дальние Зеленцы, Пояконда-Нигрозеро и Кузрека на Кольском п-ове, Большая Торожма и Шапочка на материковой части Архангельской обл., губа Башмачная на архипелаге Новая Земля.

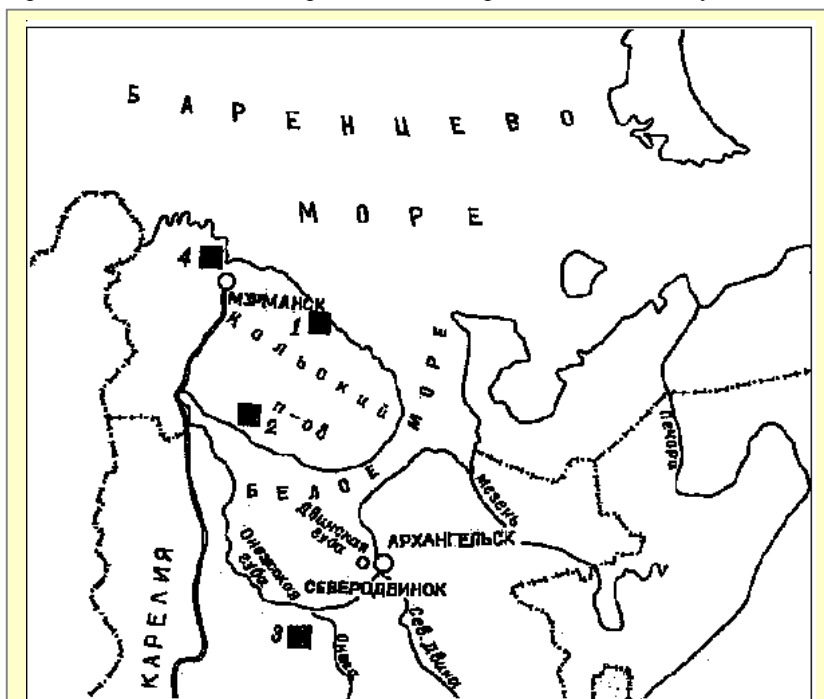


Рис.1. Схема потенциальных площадок для размещения хранилища ОЯТ:  
1 – Дальние Зеленцы; 2 – Кузрека; 3 – Шапочка; 4 – Сайда-губа

выполненных Горным институтом совместно с западноевропейскими партнерами и российскими организациями, список потенциальных площадок был ограничен следующими (рис.1): Дальние Зеленцы (Мурманская обл.); в районе р.Кузрека (Мурманская обл.); на г.Шапочка (Архангельская обл.); в районе Сайда-губы (Мурманская обл.).

Таким образом, три из четырех перспективных площадок пригодны для размещения как подземного могильника кондиционированных РАО, так и подземного хранилища неперерабатываемого ОЯТ. Представленная методология выбора площадок может быть использована при решении аналогичных задач не только на Европейском Севере, но и в других регионах России, имеющих аналогичные или близкие к ним природные условия.

Критерии для ранжирования площадок были разделены на две категории: первая связана с природными, а вторая – с социально-экономическими условиями. Сущность процедуры ранжирования по каждому из принятых критериев для каждой площадки заключалась в определении расчетным или экспертным путем определения характеристик площадки и сравнения их с критерием, и затем в определении количества баллов.

Аналогичная процедура применялась и при выборе площадок для размещения подземного хранилища ОЯТ [2]. Предварительно выбранные площадки исследовались с точки зрения вероятности и степени воздействия как природных, так и антропогенных явлений при нормальном сценарии развития событий и при аварийных ситуациях. На основании работ,



## Исследование аспектов ядерной и радиационной безопасности подземных хранилищ ОЯТ и ВАО, размещаемых в геологических формациях региона

Исследования аспектов ядерной и радиационной безопасности подземных хранилищ ОЯТ и ВАО, размещаемых в геологических формациях региона, были направлены, главным образом, на разработку научных основ безопасности подземных хранилищ ВАО и ОЯТ на базе адаптации методов теоретических исследований, нашедших применение в ядерной технологии и реакторостроении, включая разработку математических моделей подземных хранилищ.

**Вопросы ядерной безопасности.** Одной из основных научных задач в рамках исследований, направленных на изучение ядерной безопасности при долговременном хранении ОЯТ в геологических формациях региона, является изучение ядерно-физических эффектов и оценка глубины подкритичности в модулях хранилища ОЯТ при различных конструктивно-компоновочных решениях. Для решения этой задачи в Горном институте используется методология, основанная на специализированных реакторных программах КРАТЕР и РИТМ, которые были модернизированы и адаптированы с учетом специфики задач по обоснованию ядерной безопасности подземного объекта хранения ОЯТ [2, 3].

В задаче обоснования ядерной безопасности хранилища ОЯТ основное внимание было уделено изучению нейтронно-физических процессов для условий хранения топлива в чехлах, которое представляет научно-практический интерес с точки зрения специфики факторов, определяющих ядерно-физические характеристики системы хранения ОЯТ. Расчетно-теоретические исследования нейтронных полей в системе «упаковка с ОЯТ - защитные барьеры» проводились для условий хранения чехлов с ОЯТ внутри встроенной конструкции, которая состоит из железобетонных стен и перекрытия. В перекрытие встроены стальные трубы - гнезда хранения [2]. Рассматривались два типа размещения гнезд хранения: в бетонном массиве (типа "Бетонный массив") и в воздушной среде (типа "КАСКАД"). При этом рассматривались как условия нормальной эксплуатации, так и аварийные ситуации, связанные с затоплением модулей хранилища водой. Результаты численных экспериментов иллюстрирует рис. 2, на котором представлены расчетные характеристики ядерной безопасности отсека хранилища, содержащего уран-циркониевое ОЯТ ледокольного флота.

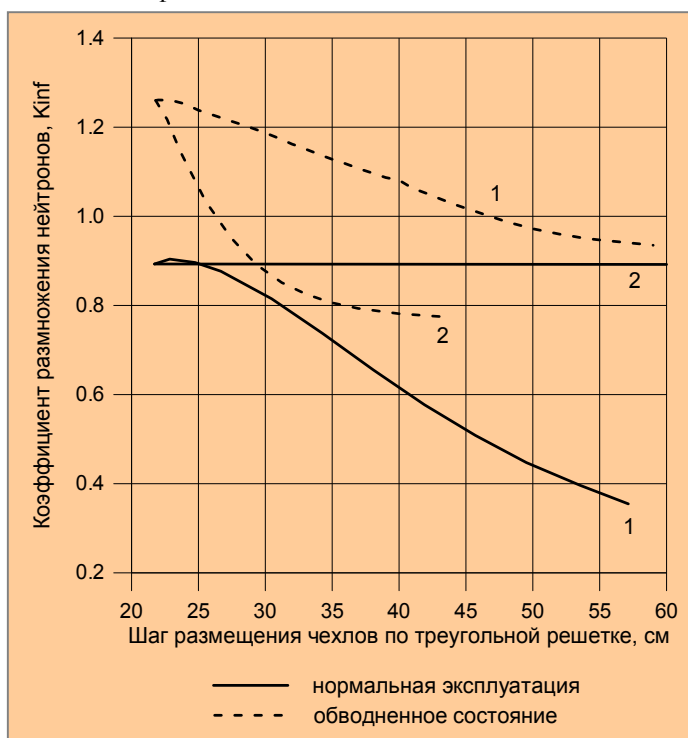


Рис.2. Характеристики ядерной безопасности сухого хранения чехлов с ОЯТ в стальных трубах, размещаемых в модуле подземного хранилища в бетонном массиве (1) и воздушной среде (2)

Приведенные данные показывают, в частности, что для условий нормальной эксплуатации (сухое состояние хранилища ОЯТ) нормативный уровень подкритичности ( $K_{inf} \leq 0,95$ ) обеспечивается во всем рассмотренном диапазоне шага размещения гнезд хранения для обоих типов хранения без применения каких-либо инженерно-технических мероприятий по обеспечению ядерной безопасности. В большей степени специфику подземного хранилища ОЯТ отражают аварийные ситуации. Как видно из рис. 2 (пунктирные линии), в этих условиях нормативный уровень подкритичности достигается только для определенного диапазона значений шага размещения гнезд хранения.

Таким образом, в результате исследования получены характеристики ядерной безопасности хранения чехлов с ОЯТ, позволяющие оптимизировать параметры компоновки упаковок с

ОЯТ в модуле подземного хранилища, при которых обеспечивается гарантированный уровень безопасности за счет внутренне присущих хранилищу свойств безопасности (физические свойства защитных барьеров и определенное пространственное размещение упаковок с топливом).

**Исследования радиационной безопасности при эксплуатации подземного хранилища ОЯТ.** В рамках задачи по изучению радиационной безопасности персонала подземного хранилища ОЯТ разработана методология описания прохождения ионизирующих излучений через защитные барьеры и выполнены расчетные исследования, целью которых являлась оценка эффективности встроенной конструкции в подземном модуле хранилища как основного инженерного защитного барьера в условиях хранения ОЯТ в отдельных чехлах. Оценка дозовой нагрузки на персонал от воздействия ионизирующих излучений проводилась для отсека встроенной конструкции в варианте хранения типа "КАСКАД".

Для решения поставленной задачи были разработаны математические модели отсека хранилища и проведены численные расчеты прохождения гамма-излучения и нейтронов спонтанных делений через защитные барьеры встроенной конструкции [1].

Результаты расчетов ослабления интенсивности ионизирующих излучений в защитных барьерах показали, что бетон обладает эффективными защитными свойствами по отношению к рассмотренным источникам излучений. По оценкам, нормативный уровень радиационного воздействия на персонал в зоне хранения ОЯТ в чехлах может быть обеспечен защитным барьером из обычного бетона толщиной до 1,5 м.

Полученные результаты показали достаточно широкие возможности по оптимизации инженерно-технических решений при создании встроенной конструкции, направленных на обеспечение радиационной безопасности персонала с учетом экономической эффективности сооружения инженерного защитного барьера.

На основе комплексных исследований аспектов ядерной и радиационной безопасности в целом разработаны оптимальные конструктивно-компоновочные схемы подземного хранилища неперерабатываемого ОЯТ судовых реакторных установок в регионе Европейского Севера России, позволяющие повысить эффективность использования подземного пространства при размещении топлива в хранилище.

**Исследование последствий гипотетической аварии на подземном объекте хранения ОЯТ, сопровождающейся атмосферным выбросом радиоактивных веществ.** Для изучения радиозоологической безопасности окружающей среды были выполнены исследования последствий гипотетической аварии на подземном объекте хранения ОЯТ, целью которых являлась оценка устойчивости подземного хранилища ОЯТ к внутреннему воздействию, которое может приводить к разрушению упаковок с ОЯТ и выбросу радиоактивности в помещения подземного комплекса хранилища и окружающую среду. В рамках этих исследований разработан и обоснован сценарий (запроектной) аварии в подземном хранилище, согласно которому в качестве инициирующего события рассматривается взрывное воздействие на упаковки с ОЯТ и среду подземной выработки хранилища. Для разработанного сценария определены параметры воздушной среды в аварийном модуле хранилища после взрыва (давление, температура, уровень радиоактивности и др.). На основе этих параметров и разработанного модельного представления подземного комплекса хранилища ОЯТ выполнены расчетные оценки термодинамических параметров и характеристик истечения газозвушной среды в системе подземного комплекса хранилища и выброса загрязненной среды в окружающую среду.

Результаты этих расчетов были использованы в качестве исходных данных для расчетных оценок количественных данных по выбросу радиоактивных веществ в атмосферу и загрязнению помещений хранилища. Исследования последствий атмосферного переноса аварийного выброса проводились с помощью разработанного специалистами Германии, Нидерландов, Англии и других стран математического кода COSYMA 2, имеющего статус официальной программы Европейского союза для поддержки принятия решений при радиационных авариях. Для проведения исследований была выполнена адаптация этой программы к специфическим погодным и природным условиям площадки потенциального размещения подземного хранилища в Сайда-губе.

На рисунке 3 приведена схема для расчетов по программе COSYMA 2, в которой население представляется равномерно распределенным по площади ячейки в полярной системе координат с радиусами 2,4; 3,2; 4,2; 5,6; 7,5; 10; 13; 18 и 24 км.

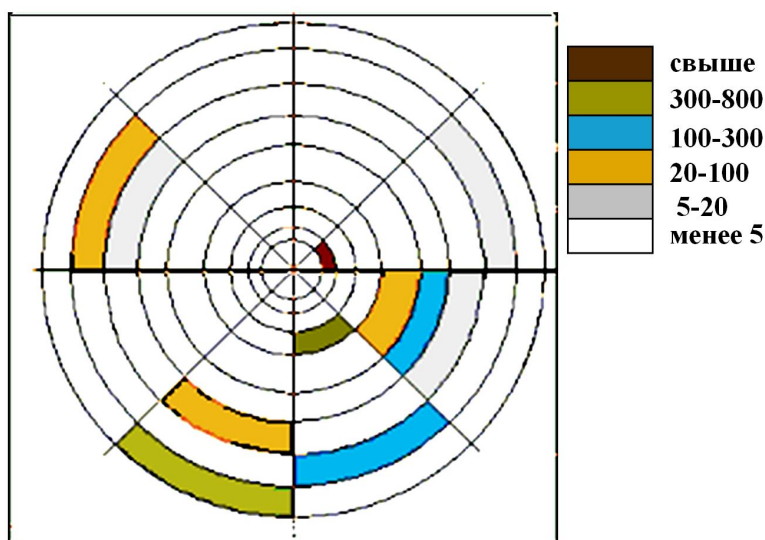


Рис.3. Распределение плотности населения в районе Сайда-губы, чел/км<sup>2</sup>

В расчетах дозового воздействия по программе COSYMA 2 индивидуальная доза от потребления продуктов питания представлена в виде временного интеграла от скорости поступления каждого радионуклида в рассматриваемый орган по всему спектру пищевых цепочек в данном элементе координатной сетки, умноженного на коэффициент дозовой конверсии.

Вероятность возникновения нестохастических эффектов у облученной группы людей, называемая радиационным риском, наиболее высока в таких органах и тканях, как костный мозг, легкие, щитовидная железа и кожа [5]. Выполненные комплексные исследования характеристик рассеяния воздушного выброса радиоактивности и последствий его осаждения на поверхность Земли

позволили сделать вывод о безопасности подземного хранилища ОЯТ для случая гипотетического воздействия в виде террористической атаки на радиационно опасный объект.

Полученные данные по аварийному воздействию на окружающую среду могут быть использованы при обосновании выбора площадки для размещения подземного радиационно опасного объекта, а также при разработке системы мониторинга площадки хранилища ОЯТ.

### **Исследование переноса радионуклидов во вмещающей геологической среде и оценка экологической безопасности подземного хранилища РАО и ОЯТ на потенциальных площадках региона**

С точки зрения методических подходов и практических результатов в качестве самостоятельной научной задачи как одной из составляющей научного направления «радиогеоэкология» следует рассматривать исследования процесса переноса радиоактивных веществ во вмещающей геологической среде. Исследования по этой задаче были направлены на создание информативной, инструментальной и методической основы для прогнозных оценок экологической безопасности подземных радиационно опасных объектов, размещаемых на потенциальных площадках региона с учетом особенностей их гидрогеологических характеристик. Методология решения поставленной проблемы предполагает поэтапный подход к ее выполнению.

На первом этапе создаются гидрогеологические модели дальнего поля с разнородными гидрогеологическими объектами в виде озер, рек, геологических нарушений и т.п. с последующим наполнением указанных объектов соответствующими характеристиками.

На втором этапе сначала рассчитываются скоростные поля течения подземных вод и определяются потенциальные места расположения объекта, а затем выполняются численные расчеты по переносу пассивного стабильного трассера во вмещающем массиве. Анализ результатов расчетов пространственно-временного распределения трассера позволяет делать вывод об эффективности выбора местоположения объекта и защитных свойствах вмещающего массива площадки.

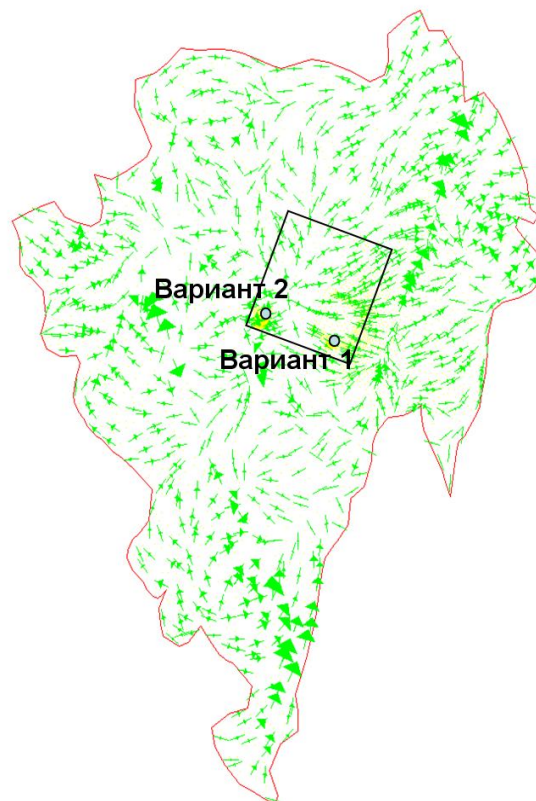
На третьем этапе для выбранного сценария вычисляются максимальные значения концентрации радионуклидов, выходящих за пределы объекта, на границе раздела ближнего и дальнего поля. Полученная информация позволяет в рамках верифицированной биосферной модели перейти к оценке экологической безопасности объекта, например, к определению мощности дозы для критической группы лиц из населения.

В качестве примера результатов исследований по первым двум этапам указанного выше подхода на рис. 4 показано пространственное распределение скорости потока в модели площадки Дальние Зеленцы, для которой были рассмотрены два варианта размещения объекта хранения/захоронения радиационно опасных материалов.

Аналогичные исследования были выполнены и для другой площадки – Сайда-губы. Результаты расчетов показали высокую эффективность защитных свойств вмещающей среды. Так, например, для глубины размещения объекта порядка 100 м максимальный коэффициент разбавления, характеризующий весьма ограниченные области площадок, имеет значение  $10^{-3}$ . Для основной территории площадок вне санитарно-защитной зоны объекта коэффициенты разбавления характеризуются весьма малыми значениями –  $10^{-6}$ - $10^{-9}$ . Наиболее предпочтительным по этому показателю выглядит вариант 1-й площадки Дальние Зеленцы.

Оценка долговременной безопасности регионального подземного могильника РАО проводилась в рамках международного проекта по программе TACIS [1, 4]. Численное моделирование миграции радионуклидов в ближнем поле с учетом растворения, адвективно-диффузионного переноса и радиоактивного распада выполнялось с помощью компьютерного кода PORFLOW, разработанного в Лаборатории аналитических и вычислительных исследований (ACRi, США) и предназначенного для моделирования процессов тепло- и массопереноса в пористых средах с различной степенью насыщения. Результатами моделирования ближнего поля являлись потоки и концентрации активности радионуклидов на границе раздела ближнего и дальнего поля.

Для расчета переноса грунтовых вод и загрязнений в концептуальной модели дальнего поля перспективных площадок использовалась программа AQUA3D, разработанная исландской фирмой Vatnaskil Consulting Engineers. Этот код позволяет



*Рис.4. Распределение поля скорости в 4-м слое модели площадки Дальние Зеленцы и варианты местоположений подземного объекта хранения/захоронения радиационно опасных материалов*

методом конечных элементов моделировать условия течения в гетерогенной и анизотропной среде, пространственные изменения фильтрации и инфильтрации. Выходными параметрами модели дальнего поля являлись факторы разбавления, вычисляемые в условиях равновесия в контрольных точках (река, озеро, почва).

В биосферной модели рассматривались три основных пути поступления радионуклидов в организм человека: потребление загрязненной пищи или воды, вдыхание загрязненного воздуха и прямое излучение от загрязненных почв, воды или отложений. Основными результатами биосферной модели являлись дозовые коэффициенты для рассмотренных долгоживущих радионуклидов.

В этих исследованиях рассматривались как сценарий нормальной эволюции, так и вероятностные (альтернативные) сценарии. В условиях нормального сценария учитывается только диффузионный перенос в различных элементах хранилища. Это означает, что все барьеры функционируют нормально, отсутствуют условия, способствующие ускоренному переносу в области ближнего поля, а геохимические условия в ближнем поле остаются оптимальными для удержания радионуклидов. Для вероятностных сценариев предполагается повреждение защитных барьеров, последствием которых может стать более свободный контакт подземных вод с отходами, приводящий к ускоренному выщелачиванию. Аналогичного эффекта можно ожидать при наличии разлома вблизи хранилища, через который возможно поступление воды в хранилище.

Аналогичные по методологии исследования выполняются и для подземного хранилища ОЯТ. Дополнительно результаты этих исследований показали целесообразность учета особенностей размещения объекта хранения/захоронения радиационно опасных материалов как по глубине, так и по ориентации в пространстве вмещающей геологической среды.

Итоги выполненных исследований показали, что в результате действия сорбционного механизма задержки переноса радионуклидов и их радиоактивного распада обеспечиваются высокие изолирующие и защитные свойства вмещающих горных пород на материковой части региона, которые способствуют предотвращению загрязнения среды обитания человека.

В целом, можно констатировать, что создана комплексная научно-методическая база радиогеоэкологии подземных объектов долговременного хранения и захоронения ядерных и радиационно опасных материалов в геологических формациях Европейского Севера России, обеспечивающая эффективное проведение исследований по обоснованию подземного размещения радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива.

Научно-методическая база основана на результатах выполненных научно-исследовательских работ, а именно:

- информационном обеспечении по проблеме подземного долговременного хранения и захоронения ядерных и радиоактивных материалов, включающем в себя обобщенное и систематизированное описание накопленных в регионе РАО и ОЯТ, а также рекомендации по необходимым значениям физических свойств вмещающей геологической среды на потенциальных площадках региона и миграционных характеристик радионуклидов;

- усовершенствованных методических принципах формирования геотехнических, радиогеоэкологических и экономических критериев выбора площадок;

- современной (сравнимой с зарубежными аналогами) информационной, инструментальной и методической основе выполнения исследований по аспектам ядерной, радиационной и экологической безопасности подземных радиационно опасных объектов.

Научно-методическая база может быть использована для прогнозирования различных аспектов безопасности подземных хранилищ РАО и ОЯТ, радиологического риска для населения и окружающей среды, при обосновании мест размещения подземных ядерно- и радиационно опасных объектов в условиях Европейского Севера России, а также при проектировании подземных комплексов хранилищ ядерных и радиационно опасных материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Н.Н., Конухин В.П., Наумов В.А. и др. Инновационные проекты подземных объектов долговременного хранения и захоронения ядерных и радиационно опасных материалов в геологических формациях европейского Севера России. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. – 111 с.
2. Мельников Н.Н., Конухин В.П., Наумов В.А. Отработавшее ядерное топливо судовых энергетических установок на европейском Севере России. В 2 ч. – Апатиты: КНЦ РАН, 2003.
3. Наумов В.А., Рубин И.Е., Днепровская Н.М. Описание ослабления нейтронов в биологической защите методом вероятностей прохождения: препринт ИПЭ-17. – Минск: Изд. Институт проблем энергетики АН Беларуси, 1996. – 28 с.
4. Предварительная оценка безопасности: отчет по задаче 6-го проекта R4.10/95 «Повышение безопасности обращения с радиоактивными отходами в Северо-Западном регионе России. Размещение РАО. Этап 2». – Апатиты, Горный институт КНЦ РАН; Belgatom, SCK•CEN (Бельгия), 2000. – 238 с.
5. Радиационная защита населения. Публикация 40, 46 МКРЗ / пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 80 с.
6. Шульга Н.А. Разработка и реализация технологий окончательного захоронения высокоактивных и долгоживущих отходов. Ч. 2. Современное состояние в странах Европы // Атомная техника за рубежом. – 2005. – № 5. – С.3-14

# СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ: СТРАТЕГИЯ – 2025

Ф.Д. Ларичкин, д.э.н.; Е.П. Башмакова, к.т.н.; В.В. Дидык, к.э.н.; Л.А. Рябова, к.э.н.  
Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН

## Аннотация

Освещены некоторые аспекты разработки «Стратегии социально-экономического развития Мурманской области до 2025 года», выполнявшейся Кольским научным центром по государственному контракту в 2008 г.: организация и этапы выполнения работ, теоретико-методические подходы, применяемые при разработке проекта Стратегии, краткое изложение концепции Стратегии и ожидаемых результатов ее реализации. Также затронут вопрос отражения в Стратегии влияния мирового финансово-экономического кризиса.

## Ключевые слова:

*стратегия, социально-экономическое развитие, теоретико-методологические подходы, концепция, мировой кризис, реализация, результаты.*

## Abstract

Some aspects regarding “The Strategy of socio-economic development of the Murmansk region to the year of 2025” worked out by the Kola Science Centre against a state contract in 2008 (organization and stages of the work, theoretical and methodological approaches applied for elaboration of the Strategy draft, brief description of the Strategy conception and expected realization results) are revealed. The question of financial world crisis influence is also dealt with in the Strategy.

## Keywords:

*strategy, socio-economic development, theoretical and methodological approaches, conception, world crisis, realization, results.*



В марте 2008 года в соответствии с государственным контрактом, заключенным Департаментом экономического развития Мурманской области (в настоящее время Министерство экономического развития Мурманской области) с Кольским научным центром РАН, началась разработка «Стратегии социально-экономического развития Мурманской

области до 2025 года» (далее Стратегия). В декабре 2008 г. работа была завершена. Проект Стратегии представлен на официальном интернет-портале правительства Мурманской области [1] для широкого обсуждения общественностью и предусматривает последующее утверждение областной Думой.

Техническое задание к контракту на разработку Стратегии устанавливало 5 этапов выполнения данной работы в сроки, представленные в табл. 1. По каждому из этапов предусматривались самостоятельный перечень подлежащих разработке вопросов, а также представление отчетов с полной процедурой их сдачи заказчику, что, по сути, означало необходимость их выполнения как ряда самостоятельных, но взаимосвязанных научно-исследовательских работ. С учетом сжатых сроков, большого объема и высокой ответственности работы надлежащее выполнение требований контракта представляло определенную сложность и явилось своеобразным вызовом для Кольского научного центра.

Таблица 1

Этапы разработки «Стратегии социально-экономического развития Мурманской области на период до 2025 года»

№ этапа	Наименование этапов работ	Срок исполнения по Техническому заданию
1	Комплексная оценка потенциала, основных факторов и проблем социально-экономического развития области, определение перспектив и целей развития на долгосрочный период	15.04.2008 г.
2	Разработка сценариев, приоритетов и основных направлений социально-экономического развития области на долгосрочную перспективу	15.06.2008 г.
3	Разработка приоритетных направлений, целей и задач деятельности органов государственного управления, обеспечивающих социально-экономическое развитие области в соответствии с выбранным целевым сценарием	15.09.2008 г.
4	Разработка механизма реализации и мониторинга Стратегии	30.10.2008 г.
5	Представление положений Стратегии заинтересованным лицам, органам государственной власти (на основе подготовки полного и краткого варианта Стратегии)	15.12.2008 г.

Выполнение работ по контракту было организовано в соответствии с Распоряжением Председателя Президиума Кольского научного центра РАН № 21 от 04.04.2008 г. «О выполнении контракта на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке «Стратегии социально-экономического развития Мурманской области до 2025 года», а непосредственными исполнителями большинства разделов всех представляемых отчетов явились сотрудники Института экономических проблем им. Г.П.Лузина КНЦ РАН.

Основными теоретико-методологическими подходами, примененными при разработке Стратегии, явились:

1) концепция устойчивого развития как теоретическая основа формирования Стратегии и такие ее главные принципы, как экономическая эффективность, социальная справедливость и экологическая сбалансированность развития в интересах нынешнего и будущих поколений;

2) социальная и инновационная ориентированность; применение данных принципов – объективное требование современного этапа мирового и национального общественного развития. Их использование обеспечивает соответствие целей Стратегии целевым ориентирам Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.);

3) максимальный учет специфики Мурманской обл. как региона Российского Севера. Здесь использован подход, основанный на отношении к Северу не только как к важнейшему источнику ресурсного обеспечения развития страны, но и как к уникальному макрорегиону, население которого в экстремальных условиях создает значительную долю валового национального продукта, опережая по его производству на душу населения большинство регионов страны и обеспечивая стратегическое присутствие России на Севере и в Арктике. Такой, во многом новый, подход к развитию Российского Севера предполагает преодоление тенденций использования труда работников с психологией «временщиков» и перенос акцента на «оживление» Севера, создание комфортных условий для постоянной жизни людей, активное развитие и системное воспроизводство человеческого потенциала. Он особенно уместен для применения в Мурманской обл. – одном из наиболее обжитых, транспортно доступных и промышленно развитых регионов Крайнего Севера России. Однако имеется ряд требующих незамедлительного решения проблем в сфере уровня и качества жизни населения, вызванных как трансформацией всей социально-экономической системы России, так и особенностями развития экономики региона.

1. Учет процессов глобализации, обострения всех форм конкуренции (принцип глобальной ориентированности). В условиях глобализации и усиления конкурентной борьбы между регионами приобретает все большее значение достижение ими уровня лучших мировых стандартов социального развития, что обусловлено стремительным возрастанием роли человеческого потенциала как фактора экономического развития и конкурентоспособности регионов. Исходя из этого, ориентирами роста уровня и качества жизни населения области в Стратегии избраны стандарты качества жизни, достигнутые странами Северной Европы – ближайшими соседями Мурманской обл., которые включают высокий уровень физического здоровья, образования, благосостояния, обеспеченности жильем, высокие доступность и качество социальных услуг, высокий уровень качества окружающей среды.

2. Применение проблемно-ориентированного межсекторного подхода. Его суть в том, что решение социальных, экономических или экологических проблем базируется на комплексном подходе, взаимоувязывающем действия по развитию различных отраслей социальной сферы и экономики, специальные политики в отношении разных социальных групп, секторов и отраслей экономики. Такой подход основан на стимулировании взаимодействия различных уровней управления и секторов общества (государства, бизнеса, гражданского общества) для реализации общих интересов и достижения общих целей.

С учетом указанных общих методологических подходов, а также на основе комплексного анализа существующих проблем, определяемых особенностями региона, внутренними и внешними факторами развития, анализа возможных сценариев и выбора целевого сценария, в качестве которого избран сценарий инновационного социально ориентированного развития региона, в проекте Стратегии Мурманской области сформулирована следующая система целей, приоритетов и задач социально-экономического развития на период до 2025 года.

Генеральная цель – рост человеческого потенциала и качества жизни населения Мурманской обл. на основе ее инновационного, устойчивого социального, экономического и экологически сбалансированного развития, обеспечивающего статус области как конкурентоспособного региона, опорного центра России на Европейском Севере и в Арктике, с качеством жизни на уровне стандартов стран Северной Европы.

Главный критерий достижения генеральной цели – продолжительность жизни населения области в 2025 г., соответствующая уровню стран Северной Европы (75-77 лет).

С учетом установленной генеральной цели приоритетами социально-экономического развития Мурманской области в долгосрочной перспективе определены:

- развитие человеческого потенциала, повышение качества жизни населения;
- повышение конкурентоспособности экономики области;
- формирование эффективных институтов развития региона.

В качестве основных подцелей и задач, обеспечивающих достижение генеральной цели, а также критериев достижения целей выступают:

1. Сохранение и развитие человеческого потенциала, рост уровня и качества жизни населения:
  - преодоление бедности, снижение уровня бедности в 3 раза (до 5-6% доли населения с доходами ниже прожиточного минимума), ликвидация экономической бедности;
  - повышение уровня здоровья населения, развитие приверженности населения здоровому образу жизни, сокращение уровня распространенности основных факторов риска (высокого артериального давления, употребления алкоголя, табакокурения, наркотиков) в 2-4 раза;
  - усиление преимуществ региона, достигнутого по уровню образования населения в сравнении со средним по стране; повышение удельного веса населения с профессиональным образованием до 70%;
  - сохранение для населения экономических преимуществ жизни в регионе; достижение уровня средней заработной платы, в 5-6 раз превышающего величину прожиточного минимума.
2. Улучшение демографической ситуации в регионе:
  - снижение смертности, особенно в трудоспособном возрасте (не менее чем на 30%), сокращение в 2 раза младенческой смертности и увеличение ожидаемой продолжительности жизни не менее чем на 8 лет; рост рождаемости и достижение естественного прироста населения;
  - преодоление миграционной убыли и достижение на этой основе стабилизации численности населения.
3. Улучшение среды обитания населения области:
  - сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на 30%;
  - повышение доли населения, проживающего в местах с благоприятной экологической обстановкой, до 95% за счет уменьшения площади зон загрязнения.
4. Повышение качества и доступности социальных услуг, оказываемых населению (здравоохранения, образования, жилищно-коммунального хозяйства, социального обслуживания, культуры и спорта):
  - обеспечение высоких стандартов качества и доступности социальных услуг (здравоохранения, жилищно-коммунального хозяйства и др.), рост доли населения, удовлетворенного качеством и доступностью социальных услуг до 70-80%;
  - повышение уровня государственных расходов на здравоохранение в Мурманской обл. до 7-8% от ВРП;
  - достижение среднего уровня обеспеченности жильем 30-40 кв.м. на человека.
5. Повышение уровня конкурентоспособности экономики региона, ее диверсификации, формирование производственных кластеров:
  - развитие новых для области отраслей промышленности и транспорта – нефте-, газодобычи и переработки, трубопроводного транспорта, производства редкометалльной и редкоземельной продукции;
  - формирование не менее 6 производственных кластеров (транспортно-логистического, горно-металлургического, горно-химического, нефтегазового, рыбопромышленного, туристического);
  - рост числа малых и средних предприятий, повышение доли постоянно занятых на малых и средних предприятиях до 25%, развитие малого инновационного предпринимательства;
  - развитие агропромышленного комплекса, повышение уровня обеспечения продовольствием за счет собственного (внутрирегионального) производства;
  - обеспечение ускоренного развития отраслей производственной инфраструктуры.
6. Повышение эффективности использования природно-ресурсного потенциала, деятельности традиционных отраслей экономики области на основе внедрения технологических инноваций, обеспечивающих комплексность использования сырья и экологическую безопасность производства:
  - рост доли промышленных предприятий, осуществляющих технологические инновации до 40-50%;
  - увеличение доли инновационной продукции в общем объеме выпуска до 30-40%;
  - повышение комплексности переработки сырья, рост энергоэффективности экономики, снижение энергоемкости ВРП не менее чем на 30%.
7. Повышение производительности труда, рост инвестиций в человеческий капитал и расширенное воспроизводство основных производственных фондов на новой технико-технологической основе:
  - достижение среднего темпа роста производительности труда по показателю ВРП на одного занятого в экономике, превышающего 8% в год;
  - снижение доли работников, занятых во вредных и опасных (не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам) условиях, не менее чем в 2 раза, повышение доли капитальных вложений в ВРП до 23-25%.
8. Совершенствование и повышение эффективности функционирования институтов развития области:
  - повышение эффективности деятельности органов власти на региональном и муниципальном уровнях;
  - укрепление существующих и создание новых региональных институтов развития, в том числе Фонда стратегического развития Мурманской обл., Агентства развития производственных кластеров, Агентства развития инвестиционной деятельности;
  - развитие институтов гражданского общества и различных форм участия населения в управлении регионом.

Особенность предлагаемой к реализации Стратегии-2025, по сравнению с утвержденной в 2001 г. Стратегией экономического развития Мурманской области на период до 2015 года, состоит в тщательной проработке социальных аспектов развития области. Одной из главных черт предстоящего периода является усиление социальной составляющей развития в решении задач построения социально-ориентированной экономики региона. В связи с этим важнейшим направлением деятельности становится социальная политика, т.е. система

мер, направленных на повышение благосостояния и улучшение условий жизни населения, развитие отраслей социальной сферы. Основными субъектами социальной политики в регионе являются законодательный и исполнительный органы государственной власти области, представительные и исполнительные органы местного самоуправления, работодатели, общественные организации, социальные группы и отдельные индивиды.

В перспективном периоде социальная политика органов власти Мурманской обл. будет представлять собой комплекс мер по реализации одного из трех стратегических приоритетов региона, являющегося одновременно и основным приоритетом социальной политики и состоящего в развитии человеческого потенциала, повышении качества жизни населения.

Его реализация будет осуществляться на основе достижения следующих основных целей, совпадающих с основными целями развития области и ранжированных по степени приоритетности: 1) сохранение и развитие человеческого потенциала, рост уровня и качества жизни населения; 2) улучшение демографической ситуации в регионе; 3) повышение качества и доступности социальных услуг, оказываемых населению (здравоохранения, образования, социального обслуживания, жилищно-коммунального хозяйства, культуры и спорта); 4) улучшение среды обитания населения.

Специфической чертой предстоящего периода является то, что региональные органы государственного управления будут проводить активную социальную политику, заключающуюся в интенсивном развитии человеческого потенциала, существенном повышении эффективности деятельности отраслей социальной сферы, кардинальном улучшении качества жизни населения области.

В Стратегии приоритетными целями и направлениями социальной политики определены те, что обеспечивают решение наиболее острых социальных проблем региона. При разработке целей и расстановке приоритетов долгосрочной социальной политики области нами использованы результаты научного анализа, направленного на выявление наиболее острых для региона социальных проблем, материалы социологических опросов населения Мурманской обл. по определению социального самочувствия жителей региона (мониторинговые опросы населения Мурманской обл. проводятся Отделом социальной политики ИЭП КНЦ РАН с 2005 г. два раза в год, общий объем выборки 1500 чел.), результаты анкетного опроса экспертов (ученых КНЦ РАН, специалистов Департамента экономического развития Мурманской обл., представителей бизнеса и общественных организаций) по определению проблем и целей развития области.

Основными принципами региональной социальной политики в предстоящем периоде будут:

- приоритетность интересов и потребностей жителей области при учете федеральных интересов;
- проблемная ориентированность, т.е. переход от узкого функционально-отраслевого подхода, при котором в центр управленческих действий ставится развитие отрасли, к проблемно-ориентированному межсекторному подходу, направляющему усилия различных уровней управления и секторов общества (государства, бизнеса, гражданского общества) на решение проблем населения; концентрация усилий и ресурсов в проблемных и перспективных сферах социальной жизни;
- выполнение всех социальных обязательств государства перед гражданами, в том числе в период финансово-экономического кризиса;
- оптимальное сочетание социальной, экономической и экологической эффективности;
- стимулирование развития социальной ответственности бизнеса в регионе;
- демократизация управления социальными процессами, т.е. переход от доминирующего вертикального контракта к развитию горизонтальных соглашений в сфере социальной политики, максимальное включение в управление населения, структур гражданского общества как субъектов социальной политики;
- гласность и открытость, общественный контроль над деятельностью органов власти;
- глобальная ориентированность, т.е. адекватность решений в сфере социальной политики процессам, происходящим в мировом масштабе и в возрастающей степени влияющим на развитие области и ее местных сообществ.

Достижение целей социальной политики будет осуществляться через систему взаимосвязанных и скоординированных политик, т.е. комплекс мер, инициируемых и осуществляемых администрацией области в сотрудничестве с другими субъектами социальной политики в сфере здравоохранения, образования, социальной защиты, занятости, социально-трудовых отношений, культуры, жилищно-коммунального хозяйства, физкультуры и спорта, городской среды, а также посредством проведения демографической, семейной, экологической, молодежной политики и политики в отношении коренных малочисленных народов Севера, проживающих в области.

Основными составляющими социальной политики, осуществляемой органами власти Мурманской области в перспективном периоде, будут следующие специальные политики и их направления:

*Политика повышения благосостояния и качества жизни населения области.* Ее целью является сохранение и развитие человеческого потенциала, рост уровня и качества жизни населения Мурманской области. Здесь основными направлениями деятельности будут преодоление бедности (значительное сокращение социальной и полная ликвидация экономической бедности); повышение уровня здоровья населения; усиление преимущества, достигнутого регионом по уровню профессионального образования населения; сохранение для населения экономических преимуществ жизни в регионе. Это наиболее комплексное направление, прямо направленное на реализацию главного приоритета социальной политики региона, задающее вектор для других политик в социальной сфере.



*Демографическая политика.* Ее цель – улучшение демографической ситуации в регионе. Демографическая политика включает следующие направления: снижение уровня смертности населения; увеличение ожидаемой продолжительности жизни; повышение уровня рождаемости; преодоление миграционной убыли.

*Политика в сфере здравоохранения.* Здесь цель – обеспечение высоких стандартов качества и доступности медицинской помощи на основе модернизации системы здравоохранения области. Основными направлениями являются: осуществление комплекса мероприятий по повышению качества и доступности медицинской помощи; совершенствование организационно-экономического потенциала здравоохранения; усиление профилактической составляющей в здравоохранении.

*Политика в сфере образования.* Целью этой политики является повышение доступности и качества услуг образования в области. Ее основные направления: создание условий для обеспечения доступности и повышения качества образовательных услуг; совершенствование института государственно-общественного партнерства в сфере образования; реализация мер по обеспечению потребностей региональной экономики в высокопрофессиональных и конкурентоспособных кадрах; создание условий для включенности региона в единое национальное и мировое образовательное пространство.

*Политика в сфере социальной защиты.* Целью деятельности в этой сфере является достижение высоких стандартов социальной защиты населения области. Основными направлениями здесь являются: осуществление мер по повышению эффективности адресной системы социальной помощи; обеспечение высокого уровня охвата социально уязвимых групп населения мерами социальной защиты; развитие системы социального обслуживания.

*Политика в сфере жилищно-коммунального хозяйства.* Ее цель – повышение качества жилищного фонда и услуг жилищно-коммунального хозяйства. Основные направления: модернизация жилищного фонда и коммунальной инфраструктуры; создание условий для повышения комфортности жилья.

*Политика в сфере культуры и искусства.* Целью развития этой сферы является расширение возможностей для культурно-духовного развития жителей области. Основными направлениями являются: создание условий для обеспечения и повышения качества услуг в сфере культуры и искусства; создание условий для накопления и передачи будущим поколениям культурного и духовного достояния области, развитие культурного пространства региона.

*Политика в области физической культуры и спорта.* Здесь цель – повышение доступности и привлекательности занятий физической культурой и спортом для населения. Основными направлениями деятельности являются: обеспечение доступности и привлекательности занятий физической культурой и спортом для всех групп населения; проведение мероприятий, направленных на увеличение вклада области в формирование резерва российского спорта высших достижений.

*Политика по улучшению среды проживания в населенных пунктах.* Целью работы по этому направлению является повышение качества среды проживания в населенных пунктах области. Главными направлениями здесь являются: проведение системных мероприятий по улучшению атмосферного воздуха городских поселений; совершенствование системы обеспечения населения водой питьевого качества; повышение комфортности среды проживания в населенных пунктах; осуществление мероприятий по уменьшению численности безнадзорных животных, повышению качества ветеринарных услуг.

*Экологическая политика.* Цель экологической политики органов государственной власти области – поддержание и улучшение окружающей среды региона. Основные направления действий: реализация комплекса мер по снижению техногенной нагрузки на окружающую среду; модернизация системы вывоза и утилизации бытовых отходов; создание условий для сохранения устойчивости природных экосистем и биологического разнообразия; обеспечение экологической безопасности; развитие экологического образования; осуществление мер по сохранению агроценозов и повышению плодородия почв; создание условий для развития муниципальной природоохранной инфраструктуры.

*Молодежная политика.* Ее цель состоит в повышении включенности молодежи в социально-экономическую, политическую, культурную жизнь общества. Главными направлениями в перспективном периоде являются: содействие самореализации молодежи; создание условий для ее гражданского становления; обеспечение поддержки социально незащищенной молодежи и молодой семьи.

*Политика в отношении коренных малочисленных народов Севера, проживающих в области.* Ее цель – создание условий для устойчивого развития этих этнических групп, проживающих на территории Мурманской области. Основные направления в перспективном периоде: создание институциональной среды (в том числе развитие региональной законодательной базы), обеспечивающей возможности реализации интересов коренных народов Севера; повышение уровня и качества их жизни; обеспечение коренным народам Севера возможностей по сохранению своих этнических особенностей.

Наряду с социальной политикой в Стратегии-2025 определены основные направления, принципы и задачи экономической политики (включая такие ее составляющие, как инвестиционная, энергетическая, кластерная), а также бюджетной политики и политики формирования региональных институтов развития. Предложена система мер органов государственного управления по достижению целей и реализации приоритетов как социального, так и экономического развития области в увязке звеньев «цель – задачи – комплексы мер» [1].

В проекте Стратегии представлены основные перспективные точки экономического роста, способствующие переходу области к инновационному социально ориентированному развитию.

Реализация ряда крупных инвестиционных проектов, в особенности группы проектов по комплексному развитию Мурманского транспортного узла, мегапроекта по освоению Штокмановского газоконденсатного

месторождения, наряду с проектами реконструкции действующих и строительства новых предприятий горнопромышленного комплекса, энергетики и других отраслей, может качественно преобразовать социально-экономическое положение области и уровень жизни ее населения, обеспечить динамизм развития региона в долгосрочной перспективе и способствовать переходу экономики области к инновационному развитию.

Наибольшее влияние на развитие региона способен оказать проект комплексного освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения, который имеет стратегическое значение в целом для России, поскольку создает мощную основу для будущего освоения углеводородных ресурсов Арктики. Он включает подводную добычу природного газа, строительство завода по производству сжиженного газа в районе пос.Териберка, а также строительство магистрального газопровода через территорию Мурманской обл. В рамках осуществления проекта запланирована газификация населенных пунктов области, что обеспечит положительный социально-экономический и экологический эффект.

Освоение морских объектов сырья – это высокотехнологичный процесс, определяющий инновационное развитие целых отраслей и регионов, формирование новых конкурентоспособных кластеров. Следовательно, несмотря на «сырьевую» направленность, освоение месторождений шельфа Арктических регионов полностью соответствует стратегической линии перевода экономики региона на инновационный путь развития.

Стратегическое значение имеет также реализация проекта «Комплексное развитие Мурманского транспортного узла», в результате осуществления которого приобретет новое качество транспортно-логистическая сеть Российской Арктики. В рамках проекта планируется строительство новых портовых перегрузочных комплексов на западном берегу Кольского залива (по перегрузке нефти и нефтепродуктов, угля, генеральных грузов), строительство морского контейнерного терминала, дистрибутивного логистического терминала, координационного логистического центра, развитие сети подъездных железнодорожных и автомобильных дорог, а также других объектов.

Важным условием позитивного мультипликативного влияния планируемых инвестиционных проектов на экономику области является обеспечение максимального вовлечения в реализацию проектов местных поставщиков и подрядчиков, формирование на базе крупных проектов территориально-производственных кластеров.

Мировой и лучший отечественный опыт показывает, что формирование производственных кластеров является важнейшим средством достижения динамичного экономического развития региона, повышения конкурентоспособности экономики, привлечения инвестиций, внедрения инноваций. Создание на территории области полноценных кластеров будет способствовать развитию точек экономического роста как важного фактора достижения целей Стратегии. Хорошие предпосылки существуют для формирования на территории области таких кластеров как транспортно-логистический, нефтегазовый, горно-химический, горно-металлургический, рыбопромышленный, туристский.

Мурманская область располагает необходимыми условиями для создания кластеров, так как имеет ряд крупных конкурентоспособных компаний, причем конкурентных не только на национальном рынке, но и на мировом, значительный научно-технический потенциал, квалифицированную рабочую силу, развитые внешнеэкономические связи, дееспособные общественные организации и ассоциации предпринимателей.

Формирование и функционирование производственных кластеров в Мурманской области позволит обеспечить достижение долгосрочных конкурентных преимуществ для предприятий региона и экономики в целом, сформировать новый, более эффективный сетевой принцип организации регионального пространства.

Созданию и развитию кластеров может способствовать наделение отдельных территорий, предприятий и видов деятельности статусом особых экономических зон с соответствующими механизмами стимулирования бизнеса, что в совокупности с другими мерами повышения инвестиционной привлекательности региона обеспечит приток средств отечественных и иностранных инвесторов и будет существенным вкладом в реализацию целей и задач социально-экономического развития области.

Стратегические инвестиционные проекты, промышленные кластеры, особые экономические зоны генерируют спрос на организационные, технологические и социальные инновации, что формирует мощные импульсы для становления и развития инновационной социально ориентированной экономики региона, определяет повышение роли и значения научно-технического, образовательного и инновационного комплексов, которые рассматриваются как базовые компоненты развития региона до 2025 г.

Развитие инновационной системы Мурманской обл. в перспективе будет направлено на всестороннее стимулирование инновационных проектов общенационального значения, а также реализацию следующих приоритетных направлений исследований и разработок:

- разработка технологий добычи, транспортировки и переработки нефтегазовых ресурсов арктического шельфа, научно-техническое сопровождение проекта по отработке Штокмановского месторождения;
- разработка технологий комплексного использования многокомпонентного минерального сырья, обеспечивающего развитие Кольского горнопромышленного и металлургического комплексов, а также формирование и поддержание государственного резерва стратегических материалов;
- развитие промышленных технологий строительства крупногабаритных подземных сооружений с повышенной степенью защиты от динамических воздействий и сверхглубоких карьеров для оптимизации отработки месторождений, составляющих основу минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых региона (России);
- развитие биотехнологий двойного назначения и методов предотвращения негативного воздействия промышленного комплекса на морские экосистемы Баренц-региона;

- исследование социально-экономических и гуманитарных проблем устойчивого развития регионов Севера и Арктики;
- исследование перспектив развития грузопотоков в западном секторе Российской Арктики и на трассе Северного морского пути для определения перспектив развития Мурманского транспортного узла;
- создание новых методов добычи, переработки и воспроизводства морских биологических ресурсов, включая нетрадиционные;
- разработка научно обоснованной концепции региональной системы морского хозяйства в Мурманской обл. и развитие прибрежной зоны;
- разработка и внедрение новых решений, направленных на повышение энергоэффективности экономики области;
- изучение особенностей специфической геофизической среды высокоширотных зон и развитие методов оценки и прогноза состояния атмосферы и околоземного космического пространства;
- биоресурсные мониторинговые исследования;
- исследование и развитие нанотехнологий и материалов на их основе.

Следует отметить, что преобладающий объем работы по разработке Стратегии (включая подготовку «Концепции Стратегии ...») был выполнен в соответствии с Техническим заданием к 15 сентября 2008 г. Мировой финансовый кризис, признаки которого хотя и наблюдались на финансовых рынках, экономику России и Мурманской обл. к этому времени еще не затронул. Его влияние в реальном секторе экономики страны и региона проявилось начиная с октября 2008 г. Так, если в сентябре 2008 г. индекс производства в экономике страны к соответствующему месяцу 2007 г. составлял 106.3%, то в октябре он понизился до 100.6%, а в ноябре и декабре до 91.3 и 89.7% соответственно. В Мурманской обл. соответствующие ежемесячные индексы производства в 2008 г. составляли: в сентябре – 102.2%, в октябре – 95.7%, в ноябре 81.7%, в декабре – 87.0% [2].

С учетом изменившихся условий, несмотря на то, что основные идеи и целевые показатели Стратегии были определены к сентябрю 2008 г., в процессе продолжения работы над итоговыми документами (краткий и полный варианты Стратегии) в конце 2008 г. разработчики постарались в максимальной степени учесть изменившиеся условия.

Во-первых, было подчеркнуто, что в условиях мирового экономического кризиса актуальность реализации Стратегии еще более возрастает. Ухудшение стартовых условий для ее реализации и крайняя нестабильность внешней среды во время мирового экономического кризиса обуславливают необходимость осуществления региональными органами власти в период 2009-2010 гг. комплекса антикризисных мер, что должно обеспечить скорейшую стабилизацию ситуации и достижение поставленных в Стратегии целей развития.

Во-вторых, были внесены коррективы в сценарий развития области и характеристики внешних угроз, принимая во внимание то, что некоторые из потенциальных угроз превращаются в реальные. Это привело к изменению предполагаемых сроков реализации ряда запланированных инвестиционных проектов.

В-третьих, ключевым содержанием первого этапа реализации Стратегии, рассчитанного на 2009-2013 гг., была определена необходимость принятия комплексной региональной программы преодоления негативных последствий кризиса в экономике области. Такая программа должна увязываться с федеральными антикризисными мерами и предусматривать совместные действия с муниципалитетами. Она должна включать, прежде всего, комплекс мер по оптимизации бюджетных расходов на региональном и муниципальном уровнях, обеспечивая при этом сохранение социальных обязательств государства, усиление поддержки сферы занятости. Важнейшие направления антикризисных мер – сдерживание негативных проявлений в финансовом и производственном секторах, поддержание социальной стабильности в коллективах организаций, обеспечение более широкого использования механизмов социального партнерства.

Вместе с тем, следует подчеркнуть, что указанные корректировки не изменили главных целей, приоритетов и намеченных целевых показателей долгосрочного развития Мурманской обл., определенных в сентябре 2008 г. (до появления признаков кризиса). Такая установка полностью соответствует принятому в Концепции подходу долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденной в ноябре 2008 г. [3].

Можно сделать вывод, что мировой финансово-экономический кризис хотя и ухудшает стартовые условия для реализации Стратегии, не перечеркивает возможности достижения ее долгосрочных целей. Реализация региональными органами власти комплекса антикризисных мер, увязанных с Федеральной антикризисной программой, должна обеспечить стабилизацию ситуации. Одновременно осуществление органами власти стратегических мер социально-экономической политики и координация усилий всего регионального сообщества должны обеспечить достижение поставленных целей развития области к 2025 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия социально-экономического развития Мурманской области до 2025 года (Проект) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://economics.gov-murman.ru/ekonomika\\_oblast/ostrategiya\\_soci/](http://economics.gov-murman.ru/ekonomika_oblast/ostrategiya_soci/).
2. Федеральная служба государственной статистики. Центральная база статистической информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi>.
3. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.

## ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ НАУЧНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ КАК СУБЪЕКТА МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Г.Г. Матишов, академик РАН; В.В. Денисов, д.г.н.  
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

### Аннотация

Стратегия развития природопользования в Арктике – важнейшая государственная задача России, требующая учета комплекса природных и гуманитарных факторов (от климата до управления). Рассмотрена современная роль морских акваторий как ресурса пространственного развития государств. Значительное внимание уделено обзору зарубежного опыта в области морского территориального планирования. Подчеркнута важность современных интеграционных и экосистемных подходов к управлению морским природопользованием. Проанализированы особенности стратегических документов Российской Федерации в области морской деятельности, и сделаны выводы о сохранении ведомственного, секторального подхода к освоению морских ресурсов, в том числе в Арктике, что не согласуется с мировыми трендами в области устойчивого развития морских регионов национального и международного значения.

### Ключевые слова:

*устойчивое развитие, морское природопользование, управление, эколого-географический подход, морское территориальное планирование, стратегия морской деятельности, ведомственный подход, стратегия природопользования в Арктике, российские приоритеты (на примере Мурманской области), тенденции мирового развития, экосистемный подход.*

### Abstract

Development strategy of the Arctic management is the most important Russian national task which demands taking into account the complex of natural and humanitarian factors (from climate to management). The modern role of marine areas is considered to be a resource of state spatial development. Considerable attention is devoted to the review of foreign experience in the sphere of marine space planning. The importance of modern integration and ecosystem approaches to marine nature management is emphasized. The peculiarities of Russian Federation strategy documents in the sphere of marine activity are analyzed and conclusions about preservation of departmental, sectoral approach to marine resources development including the Arctic are made. The approach doesn't agree with world trends in the sphere of sustainable development of marine regions of national and international importance.

### Keywords:

*sustainable development, marine resource management, management, ecological-geographical approach, marine spatial planning, marine activity strategy, sectoral approach, Arctic management strategy, Russian priorities (on the example of Murmansk region), world development tendency, ecosystem approach.*



В начале XXI века традиционный взгляд на территорию стран как на ресурс пространственного развития государств приобрел новый ракурс. Устоявшееся в географии и экономике традиционное понимание территории как части поверхности земной суши с присущими ей природными, а также антропогенными, свойствами и ресурсами в настоящее время существенно изменилось. Сегодня территория страны – это часть земного шара, находящаяся под суверенитетом определенного государства [20]. В ее состав входит не только суша в пределах государственных границ, но также внутренние и территориальные воды. В отдельных случаях в силу определенной

конфигурации стран (Канада, Индонезия и др.) их площадь составляет миллионы квадратных километров. Поэтому среди наиболее ценных участков территории приморских стран все чаще рассматриваются их прибрежные территории. Как отмечается в литературе [1, 7, 9, 31, 32], именно прибрежные территории, помимо разнообразных естественных ресурсов, имеют условия для строительства портовой инфраструктуры и обеспечения таким образом выхода страны в Мировой океан. Приморское географическое положение стран обеспечивает им разнообразные геоэкономические и геополитические преимущества. Одним из таких преимуществ выступает наличие исключительных экономических зон (ИЭЗ), которые в соответствии с Конвенцией по морскому праву хотя и не являются в прямом смысле территориями формирующих их прибрежных государств, но дают этим государствам суверенное право на промысел и использование минеральных ресурсов. При сохранении прав других государств на свободный проход судов, пролет самолетов, прокладку кабелей и др. экономические права государств-«хозяев» ИЭЗ настолько экономически велики, что дают им дополнительные, и немалые, ресурсные возможности. Зачастую площади морских составляющих таких стран (ИЭЗ, шельф) намного превышают площади их сухопутных территорий [26]. В табл. 1 показаны в порядке убывания площади отдельных компонентов территорий стран (суша, ИЭЗ) и их суммарные значения.

Таблица 1

Сравнительные характеристики величин территорий суши, исключительных экономических зон и их суммарных показателей, тыс. км<sup>2</sup>

Страна	Суша	ИЭЗ	Суша+ИЭЗ
Россия	17 075	7 566	24 641
США	9 363	11 351	20 714
Австралия	7 682	8 148	15 830
Канада	9 976	5 599	15 575
Бразилия	8 512	3 661	12 173
Франция	551	11 035	11 586
Китай	9 597	877	10 474
Индонезия	1 900	7 900	9 800
Индия	3 288	1 642	4 930
Япония	372	4 479	4 851
Мексика	1 973	2 700	4 673
Великобритания	244	3 974	4 218
Аргентина	2 777	1 159	3 936
Саудовская Аравия	2 150	230	2 380
ЮАР	1 221	1 036	2 257

Из таблицы 1 видно, что при сохранении территориального лидерства России (24641 км<sup>2</sup>) на втором месте по суммарной площади оказываются США, затем идут Австралия, Канада, Бразилия, Франция, Китай, Индонезия. В первые полтора десятка стран по суммарной площади территории попали такие не самые традиционно «большие» государства, как Франция (6-е место), Япония (10-е), Великобритания (12-е). Если взглянуть на список сухопутно-морских государств, то сразу видно следующее: 1) все страны с существенной морской компонентой относятся к высокоразвитым или быстро развивающимся; 2) в ряде стран морская составляющая территорий превосходит сухопутную (США, Австралия, Франция, Япония, Великобритания); 3) суммарная экономическая и политическая иерархия стран дает более правильную и перспективную «расстановку сил» среди государств мира, рационально сочетая факторы интенсификации экономики и экстенсивного развития. Немаловажную роль в освоении природных богатств шельфов играют инновационные факторы, которые присущи только высокоразвитым странам. Таким образом, различные факторы (экономические, технические, инновационные, интеллектуальные) подталкивают страны к их вторжению на шельфы, создавая мультипликативное увеличение своих потенциалов и формируя новую «земноводную» гонку за природными ресурсами.

Эта послевоенная тенденция была дополнительно усилена в начале XXI века, причем поводом к этому явилась ситуация в Арктике. Благоприятные климатические тренды и достигнутые новые технические и технологические уровни ведущих экономик мира (а как мы убедились, они все «морские») чрезвычайно ускорили процессы включения Арктики в мировой процесс глобального развития. В отличие от суши, в морской Арктике столкнулись пока юридически не решенные проблемы освоения арктических ресурсов различных государств и, в первую очередь, их территориальных ресурсов и прав. Своеобразный «передел» мира вступил в практическую плоскость. Успех здесь будет сопутствовать странам, где сочетание закона, военной силы, экономической мощи и стратегического видения этой части Земли оптимально. При всех современных цивилизационных ограничениях восприятие Арктики как передовой, пограничной, освоенческой зоны никуда из человеческой психологии и накопленного веками опыта освоения не исчезнет. Следовательно, если и не от чисто силовых (военных), то от экономических, технологических и других интеллектуальных факторов наиболее активных стран, фирм, союзов и прочих объединений заинтересованных участников этого процесса будет в решающей степени зависеть успех в «овладении» новыми богатыми территориями (акваториями) Арктики. На рис. 1 показаны российские экономические зоны в Арктике, а также отечественные притязания на расширение этих площадей. Одновременно на этой же циркумполярной карте обозначены и другие национальные исключительные экономические зоны и их желаемые расширения. Как видно из рисунка, проблем здесь множество, и достигнуть всеми желаемого компромисса будет трудно [42]. С 1970-х гг. сначала в США (Закон о прибрежных зонах, 1972 г.), а затем повсеместно в мире развивается так называемое комплексное управление прибрежными зонами (КУПЗ), основная задача которого состоит в согласовании ведомственных интересов различных секторов экономики в интересах жителей прибрежных зон. По мере своего развития КУПЗ превратилось в более широкую в географическом плане парадигму комплексного управления прибрежными и морскими зонами (КУПМЗ), например в пределах ИЭЗ [7, 31]. Дальнейшая эволюция интегрированного управления развивалась в направлении экосистемно-ориентированного управления. Согласно работам [17, 30, 40, 41], экосистемный подход к морскому природопользованию определен как всеохватывающее интегральное (комплексное) управление антропогенной деятельностью, основанное на наиболее полных знаниях об экосистемах, цель которого состоит в сохранении здоровья морских экосистем для достижения устойчивого использования экосистемных товаров и услуг и поддержания таким образом экосистемного единства и целостности.

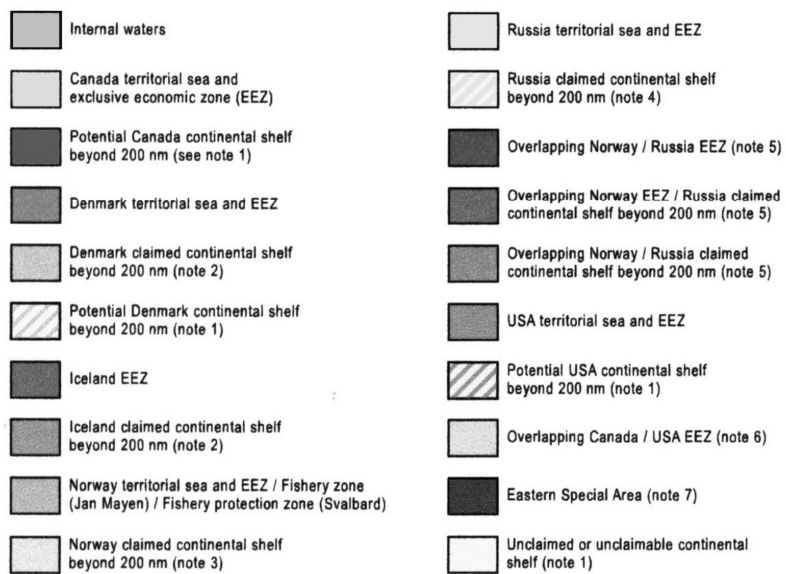
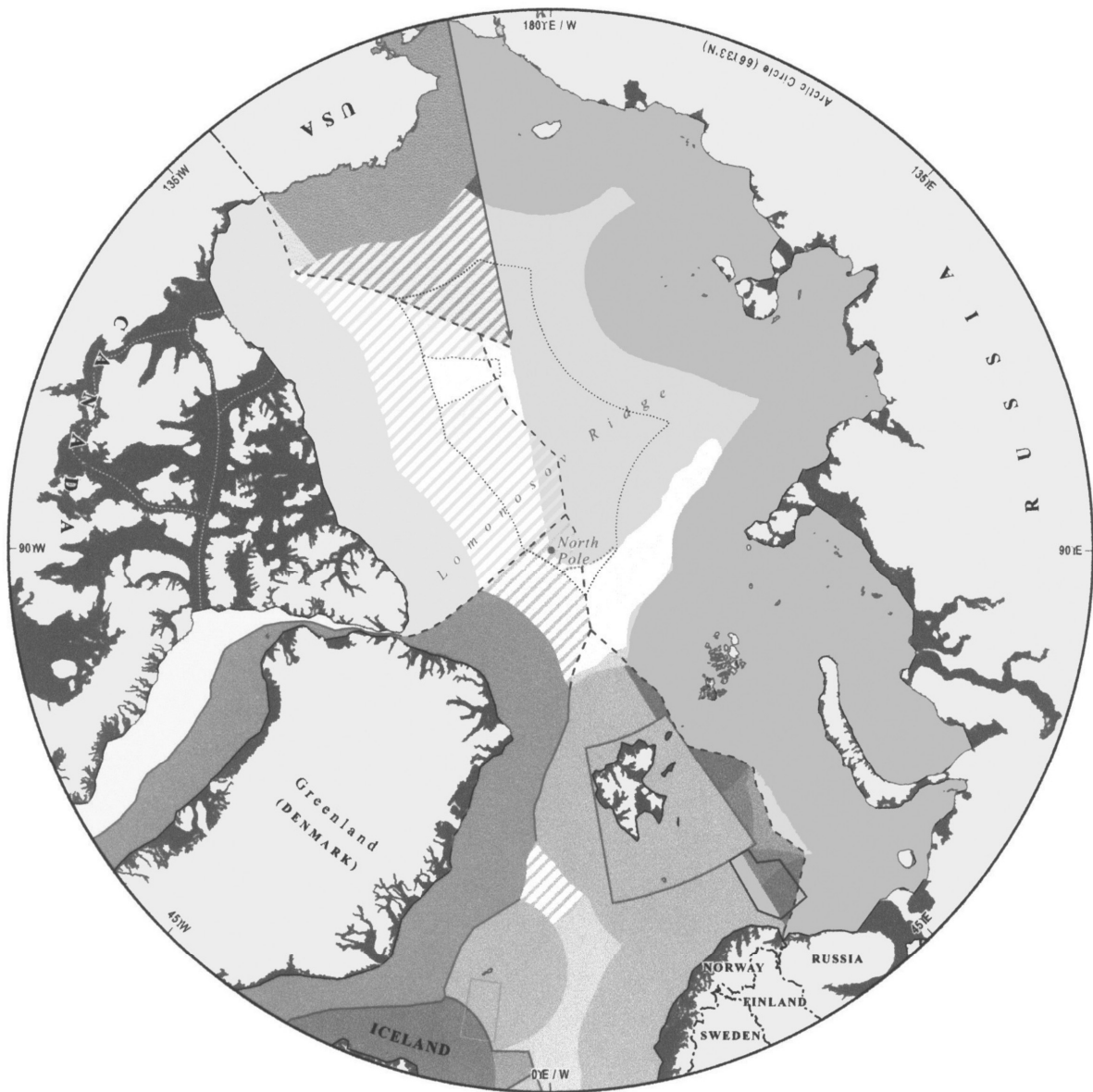


Рис.1. Исключительные экономические зоны в Арктике и заявки государств на их расширение [42]

Другими словами, интегрированное, т.е. внутренне непротиворечивое, природопользование в рамках экосистемно-ориентированного управления получает гуманитарно-экологическую окраску с позиций устойчивого развития в интересах рационального природопользования и сохранения среды жизнедеятельности человека. Такой подход является сутью предмета экологической географии моря, которая особенно важна в современных условиях [6, 7, 18]. Необходимо подчеркнуть, что новизна подхода в рамках морского эколого-географического подхода (интеграция естественных и гуманитарных знаний) не является общепринятой и распространенной в отечественном мореведении, традиционно склонном к естественно-научной проблематике.

В то же время благодаря многочисленным работам стало известно, что все экологические последствия производства и потребления, будучи чрезвычайно разнообразными, могут быть объединены в три группы: экстракция, эмиссия и оккупация [33]. Экстракция связана с процессом извлечения и истощения ресурсов, например, рыбный промысел. Эмиссия обусловлена процессами поступления в природную среду чужеродных веществ: любые загрязнения, в том числе и биологические. Именно эта функция природопользования чаще всего ассоциируется с так называемой «плохой экологией», поскольку носит внешний и неточный по отношению к конкретному бассейну характер и многообразна по источникам. В Мурманском морском биологическом институте (ММБИ КНЦ РАН) изучению этих двух экологических функций в последние годы уделяется немало внимания [8, 10, 13, 27, 37, 38, 39]. Наконец, оккупация, или пространственная конкуренция, вытекает из множественного, зачастую конфликтного использования морского пространства, приводя в конечном итоге к «тесноте». Именно эта функция природопользования наиболее географична, олицетворяет единство морской географии и экологии. И именно оккупация подводит к одной из важнейших задач интегрированного экосистемно-ориентированного управления морским природопользованием – к морскому территориальному (пространственному) планированию [30, 36]. Его развитие сейчас становится приоритетным в мире. Умаление внимания к этой проблеме чревато следующими последствиями [40, 41]: 1) пространственным и временным нежелательным совмещением последствий антропогенной деятельности, ее кратковременных и стратегических целей и т.д., вызывающим конфликты типа «пользователь – пользователь» и «пользователь – окружающая среда»; 2) недостатком информации и административной согласованности между различными органами власти, ответственными за осуществление различных видов морской экономической деятельности или за охрану и управление окружающей средой в целом; 3) недостатком функциональной связи между морским природопользованием и береговым населением, зависящим от конкретной морехозяйственной деятельности; 4) недостатком мер сохранения биологически и экологически чувствительных участков в прибрежных зонах и в ИЭЗ; 5) недостатком инвестиционной уверенности у «морских» инвесторов и морских природопользователей при выборе ими своих приоритетов развития.

Самая большая проблема природопользования – это кумулятивные воздействия различных видов морехозяйственной деятельности на морскую окружающую среду (конфликты типа «пользователь – окружающая среда»), без которых невозможно комплексное развитие.

В широком контексте морское территориальное планирование (МТП) – это анализ и размежевание сегментов трехмерного морского пространства для конкретных пользовательских целей, для достижения экологических, экономических и социальных целей, которые, как правило, устанавливаются в ходе и по результатам политического процесса [34, 41].

Морское территориальное планирование направлено на создание более рациональной организации использования морских пространств и взаимодействия между видами их использования, с тем чтобы сбалансировать требования к экономическому развитию с выполнением природоохранных мер и, соответственно, с достижением социальных и экономических целей путем их открытого, систематического и планового рассмотрения. МТП предоставляет природопользователю механизм, позволяющий: 1) взглянуть на развитие в более широком контексте; 2) эффективно управлять потенциально конфликтными последствиями человеческой деятельности.

Окончательное решение, какое пространство может быть выделено (или не выделено) для конкретного вида деятельности, является результатом социального выбора. Люди являются центральными агентами в процессе принятия решений и намечаемых изменений [30,35].

Сегодня традиционный подход к выдаче ведомственных разрешений на секторальное природопользование сменяется процессом, в котором главным становится общее перспективное видение использования целых географических областей и регионов.

Такой подход является традиционным и стандартным для территориального планирования и принятия решений на суше. Недостаток же подобного взгляда на морехозяйственную деятельность приводит к следующим последствиям [34]: 1) развитию экономики и использованию ресурсов через призму различных политик и законодательных (регулирующих) режимов, что приводит к сугубо секторальной ведомственной ответственности за развитие «своей» отрасли морского хозяйства (при этом явно доминирует ведомственный, отраслевой, частный бизнес, а факт, что океаны и моря являются общей собственностью, которой управляют правительства от имени и по поручению народа, остается «в стороне»); 2) недостатку функциональных связей между различными органами исполнительной власти, ответственными за охрану и управление окружающей средой в целом; 3) недостатку определенности для инициаторов морской деятельности и природопользователей, равно как и для природоохранных управленцев (менеджеров); 4) недостатку в области сохранения морских территорий с высоким уровнем биоразнообразия.

Важен тот факт, что МТП имеет своей сверхзадачей подготовку механизма реализации стратегического подхода к планированию морского природопользования прежде всего за счет: 1) содействия секторальному развитию, т.е. МТП может обеспечить рамочные основы устойчивому развитию различных сфер морской экономики, тем самым помогая

увеличить прибыль и занятость; 2) оптимизации морского природопользования, т.е. МТП может помочь повысить гарантии прибылей за счет размещения деятельности в наиболее подходящих для конкретного вида деятельности местах, не обесценивая при этом другую деятельность; 3) снижения стоимостных показателей, т.е. МТП может снижать стоимость информации, регулирования, планирования и принятия управленческих решений.

Различные страны мира уже приступили к реализации, как минимум в пилотном режиме, планов в сфере морского территориального планирования. На первых порах этот подход применялся в менеджменте морских особо охраняемых зон. В качестве наиболее известных примеров следует назвать Национальный морской парк Большого барьерного рифа Австралии, Национальный морской санктуарий во Флориде (США) и Тройственная зона кооперации в море Уоддена (район Северного моря). Во всех трех перечисленных проектах морское территориальное планирование применялось для достижения главной цели – сохранения природы. Одновременно этот подход служил ключевым инструментом для достижения общеуправленческих целей.

В документе «Европейские перспективы для территориального планирования» в 1999 г. было признано, что все ведомственные политики имеют территориальное (или пространственное) воздействие и что территориальные планы являются наиболее удобным средством обеспечения согласованности и успешного разрешения конфликтов, возникающих на стыке ведомственных интересов. Этот призыв ЕС был услышан [30,34].

Так, Германия разработала для своих территориальных вод в Балтийском море планы МТП, которые уже реализуются. Одновременно на этапе разработки находятся проекты планов МТП для всей немецкой ИЭЗ. Последнее стало возможным благодаря принятым поправкам к Федеральному акту о территориальном планировании, расширяющим действующую систему планирования на морскую окружающую среду. В Германии инициативы в сфере МТП в значительной мере встроены в аналогичные планы в сфере интегрального управления прибрежными и морскими зонами, т.е. в КУПМЗ.

В марте 2007 года Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии выпустило Белую книгу «Билль о морской деятельности», в которой изложена новая система морского пространственного планирования. Этот документ узаконивает стратегический плановый подход к использованию морских пространств и к взаимодействию между природопользователями для всех морских вод, находящихся под юрисдикцией Соединенного Королевства. В своих документах британские законодатели подчеркивают, что новые цели управления – «взглянуть более стратегически на всю морскую окружающую среду, на то, как мы (британцы. – *Комм. авт.*) используем и защищаем наши ресурсы, и на взаимодействие между разными видами морехозяйственной деятельности, влияющими на их состояние и использование». Система МТП охватывает все виды антропогенной деятельности и направлена на достижение целей устойчивого развития через улучшение системы принятия решений. Новые морские планы, которые разрабатываются под эгидой новой для Великобритании Организации морского менеджмента, будут направлять регулирование всей лицензионной и других смежных видов деятельности и, таким образом, давать природопользователям большую ясность и определенность. Рассмотрение в рамках МТП величин и значимости кумулятивных эффектов – это один из ключевых факторов реализации МТП в Соединенном Королевстве.

Одними из первых европейских стран, приступивших к реализации морского территориального планирования, стали Нидерланды и Бельгия. Голландская инициатива была спланирована на период 2005-2015 годов с ревизией после первых пяти лет выполнения. Бельгия приступила к разработке и реализации многопользовательской системы МТП в рамках специально разработанного Мастер-плана начиная с 2003 г.

Следует отметить, что в обоих случаях одной из побудительных сил национальных инициатив стала практическая потребность смягчения пространственных конфликтов между шельфовыми ветряными парками, зонами добычи строительных материалов, сохранением историко-археологических мест, рыболовством и, разумеется, охраной природы. В зонах национальной юрисдикции Бельгии и Нидерландов пространственная теснота столь велика, что потребности в полезном пространстве Северного моря в три раза превышают существующие возможности [35]. В Бельгии в 2003 г. новая правительственная коалиция пошла на то, чтобы учредить пост Министра по делам Северного моря. При этом все прежние федеральные министерства остались «на месте» со всеми полномочиями, но новый Министр по делам Северного моря получил право координировать все вопросы пространственного размещения. Таким образом была повышена значимость морских проблем и появился «капитан у штурвала». В работе [35] автор отмечает, что решение было очень непростым, так как никто не хотел уступать свои законные права принимать решения и ослаблять свои властные полномочия. Вторым положительным обстоятельством в пользу изменения управленческой практики в сторону комплексности и междисциплинарности оказалась необходимость подчинения международным обязательствам (и санкциям за их невыполнение), т.е. верховенство международных законов, конвенций и т.д. над национальными. Например, такие международно принятые документы, как OSPAR в регионе Северного моря и HELCOM в Балтийском море, способствовали положительному решению трансграничных проблем планирования и экосистемного управления в морских регионах, охватывающих акватории Больших морских экосистем (БМЭ) или морских регионов, находящихся под различной национальной юрисдикцией.

Интересным примером организации государственного управления природопользованием может служить Китай, где с 2002 г. в рамках реализации МТП действует система функционального зонирования (согласно принятому Закону об управлении природопользованием) [30]: 1) право государства на природопользование в морях: любое сообщество или индивидуумы, желающие использовать ресурсы моря, должны заранее обратиться в Госсовет за разрешением. Заявители получают соответствующее разрешение только после одобрения со стороны национального правительства; 2) Закон устанавливает, что любое природопользование должно осуществляться только в соответствии со схемой функционирования морских пространств, утвержденных государством: эта схема является основой системы морского



природопользования, согласно которой моря разбиты на различного типа функциональные зоны в соответствии с определенными критериями приоритетности использования и экологическими ограничениями; 3) право на природопользование защищено государственной законодательной системой, согласно которой любой заявитель должен платить за использование морского ресурса: эта система подчеркивает право собственности государства на морские ресурсы.

Свыше двух третей морских территорий, прилегающих к 11 прибрежным провинциям, автономным районам и муниципалитетам КНР, к 2008 г. были зонированы и их схемы были одобрены местными правительствами для дальнейшего применения.

Если проследить эколого-географические идеи, то можно отметить, что повсеместно в мире они развиваются в направлении экосистемности и интеграции управления природопользованием. Так, американский подход к БМЭ [11, 14, 29], основанный на 5-блочной структуре (от физико-географического до управленческого блоков) в географическом плане выделяет Баренцево и Белое моря в тех же границах, что и Европейский союз экорегион Баренцева моря [29, 41]. Как БМЭ, так и экорегионы являются единицами комплексного экосистемно-ориентированного управления. Результатом практического воплощения идеи пространственного планирования является национальный план интегрированного управления для норвежской части Баренцева моря и района Лофонтенских островов. Возвращаясь к высказанной выше мысли об «осаде» Арктики, отметим, что приарктические государства отдают себе отчет в том, что без соответствующего институционального оформления успех в четырех главных, определяемых Арктическим советом направлениях изучения и освоения Арктики, невозможен. Эти стратегические цели определены следующим образом [28, 40, 41]: сокращение и предотвращение загрязнения арктической морской среды; сохранение биоразнообразия арктической морской среды и функций экосистем; содействие здоровью и процветанию всего населения Арктики; стремление к устойчивому использованию морских ресурсов Арктики.

Одной из объединяющих вышеперечисленные стратегические цели стала выдвинутая Норвегией и одобренная Арктическим советом инициатива по выполнению в 2006-2007 гг. объединенного проекта приарктических государств «Наилучшая практика применения интегрированных технологий управления морским природопользованием в приарктических государствах» [29]. В заключительном отчете по этому проекту представлены в том числе и различные новые органы морского управления, способствующие его интеграции и системному подходу к реализации. Так, в США, стране-прародительнице ОВОС и КУПЗ, стране, располагающей наибольшей по площади ИЭЗ, внимание к вопросам морской деятельности всегда было повышенным. В соответствии с Актом об океанах (2000 г.) Конгресс США учредил (2001 г.) Комиссию по океанской политике (КОП).

Для поддержки своей деятельности КОП учредила межминистерский Комитет по морской политике и интегрированному природопользованию. В задачи Комитета включены координация и интеграция деятельности Федеральных агентств по вопросам Мирового океана. В свою очередь межведомственный Комитет по океанской науке и интегрированному природопользованию в 2003-2005 гг. утвердил два профильных подкомитета: по интегрированному морскому природопользованию и объединенный подкомитет по морской науке и технологиям [29]. Комитету по океанской политике вместе со своими подкомитетами поручено координировать все вопросы, связанные с американской политикой в области изучения, освоения и управления океанскими ресурсами на основе интегрированного и экосистемно-ориентированного подхода.

Таким образом, современные тенденции к межведомственному взгляду на взаимосвязанные морские вопросы в рамках концепции устойчивого развития получили свое институциональное решение на высшем уровне исполнительной власти США.

Следует подчеркнуть, что в современных документах большинства высокоразвитых стран и ЕС (Закон о прибрежных зонах США, Акт об океанах США, Океанский акт в Канаде (1997 г.), канадская Океанская стратегия и политика интегрированного управления (2002 г.), канадский План действий и большие зоны океанского управления (ЛОМА)) в явной форме заявлены приоритеты экосистемно-ориентированного интегрального управления. Как и в США, в ряде других стран есть специальные управленческие структуры, на которые возложены полномочия в области интегрального управления. Таковым в Канаде является Департамент рыболовства и океанов – федеральный орган Правительства Канады. В этой стране был разработан Интегральный план для восточной части Ново-Шотландского шельфа. В ноябре 2006 г. руководители межведомственного регионального Комитета по морскому менеджменту его одобрили, и, наконец, в феврале 2007 г. этот план получил официальный статус (раздел 31 Акта об океанах). Это первый интегрированный план управления под эгидой Акта об океанах Канады.

Рассмотрим, как обстоят дела с пространственным планированием и интегрированным управлением в России, в ее арктической зоне. Особое внимание уделим стратегическим документам федерального и регионального значения, исходя из ключевой роли Арктики в обеспечении будущего развития нашей страны. Этой теме уделяется множество публикаций, и сделать их более-менее обстоятельный обзор не представляется возможным. Поэтому ограничимся только самыми главными тезисами, касающимися морского природопользования. Во-первых, этот проблемный вопрос является ключевым для России: природные ресурсы – стержень освоения арктических шельфов. Во-вторых, освоение Арктики – настолько системная политико-экономико-экологическая проблема, что рациональное природопользование объемлет ее практически полностью.

Следует сразу подчеркнуть, что вопросам общегосударственного внимания к морской деятельности и, в частности, применительно к Арктике, в России в последнее десятилетие уделяется немало внимания.

Во-первых, «освоение пространств и ресурсов Мирового океана – одно из глобальных направлений развития мировой цивилизации в третьем тысячелетии». Такими словами начинается утвержденная Президентом РФ

В.В. Путиным в июне 2001 г. «Морская доктрина РФ» – главный документ, определяющий государственную политику РФ в области морской деятельности [22].

Во-вторых, рациональное природопользование входит в перечень приоритетных направлений развития науки, критических технологий и техники РФ (утверждено Президентом РФ В.В.Путиным 30 марта 2002 г.).

В-третьих, дальнейшее развитие этих основополагающих принципов отражено в документе «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», утвержденном Президентом РФ 18 сентября 2008 г. (далее – Основы государственной политики...).

В Морской доктрине, наряду с формулировкой общих целей и путей реализации национальной морской политики, выделены региональные направления, в том числе арктическое. В этом разделе отражены задачи по защите интересов России в Арктике, в том числе при разграничении морских пространств и дна морей Северного Ледовитого океана, по управлению транспортной системой Севморпути, по обновлению и безопасной эксплуатации атомного ледокольного флота, а также транспортных и специализированных судов ледового класса.

В Морской доктрине содержится также перечень научно-исследовательских направлений, развитие которых необходимо для защиты национальных интересов России в области морской деятельности. Все они в полной мере актуальны для Северного Ледовитого океана и его морей, а некоторые из них должны развиваться в приоритетном порядке именно в Арктике. К их числу относятся исследования шельфа и исключительной экономической зоны России; изучение морских биоресурсов и динамики морских экосистем; геологии океана; гидрометеорологические исследования в прибрежных морях; оценки влияния океана на глобальные климатические и экосистемные процессы; решение экономических, политических и правовых проблем использования пространств и ресурсов океана. Принятие Морской доктрины способствовало активизации морской деятельности в Арктике, привлечению общественного внимания к изучению и освоению арктических морей.

Почему же такая, на первый взгляд, неопределенная область деятельности занимает свое место на равных с космическими и авиатехнологиями, энергосбережением, новыми материалами и другими очень серьезными приоритетными научно-техническими направлениями? Ответ заключается в том, что морское природопользование как наука и как практическая деятельность соединяет в себе практически все аспекты проблемы взаимоотношения природы и общества. Самой жизнью эта проблема поставлена очень жестко и безальтернативно: как совместить рациональную добычу нужных всем ресурсов и при этом не утратить здоровую и экологически безопасную окружающую природную среду. Главная задача при решении этой проблемы – поиск и разработка путей оптимизации природопользования в конкретных природных и социально-экономических условиях Арктики и, в первую очередь, в Баренцевом море.

С учетом вышеизложенного важно понять, насколько политика природопользования отвечает требованиям общепринятых мировых документов, конвенций и договоров, отражает запросы и дух времени, соответствует текущим трендам устойчивого развития в мире и в Арктике. От такой постановки в немалой степени зависит общероссийская морская политика и региональная Мурманская стратегия социально-экономического развития.

Одним из показательных документов, проект которого в последнее время обсуждается среди специалистов, можно назвать проект «Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2020 года и на более отдаленную перспективу» [25]. Последняя версия этого основополагающего документа, дополняющего и развивающего Морскую доктрину 2001 г., обсуждалась на заседании Морской коллегии при Правительстве РФ в декабре 2008 г. и была рекомендована для принятия за основу, но до сих пор документ не принят.

Рассмотрим основные замечания по этому проекту. С одной стороны, в анализе главных тенденций в морской политике на глобальном уровне авторами и идеологами Стратегии справедливо отмечены следующие закономерности, а именно [25]:

- становление глобального интегрального подхода к освоению пространств и ресурсов Мирового океана на принципах устойчивого развития;
- неуклонное повышение экологических требований и стандартов ко всем техническим средствам и технологиям, применяемым в морепользовании;
- разработка комплексных интегрированных схем планирования развития приморских городов и регионов, совершенствование управленческих и организационных подходов к управлению морской деятельностью (управление рисками, самоорганизующиеся и самовосстанавливающиеся системы) с повышенным доверием к системному моделированию и симуляционным расчетам;
- внедрение в мореведение и морепользование технологий устойчивого развития, учитывающих совершенствование управления природными ресурсами и состояние окружающей среды, устранение негативных последствий научно-технического прогресса, использование нетрадиционных (альтернативных) ресурсосберегающих источников энергии.

Одновременно отмечено, что в Российской Федерации доминирование ведомственного подхода к развитию мореведения и морепользования над комплексным ведет к росту конфликтности и соперничества за пространства Мирового океана между видами морской деятельности, а также приморскими субъектами РФ, отсутствию слаженности и согласованности при реализации национальной морской политики и прочим негативным последствиям.

В отличие от сухопутной территории страны, где государственная исполнительная власть осуществляется федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, российские морские акватории находятся в ведении только федеральной власти, так как они не являются частью территорий субъектов Российской Федерации. Так же обстоит дело на акваториях и дне Мирового океана, где Россия

обладает суверенными правами и осуществляет юрисдикцию, т.е. на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации.

Управление российскими морскими пространствами и ресурсами осуществляется в настоящее время почти исключительно функциональными подсистемами, находящимися в ведении целого ряда федеральных министерств. Причем ни для одного из этих органов морская деятельность не является основной и, тем более, единственной задачей [2, 24].

Среди ряда актуальных комплексных задач перспективного развития морской деятельности в проекте Стратегии выделены следующие задачи, близкие теме нашего исследования:

- в экологической сфере: разработка и реализация мер, направленных на сохранение природной среды Мирового океана и внутренних морских вод российской Федерации с учетом согласования конфликтных интересов между отдельными видами морской деятельности;
- в сфере борьбы с терроризмом на море и другими нелегальными актами в Мировом океане: формирование вертикально-интегрированной системы координации органов государственной власти Российской Федерации, направленной на повышение эффективности противодействия терроризму на море, а также технологической оснащенности контртеррористических действий.

Кроме вышеотмеченного пункта, было бы весьма актуально добавить пункт о противодействии экономической разобщенности в море путем формирования вертикально-интегрированной системы координации органов государственной власти РФ.

К сожалению, этого не произошло. Как главный заказчик Стратегии Министерство обороны «продавило» понятную ему, да и Правительству в целом, идеологию сугубо секторального развития морской деятельности на будущее. В проекте Стратегии развития морской деятельности РФ рассмотрение экологических проблем, а точнее, проблем устойчивого развития, не отнесено к числу приоритетных. Только после 2013 г. предполагается переход РФ и ее приморских территорий на устойчивую экономику (с учетом экологических ограничений по добыче ресурсов и производству отходов) и эффективное функционирование государственных и общественных институтов, которые смогут гарантировать экологическую безопасность. Индикаторы достижения этих целей и институциональные механизмы не предложены.

Очевидно, что несистемная постановка задачи с самого начала обрекает РФ на путь догоняющего развития. Авторы проекта задач Стратегии это понимают, но считают возможным для РФ подключиться к мировым тенденциям только после решения первоочередных, на их взгляд, т.е. по сути восстановительных, задач. Это принципиально неверно для Стратегии как видения будущего в контексте глобализации. Чтобы не догонять, а реализовывать амбициозные претензии на достижение Россией статуса «великой морской державы» к 2017 г. (всего через 10 лет) нужно ставить и решать задачи по-новому. Нельзя сначала все восстанавливать, а потом переделывать. Это будет и сложнее, и дороже. Сегодня передовые морские державы начали пересмотр своих политик, исходя из главных тенденций развития на глобальном уровне, первая из которых обозначена как «становление глобального интегрального подхода к освоению пространств и ресурсов Мирового океана на принципах устойчивого развития». Вышеупомянутый подход и есть стратегия преодоления комплексных проблем, которые требуют пересмотра традиционных ведомственных границ и переосмысления роли океанов и морей как единых географических и экономо-экологических объектов.

Единство стратегических взглядов основных мировых «игроков» на современную роль Океана позволяют сделать вывод: отставание РФ в этой сфере может негативно отразиться на ее международной кооперации, представительстве на мировых морских рынках товаров и услуг, так как устаревающая парадигма будет выглядеть анахронизмом при сравнении с вектором мирового развития.

Что нужно сделать? Зафиксировать в качестве основы построения и реализации Стратегии принципы устойчивого развития, интеграции и экосистемно-ориентированного управления. Это и будет цель, обосновывающая средства, которые изложены ниже:

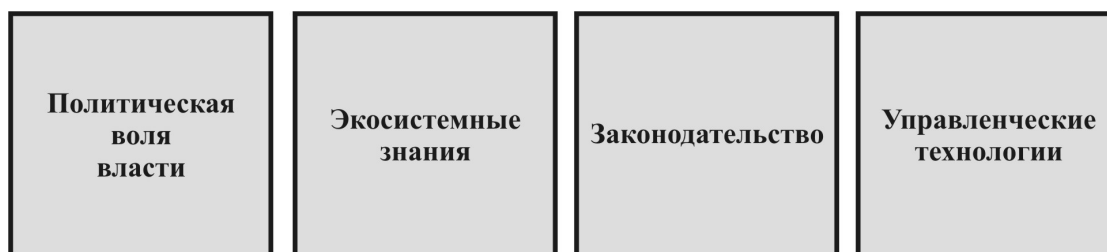
- определение конкретного правительственного органа, ответственного за морскую составляющую национального развития, и наделение его реальными надведомственными полномочиями по выработке и принятию стратегических управленческих решений;
- практическое внедрение процедуры стратегической экологической оценки как механизма предосторожной межведомственной гармонизации различных видов морской деятельности;
- разработка современной теории и практики научно-практического обеспечения морской деятельности РФ на основе межведомственной консолидации специалистов-мореvedов.

Все три вышеперечисленные меры должны реализовываться параллельно, так как без единства политических, институциональных и научно-методических мер огромное множество сложных задач, представленных в Предложениях по выработке проекта Стратегии, окажется невыполнимым. Можно вспомнить высказанное в 2007 г. в Мурманске на заседании Морской коллегии и Госсовета РФ под председательством тогдашнего Президента РФ В.В.Путина бывшим губернатором Мурманской обл. Ю.А.Евдокимовым замечание: «И нам отсюда очень хорошо видно, что каждая проблема рассматривается в одиночку, рассматривается сама по себе: разработка шельфа – одно, Северный морской путь – другое, транспортные коммуникации – третье. Координации не видно».

Что касается конкретного правительственного органа, ответственного за морскую составляющую национального развития, то сошлемся на высказывание М.В. Москоуленко, секретаря-координатора Морской коллегии

Правительства РФ, на заседании в СОПСе на Ситуационном анализе по подготовке Стратегии (февраль 2008 г., г.Москва): «Конечно, мы надеемся, что, когда будет приниматься Стратегия, возникнет вопрос, какой же орган будет осуществлять ответственность за ее проведение в жизнь. Мы уже пытались предложить такой орган, как Федеральную морскую службу. Но она не прошла, была отменена с порога. Хотя в этом есть и плюсы, и минусы, но орган какой-то должен быть. Мы предлагали, чтобы один из вице-премьеров в Правительстве отвечал непосредственно за морскую деятельность страны. Это тоже не прошло».

Этот аспект проблемы очень важен, так как успех для перехода на экосистемно-ориентированное управление морскими территориями (экорегionsами, БМЭ и т.д.) зависит в первую очередь от политической воли власти (рис.2). То, что этой воли (по разным причинам) пока нет – это очевидно. В статье В.Никонова «Инновационная Россия» [43] высказана ключевая мысль: «У нас, если государство не формулировало, чего нужно, ничего и не происходило». В сфере интегрированного, экосистемно-ориентированного управления морской деятельностью ни в одном из принятых или обсуждаемых документов, будь то Морская доктрина, Стратегия развития морской деятельности до 2020 года, региональные Стратегии социально-экономического развития приморских субъектов РФ (например, Мурманской обл.), никаких указывающих и рекомендательных соображений на этот счет не содержится. Хотя современная идеология сбалансированного, ставящего своими стратегическими целями сохранение морских и сухопутных экосистем Арктики, высказанная высшим руководством страны и зафиксированная в политико-стратегических документах, имела бы значительный положительный резонанс в мировом сообществе. Это особенно актуально для морских проблем, рассмотрение и решение которых по определению связывает воедино многие государства (например, план управления Баренцевым морем). Недаром говорится, что признать проблему – наполовину ее решить.



*Рис.2. Необходимые предпосылки для перехода на экосистемно-ориентированное интегральное управление морским природопользованием*

Как уже было отмечено, морские акватории находятся в ведении Российской Федерации, а не ее субъектов, даже приморских, поэтому соответствующее положениям Конституции Российской Федерации федеральное управление морскими пространствами и ресурсами следует приблизить к побережью [2, 5]. Именно на региональных направлениях национальной морской политики должны интегрироваться усилия и концентрироваться ответственность участвующих в ее реализации многочисленных органов государственной власти и местного самоуправления. Эту фундаментальную для современной России проблему, как представляется аналитикам СОПСа, можно решать путем выделения особых береговых зон (ОБЗ) и придания им статуса, адекватного политическому, социально-экономическому и военно-стратегическому значению этих территорий для судьбы России в целом [24].

Во-первых, следует выделить и ограничить только полноценные и перспективные по сочетанию физико-географических, экономико-географических, политико-географических и военно-географических условий российские ОБЗ по критерию концентрации морского потенциала. В настоящее время таких ОБЗ можно выделить три: Северо-Кольская (атлантическое и арктическое направления), Южно-Приморская (тихоокеанское, арктическое, индоокеанское направления) и, может быть, Северо-Каспийская (каспийское направление). Нам важна первая из них, которую мы изобразили на картосхеме (рис.3а,б). Именно здесь в первую очередь нужно обеспечить гармоничное и безопасное развитие морского потенциала в Арктике.

Мурманскую область сама жизнь выдвинула на передний план современной морехозяйственной деятельности. Прошедший в октябре 2009 г. 1-й Международный экономический форум поставил во главу угла регионального социально-экономического развития области два суперпроекта: разработку Штокмановского газоконденсатного месторождения и формирование Мурманского транспортного узла. Оба проекта имеют органическую связь с морем, системны и географичны по своей сути и масштабам, требуют больших финансовых инвестиций и, что очень существенно, хорошего научного обеспечения. К сожалению, и в этих проектах экономика опережает экологию, а, по сути, даже не экологию отдельно, а современные подходы к единству политических, экономических, социальных и экологических подходов к их реализации, т.е. хорошо известные и принятые в мире концепции устойчивого развития. Если работы по Мурманскому транспортному узлу только планируются, то в рамках Штокмановского проекта обозначенные недостатки за 15 лет работы уже укоренились [19].

Роль КНЦ РАН в защите и обосновании научных основ устойчивого развития очень велика и, в первую очередь, из-за своей академической вневедомственности и фундаментальной научной системности. Еще в 1998 г. в «Вестнике РАН» была опубликована работа [12], где обозначались новые задачи для заполярной академической науки. В частности, подчеркивалось следующее.

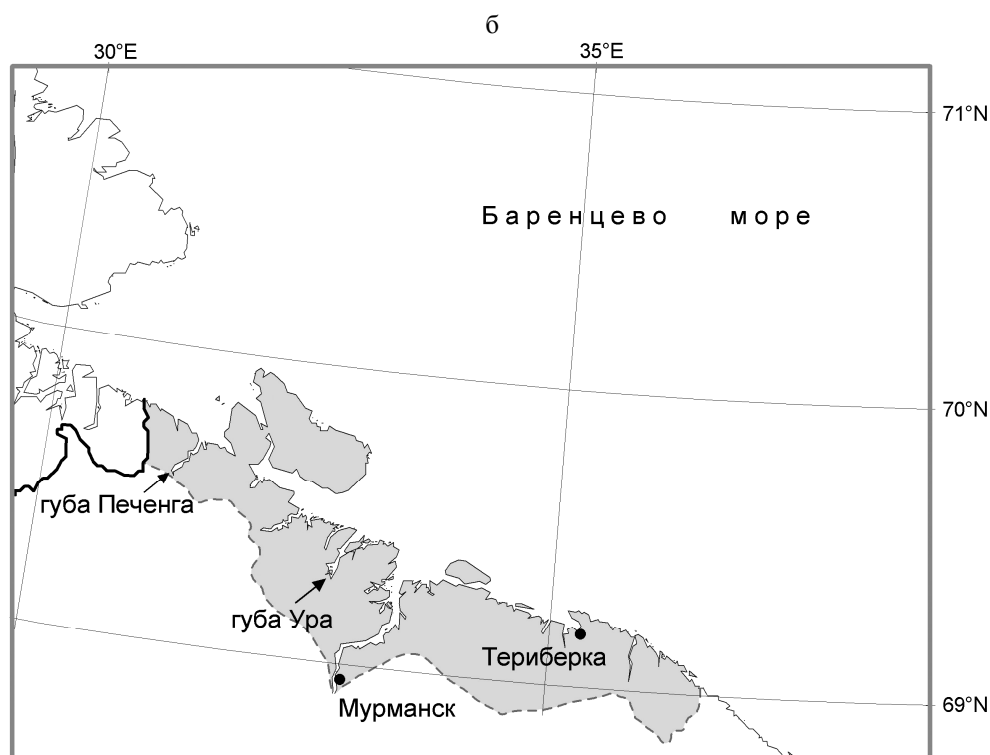
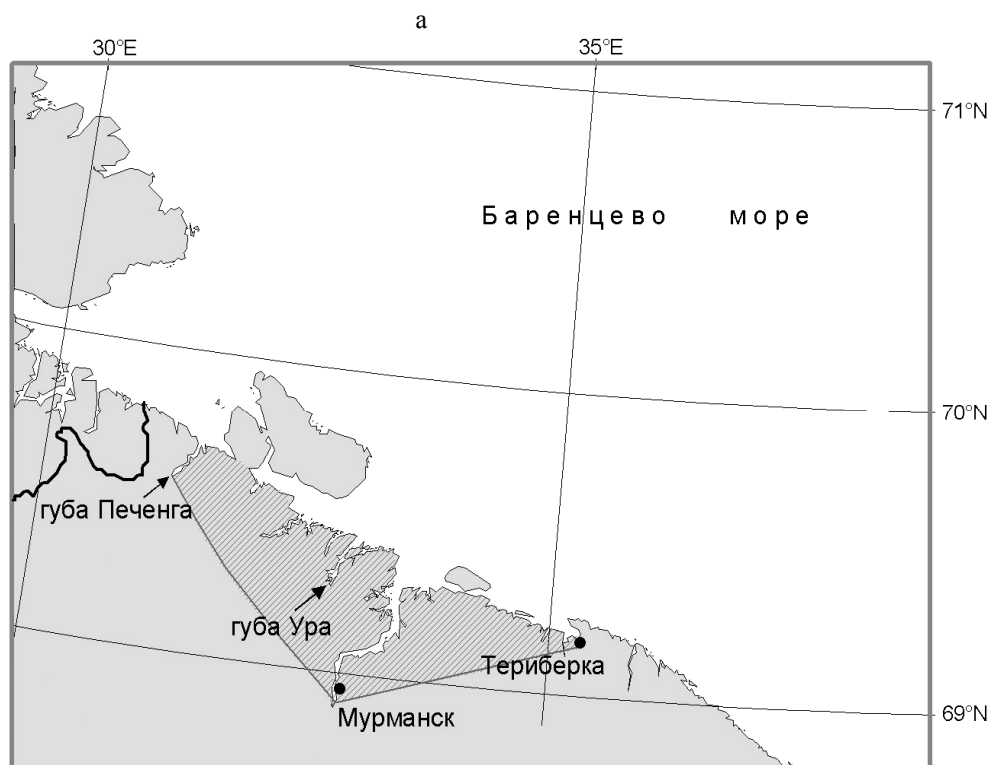


Рис. 3. Географическое положение Северо-Кольской особой береговой зоны:  
 а – общая картосхема расположения ОБЗ; б – карта прибрежных территорий в пределах ОБЗ

Основателем академической научной базы на Кольском п-ове был академик А.Е.Ферсман. Его исследования в области геологии положили начало горнопромышленному комплексу, который на несколько последующих десятилетий определил хозяйственную специализацию Мурманской обл. Поэтому вполне закономерно было размещение КНЦ РАН в Апатитах, в непосредственной близости от крупнейших промышленных предприятий, и его специализация на прикладных задачах геологии и горнодобывающей промышленности. На научное обслуживание горнодобывающей промышленности и решение связанных с этим фундаментальных научных проблем было

задействовано до 90% сил Центра. Однако за 60 с лишним лет, прошедших со времени деятельности А.Е.Ферсмана, научная и экономическая ситуация на Европейском Севере сильно изменилась.

В последние двадцать лет большие надежды связываются с ресурсами шельфа Баренцева и других арктических морей – нефтью, газоконденсатом, алмазами. Спрос на геологические, океанологические, экологические исследования шельфа растет, что служит дополнительным стимулом для зарубежных компаний и научных учреждений, оперативно реагирующих на экономическую ситуацию, расширять свою деятельность в этом регионе. Поэтому с учетом изменившихся приоритетов можно рекомендовать для включения в программы КНЦ, наряду с традиционными, следующие перспективные наукоемкие проблемы:

- воздействие глобальных природных изменений на экосистемы, экономику и население Российской Арктики; технологии использования энергии приливов и ветра в экономике арктических регионов;
- применение результатов фундаментальных исследований в океанологии, физике атмосферы, геофизике и биологии для обеспечения нужд Военно-морского флота в Арктике;
- радиоактивное загрязнение Российской Арктики, технологии утилизации и захоронения в могильниках ядерных отходов;
- создание технико-экономических обоснований освоения минеральных ресурсов шельфа; разработка технологий использования нетрадиционных минеральных и биологических ресурсов морей Крайнего Севера;
- оценка состояния и воздействий антропогенной деятельности на природную среду Кольского п-ова и прилегающего шельфа.

Спустя десять лет время конкретной постановки и решения этих задач пришло. Частично это уже делается, но нужна большая конкретность. В первую очередь, следует выделить наиболее перспективные и первоочередные географические области пространственного планирования и интегрального управления. Вопросы традиционной и нетрадиционной морской энергетики, аквакультуры и связанные с этими сферами экономики проблемы обустройства прибрежных зон выступают в качестве главных приоритетов.

Эти фундаментальные для современной заполярной России проблемы, как представляется, можно решать путем выделения и функционального зонирования особых береговых зон и ИЭЗ [4].

Как следует из рекомендаций СОПСа [2, 23, 24], управление морской деятельностью должно четко разделяться на три уровня компетенции: федеральный, региональный и местный. Федеральные функции управления и контроля могут осуществляться различным образом. Например, специальной дирекцией при полпреде Президента России в соответствующем федеральном округе во взаимодействии с Морской коллегией при Правительстве Российской Федерации. Функции субъекта федерации и местного самоуправления по отношению к прилегающим морским акваториям и дну могут осуществляться с участием созданных региональных советов по морской деятельности. Статус и функции созданного в 2004 г. Мурманского совета по морской деятельности следует возродить на новой содержательной основе.

Возможны и другие схемы управления. Так, для управления ОБЗ может быть использован потенциал органов управления создаваемыми в российских регионах особыми экономическими зонами. Эти зоны уже названы "технико-внедренческими" и "промышленно-производственными" [2]. Сформировано Федеральное агентство по управлению особыми зонами, которое будет разрабатывать единую государственную политику и осуществлять функции по нормативно-правовому регулированию в сфере компетенции. У агентства будут территориальные органы. Все это может составить единую централизованную систему управления. Создание таких зон очень перспективно в Мурманском торговом порту и в районе пос.Териберка (в рамках двух суперпроектов: Штокмановский проект и Мурманский транспортный узел).

В условиях глобализации существенно возрастает роль прибрежных субъектов отдельных стран как участников системы межгосударственного регионального сотрудничества и управления океанической деятельностью в совместно используемых морских бассейнах. Для международного Баренцева моря эта проблема безотлагательна, так как в противном случае будет обостряться европейско-российский дуализм во взглядах на политику устойчивого развития [3]. Здесь роль КНЦ РАН приоритетна.

Стратегическое видение перспективных решений, стратегическое планирование в принципе невозможны вне пространственных координат. В российском контексте его применению на практике всегда, особенно в кризисные периоды нашей истории, в периоды индустриализации и укрепления военной мощи, уделялось много внимания. В этой связи целесообразно упомянуть масштабные замыслы С.Ю.Витте, предусматривавшие выбор Мурманска под стратегическую базу российского флота, открытую для контактов с Мировым океаном [2]. Спустя многие десятилетия Стратегия социально-экономического развития Мурманской обл. приобрела, наконец, свою морскую экономическую составляющую. При этом очень важно учитывать системность стратегического развития регионов. Мы уже отмечали, что в Арктике дорогостоящие и практически безальтернативные проекты федерального значения выступают «локомотивами» регионального развития. Потеря темпов в реальном финансировании, что бывало раньше, чревато потерей устойчивости развития региона. Именно для этого нужна стратегия, так как неоднородность освоенного пространства, в том числе финансовая, присутствует повсюду в мире, а в современных условиях особенно выражена в приморских регионах (Мурманская обл., Приморский край).

Безусловно, определение традиционных ведомственных и региональных направлений развития необходимо, но они должны быть увязаны с общегосударственными долгосрочными целями морепользования и должны учитывать

взаимосвязь всех видов морской деятельности страны в комплексе, с точки зрения как долговременных экономических интересов России, так и с позиций обеспечения ее национальной безопасности [2,21].

Сегодня перед КНЦ РАН стоят гораздо более масштабные, чем прежде (и географически, и содержательно), научные задачи, которые за него не решит никто или решит некомплексно. А поскольку сама жизнь на Крайнем Севере сопрягает все проблемы – «от геологии до идеологии» – очевидно, что научное обеспечение устойчивого развития стратегических территорий и прилегающих к ним акваторий становится главной задачей современной науки арктического природопользования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева Е.Н. Арктическая прибрежная зона: проблемы управления природопользованием (МПГ №138) // Экологическое планирование и управление. – 2008. – № 3-4. – С. 23-35.
2. Войтоловский Г.К., Косолапов Н.А., Синецкий В.П. Стратегии: импульсы к разработке // Теория и практика морской деятельности: сер. науч. публикаций. Вып. 9. – М.: СОПС, 2006. – С. 220.
3. Денисов В.В. Большие морские экосистемы Западного сектора Арктики и проблемы регионального природопользования (национальные и международные аспекты) // Большие морские экосистемы России в эпоху глобальных изменений (климат, ресурсы, управление): материалы Междунар. науч. конф., г.Ростов-на-Дону, 10-13 октября 2007 г. – Ростов-на-Дону: Изд. ЮНЦ РАН, 2007. – С. 52-54.
4. Денисов В.В., Ильин Г.В. Районирование акваторий как инструмент оптимизации природопользования на арктическом шельфе // Проблемы Арктики и Антарктики: доклады итоговой сессии Ученого совета ААНИИ по результатам работ 2007 г., г.Санкт-Петербург, ААНИИ, 14-16 января 2008 г. – 2008. – № 2 (79). – С. 134-144.
5. Денисов В.В. К комплексному управлению ресурсами Баренцева моря (взгляд морского географа) // Рыбные ресурсы. – 2004. – №3(8). – С.2-4.
6. Денисов В.В. Экологическая география полиресурсных шельфов (на примере Баренцева моря) // Исследования в области океанологии, физики атмосферы, географии, экологии, водных проблем и геохронологии. – М.: ГЕОС, 2001. – С. 94-98.
7. Денисов В.В. Эколого-географические основы устойчивого природопользования в шельфовых морях (Экологическая география моря). – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2002. – 502 с.
8. Денисов В.В. Эколого-географические проблемы развития морского сектора Баренц-региона // Природопользование в Евро-Арктическом регионе: опыт XX века и перспективы. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2002. – С.199-209.
9. Кольский залив: освоение и рациональное использование / отв. ред. Г.Г.Матишов; ММБИ КНЦ РАН. – М.: Наука, 2009. – 381 с.
10. Матишов Г.Г. Антропогенная деструкция экосистем Баренцева и Норвежского морей. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1992. – 112 с.
11. Матишов Г.Г. Большие морские экосистемы России в условиях климатических и антропогенных изменений // Большие морские экосистемы России в эпоху глобальных изменений (климат, ресурсы, управление): материалы Междунар. науч. конф., г.Ростов-на-Дону, 10-13 октября 2007 г. – Ростов-на-Дону: Изд. ЮНЦ РАН, 2007. – С. 14-44.
12. Матишов Г.Г. Кольский научный центр. От региональных к общегосударственным задачам // Вестник РАН. – 1998. – Т. 68, № 7. – С. 612-628.
13. Матишов Г.Г., Денисов В.В. Экосистемы и биоресурсы европейских морей России на рубеже XX и XXI веков: препр. – Мурманск: МИП-999, 2000. – 124 с.
14. Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л. Делимитация больших морских экосистем Арктики как задача комплексного географического районирования океанов // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2006. – № 3. – С.5-18.
15. Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л. Интегрированное управление природопользованием в шельфовых морях // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2007. – № 3. – С.27-40.
16. Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л. Оптимизация арктического морского природопользования на основе концепции больших морских экосистем (БМЭ) // Мурманшельфинфо. – 2008. – № 4. – С.28-31.
17. Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л. Стратегия рационального природопользования на шельфе и в прибрежных зонах Европейского Севера // Формирование основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. – С.448-462.
18. Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л. Эколого-географические аспекты морского природопользования в российском секторе Западной Арктики // Труды XII съезда РГО. Т. 5. – СПб., 2005. – С. 48-54.
19. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Денисов В.В. Рациональное природопользование в связи с перспективой нефтегазодобычи в Арктике // Вестник РАН. – 2009. – Т. 79, № 8. – С. 696-700.
20. Мироненко Н.С. Страноведение: Теория и методы. – М.: Аспект Пресс, 2001. – 268 с.
21. Моргунов Б.А. Экологические ограничения при принятии стратегических решений для развития Российской Арктики // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2005. – № 4. – С.48-57.
22. Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 года: Распоряжение Президента РФ от 27 июля 2001 № Пр-1387 // МО РФ и ВМФ, Изд. ГУНИО МО РФ, СПб., 2002. – Режим доступа: <http://www.morskayakollegiya.ru>
23. Московенко М.В. Организационные основы реализации Морской доктрины // Теория и практика морской деятельности: сер. науч. публикаций. Вып. 7. Поиск решений: материалы сессии «Системные исследования морской деятельности» юбилейной конференции СОПС. – М.: СОПС, 2006. – С.111-125.
24. Синецкий В.П. О новых подходах к реализации Морской доктрины на основе институциональных процессов // Теория и практика морской деятельности: сер. науч. публикаций. Вып. 7. Поиск решений: материалы сессии «Системные исследования морской деятельности» юбилейной конференции СОПС. – М.: СОПС, 2006. – С.60-70.
25. Стратегия развития морской деятельности до 2020 года и на более отдаленную перспективу: проект /Морская коллегия при Правительстве РФ. – М., 2008. – 58 с. – Режим доступа: <http://www.morskayakollegiya.ru>.
26. Территориальные прилегающие исключительные экономические зоны. Морские акватории в международном праве / по материалам А.Л.Колодкина // Конвенция ООН по морскому праву 1982 года; Международно-правовые вопросы освоения Арктики; Известия; Международное информационное агентство Washington Profile. – Режим доступа: <http://geo.1september.ru/articlef.php>
27. Химические процессы в экосистемах северных морей (гидрохимия, геохимия, нефтяное загрязнение) / Г.Г. Матишов, Л.Г. Павлова, Г.В. Ильин и др. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. – 404 с.
28. Arctic Council. Arctic Marine Strategic Plan. PAME. November 24, 2004. – 14 p.
29. Best Practices in Ecosystem-Based Oceans Management in the Arctic / Ed. by Alf Håkon Hoel; Norsk Polarinstittutt. – 2009. – Report Series No. 129. – P. 20-35.
30. Charles Ehler, Fanny Douvere. Vision for Sea Change. Report of the First International Workshop on Marine Spatial Planning. Intergovernmental Oceanographic Commission and the Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides, 46: ICAM Dossier, 3. – Paris: UNESCO, 2007 (English). – 89 p.
31. Cicin-Sain B., Knecht R.W. Integrated coastal and ocean management: concepts and practices. – Washington, D.C.: Island Press, 1998. – 517 p.
32. Denisov V.V., Dzhenyuk S.L. Conception of the natural use and environmental safety management in the Kola Peninsula coastal zone (the Barents Sea) // A Gateway to Sustainable Development: Proceedings of the 30th International Conference Pacem in Maribus, Kiev, October 27-30 2003. – Sevastopol, 2004. – P.244-250.
33. Ekins P. The Environmental Sustainability of Economic Processes: A Framework for Analysis // Toward Sustainable Development. Concepts, Methods, and Policy / ed. by J.C.J.M. van der Bergh, J. van der Straatenn. – Island Press, 1994. – P.25-55.
34. Fanny Douvere, Charles Ehler. The Need for a Common Vocabulary for Marine Spatial Planning in Ecosystem-based Marine Management. Intergovernmental Oceanographic Commission UNESCO, Paris. Prepared for the ENCORA Network, October 2007. – 13 p.
35. Ir. Cathy Plasman. Implementing marine spatial planning: A policy perspective // Marine Policy 32 (2008). – P. 811-815.
36. Jeff Ardron, Kristina Gjerde, Sian Pullen, Virginie Tilot. Marine spatial planning in the high seas // Marine Policy 32 (2008). – P. 832-839.
37. Matishov G.G., Denisov V.V., Dzhenyuk S.L., Karamushko O.V., Daler D. The impact of fisheries on the dynamics of commercial fish species in the Barents Sea and the Sea of Azov, Russia: a historical perspective // Ambio. – 2004. – V.33, No. 1-2. – P. 63-67.
38. Matishov G.G., Denisov V.V., Kirillova Y.E. Role of procedure of environment impact assessment (EIA) in elaborating the integrated project of the Barents Sea coast zones // Ocean, Coastal Management. – 1988. – V.41. – P.221-236.
39. Matishov, G., Golubeva, N., Titova, G., Sydnes A., Voegelé B. The Barents Sea, GIWA Regional assessment 11 / University of Kalmar. – UNEP, 2004. – 115 p.
40. Ocean and Coastal Ecosystem-Based Management: Implementation Handbook-2009. Environmental Law Institute. – Washington, D.C. – 89 p.
41. Paul M. Gilliland, Dan Laffoley. Key elements and steps in the process of developing ecosystem-based marine spatial planning // Marine Policy 32 (2008). – P. 787-796.
42. The Circle. No. 1, 2009. Published by WWF International Arctic Programme. – 31 p.
43. Никонов В. Инновационная Россия // Известия. – 2009. – 21 октября (№ 195).

# ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЯРНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА КНЦ РАН НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

Е.Д. Терещенко, д.ф.-м.н.; В.Е. Иванов, д.ф.-м.н.; И.В. Головчанская, к.ф.-м.н.  
Полярный геофизический институт КНЦ РАН

## Аннотация

Описано современное состояние комплексных геофизических исследований Полярного геофизического института КНЦ РАН на арх.Шпицберген, также приведены сведения из истории научных исследований Российской академии наук в этом регионе. Кратко охарактеризовано передовое современное экспериментальное оборудование, размещенное на обсерватории ПГИ «Баренцбург». Перечислены научные задачи, которые решает Институт. Одна из них – наблюдение полярных сияний в дневные часы местного времени. Обсуждаются перспективы развития исследований ПГИ на Шпицбергене в третьем тысячелетии.

## Ключевые слова:

*геофизические исследования, арх.Шпицберген, дневные полярные сияния, радиотомография, космические лучи, нейтронный монитор.*

## Abstract

The present state of complex geophysical research conducted by the Polar Geophysical Institute KSC RAS at the Shpitzbergen archipelago is shown. A piece of knowledge from the history of scientific activity of Russian Academy of Sciences in the region is given. The observational tools installed at the PGI Barentsburg observatory which meet the highest modern standards, are briefly described. Scientific studies performed with the use of data obtained here are listed, one of the most important studies is daytime aurora investigation. The perspectives of PGI scientific activity at the Shpitzbergen archipelago in the third millennium are discussed.

## Keywords:

*geophysical research, Shpitzbergen archipelago, daytime aurora, radio tomography, cosmic rays, neutron monitor.*

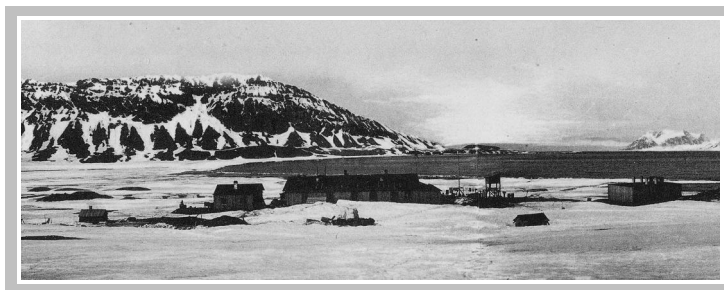


*История геофизических исследований Российской академии наук на архипелаге Шпицберген*

Принято считать, что российско-шведская экспедиция на Шпицберген в 1899-1900 гг. положила начало российским авроральным исследованиям в Арктическом регионе. Несмотря на то, что главной целью экспедиции было измерение дуги меридиана, решение сопутствующей задачи – изучения природы полярных сияний – также внесло весомый вклад в мировую науку. Для

проведения экспериментального изучения полярных сияний было закуплено лучшее на то время в мире фотографическое и спектральное оптическое оборудование. Этим ответственным делом занимался непосредственно князь Б.Б.Голицын, командированный Российской императорской Академией наук в Германию. Обеспечение экспедиции аппаратурой на уровне мировых стандартов считалось важнейшей государственной задачей. В задачи ученых входили регистрация и описание полярных сияний, поиск закономерностей их появления и нанесение положений сияний на астрономические карты. С этой целью в отряд экспедиции Пулковской обсерватории был приглашен молодой ученый-астроном Осип (Иосиф) Сикора, выпускник Харьковского университета.

Следует отметить, что на период 1899-1900 гг. пришелся минимум одиннадцатилетнего цикла солнечной активности, когда зона полярных сияний сжимается в сторону полярной шапки, где расположен Шпицберген. Исследования проводились в Хорнзунне на западной части Шпицбергена, на берегу бухты Гузбэй, где была построена экспедиционная база Константиновка ( $\varphi \sim 76.8^\circ$ ,  $\lambda \sim 15.4^\circ$ ;  $\Phi' - 73.9^\circ$ ,  $\Lambda \sim 112^\circ$ ). Ее общий вид, оптический и геофизический павильоны представлены на рис.1.



*Рис. 1. Общий вид русской научной базы Константиновка*

Визуальные наблюдения сияний были проведены Сикорой и Бейером с 17 сентября 1899 г. по 27 марта 1900 г. Методика наблюдений и первичные результаты были опубликованы в работе [43]. При анализе фотографий полярных сияний Сикора использовал введенную им шкалу интенсивности сияний в баллах: 1 – очень яркие сияния; 2 – интенсивные сияния; 3 – сияния средней интенсивности; 4 – слабые сияния;



5 – субвизуальные сияния. Будучи профессиональным астрономом, Сикора сравнивал интенсивность сияний с интенсивностью объектов звездного неба, включая луну в различных фазах, и свечение атмосферы. Некоторые наблюдения, фотографии и зарисовки сияний отчетливо демонстрируют особенности вариаций их форм и движения, которые в настоящее время рассматриваются как типичные атрибуты авроральной суббури [1]. Примеры этих фотографий и рисунков приведены на рис.2, 3.



Рис.2. Образцы фотографий полярных сияний на Шпицбергене

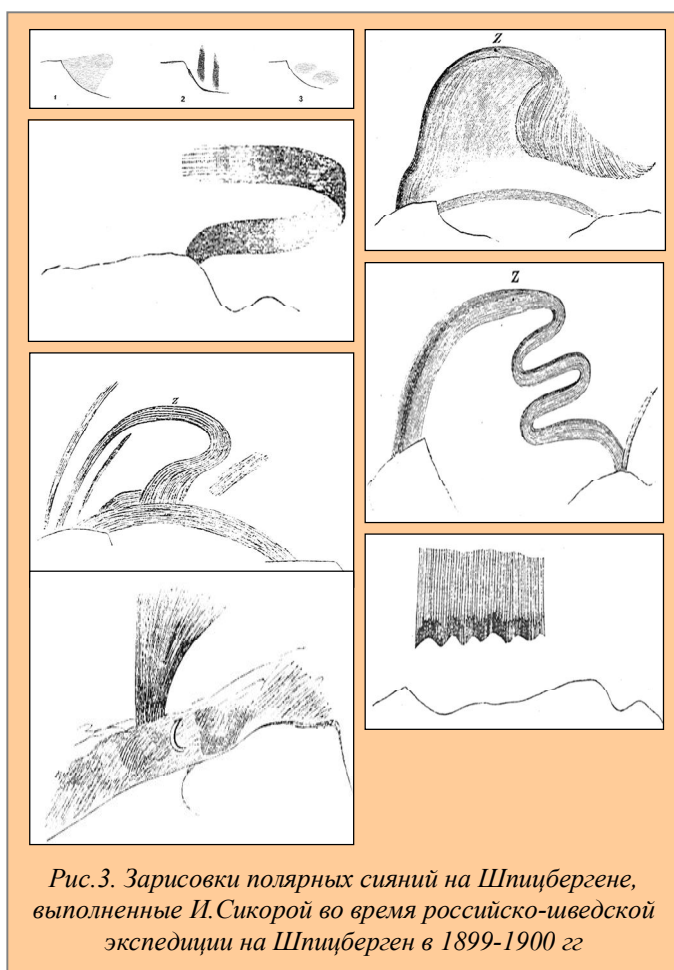


Рис.3. Зарисовки полярных сияний на Шпицбергене, выполненные И.Сикорой во время российско-шведской экспедиции на Шпицберген в 1899-1900 гг

Сикора пронаблюдал и отметил большинство известных авроральных форм, таких как диффузные и лучистые дуги, диффузное свечение и пульсирующие пятна, петли и складки и многие другие, описанные в работах [1, 28, 30, 31, 42]. Более того, он обратил внимание на авроральные дуги, направленность которых была не обычной (с запада на восток), а соответствовала направлению север-юг. Это были дуги с малой интенсивностью, и их ориентация совпала с ориентацией дуг полярной шапки, которые могут наблюдаться на широтах Шпицбергена [39]. Этот тип сияний был описан для случаев 2 декабря 1899 г. в ~01 LMT, 5 февраля 1900 г. в ~02 LMT и 28 февраля в ~03 LMT. В настоящее время такие сияния привлекают пристальное внимание ученых и именуются «тега-аврора».

Сикорой также были отмечены так называемые «черные сияния» [15, 30, 34], состоящие из структурированных темных форм внутри крупномасштабных диффузных образований, хотя серьезно изучаться они стали не так давно.

Для сравнения интенсивности сияний с планетарной геомагнитной активностью, которая определяет в большой степени положение и интенсивность полярных сияний, было проведено сравнение числа случаев сияний различной интенсивности с планетарным индексом «аа», единственным, который мог быть доступен наблюдениям в XIX в. Была получена практически линейная зависимость числа часов с различной интенсивностью сияний от средней величины «аа»

индекса. Возрастание интенсивности сияний следует за ростом планетарной магнитной активности.

Другой задачей было изучение суточного хода частоты обнаружения сияний в различных частях небосвода относительно пункта наблюдения. Чтобы решить эту задачу, были рассчитаны суточные вариации  $N_i/N$ , где  $N_i$  – число наблюдений сияний в определенном направлении (север, юг и зенит) в течение одного часа, а  $N$  – суммарное число этих наблюдений по всем направлениям.

Было показано, что относительное число сияний на юге имеет максимум около полуночи, и это число уменьшается как к утренним, так и к вечерним часам. Противоположная ситуация наблюдается для сияний на севере: они имеют минимум вблизи полуночи и максимум вблизи полудня. Суточный ход относительного числа сияний в зените имеет два максимума – первый в утренние, второй в вечерние часы. Из этих данных следует, что зона максимальной вероятности наблюдения полярных сияний расположена на  $\Phi' < 74^\circ$  в ночное время и на  $\Phi' > 74^\circ$  – в дневное. Широта этой зоны в утренние и вечерние часы совпадает с широтой пункта наблюдения. Очевидно, что зона максимальной частоты появления полярных сияний, по данным Сикоры, есть не что иное, как непрерывное авроральное кольцо с центром, сдвинутым к полюсу, т.е. мгновенный непрерывный овал полярных сияний. Более подробно первые этапы российских геофизических исследований в Арктике описаны в статье [25].

Анализ приведенных данных показывает, что Шпицберген является уникальным местом, которое в течение суток может находиться внутри овала, вне овала и непосредственно в области сияний. Именно эта особенность географического положения архипелага стимулировала работы по доказательству существования аврорального овала на основе материалов, полученных в XIX в.

### ***Наблюдения полярных сияний на архипелаге Шпицберген в период первого Международного геофизического года***

После исследований, описанных в предыдущем разделе, в изучении полярных сияний на Шпицбергене наступил продолжительный перерыв. Новые наблюдения начались только во время Международного геофизического года (МГГ) и Международного геофизического сотрудничества (МГС), которые проводились с 1957 по 1959 гг. В этот период весь земной шар был охвачен геофизическими наблюдениями по единой программе.

В Советском Союзе был создан Геофизический комитет под руководством акад. И.П.Бардина. Во главе рабочей группы по полярным сияниям был проф. МГУ А.И.Лебединский.

В период МГГ и МГС на арх.Шпицберген (пос.Пирамида) работала геофизическая группа в составе: Б.Р.Каменецкого (ответственного за геомагнитные наблюдения), Н.В.Онуфрейчика (камеры С-180 и С-180-S) и Н.М.Никитиной (геомагнитные пульсации).

Данные, полученные на Шпицбергене в период МГГ и МГС, впоследствии широко использовались российскими учеными. Концепция аврорального овала, впервые сформулированная в работах [19, 26, 32], в значительной степени основана на наблюдениях на Шпицбергене. Была изучена динамика полосы свечения на дневной стороне и показано, что с развитием авроральной суббури полоса смещается к экватору, а структура сияний – это лучистые дуги [18, 36]. Обнаружен эффект предбрёйкапового затухания в дневные часы, который совпадает с таким же затуханием на ночной стороне.

В период наблюдений (ноябрь-февраль 1958-1959 гг.) в обсерватории «Пирамида» с использованием камеры С-180-S было получено значительное количество спектров. Ввиду большого объема информации в лаборатории полярных сияний ПГИ было проведено только визуальное фотометрирование полученного материала. Всего для анализа было использовано 1703 спектра. Сравнивались две кислородные эмиссии: красная  $\lambda 630.0$  нм и зеленая  $\lambda 557.7$  нм. Число спектров, на которых эмиссия  $630.0$  нм превышала интенсивность линии  $557.7$  более чем в 2 раза, оказалось равным 719, что составило 42.2% от всех проанализированных спектров. Это свидетельствовало о том, что значительное время (~42%) над арх.Шпицберген преобладали полярные сияния, которые условно можно отнести к полярным сияниям красного цвета типа А. Таким образом, можно констатировать, что в это время Шпицберген находился в зоне мягких электронных высыпаний (энергия  $E < 1$  Кэв) [11, 12, 48].

### ***Возрождение комплексных геофизических исследований на Шпицбергене в период 1980-1990 годов***

Геофизические исследования ПГИ КНЦ РАН на арх.Шпицберген можно разделить на два этапа. Первый этап начался в 1980 г. и продолжался в течение примерно 12 лет. Второй этап, начавшийся в 2000 г. в связи с постановлением Правительства Российской Федерации «О финансировании деятельности российских организаций на архипелаге Шпицберген», продолжается по настоящее время.

В апреле 1980 года в пос.Баренцбург на арх.Шпицберген впервые выехала группа научных сотрудников ПГИ с целью обсуждения с руководством рудника «Баренцбург» возможности организации геофизических исследований в районе поселка и определения места возможной дислокации будущей экспедиции. В качестве последнего были выбраны строения астрономической экспедиции Николаевского отделения Главной астрономической обсерватории АН СССР, которая к этому времени закончила свои исследования на архипелаге.

В октябре 1980 года на дизель-электроходе «Клавдия Еланская» в пос.Баренцбург отправилась первая экспедиция ПГИ, чтобы доставить в Баренцбург научную аппаратуру, предметы и оборудование, необходимые для обеспечения жизнедеятельности экспедиции, а также чтобы подготовить помещения для проведения научных исследований. В короткие сроки с помощью строительных организаций рудника были выполнены ремонтные и косметические работы помещений будущей экспедиции, которые располагаются примерно в 5 км от поселка и эксплуатируются по настоящее время.

Примерно в 30 м от жилого помещения обсерватории был построен помост высотой около 2 м для установки фотографической камеры всего неба (С-180) и немагнитный павильон для проведения магнитометрических наблюдений. Павильон был собран из досок, которые, во избежание электромагнитных наводок, были сколочены медными гвоздями, специально привезенными в Баренцбург из Института. Через три

больших отверстия в полу в грунт были вморожены отрезки толстых бревен, что и послужило на первых порах фундаментом для датчиков магнитного поля. В декабре того же года в патрульный режим наблюдений были запущены фотографическая камера С-180, сканирующий фотометр и магнитовариационная станция. Этот период можно считать началом многолетних наблюдений Полярного геофизического института на Шпицбергене. Позднее комплекс оптической аппаратуры был дополнен интегральным широкоугольным фотометром, интерферометром Фабри-Перо и патрульным спектрографом С-180-S.

На рисунке 4 представлена фотографическая камера всего неба С-180 с треногой, установленная на специально изготовленном помосте. На снимке можно видеть несколько антенн, предназначенных для проведения радиофизических исследований. Снимок сделан в условиях надвигающейся полярной ночи, чем и объясняется его несколько необычный цветовой фон.

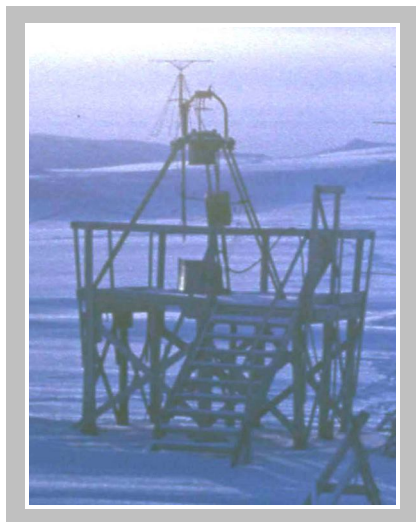


Рис. 4. Внешний вид помоста и камеры С-180 в обсерватории «Баренцбург»

Уже весной 1981 года рядом с помещением обсерватории сотрудниками ПГИ была установлена антенна для приема и регистрации интенсивности космического радиошума (риометр), а также серия разнесенных приемников для регистрации сигналов навигационных спутников (СНС) на частотах 300 и 600 МГц. Эти работы положили начало радиофизическим наблюдениям на Шпицбергене.

Характеристики принимаемых на поверхности Земли радиосигналов (как космического радиошума, так и излучения, генерируемого на спутнике) сильно зависят от свойств среды, через которую они распространяются. Анализ амплитуды, а в случае СНС и фазы принимаемых сигналов, дает возможность оценить электронную концентрацию в Е-слое ионосферы (100-120 км) и характеристики ионосферных неоднородностей в слое F2 на высотах 150-200 км по риометрическим данным и сигналам навигационных спутников соответственно.

С целью развития радиофизических методов исследований в октябре 1984 г. группой сотрудников Института в обсерватории была установлена аппаратура для приема сигналов сверхдлинноволнового (СДВ) диапазона (3-30 кГц). Амплитуда и фаза СДВ-сигналов, принимаемых на различных радиотрассах, являются важными источниками информации о структуре самой нижней части ионосферы на высотах менее 80-90 км. Из-за весьма низких значений электронной концентрации эта область ионосферы труднодоступна для исследования другими радиофизическими средствами. При решении задачи нахождения эффективной модели нижней ионосферы СДВ-методом важную роль играет наличие достаточно достоверных данных об электрических свойствах подстилающей поверхности на радиотрассе. В этом отношении наиболее предпочтительными являются морские радиотрассы, так как в случае распространения СДВ над сушей различные ее участки могут иметь различные электрические свойства, что приводит к неоднородности трассы и создает дополнительные трудности при интерпретации экспериментальных данных.

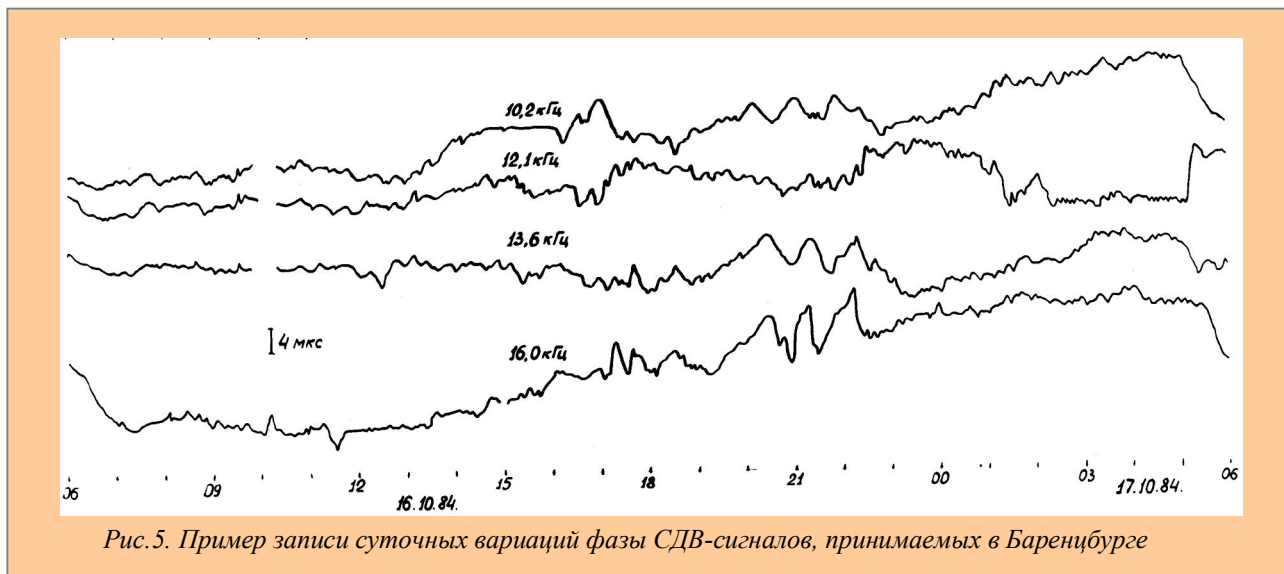


Рис. 5. Пример записи суточных вариаций фазы СДВ-сигналов, принимаемых в Баренцбурге

Первый массив данных регистрации СДВ-сигналов был получен в октябре 1984 г. и затем дополнен измерениями 1985-1986 гг. На рис.5 приведен пример записи суточной вариации фазы СДВ-сигналов станций Алдра (частоты 10.2, 12.1 и 13.6 кГц) и GBR (16.0 кГц – Рагби, Великобритания), измеренных в октябре 1984 г. в Баренцбурге.

Для изучения волновых неустойчивостей в верхней ионосфере в области полярной шапки в середине 1980-х гг. сотрудники ПГИ разработали, установили и ввели в эксплуатацию систему антенн и приемную аппаратуру для регистрации трех компонент электромагнитного поля в диапазоне частот 700 Гц – 7 кГц. Эта аппаратура была предназначена для изучения структуры электромагнитного поля и определения направлений прихода так называемых ОНЧ-шипений.

Какие же научные задачи привели сотрудников Полярного геофизического института на широты еще более высокие, чем те, на которых расположен сам Институт (гг. Мурманск и Апатиты находятся за полярным кругом)?

Изучение полярных сияний является актуальным не только для решения геофизических проблем, но и проблем физики плазмы, физики атмосферы, климатологии, метеорологии и даже медицины. Ночной сектор овала полярных сияний располагается в относительно невысоких широтах, поэтому ночные полярные сияния в темное время суток можно наблюдать и регистрировать на всей северной территории нашей страны. Наблюдения же дневных сияний крайне затруднительны. В северном полушарии только в районе архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) из-за наступления здесь в зимний период круглосуточной полярной ночи с углом погружения Солнца за горизонт ниже  $10^\circ$  возможны наблюдения сияний в дневные, и даже полуденные, часы местного времени. Организация геофизических исследований в таких отдаленных районах сопряжена со значительными трудностями и неудобствами. Поэтому на период начала экспедиционных исследований ПГИ в Баренцбурге даже основные морфологические характеристики дневных сияний были мало исследованы. Между тем их изучение представляло значительный интерес.

В относительно узкую по широте область дневной ионосферы проектируются такие важные магнитосферные области, как плазменная мантия, полярный касп, низкоширотный пограничный слой (LLBL) и др. Частицы, регистрируемые в этих областях, имеют различные характеристики, что должно найти свое отражение в спектральных и морфологических свойствах дневного аврорального свечения. Более того, хотя в настоящее время еще не вполне ясна относительная роль различных плазменных доменов в процессах передачи энергии солнечного ветра в магнитосферу, делаются серьезные попытки связать характерные черты этих процессов с характеристиками дневных сияний. Наличие такой взаимосвязи дает уникальную возможность по наземным и координированным наземно-спутниковым наблюдениям с большим пространственно-временным разрешением исследовать тонкую структуру явлений, протекающих на магнитопаузе и в пограничных слоях магнитосферы.

Первые результаты геофизических исследований на Шпицбергене были опубликованы в работах [8, 13], в которых впервые было показано, что в дневном секторе наблюдается четкое разделение зон мягких ( $E < 1$  кэВ) и, экваториальнее ее, более жестких ( $E > 1$  кэВ) авроральных вторжений. Дискретные формы сияний погружены в область мягких электронных высыпаний с преобладающим свечением в красной кислородной линии. Здесь же наблюдается повышенная электронная концентрация в области F2 ионосферы и, соответственно, повышенный индекс мерцаний радиосигналов. Анализ регистрации СДВ-сигналов был проведен в работе [3]. Сопоставление экспериментальных результатов и теоретических модельных расчетов показало их хорошее соответствие.

Становление геофизических исследований ПГИ на Шпицбергене способствовало развитию международных связей института. Геофизическую обсерваторию ПГИ в Баренцбурге неоднократно посещали иностранные ученые из Норвегии, Великобритании, Канады, США. Одновременно сотрудники Института знакомились с организацией геофизических исследований, выполняемых зарубежными специалистами на соседних обсерваториях архипелага.

Новый импульс геофизические исследования на Шпицбергене получили после подписания в 1988 г. советско-норвежского соглашения о научно-техническом сотрудничестве по изучению проблем Арктики и Севера. В ноябре-декабре 1988 г. начался первый совместный советско-норвежский эксперимент по синхронному наблюдению развития геофизических процессов в дневном секторе овала на норвежской обсерватории «Нью-Алезунд» (Шпицберген) и на советских обсерваториях «Баренцбург» и «о.Хейс» (Земля Франца-Иосифа). По результатам проведенных исследований опубликовано несколько десятков научных работ в российских и зарубежных журналах.

Многолетние координированные исследования на цепочке высокоширотных обсерваторий позволили впервые провести детальные координированные исследования характеристик авроральных и геомагнитных пульсаций, связать область их генерации со структурой дневных высыпаний и определить область магнитосферного источника пульсирующих возмущений.

Оптические и магнитометрические наблюдения на долготной цепочке высокоширотных станций помогли исследовать характеристики движущихся ионосферных холловских вихрей (международное название TCVs – Traveling Convection Vortices). Генерация таких вихрей тесно связана с процессами взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой Земли. Предполагалось, что вихри генерируются в области дневного полярного каспа в результате импульсного пересоединения межпланетного магнитного поля с геомагнитным полем. Формирующаяся в процессе пересоединения новая открытая силовая трубка затем перемещается со скоростью солнечного ветра вдоль флангов магнитосферы в геомагнитный хвост. Такие процессы могут являться одним из механизмов передачи энергии солнечного ветра в магнитосферу Земли.

Магнитные данные, полученные на долготной цепочке обсерваторий, и комплексные наблюдения на сети станций меридиана Шпицберген позволили выявить структуру двойного конвективного вихря, определить его размеры, скорость перемещения и связь с различными типами полярных сияний [9, 10, 33, 41, 47].

Геофизические исследования в Баренцбурге были прерваны в 1992 г. из-за прекращения государственного финансирования. В 1992-2000 годы российскими учеными геофизические исследования на архипелаге не проводились. Экспериментальная база ПГИ в Баренцбурге была законсервирована.

***Развитие комплексных геофизических исследований на архипелаге Шпицберген в третьем тысячелетии***

Новый этап геофизических исследований Полярного геофизического института на Шпицбергене начался в 2000 г. в связи с постановлением Правительства Российской Федерации «О финансировании деятельности российских организаций на архипелаге Шпицберген» и созданием Межведомственной комиссии по обеспечению российских интересов, производственной и научной деятельности на архипелаге. Шпицберген к тому времени представлял собой современный международный геофизический полигон, где успешно работали десятки научных групп из других стран мира. На архипелаге были развернуты самые современные радиотехнические комплексы для исследования верхней атмосферы, геофизические наблюдения велись в Лонгьире, Нью-Алезунде, Хорзунде. Нам было необходимо в кратчайшие сроки восстановить обсерваторию, развернуть современный аппаратный комплекс для проведения непрерывных геофизических наблюдений и тем самым интегрироваться в международное геофизическое сообщество на Шпицбергене.

В сентябре 2000 года обсерватория «Баренцбург», на которой проводились геофизические наблюдения в 1980-1990 гг., была расконсервирована. Были установлены и запущены в эксплуатацию магнитовариационная станция, томографический приемный пункт и озонметрическая аппаратура. Позже, с наступлением полярной ночи, начались оптические наблюдения, заработал индукционный магнитометр. Наблюдательная сеть Института, успешно работавшая в течение многих лет, получала, таким образом, естественное продолжение вплоть до геомагнитных широт полярной шапки. Начало стационарных наблюдений ПГИ на арх.Шпицберген послужило первым шагом к созданию уникальной Арктической авральной обсерватории, самой северной в России.

Сегодня непрерывно проводящие регистрацию магнитометрические приборы и работающие в темное время суток оптические комплексы окаймляют с севера широко известный Скандинавский геофизический полигон (рис.6)

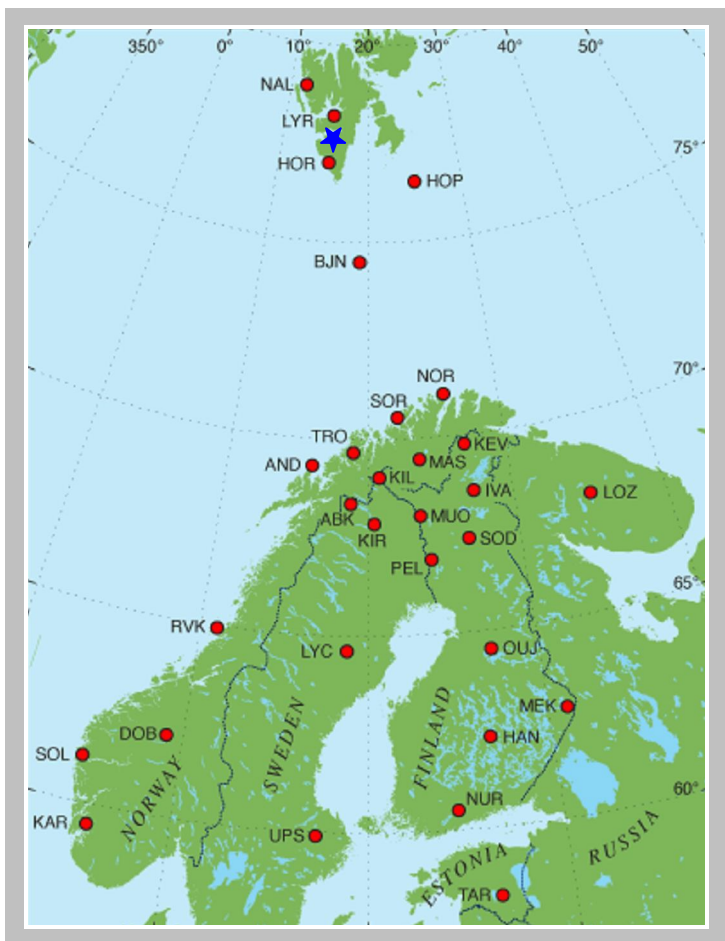


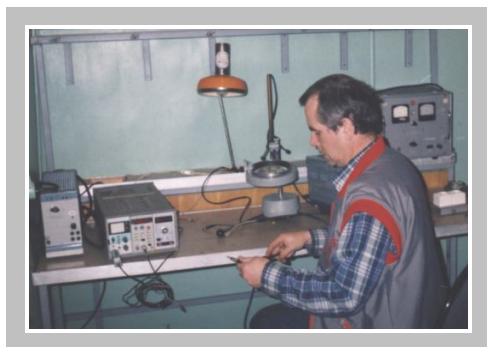
Рис.6. Геофизические станции системы IMAGE и станция Баренцбург (звездочка)

Расположенная практически вдоль магнитного меридиана цепочка томографических станций покрывает диапазон широт от арх.Шпицбергена до г.Сочи, а комплекс нейтронных мониторов Апатиты – Баренцбург вносит весомый вклад в проект «Космический корабль – Земля». Базовое здание Кольского научного центра в пос.Баренцбург (рис.7) способно разместить и обеспечить жизнедеятельность многочисленных экспедиционных отрядов. Старое здание обсерватории, расположенное в 5 км от поселка, служит полигоном для установки геофизической аппаратуры (рис.8). В настоящее время построено и оборудуется новое здание обсерватории.

Здание полевой станции ПГИ было перестроено в 2007 г. и сейчас продолжается его оснащение.



Рис.7. Здание базы КНЦ РАН в Баренцбурге, 2000 г.



*Рис.8. Настройка телевизионной камеры. 2000 г.*



*Рис.9. Пункт управления томографическим приемником*

Отремонтировано и здание в Баренцбурге, где созданы благоприятные условия для работы и отдыха персонала (рис.9).

Научные результаты, полученные Институтом на арх.Шпицберген, относятся к исследованиям магнитосферных возмущений, полярной ионосферы и полярных сияний, авроральных и геомагнитных пульсаций, резонансных явлений в геомагнитном поле. Особо следует отметить эффекты, зафиксированные в экспериментах по нагреву ионосферной плазмы, а также исследования распространения волн СНЧ-диапазона.

Основой регулярных наблюдений ПГИ в Баренцбурге служит измерительно-информационный комплекс обсерватории. В состав комплекса входят:

- 1) магнитовариационная станция;
- 2) индукционный магнитометр;
- 3) телевизионная камера всего неба;
- 4) сканирующий фотометр;
- 5) интерферометр Фабри-Перо;
- 6) датчик электрического поля;
- 7) нейтронный монитор;
- 8) озонометр для регистрации вариаций тропосферного озона.

Оптическая аппаратура традиционно размещается на крыше обсерватории. К весне помещения наблюдательного комплекса, как правило, заносит снегом, и вход внутрь остается только через один люк рядом с оптическими приборами (рис.10).

Для проведения специальных экспериментов используются дополнительные приборы, в частности: коротковолновая радиоинтерферометрическая установка; прецизионный широкополосный приемник СНЧ-диапазона.

Большое научное и прикладное значение имеют генерация и прием искусственных электромагнитных излучений в УНЧ-ОНЧ-диапазоне. Эффекты, связанные с распространением сигналов диапазона 0.1-10 Гц, могут быть использованы как для исследований магнитосферно-ионосферного взаимодействия, так и для глубинного зондирования Земли с целью поиска нефте- и газовых месторождений.

Создан не имеющий аналогов высокоширотный комплекс для измерения параметров сигналов ультранизкочастотного и сверхнизкочастотного диапазонов. Комплекс состоит из двух приемных пунктов, оснащенных оригинальными цифровыми приемниками, и позволяет проводить исследования волноводных и резонансных структур в околоземном пространстве, а также сопротивления подстилающей поверхности в точке приема. Комплекс, размещенный в двух точках (Баренцбург и Ловозеро), работает с 2002 г. и позволяет вести прием сигнала с частотой до 100 Гц.

Наблюдения, выполняемые в рамках специальных программ, дают обширный материал для изучения особенностей распространения электромагнитного сигнала, влияния ионосферы и подстилающей подложки на его параметры [21-24].

Регулярно проводящиеся эксперименты послужили основанием к расширению исследований, организации наблюдений на передвижных станциях, разработке и внедрению нового метода зондирования подстилающей поверхности, перспективного для возможного применения в геологоразведке [7].

В поселке Баренцбург постоянно работает приемный пункт радиотомографии, являющийся составной частью радиотомографической цепочки на меридиане арх.Шпицберген – Карелия – г.Москва.

Радиотомография ионосферы – мощный метод исследования параметров ионосферной плазмы, развитый в последние годы. Разработка и внедрение метода радиотомографии отмечены Госпремией РФ в 1998 г. Разработанный в ПГИ под руководством Е.Д.Терещенко метод разностно-фазовой реконструкции сигнала представляется наиболее перспективным и точным для исследования структуры ионосферы. В качестве источника радиосигнала для просвечивания ионосферы могут использоваться сигналы как низковысотных ИСЗ,



*Рис.10. Оптическая аппаратура на крыше павильона.*

*Слева направо: сканирующий фотометр, многоканальный фотометр, спектрометр, камера всего неба, вход в павильон. 2007 г.*

так и высокоапогейных спутников. В Институте разработаны и изготовлены оригинальные мобильные автоматизированные приемные томографические комплексы, успешно зарекомендовавшие себя при проведении экспериментов как в России, так и за рубежом [27]. Выбор спутника с подходящими параметрами орбиты выполняется автоматически, прием сигнала осуществляется на цепочке станций вдоль орбиты, регистрация амплитуды и фазы несущей на двух частотах позволяют вполне уверенно восстановить пространственное распределение электронной концентрации в ионосфере [14, 35]. Длина цепочки приемных пунктов определяет диапазон исследуемых широт, от расстояния между станциями зависит пространственное разрешение восстановленной томограммы. Существующие станции на материке и возможные точки их расположения на Шпицбергене прекрасно ложатся на нисходящую траекторию спутника с полярной орбитой (рис.11).

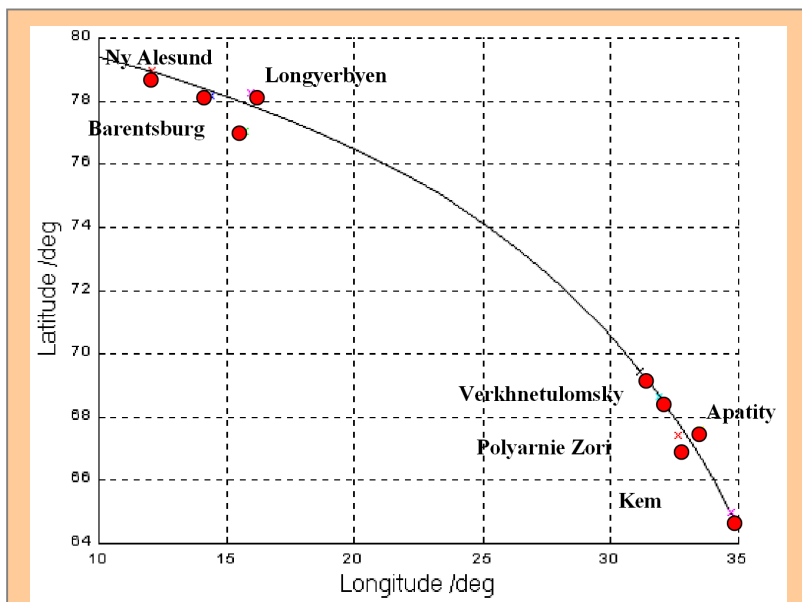


Рис.11. Проекция на Землю нисходящей траектории спутника и расположение возможных томографических приемных пунктов

Среди представляющих интерес эффектов отметим регистрируемую в периоды магнитных бурь сложную структуру распределения ионизации. Наблюдаются области повышенной ионизации, связанные с высыпаниями низкоэнергичных частиц, перенос ионизованных областей конвекцией, провалы ионизации различной структуры, волновые и квазиволновые структуры, а также перемещающиеся ионосферные возмущения (ПИВ). Подробное исследование многих явлений стало возможным благодаря протяженности томографической цепочки от средних до высоких широт.

Остановимся подробнее на описании *нейтронного монитора* ПГИ в обс. «Баренцбург». Оснований для размещения нейтронного монитора на арх.Шпицберген было более чем достаточно. На планете работает более трех десятков мониторов, вместе они

составляют гигантский ячеистый всенаправленный детектор, подобный глазу стрекозы. Тем не менее, число станций, расположенных в высоких широтах, не слишком велико, поэтому ощущается дефицит данных о потоках космических лучей, приходящих к Земле под большими углами к плоскости эклиптики (так, в 2001 г. в северной полярной шапке работала лишь американская станция в Туле, Гренландия). В то же время известно, что в большом числе случаев во время возмущений наблюдается значительная северо-южная анизотропия в потоке космических лучей, что связано с преимущественным направлением межпланетного магнитного поля в магнитных облаках, выбрасываемых Солнцем во время вспышек. В первую очередь это относится к вспышкам, происходящим на высоких гелиоширотах.

Установка нейтронного монитора на арх.Шпицберген представляет, таким образом, большую научную ценность: в совокупности с имеющейся мировой сетью станций этот монитор позволит существенно улучшить определяемую из эксперимента функцию распределения космических лучей, поможет прогнозировать приближение межпланетных ударных волн по флуктуациям космических лучей, исследовать связь вариаций СКЛ с атмосферными эффектами непосредственно в области истощения озонового слоя.

Первая секция монитора была доставлена в Баренцбург теплоходом осенью 2002 г. и выгружена на контейнерной площадке. Пришлось ждать сильных морозов – перевезти тяжелый контейнер к месту установки можно было только волоком. Изготовили специальные сани для перевозки, подготовили технику, и к декабрю первая секция монитора была доставлена и установлена на специальном фундаменте около здания академической базы (рис.12).

В последующие два года рядом были размещены еще две секции, и с декабря 2005 г. монитор 18-НМ-64 имеет стандартную конфигурацию: состоит из 3 секций, насчитывающих 18 счетчиков типа СНМ-15 (рис.13).

Ежедневно информация о потоке космических лучей поступает на материк (в Полярный геофизический институт), где данные размещаются в базе данных и на страничке в Интернете (рис.14).

Результаты исследований космических лучей, полученные на основе измерений в Баренцбурге, опубликованы в работах [2, 5, 6, 37, 38, 46].

Ярким примером международной кооперации на Шпицбергене явились работы по модификации полярной ионосферы мощным КВ-излучением.



Рис.12. Первая секция нейтронного монитора, 2003 г.



Рис.13. Три секции нейтронного монитора на краю научного городка в Баренцбурге, 2006 г.

Активное воздействие на ионосферу с целью изучения свойств этой природной плазменной оболочки используется в геофизике с 1980-х гг. Но на Шпицбергене, в области каспа и полярной шапки, нагревная установка SPEAR начала работать только в 2004 г. Искусственное радиоизлучение ионосферы (ИРИ) – широкополосное шумоподобное излучение, возникающее в результате возбуждения ионосферной плазмы мощным электромагнитным излучением – было открыто в ходе нагревных экспериментов на стенде научной ассоциации EISCAT (European Incoherent Scattering), расположенном в северной Скандинавии (широты авроральной зоны), в 1981 г. [45]. Хотя практически интерес к пространственным характеристикам этого излучения существовал с момента его открытия, на протяжении многих лет наблюдения ИРИ ограничивались измерениями интенсивности сигнала, выделением различных спектральных компонент излучения, исследованием динамики излучения и т.п. Локализация области генерации ИРИ долго оставалась нерешенной проблемой из-за высоких требований к аппаратуре, которая должна уверенно фиксировать направление вектора прихода излучения.

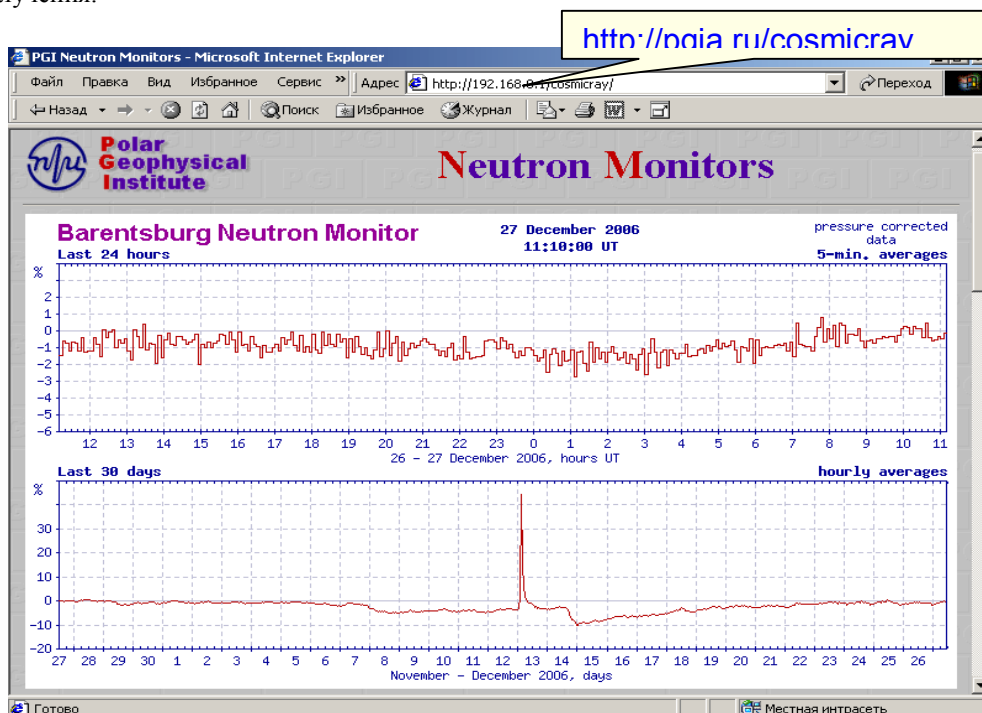


Рис.14. Обзорные данные нейтронного монитора обсерватории «Баренцбург» в сети «Интернет»

Коротковолновая радиоинтерферометрическая установка, способная определять направление приходящего сигнала фазоразностным методом, была построена лабораторией радиопросвечивания ионосферы в 2002-2003 гг. Интерферометр работает в диапазоне частот 1.5-32 МГц с полосой около 300 кГц и имеет широкий динамический диапазон (~100 дБ). Интерферометрическая установка ПГИ позволяет проводить фазоразностные и амплитудные измерения сигналов как искусственного, так и естественного происхождения.

Интерферометр и комплекты антенн после испытаний на материке были доставлены в Баренцбург.

В феврале-марте 2007 года Полярный геофизический институт принял участие в эксперименте по нагреву ионосферы на арх.Шпицберген. Проведение эксперимента на установке SPEAR совпало с началом Международного полярного года [44]. Для проведения наблюдений использовался весь комплекс аппаратуры, расположенной в обсерватории, но ключевым прибором стал КВ-интерферометр. К моменту проведения эксперимента нами был накоплен немалый опыт, аппаратура прошла испытания в средних и авроральных широтах во время нагревных



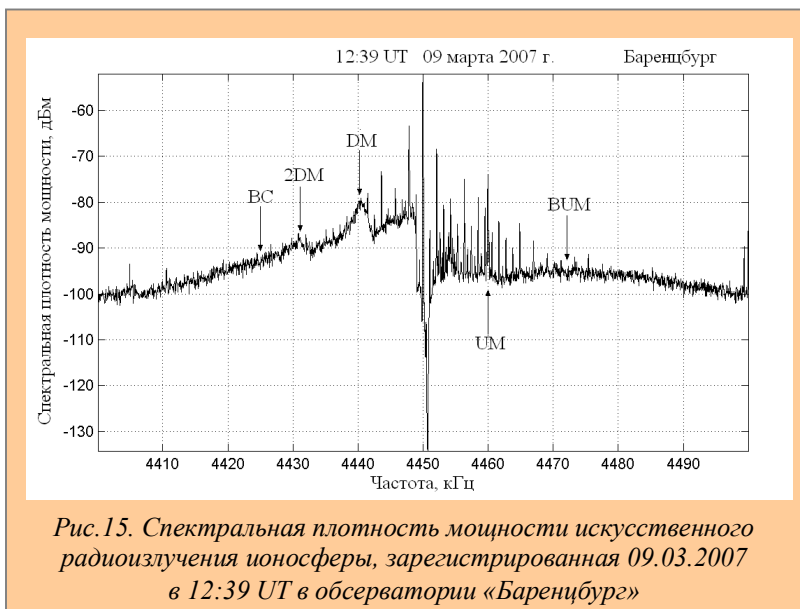


Рис. 15. Спектральная плотность мощности искусственного радиоизлучения ионосферы, зарегистрированная 09.03.2007 в 12:39 UT в обсерватории «Баренцбург»

шапке впервые показало принципиальную возможность проведения таких наблюдений в сложных и изменчивых геофизических условиях арх.Шпицберген.

Искусственное радиоизлучение ионосферы представляет собой слабый шумоподобный сигнал в полосе частот  $\sim 200\text{--}300$  кГц с амплитудой на  $\sim 60$  дБ меньше интенсивности отраженной от ионосферы волны нагревного стенда. Излучение и характер его спектральных особенностей зависят в значительной мере от нелинейных процессов, возбуждаемых в ионосферной плазме в результате нагрева, а также от значения плазменной частоты, локальной гармонике гирочастоты и ориентации силовых линий геомагнитного поля относительно направления излучения нагревной установки. Все эти обстоятельства усложняют наблюдения искусственного радиоизлучения в области полярной шапки, особые требования предъявляются к аппаратуре.

В качестве примера на рис.15 представлен спектр искусственного радиоизлучения, зафиксированного 9 марта 2007 г. при частоте нагрева 4.45 МГц, эффективно излучаемой мощности нагревной установки 13 МВт и с излучением, направленным вдоль силовых линий геомагнитного поля. Можно видеть характерные особенности стационарного спектра искусственного радиоизлучения, такие как главный ионосферный максимум DM (downshifted maximum) и его вторая гармоника 2DM, широкополосные сигналы в области отрицательных и положительных отстроек по частоте BC (broad continuum) и BUM (Broad upshifted maximum) соответственно, а также максимум в области положительных отстроек по частоте UM (upshifted maximum). Центральная часть спектра, соответствующая отраженной от ионосферы нагревной волне, подавлена режкторным фильтром, установленным на промежуточной частоте радиоприемного КВ-устройства интерферометрической установки. Выполненное исследование показало, что даже при неполной проектной мощности нагревной установки SPEAR можно проводить наблюдения искусственных радиоизлучений и других эффектов, вызванных воздействием мощного электромагнитного излучения на ионосферу в сложных геофизических условиях полярной шапки.

В ходе нагревного эксперимента SPEAR, помимо наблюдений на радиоинтерферометре, проводились работы по регистрации собственного оптического излучения модифицированной области ионосферы.

Регистрация оптического свечения нагретой области ионосферы в эксперименте 2007 года проводилась сотрудниками сектора оптических методов. Для обнаружения и исследования оптических эффектов, вызванных нагревом ионосферы, был создан спектрометр на основе интерферометра Фабри-Перо (рис.16).

Интерферометр использовался в качестве узкополосного фильтра для регистрации эмиссии нейтрального атомарного кислорода с длиной волны 630.0 нм. Поле зрения оптической системы составляло  $28^\circ$  и выбиралось так, чтобы в поле зрения прибора попадала предполагаемая область нагрева. Ось оптической системы интерферометра была направлена по азимуту нагревного стенда под зенитным углом  $13^\circ$ . Для записи изображения использовалась ПЗС-камера PhotonMax 512, экспозиция составляла 10 с. В нагревном эксперименте регистрация велась в спокойных геомагнитных условиях с 17:00 UT 03 марта до 02:30 UT 04 марта при высокой прозрачности неба. Сигнал, записанный с

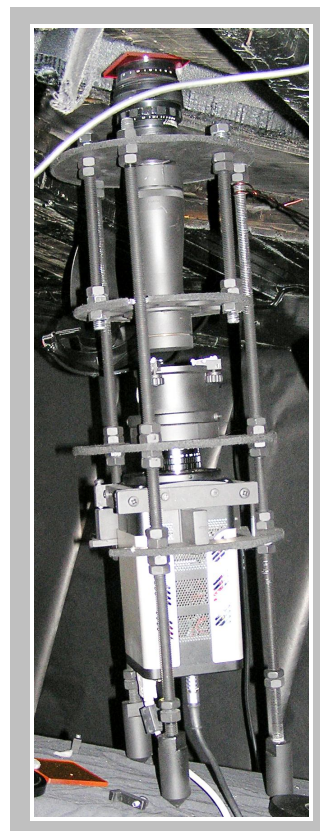


Рис. 16. Общий вид спектрометра

экспериментов на установках «Сура» (Нижегородская обл.) и EISCAT (Тромсе, Норвегия), где были получены первые интересные результаты. В области полярной шапки подобные наблюдения являлись беспрецедентными. Хотя нагревная установка работала лишь на 2/3 от проектной мощности (эффективная мощность излучения лишь немного превышала 10 МВт), удалось уверенно зарегистрировать искусственное радиоизлучение ионосферы и свечения, обусловленные нагревными эффектами работы SPEAR. Весной 2007 г. сотрудниками лаборатории радиосвечивания ПГИ были проведены первые успешные амплитудные измерения искусственного радиоизлучения ионосферы. Обнаружение искусственного радиоизлучения ионосферы в полярной

матрицы, подвергался обработке по специально разработанной программе, после усреднения и вычитания фона проводился статистический анализ сигнала. В результате было обнаружено увеличение интенсивности свечения неба в моменты включения КВ-передатчика нагревного стенда. Эффект составил в среднем около 5-8 % от интенсивности свечения ночного неба.

В проведенном эксперименте, по всей видимости, был зарегистрирован оптический эффект нагрева ионосферы стендом SPEAR в спокойных геомагнитных условиях. Разработанная методика регистрации свечения и обработки сигнала позволила также увидеть структуры полярных сияний над арх.Шпицберген в светлое время суток.

Существование ионосферного резонатора для альвеновских волн в диапазоне 0.1-10 Гц обнаруживается по спектральным резонансным структурам (СРС) – на спектрограммах герцовых шумов геомагнитного поля резонансы с кратными частотами вполне различимы. Предсказанный С.В.Поляковым в 1976 г. [17] альвеновский резонатор был экспериментально обнаружен в середине 1980-х гг. [4] по наблюдениям на средних широтах. С этого момента условия возбуждения альвеновского резонатора, их связь с состоянием ионосферы являются объектом пристального изучения.

Индукционный магнитометр, установленный на станции Баренцбург, обладает высокой чувствительностью и подходящими частотными характеристиками для исследования спектральных резонансных структур, являющихся проявлением альвеновского резонатора. Работы, выполненные Н.В.Семеновым и А.Г.Яхниним [19, 20, 40], позволили обнаружить существование альвеновского резонатора на широте Баренцбурга и установить условия, при которых возникают резонансные явления. До этих работ наблюдений такого рода в высоких широтах не проводилось.

Научно-исследовательская деятельность Полярного геофизического института на арх.Шпицберген уже много лет ведется в рамках «Соглашения о научно-техническом сотрудничестве в области изучения Арктики и Севера» между Министерством образования и науки (ранее – Министерством промышленности, науки и технологий) Российской Федерации и Норвежским исследовательским советом. Ответственный исполнитель с российской стороны – Полярный геофизический институт, который является ведущим в научно-техническом проекте «Комплексные исследования процессов в авроральной зоне, включая дневной касп, на основе радарных измерений EISCAT на Шпицбергене и геофизических наблюдений в Арктике».

В 2005 году в Осло состоялось IV совещание Комитета по кооперации северных и арктических исследований в рамках Соглашения между Минобрнауки РФ и Исследовательским советом Норвегии. Комитет отметил высокую активность института в организации и проведении геофизических исследований на Шпицбергене, а также хорошую подготовку к участию в международных программах Полярного года.

Исключительное местоположение обсерватории «Баренцбург», а также уникальные параметры размещенной там аппаратуры ПГИ, открывают широкий путь к проведению совместных исследований с геофизиками различных стран.

Развитием творческих контактов с зарубежными партнерами явились двусторонние соглашения с научными организациями Швеции, Норвегии, Великобритании, Австрии. Соглашение со Шведским институтом космической физики (IRF) предусматривает проведение наблюдений в рамках международного проекта EISCAT совместно с Отделом космической геофизики университета г.Оулу (Оулу, Финляндия).

Соглашение с норвежским Университетским центром на Свальбарде (UNIS) ориентировано на сравнительно новое научное направление – исследование протонных сияний. В рамках соглашения 2006 года и гранта Norwegian and Russian Upper Atmosphere Cooperation on Svalbard (NORUSCA) в специальной калибровочной лаборатории на базе UNIS был сделан новый шаг в проведении координированных оптически наблюдений, а именно, выполнены калибровки спектрографа C-180, изготовленного в ПГИ. В этом же году по гранту Network for Groundbased Optical Auroral Research in the Arctic Region (NordAuropt) была начата совместная работа с UNIS по исследованию оптических эффектов протонных высыпаний в высокоширотной атмосфере.

В рамках Соглашения о сотрудничестве с университетом г.Лестер (Великобритания) ведутся работы по проекту High-latitude Geophysical Studies in the Spitsbergen Archipelago. Работа предусматривает исследование геомагнитных пульсаций и свечений ночного неба как естественного, так и искусственного происхождения, в частности, работы в рамках международного проекта SPEAR. Совместно с финскими коллегами в 2005 г. британские исследователи установили индукционный магнитометр рядом с обсерваторией института в Баренцбурге. Совместные работы по нагревному эксперименту принесли принципиально новые результаты.

В феврале 2003 года во время рабочего визита сотрудников ПГИ в Швецию было принято решение объединить усилия специалистов по полярным сияниям из ПГИ, Шведского института космической физики (Кируна, Швеция) и Отдела космической геофизики университета г.Оулу (Финляндия) и провести на Шпицбергене в январе 2004 г. совместную наблюдательную кампанию с целью исследования динамики полярных сияний и ее связи с ионосферной конвекцией. Была составлена программа исследований, для осуществления которой международная ассоциация EISCAT выделила 25 часов «радарного» времени. Программа получила поддержку организации Svenska Institutet в виде 7-месячной стипендии для работы одного из сотрудников ПГИ в Швеции, что позволило провести анализ полученных данных быстро и плодотворно. Результатом этих работ в сезоны 2004-2005 гг. явилось решение ряда задач о характере взаимодействия магнитосферы Земли с солнечным ветром в дневном секторе MLT, включая реакцию магнитосферы на

внезапные импульсы давления солнечного ветра, изменения ориентации межпланетного магнитного поля, развитие пересоединения на дневной стороне.

Одним из видов международного сотрудничества стали научные конференции, регулярно проводимые Институтом в Баренцбурге. Первая из них, «Российская наука на Шпицбергене в третьем тысячелетии», состоялась в сентябре 2001 г. Основная тематика докладов, представленных на конференции, – текущее состояние, первые результаты и перспективы развития геофизических исследований на арх.Шпицберген. Директор EISCAT Тони ван Эйкен рассказал о возможностях некогерентного радара ESR на Шпицбергене. Он выразил искреннюю заинтересованность в сотрудничестве и пригласил участников конференции посетить установку ESR вблизи Лонггйра.

В дальнейшем конференции «Геофизические исследования на архипелаге Шпицберген» проводились в 2004 и 2006 гг. Среди участников конференции 2006 г. вновь был Тони ван Эйкен, теперь темой для обсуждения стали совместные работы по проекту SPEAR. По итогам конференции издан сборник трудов, отражающих основные результаты оригинальных исследований, выполненных геофизиками на архипелаге. Может возникнуть вопрос, насколько оправдан выбор места для проведения подобных научных конференций. Почему в Баренцбурге, а не в Мурманске или Москве? А именно потому, что мы обсуждаем результаты исследований, выполненных на арктическом архипелаге. Арктика остается Арктикой даже в короткие летние месяцы.

Возникающие непростые проблемы взаимодействия с «Арктикуглем», проблемы организации и проведения наблюдений, размещения аппаратуры, смены персонала удается решать на рабочих совещаниях. Такие совещания проведены в 2002, 2003, 2008 гг. Активное участие в них принимают сотрудники Президиума КНЦ РАН. Рабочее научно-организационное совещание 2008 г. было приурочено к открытию нового здания обсерватории ПГИ (рис.17).



*Рис.17. Открытие нового здания радиофизической обсерватории на полевой станции в Баренцбурге, 2008 г. Первый ряд (слева направо): Грабленко, начальник ЗГМО «Баренцбург»; С.Прямиков, начальник отдела ААНИИ; Ю.В.Федоренко, заведующий лабораторией ПГИ КНЦ РАН; В.Ф.Григорьев, помощник директора ПГИ КНЦ РАН; А.П.Веселов, генеральный директор Государственного треста «Арктикуголь»; Е.Д.Терещенко, директор ПГИ КНЦ РАН; В.Г.Николаев, Генеральный консул РФ на Шпицбергене; В.П.Петров, зам. председателя Президиума КНЦ РАН; В.Е.Иванов, зам. директора ПГИ КНЦ РАН*

На совещании подведены итоги работы Института по программе Международного полярного года. Исследования процессов взаимодействия солнечного ветра с земной магнитосферой, развернутые Полярным геофизическим институтом на Шпицбергене на рубеже веков, развиваются от сезона к сезону. Импульс, полученный с началом нового периода работ на Шпицбергене, мобилизовал творческие силы всего коллектива. Укрепляются связи с зарубежными учеными, в период Международного полярного года закончено строительство нового здания обсерватории, совершенствуется измерительная аппаратура, расширяется участие в международных проектах и программах, налажена связь обсерватории с Институтом по сети «Интернет». Что

немаловажно, к исследованию тайн ближнего космоса привлекаются свежие силы, все больше молодых исследователей пробуют работать в полярных широтах.

В одной статье трудно описать все результаты, полученные коллективом Полярного геофизического института за семь лет научно-исследовательской работы на арх.Шпицберген. Мы постарались осветить наиболее существенные моменты в развитии исследований. Читатель может ознакомиться с результатами научно-исследовательской деятельности ПГИ более детально в монографии «Наука на Шпицбергене. История российских исследований» [16].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акасофу С. Полярные и магнитосферные бури. – М.: Мир, 1971. 2. Балабин Ю.В., Гвоздевский Б.Б., Вашенюк Э.В., Щур Л.И. Динамика релятивистских СКЛ и регистрация множественных нейтронов в событии 13.12.2006 г. // Изв. РАН. Сер. физ. – 2009. – Вып.73 – С.321-323. 3. Белоглазов М.И., Белоглазова Г.П., Забавина И.Н., Шишаев В.А. Предварительные результаты эксплуатации приемно-измерительного СДВ-комплекса на Шпицбергене // Распространение радиоволн километрового диапазона. – Апатиты: Изд. КФАН СССР, 1987. 4. Беляев П.П., Поляков С.В., Рапопорт В.О., Трахтенгерц В.Ю. Обнаружение резонансной структуры спектра атмосферного электромагнитного шумового фона в диапазоне короткопериодных геомагнитных пульсаций // Доклады Академии наук СССР. – 1987. – Т.297. – С.840-843. 5. Вашенюк Э.В., Балабин Ю.В., Гвоздевский Б.Б. Релятивистские солнечные протоны в событии 20 января 2005 г. Модельные исследования // Геомагнетизм и аэрномия. – 2006. – Т.46. – С.449-455. 6. Вашенюк Э.В., Балабин Ю.В., Гвоздевский Б.Б., Щур Л.И. Характеристики релятивистских СКЛ в событии 13 декабря 2006 г. // Геомагнетизм и аэрномия. – 2008. – Т.48. – С.157-161. 7. Использование мощных стационарных источников экстремально низкочастотного электромагнитного поля в задаче дистанционного зондирования / Е.П.Велихов, Е.Д.Терещенко, Ю.Г.Щорс, Т.А.Багиров, М.С.Жданов, В.Ф.Григорьев, А.Е.Сидоренко, А.Н.Миличенко // Инновационные электромагнитные методы геофизики: тез. Первой Международной Нобелевской научной конференции, г.Салехард, 5-8 июля 2007. – С.15. 8. Воробьев В.Г., Турянский В.А. Особенности поведения эмиссий (OI)  $\lambda 5577 \text{ \AA}$  и  $\lambda 6300 \text{ \AA}$  в дневных сияниях // Геомагнетизм и аэрномия. – 1983. – Т.23 – С.957-962. 9. Воробьев В.Г. Динамика холловских вихрей в дневной высокоширотной области // Геомагнетизм и аэрномия. – 1993. – Т.33. – С.58-68. 10. Воробьев В.Г., Зверев В.Л., Старков Г.В. Геомагнитные импульсы в дневной высокоширотной области: основные морфологические характеристики и связь с динамикой дневных сияний // Геомагнетизм и аэрномия. – 1993. – Т.33. – С.69-79. 11. Евлашин Л.С. Полярные сияния красного цвета типа А в высоких широтах // Геомагнетизм и аэрномия. – 1961. – Т.1. – С.531-533. 12. Евлашин Л.С. О характере свечения полярных сияний, наблюдаемых в приполюсной области // Геомагнетизм и аэрномия. – 1964. – Т.4. – С.188-189. 13. Косолапенко В.И. Локальное увеличение полного электронного содержания и мерцаний сигналов РСЗ в области полярного каспа // Распределение электронов и физические процессы в полярной ионосфере. – Апатиты: Изд. КФАН СССР, 1981. – С.42-28. 14. Куницын В.Е., Терещенко Е.Д., Андреева Е.А. Радиотомография ионосферы. – М.: Физматлит, 2007. 15. Надубович Ю.А., Старков Г.В. Волокнистая структура слабых односторонних дуг полярных сияний // Геомагнетизм и аэрномия. – 1962. – Т.2. – С.71-73. 16. Наука на Шпицбергене. История российских исследований / под ред. В.Т. Калиникова. – СПб.: Гамас, 2009. 17. Поляков С.В. Тезисы докладов симпозиума КАПГ по солнечно-земной физике. Ч.3. – Тбилиси, 1976. – С.72-73. 18. Старков Г.В., Фельдштейн Я.И. Схема элементарного возмущения в полярных сияниях на дневной стороне Земли // Геомагнетизм и аэрномия. – 1967. – Т.7 – С. 367-369. 19. Первые наблюдения резонансных структур в спектрах электромагнитного шума в герцовом диапазоне на широтах полярной шапки / Н.В.Семенова, А.Г.Яхнин, А.Н.Васильев, С.П.Носков, А.И.Воронин // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып.5. – Апатиты, 2005. – С.120-131. 20. Результаты наблюдений спектральных резонансных структур в высокоширотной обсерватории «Баренцбург» / Н.В.Семенова, А.Г.Яхнин, А.Н.Васильев и О.Амм // Геомагнетизм и аэрномия. – 2008. – Т.1. – С.40-48. 21. Особенности частотной зависимости горизонтальных компонент магнитного поля в ультра- и сверхнизкочастотном диапазоне / Е.Д.Терещенко, А.Е.Сидоренко, В.Ф.Григорьев, А.Н.Васильев, Л.А.Собчаков, А.В.Васильев // Письма в Журнал технической физики. – 2005. – Вып.31. – С.30-33. 22. Влияние ионосферы на возбуждение КНЧ-волн в переходной зоне / Е.Д.Терещенко, В.Ф.Григорьев, А.Е.Сидоренко, А.Н.Миличенко, Л.А.Собчаков // Инновационные электромагнитные методы геофизики: тез. Первой Международной Нобелевской научной конференции, г.Салехард, 5-8 июля 2007 г. – С.14. 23. О возможности квазивертикального радиозондирования ионосферы в крайне низкочастотном диапазоне / Е.Д.Терещенко, В.Ф.Григорьев, А.Е.Сидоренко, А.Н.Миличенко, А.В.Мольков, Л.А.Собчаков, А.В.Васильев // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2007. – Вып.85. – С.471-473. 24. Влияние ионосферы на электромагнитные волны от наземного излучателя в диапазоне частот 1-10 Гц / Е.Д.Терещенко, В.Ф.Григорьев, А.Е.Сидоренко, А.Н.Миличенко, Л.А.Собчаков, А.В.Васильев // Геомагнетизм и аэрномия. – 2007. – Вып.47. – С.1-2. 25. Фельдштейн Я.И. Некоторые вопросы морфологии полярных сияний и геомагнитных возмущений в высоких широтах // Геомагнетизм и аэрномия. – 1963. – Т.3. – С.227-239. 26. Хорошева О.В. Пространственно-временное распределение полярных сияний. – М.: Наука, 1967. 27. Худукон Б.З., Евстафьев О.В., Мельниченко Ю.А. Автоматизированный мобильный комплекс диагностики неоднородной структуры ионосферы с использованием сигналов навигационных ИСЗ // Приборы и методика геофизического эксперимента: сб. науч. трудов ПГИ КНЦ РАН. – Мурманск, 1997. – С.73-76. 28. Чемберлен Дж. Физика полярных сияний и излучения атмосферы. – М.: ИЛ, 1963. 29. Chernouss S.A., Starkov G.V., Evlashin L.S. Ann. Geophys., 2005. – V.23. – P.1523-1531. 30. Davis T.N. Space Sci. Rev., 1978. – V.22(1). – P.77-113. 31. Deehr C.S., Egeland A. Ann. Geophys., 1972. – V.28. – P.415-425. 32. Feldstein Ya.I., Starkov G.V. Planet. Space Sci., 1967. – V.15(2). – P.209-229. 33. Glassmeier K.-H., Honish M., Untied J. J. Geophys. Res., 1989. – V.94. – P.2520-2528. 34. Kornilova T.A., Chernouss S.A., Pudovkin M.I. Proc. of 10th Annual Meeting on Upper Atmospheric Studies by Optical Methods. Grass, France. – 1982. – P.198-206. 35. Kunitsyn V., Tereshchenko E. Ionospheric Tomography. Springer-Verlag. 2003. 36. Leontyev S.V., Starkov G.V., Vorobyev V.G., Zverev V.L., Feldstein Ya.I. Planet. Space Sci. – 1992. –V.40. – P.621-629. 37. Miroshnichenko L.I., Klein K.-L., Trottet G., Lantos P., Vashenyuk E.V., Balabin Yu.V., Gvozdevsky B.B. J. Geophys. Res. – 2005. – 110:A09S08, doi:10.292004JA010936. 38. Perez-Peraza J. A., Vashenyuk E.V., Gallegos-Cruz A., Balabin Y.V., Miroshnichenko L.I. Adv. Space Res. – 2008. –V.41. – P.947-954. 39. Sandholt P.E., Carlson H.C., Egeland Alv. Dayside and Polar Cap Aurora. Kluwer academic publishers, Dordrecht/Boston/London. 2002. 40. Semenova N.V., Yahnin A.G. Annales Geophysicae. – 2008. – V.26. – P.2245-2251. 41. Sibeck D.G., Korotova G.I. J. Geophys. Res., 1996. – V.101: 1. – P.3413-3428. 42. Stormer C. The Polar Aurora. Clarendon Press, Oxford. – 1955. 43. Sykora J. Memoires de L'Academie Imperiale des Sciences de St.-Petersbourg, 1903. – N 14(5). – P.1-50. 44. Tereshchenko E.D., Yurik R.Yu., Yeoman T.K., Robinson T.R. VII International Suzdal URSI Symposium «Modification of Ionosphere by Powerful Radio Waves», Moscow, 16-18 October 2007. – Book of Abstracts. – 2007. – P.42. 45. Thid? B., Kopka H., Stubbe P. Phys. Rev. Lett., 1982. – V.49. – P.1561-1564. 46. Vashenyuk E.V., Balabin Yu.V., Perez-Peraza J., Gallegos-Cruz A., Miroshnichenko L.I. Adv. Space Res. – 2006. – V.38. – P.411-417. 47. Vorobjev V.G., Yagodkina O.I., Zverev V.L. J. Geophys. Res., 1999b. – N 104. – P.4595-4608. 48. Yevlashin L.S. Ann. Geophys., 1968. – N 24(2). – P.527-530.

## РАЗРАБОТКА ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ГЕОЛОГО-ПЕТРОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ПОИСКОВ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ – ИННОВАЦИОННЫЙ ВКЛАД В СОВРЕМЕННУЮ СТРАТЕГИЮ ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ

Ф.П. Митрофанов, академик РАН  
Геологический институт КНЦ РАН

### Аннотация

Рассмотрены проблемы развития и рационального планирования поисков месторождений нетрадиционного для Кольского п-ова платинометалльного сырья. Показано, что наиболее крупные, высококачественные и рентабельные запасы элементов платиновой группы сосредоточены только в нескольких крупнейших геологических объектах (Бушвельд – ЮАР, Великая дайка – Зимбабве, Стиллутер – США и Норильские месторождения – Россия). Промышленные возможности этих сырьевых регионов близки к предельным и не могут обеспечить рост мировых потребностей в этом важнейшем для промышленности виде сырья. Сотрудниками Геологического института Кольского научного центра РАН разработана и предложена к реализации на практике методика новых геолого-петрологических и изотопно-геохимических критериев идентификации интраплитных плюмовых мантийных магматических и рудообразующих процессов раннего протерозоя региона.

### Ключевые слова:

*Фенноскандинавский щит, Кольский п-ов, платина, палладий, никель, кобальт, медь, хром, основные-ультраосновные массивы, поиск, прогноз.*

### Abstract

The problems of development and rational planning of prospecting for deposits of PGE raw materials (the latter being non-traditional for the Kola Peninsula) are dealt with. The biggest and most profitable PGE-resources of high quality is shown to be concentrated in several greatest geological objects only (the Bushwald - South African Republic, the Great Dyke – Zimbabwe, the Stillwater – USA and the Norilsk deposits – Russia). Industrial potential of these recourse regions is at the edge of exhaustion and unable to provide the growth of the world's need for this industrially vital raw material. Researchers from the Geological Institute of the Kola Science Centre RAS have elaborated to suggest putting into practice methods of new geological-petrological and isotopic-geochemical criteria of identifying intraplate plume mantle magmatic and ore-forming processes of the early Proterozoic in the region.

### Keywords:

*Fennoscandinavian Shield, Kola Peninsula, platinum, palladium, nickel, cobalt, copper, chromium, basic-ultrabasic massifs, exploring, prospecting*



Общезвестно, что человечество потребляет важнейшие стратегические полезные ископаемые, такие как элементы платиновой группы (PGE), никель, кобальт и многие другие, опережающими их воспроизводство темпами. Основными причинами этого являются не только закономерное увеличение спроса со стороны традиционных индустриальных держав (США и Европа), но и, в первую очередь, агрессивный и сверхбыстрый рост промышленного потенциала и рынков крупнейших стран Азии и Латинской Америки (Китай, Индия, Бразилия).

Вместе с тем, в мировой динамике развития горной промышленности в последние годы проявляются негативные тенденции: инертность в цикле «поиск – промышленное освоение», несбалансированность и конъюнктурность опережающих геологоразведочных работ, а также истощение гигантских месторождений, дающих сегодня львиную долю полезных ископаемых. Например, наиболее крупные, высококачественные и рентабельные запасы PGE сосредоточены только в нескольких крупнейших геологических объектах (Бушвельд – ЮАР, Великая дайка – Зимбабве, Стиллутер – США и Норильские месторождения – Россия). Промышленные возможности этих сырьевых регионов близки к предельным и не могут обеспечить рост мировых потребностей в этом важнейшем для промышленности виде сырья, так как ожидается, что общемировое потребление PGE вырастет с 400 т/год в начале XXI в. до 700-750 т/год к 2015 г.

Исходя из этого, возникает проблема обеспечения человечества и его возрастающих потребностей первичными природными ресурсами при минимизации вредного воздействия на окружающую среду. Ее решение требует поиска баланса между парадоксальными и диаметрально противоположными концепциями и подходами. С одной стороны, индустриальная эпоха породила множество экологических проблем, особенно, в промышленно развитых регионах, а с другой – существование любого современного жителя развитого государства и его привычный набор «удобств и благ» требует все большего количества природных ресурсов. Более того, для решения уже имеющихся проблем (загрязненные территории, складированные ядовитые и

токсичные отходы и т.п.) требуется многократное увеличение производства первичных металлов и материалов, таких как платина, палладий, никель, природные сорбенты, реагенты.

Выход из сложившейся ситуации может быть связан со своевременной подготовкой и рациональным освоением альтернативных сырьевых источников и регионов. Таким перспективным районом является Фенноскандинавский щит. Учитывая факт нахождения большей его части под юрисдикцией экологических законодательств Евросоюза и России, процесс геологических поисков и разведки в этом регионе должен отвечать самым передовым стандартам в области охраны окружающей среды, а значит быть наукоемким и наиболее передовым по применяемым методике и технике (рис.1).

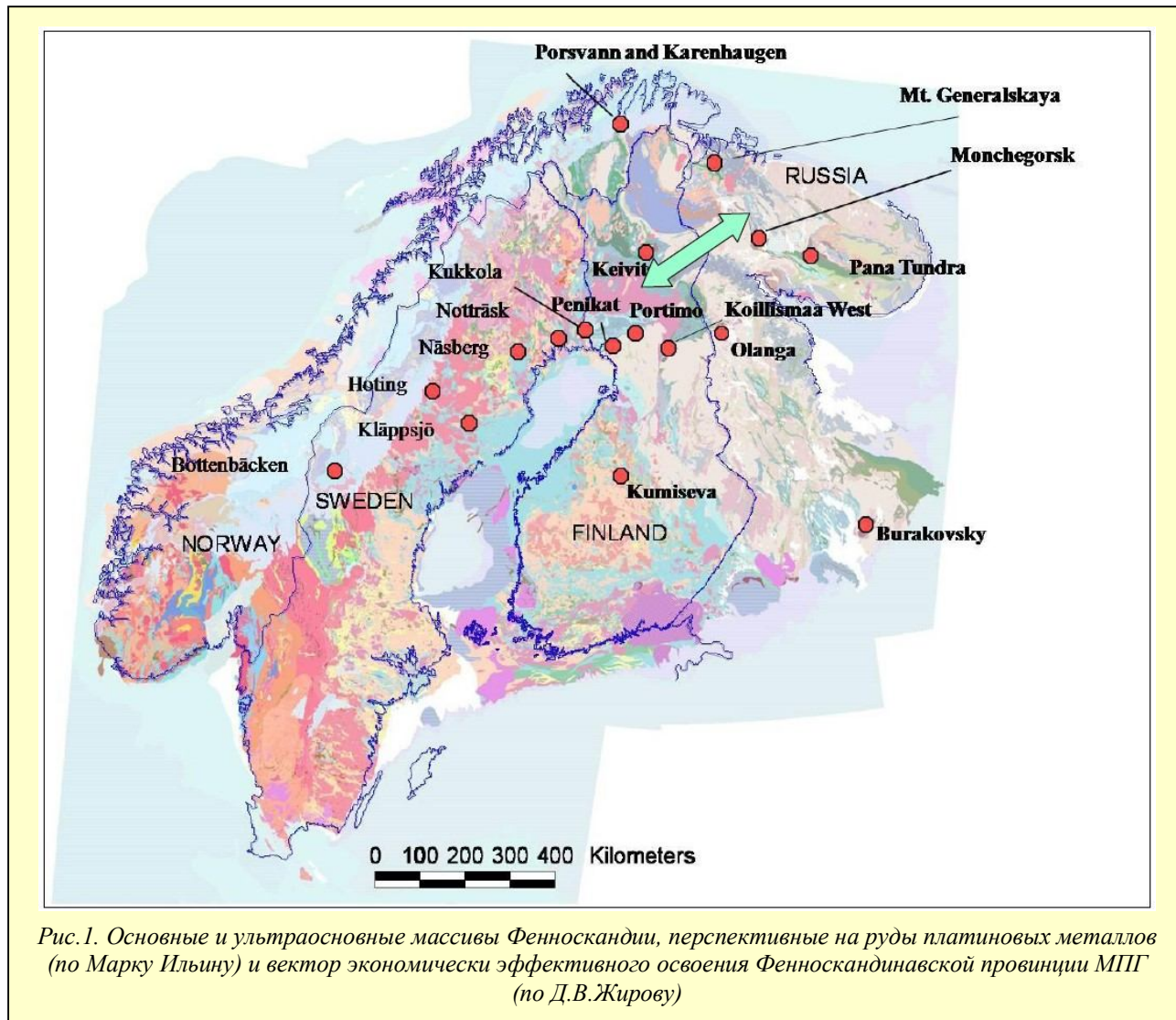


Рис.1. Основные и ультраосновные массивы Фенноскандии, перспективные на руды платиновых металлов (по Марку Ильину) и вектор экономически эффективного освоения Фенноскандинавской провинции МПГ (по Д.В.Жирову)

Поэтому экстенсивный подход к разведке недр, господствовавший на протяжении XX в. и основывавшийся на массовом опосковании и опробовании всех однотипных или схожих объектов с применением тяжелой буровой и горной техники, должен смениться интенсивным и рациональным, тщательно обоснованным с точки зрения экономических и экологических последствий.

Первостепенной задачей ближайшего будущего в области геологического изучения недр и рационального природопользования является разработка новых методик прогноза и поисков стратегических видов полезных ископаемых, основанных на прецизионных лабораторных исследованиях и анализе «тонких» изотопно-геохимических и петрологических индикаторов металлогенической специализации.

Коллектив сотрудников Геологического института КНИЦ РАН, решая эти задачи, разработал и внедрил в практику новые геолого-петрологические и изотопно-геохимические критерии идентификации интраплитных плюмовых мантийных магматических и рудообразующих процессов раннего протерозоя региона, исходя из того, что в северо-восточной части щита установлена огромная (от 2500 до 1900 млн лет назад) продолжительность их развития и прогрессирующее углубление мантийных источников (в том числе с изменением легко определяемых значений  $\epsilon Nd$  от малых отрицательных до положительных), что определяет важную металлогеническую специализацию эпохи 2.5-2.4 млрд лет назад, в основном, на Pt-Pd, а эпохи 2.2-1.9 млрд лет назад – на Cu-Ni руды.

В отличие от традиционно используемых во всем мире критериев прогноза и поисковых признаков оруденения, базирующихся на категории «промышленный и/или геолого-генетический тип месторождения», предлагаемые методология и инструментарий строятся с учетом того, что результаты проявления стереотипных геологических процессов – от зарождения магмы до ее внедрения и кристаллизации – в близких и схожих условиях не всегда конвергентны. Иначе говоря, массивы сходного основного-ультраосновного состава, находящиеся территориально близко друг от друга, имеющие похожие черты геологического строения и вещественного состава пород, могут нести различную рудную минерализацию или вообще оказаться безрудными. К числу основных факторов, влияющих на конечный результат, относятся: глубина и характер магматического источника, последовательность, длительность и направленность кристаллизации минералов, определяющие концентрацию и форму нахождения полезных компонентов, геохронологический («абсолютный») возраст и длительность формирования пород, что определяется по соотношению ряда маркирующих изотопов (U-Pb, Rb-Sr, Sm-Nd и др.); изменчивость во времени и пространстве металлогении магматических и гидротермальных процессов, обусловленной как закономерным фракционированием и обеднением/обогащением исходных компонентов в результате кристаллизации и/или контаминации магмы, так и эволюцией и цикличностью «открытия/закрытия» системы по отношению к мантийным источникам.

Для решения поставленных научных задач в Геологическом институте КНЦ РАН сформировано несколько тематических лабораторий и творческих групп исследователей, в том числе Кольский Центр коллективного пользования прецизионных изотопно-геохимических исследований, позволяющий выполнить полный цикл изотопно-геохимических исследований от пробоподготовки, выделения и селективной сепарации тонкозернистых минералов и их морфогенетических типов до сверхчистого химического разложения акцессорных минералов и анализа как традиционных изотопных систем (U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr He и Ar), так и новых, в том числе включающих элементы, характеризующиеся низкими кларками (например, изотопы металлов платиновой группы). Полученные результаты изотопно-геохимических, структурных и петрологических исследований позволяют на самых ранних стадиях геологических работ дать заключение о возможной металлогенической специализации массива и его перспективности или бесперспективности. Применение таких геологических инструментов (системы тонких индикаторов – критериев платиноносности расслоенных массивов и составных частей их строения) позволяет существенно сократить финансовые затраты и время на проведение поисковых и геологоразведочных работ, ограничить (отфильтровать) круг перспективных на геологическое изучение объектов и уменьшить объем работ с использованием тяжелой буровой и горной техники, которая негативно влияет на окружающую среду (подъездные дороги, загрязнение вод и т.п.). Это особенно важно для Мурманской обл. РФ и северной части Республики Карелия, которые расположены в Циркумполярной зоне Европейской Арктики с очень хрупкими и ранимыми экосистемами.

Для оценки обоснованности ожидаемых результатов следует учитывать, что в Кольской провинции Фенноскандинавского щита как плюмовые сейчас наиболее подробно охарактеризованы рифтогенные расслоенные базитовые интрузивы раннепротерозойского этапа (2.5-2.4 млрд лет назад) и палеозойские (0.46-0.36 млрд лет назад) разнообразные щелочные породы с карбонатами и кимберлитами с известными соответствующими им месторождениями и рудопоявлениями. Система «тонких» меток и маркеров металлогенической специализации строится на базе комплекса новых прецизионных лабораторных методов. Запущен в эксплуатацию новый газовый масс-спектрометр МИ-1201-ИГ, новый комплекс импортного оборудования для суперчистой изотопной химической лаборатории, минералого-сепарационное оборудование, что позволяет увеличить количество и улучшить качество твердофазных и газовых изотопных исследований, проводить анализ веществ на новых минералах и комплексом разных изотопных методов. На МИ-1201-ИГ уже проведено более 160 измерений, в том числе несколько стандартов холостого загрязнения. Важные фундаментальные данные и знания получены по результатам измерений изотопных отношений гелия ( $^3\text{He}/^4\text{He}$ ) из пород коллекций разных регионов мира и Фенноскандинавского щита.

На трех твердофазных масс-спектрометрах, включая новый импортный Finnigan-MAT-262, выполнено 550 U-Pb единичных измерений, 650 – Sm-Nd, 180 – Rb-Sr, что позволило для разных геологических объектов Кольского региона и Карелии определить конкордантные и изохронные возраста и изотопно-геохимические характеристики. Некоторые из них с различной степенью детальности изучены (например, Федорово-Панский массив, Мончеплутон), но остальные в настоящее время не исследованы. К очередным задачам исследований относится построение системы (банка данных) критериев и индикаторов металлогенической специализации для основных-ультраосновных массивов региона, полученных на основе изучения уже известных Pt-Pd и Cu-Ni месторождений.

Таким образом, формируется комплексная база знаний и данных по петрологическим, геолого-структурным, изотопно-геохимическим и минералогическим характеристикам этих объектов и их закономерным и обусловленным связям. Создание такой базы по изученным и известным месторождениям и интрузивам, а также ее пополнение по результатам исследования новых объектов, даст необходимые предпосылки для дальнейшего системного и рационального геологического изучения и освоения недр Кольского региона.

Проводимые работы направлены на комплексирование лабораторных методов, а также петрологических и геолого-геофизических исследований с целью увеличения количества, системности, точности, детальности и

избирательности критериев и признаков металлогенической специализации и рудного потенциала массивов основных-ультраосновных пород северо-востока Фенноскандинавского щита (его Российской части).

Это позволит, используя малообъемное экологически безопасное (штуфное) опробование, определять металлогеническую специализацию массивов и генерировать обоснованный вывод о его перспективах на промышленное оруденение. Тем самым достигается эффективность, рациональность и минимизация экологического ущерба при планировании и реализации геологического изучения недр и воспроизводстве минерально-сырьевой базы стратегических видов полезных ископаемых.

Для получения указанных результатов необходимо учитывать следующие положения:

- изотопно-хронометрический («абсолютный») возраст пород массивов, перспективных на хромитовые, или платина-родий-палладиевые, или медь-никелевые руды должен находиться в интервале 2530-1980 млн лет;
- должна соблюдаться длительность (не менее 50 млн лет) и многофазность формирования расслоенных базитовых массивов;
- необходимо определение в породах мантийных изотопно-геохимических меток –  $\epsilon\text{Nd}(T)$ ,  $\text{Sr}87/\text{Sr}86$ ,  $3\text{He}/4\text{He}$ .

На базе доработки и апробации методики «разбраковки» базит-гипербазитовых массивов будут получены новые представления о генезисе известных разрабатываемых рудных месторождений, связанных с ними и сделан прогноз новых рудоносных объектов, а также дана общая и конкретная оценка рудоносности рифтогенных структур региона и его магматических комплексов.

Предлагаемая методика и особенности ее применения являются совершенно новыми, в мире не имеется подобных, но она уже апробирована в научных комиссиях северных регионов ЕС и активно используется сейчас в программах INTERREG/TASIS. Геологический институт КНЦ РАН имеет существенный научный задел, его сотрудниками получен ряд положительных результатов, подтверждающих правильность и эффективность подходов и фундаментальных выводов, лежащих в основе разрабатываемой методики.

Многолетний опыт и результаты экспериментальных и теоретических исследований тематических лабораторий и групп Геологического института КНЦ РАН во главе с акад. РАН Ф.П.Митрофановым [1, 3-5] позволили разработать и на нескольких опорных объектах апробировать ряд следующих возможных индикаторных признаков плюмового магматизма:

- 1) посторогенное (анорогенное) внутриплитное положение массивов магматических пород и структурная сопряженность их с рифтогенными образованиями;
- 2) площадной ареал распространения формационно-одинаковых магматических пород («горячее поле»), структурно-автономного (дисгармоничного) по отношению к складчато-покровной архитектуре региона;
- 3) огромная длительность (до сотни млн лет) функционирования глубинных магматических источников;
- 4) многофазное и длительное формирование магматических тел, в том числе расслоенных;
- 5) мантийные геохимические и изотопно-геохимические метки в базитовых и щелочных породах широкого петрографического состава, обогащенность глубинными восстановительными флюидами с соединениями C, S, F, Cl, H и высоким  $3\text{He}/4\text{He}$ .

На уже выявленных месторождениях установлено: богатые Cr месторождения связаны с самыми ультраосновными породами ряда (дунитами), имеющими возраст более 2500 млн лет и  $\epsilon\text{Nd}(T)$  положительный, а относительно бедные Cr руды связаны с расслоенными базитовыми массивами возраста 2450 млн лет; Pt-Rh-Pd месторождения малосульфидного типа находятся в многофазных и расслоенных (с «рифами») базит-анортозитовых массивах, часто в их пегматоидных участках, кристаллизующихся в интервале 2530-2470 млн лет назад с  $\epsilon\text{Nd}(T = 2510-2470) = -1-3$ , что свидетельствует о литофильности мантийного источника; Cu-Ni месторождения печенгского типа с попутной Pt-минерализацией имеют возраст вмещающих базитов 1980 млн лет и положительный  $\epsilon\text{Nd}(T)$ .

В Кольской платиноносной провинции завершено изучение и на отдельных месторождениях Федорово-Панского массива подсчитаны промышленные запасы стратегически важных руд. Их благоприятные физико-химические свойства позволили разработать флотационную технологию получения на оборотной воде сульфидных концентратов с содержанием 6-7% меди, 4-5% никеля, 130-180 г/т (Pt, Pd, Rh, Au) при извлечении 85.5, 70 и 77% соответственно.

Результаты исследований находят применение в планах поисковых работ Федеральной и Территориальной целевых программ «Геологического изучения недр и воспроизводства МСБ на 2006-2012 гг.».

Кольский п-ов сейчас включен в список приоритетных регионов России для поисково-оценочных работ на металлы платиновой группы, никель и хром. Рекомендации ГИ КНЦ РАН положены в основу выявления и разведки новых промышленно-значимых рудных объектов в Кольском регионе, что определяет повышенный интерес к минерально-сырьевой базе региона с приобретением лицензий рядом отечественных и зарубежных компаний («Норильскникель», «Баррик Голд Корпорейшн», «Броккен Хилл Проприетери», «Бэма» и др.). Теоретические и практические разработки предлагаемой методики соответствуют задачам, поставленным приоритетными фундаментальными целевыми программами Президиума и Отделения наук о Земле РАН (ОНЗ РАН).

Разработки и открытия Геологического института КНЦ РАН стали базой для рекомендаций в программе геологического изучения и подготовки минерально-сырьевой базы платиновых металлов в Кольском регионе.



За прошедшие 5-7 лет в Мурманской обл. и сопредельных территориях было открыто множество перспективных проявлений и месторождений МПГ, в том числе мирового класса.

Особое место в этом ряду занимает месторождение Федоровой тундры. Одним из крупнейших проектов, который рассматривался на Мурманском международном экономическом форуме 2009 г., было строительство на базе этого месторождения горно-обогачительного комбината, который будет производить около 16 млн т руды в год. Это предприятие сможет принять около 700 работников, а общая сумма, которая будет затрачена на реализацию проекта, – 1.45 млрд долларов.

Критерии, разработанные Геологическим институтом, дают возможность на всех стадиях геологических работ рационально планировать и правильно ориентировать их направления, оптимизировать объемы буровых и горных работ, прогнозировать перспективные на палладиево-платиновое оруденение объекты, локализовать в их пределах участки и структуры и оконтуривать рудные тела.

Применение предлагаемых критериев поисковых индикаторов позволяет Агентству по недропользованию Мурманской обл. при составлении перспективных планов работ акцентировать проведение современных видов поисковых и разведочных работ на наиболее перспективных рудных объектах с целью расширения минерально-сырьевой базы Кольского региона и всей России.

Важность рассматриваемых проблем и рекомендуемых решений подтверждается активным интересом к ним иностранных специалистов, что выражено, в частности, в проекте международного сотрудничества KOLARCTIC INTERREG III A North – TACIS №КА-0197 «Стратегические минеральные ресурсы – основа устойчивого развития Севера» (Россия-Финляндия-Швеция), в котором участвуют специалисты Геологического института КНЦ РАН. Проект направлен на интеграцию ресурсов, опыта, знания и технологических (лабораторных) возможностей ведущих научных, образовательных и производственных геологических организаций Лапландии (Финляндии, Швеции и России).

Одним из важнейших направлений стратегии России в условиях обесценивания мировых валют наши специалисты [2] считают формирование государственных резервов высоколиквидных валютных металлов, к которым относят палладий. Предлагается создание инвестиционного проекта для месторождений Фенноскандинавии. Большинство МПГ-месторождений этого региона находятся в трансграничных геологических структурах, и поэтому их освоение следует вести «кустовым» способом, который позволит оптимизировать капиталоемкость инвестиций, обосновать экономическую эффективность и окупаемость производства, обеспечить долгосрочное социально-экономическое развитие северных регионов и снизить общее негативное воздействие на окружающую среду в регионе в целом и в его локальных участках в частности.

**За открытие и изучение Кольской платинометалльной провинции  
(второй по запасам в Российской Федерации)  
академик РАН Ф.П.Митрофанов и к.г.-м.н. А.У.Корчакин в конце 2009 года  
удостоены премии РАН им. акад. С.С.Смирнова.**

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баянова Т.Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. – СПб.: Наука, 2004. – 174 с. 2. Жиров Д.В. Мировые ресурсы и производство МПГ: проблемы и тенденции. Потенциал Скандинавии и возможности трансграничного сотрудничества в условиях мирового кризиса // Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера. Проект ИНТЕРРЕГ-ТАСИС. Вып.2. – Апатиты, 2009. – С.33-45. 3. Митрофанов Ф.П. Поисковые индикаторы новых промышленных месторождений родий-платиново-палладиевых, кобальт-медно-никелевых и хромовых руд на Кольском полуострове // Отечественная геология. – 2006. – № 4. – С.3-9. 4. Митрофанов Ф.П., Яковлев Ю.Н., Дистлер В.В. Кольский регион – новая платинометалльная провинция // Геология и генезис месторождений платиновых металлов. – М.: Наука, 1994. – С.65-79. 5. Митрофанов Ф.П., Балаганский В.В., Балашов Ю.А. и др. U-Pb возраст габбро-анортозитов Кольского полуострова // ДАН. – 1993. – Т.331, № 1. – С.95-98.

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ КНЦ РАН: ИЗ ВЕКА В ВЕК

Ю.Л. Войтеховский, д.г.-м.н.; Ю.Н. Нерадовский, к.г.-м.н.; В.А. Припачкин, к.г.-м.н.  
Геологический институт КНЦ РАН

### Аннотация

Изложены сведения об образовании и становлении Геологического института Кольского научного центра РАН как одного из ведущих академических подразделений геологического профиля на Кольском Севере. Показаны достижения научного коллектива в области открытия крупных месторождений полезных ископаемых, изучения глубинного строения региона, петрологических, минералогических, геофизических и геохимических исследований, базировавшихся на идеях и разработках академиков А.Е. Ферсмана, А.В. Сидоренко, Д.С.Белянкина и других крупных ученых-геологов, в разное время работавших в Геологическом институте. Определены приоритетные задачи исследований в последние годы.

### Ключевые слова:

*Кольский п-ов, геология, геохимия, геохронология, минералогия, петрология, минералогия, геофизика, месторождения, глубинное строение, нетрадиционные полезные ископаемые, поисковые критерии.*

### Abstract

The review on the creation and development of the Geological Institute of the Kola Science Centre RAS as one of the key academic geological departments on the Kola North is given. Achievement of the scientific staff in discovering of major mineral deposits, studying of deep structure of the region, providing petrological, mineralogical, geophysical and geochemical analyses is shown. The latter are based on ideas and elaborations of academicians A.E. Fersman, A.V. Sidorenko, D.S. Belyankin and other outstanding geologists worked at the Institute during various periods of time. The prior aims of the Institute are defined.

### Keywords:

*Kola Peninsula, geology, geochemistry, geochronology, mineralogy, petrology, mineralogy, geophysics, deposits, deep structure, untraditional minerals, prospecting criteria.*



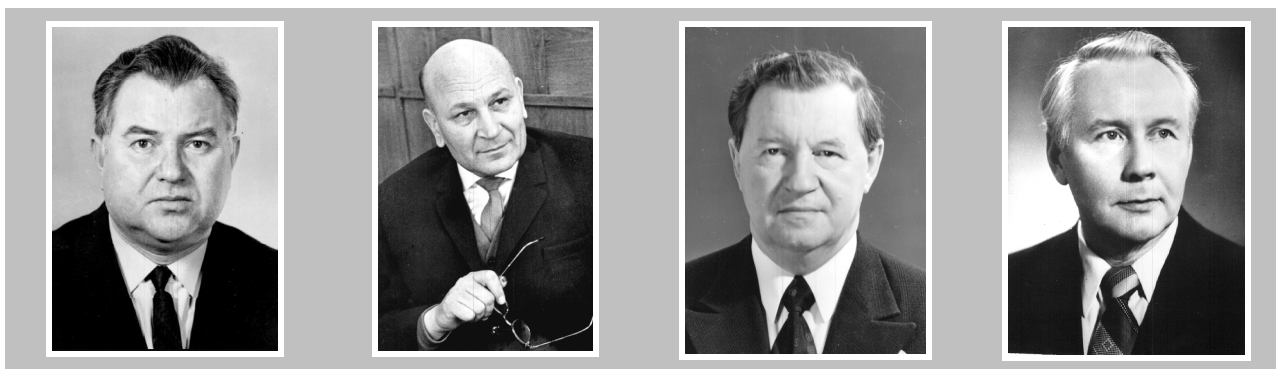
Геологический институт КНЦ РАН (ГИ КНЦ РАН) входит в число крупнейших институтов. Образованный в 1951 г., он стал первым научно-исследовательским институтом в составе Кольского филиала АН СССР. История Геологического института неразрывно связана со становлением в Хибинских горах Кольской базы АН СССР, у истоков организации которой в 1930 г. стоял выдающийся ученый акад. А.Е.Ферсман.

В 1935 году в составе Кольской базы был образован Геологический отдел. Ранний период развития геологических исследований Кольского п-ова связан с именами крупных отечественных ученых, работавших непосредственно в составе Кольской базы: С.М.Курбатовым, Н.А.Елисеевым, Б.М.Куплетским, О.А.Воробьевой, И.Д.Борнеман, А.А.Чумаковым, Б.И.Коганом, Н.Д.Соболевым, И.Д.Батиевой, Д.Д.Мирской и др. Значительным итогом работ в период деятельности Кольской базы АН СССР стало открытие месторождений кианита в Кейвах, редкометалльных руд в Ловозерских тундрах, титаномагнетита в Африкандском массиве, железных руд в районе Ковдора и ст.Оленья.

Распоряжением № 23506-р от 8 декабря 1951 г. Совет Министров СССР разрешил Президиуму АН СССР «организовать в Кольском филиале АН СССР Геологический институт на базе геологических секторов филиала и обязал принять меры к укреплению Кольского филиала научными кадрами, оборудованием и средствами для проведения экспедиционных исследований». Соответствующее распоряжение Президиума АН СССР № 2327 было подписано уже 22 декабря 1951 г. Геологический институт был создан на основе существовавших к тому времени секторов Геологии и петрографии (рук. Е.К.Козлов) и Минералогии и геохимии (рук. И.В.Бельков). Кроме того, в состав ГИ КНЦ РАН были включены Химико-технологический сектор, Химико-аналитическая лаборатория, шлифовальная мастерская и новый Горнорудный сектор. Первый штат ГИ КНЦ РАН состоял из 57 человек, первым директором был назначен Е.К.Козлов (1918-1974). Главной целью исследований ГИ КНЦ РАН было всестороннее комплексное изучение геологического, геофизического и геохимического строения региона, разработка теоретических закономерностей размещения полезных ископаемых, научное обоснование их поисков и рационального использования.

Большое внимание и постоянную поддержку Геологическому институту оказывал председатель Президиума КФАН акад. А.В.Сидоренко (1917-1984), который с 1955 по 1959 гг. был также его директором. Под его влиянием формировался состав и многие научные направления. Институт пополнился новыми

талантливыми учеными: А.И.Морозовым, Т.Н.Ивановой, И.В.Гинзбург, Б.А.Юдиным, М.Д.Дорфманом, А.Ф.Соседко, которые внесли большой вклад в исследование Кольского п-ова.



Е.К.Козлов, д.г.-м.н.

А.В.Сидоренко, акад.

И.В.Бельков, д.г.-м.н.

Г.И.Горбунов, чл.-корр.

Продолжая петрографо-минералогическое и геохимическое направления исследований, заложенные акад. А.Е.Ферсманом и другими создателями Кольской базы в 1930-е годы, ГИ КНЦ РАН стал активно развивать новые направления исследований под влиянием идей А.В.Сидоренко: комплексное изучение осадочной геологии докембрия, истории формирования рельефа Кольского п-ова и континентальных образований фанерозоя, изучение геохимии природных газов, геофизическое изучение глубинного строения региона и др. В сферу исследований ГИ КНЦ РАН вовлекаются новые объекты полуострова: Ковдор, Имандра-Варзуга, Колмозеро-Воронья и др. В исследования включаются новые талантливые ученые: М.К.Граве, А.Д.Арманд, А.А.Никонов, А.П.Афанасьев, И.А.Петерсилье, Г.Д.Панасенко, А.С.Сахаров, И.В.Буссен, Н.А.Корнилов, Г.А.Кавардин, В.Г.Загородный, В.А.Токарев, Э.Н.Елисеев, М.С.Точилин. Расширению научных исследований способствовало совершенствование аналитической базы ГИ КНЦ РАН, в развитие которой вложили значительный вклад Н.А.Елина и Р.А.Кравченко-Бережной.

К 1961 году Геологический институт превратился в крупное региональное подразделение Академии наук, имеющее в своем составе 9 лабораторий и ряд вспомогательных подразделений. В 1961-1986 гг. ГИ КНЦ РАН возглавлял д.г.-м.н. И.В.Бельков (1917-1989). За это время его штат вырос до 410 человек, а число лабораторий – до 13. Ученые перешли от методических разработок к внедрению в практику геологоразведочных работ, прогнозных оценок и критериев поисков месторождений, углубленному анализу комплексного использования сырья и крупным обобщениям. В ГИ КНЦ РАН создаются новые лаборатории: геологии рудных месторождений, геохронологии и геохимии изотопов, региональной геофизики, экспериментальной петрографии, гидрогеологии и гидрогеохимии, геохимии.

В это время Геологический институт принимает участие в крупных фундаментальных научных проектах, связанных с исследованием глубинного строения Земли: сверхглубоком бурении земной коры, проекте «Хибины» (МГД-генератор) с целью изучения электронной проводимости пород, определении сейсмической опасности, изучении физических свойств коры и мантии, в том числе с помощью промышленных взрывов, и др. В ГИ КНЦ РАН постоянно совершенствуется аналитическая база, он занимает лидирующее положение в развитии и внедрении целого ряда методов анализа вещества: атомно-абсорбционного, физико-химического, рентгено-спектрального и спектрального, «мокрой» химии и др. Благодаря поддержке акад. А.В.Сидоренко, который долгие годы был министром геологии СССР, а потом – вице-президентом АН СССР, здесь впервые освоен лазерный микроанализ минералов, что позволило проникнуть в мир микрочастиц.

Ведущая линия научно-прикладных исследований базировалась на научно обоснованных поисковых критериях различных видов минерального сырья Мурманской обл. По всем видам полезных ископаемых работали научные группы, которые вели целенаправленные исследования с производственными организациями: Мурманской ГРЭ, СЗТГУ, «Апатитом», «Североникелем», «Печенганикелем», Оленегорским и Ковдорским ГОКаами и др. Проводился оперативный контроль за обрабатываемыми месторождениями.

Благодаря усилиям большого числа ученых и геологов-разведчиков Мурманская обл. превратилась в крупную и хорошо изученную сырьевую базу для черной и цветной металлургии, химической, редкометалльной, слюдяной и керамической промышленности, а в фондах ГИ КНЦ РАН была собрана уникальная информация о геологии месторождений Кольского п-ова. В ГИ КНЦ РАН сложилось несколько научных школ по основным направлениям геологической науки.

Большое влияние на развитие Геологического института оказал чл.-корр. Г.И.Горбунов, который с 1949 г. работал на Кольской базе АН СССР ученым секретарем, затем – заместителем председателя Президиума, а с 1971 по 1985 гг. – председателем Президиума КФАН. Он вложил много сил в строительство главного корпуса Геологического института, был инициатором заложения СГ-3 в Печенгском районе, осуществлял координацию строительства МГД-генератора на п-ове Рыбачем и обеспечил участие ГИ КНЦ РАН в изучении керна СГ-3 и эксперименте «Хибины». В 1964 году Г.И.Горбунов организовал в ГИ КНЦ РАН Лабораторию геологии

рудных месторождений. Наиболее сильное развитие в этот период получили исследования медно-никелевых месторождений региона.

Крупные теоретические разработки были сделаны в петролого-минералогическом и геохимическом направлениях, связанных с изучением вещественного состава и свойств горных пород, руд и минералов прежде всего апатитовых месторождений. Усилиями А.Е.Ферсмана, его сподвижников и продолжателей исследований были изучены уникальные щелочные массивы (Хибины, Ловозеро, Ковдорский, Vuoriaarvi, Африканда, Себлявр) и связанные с ними апатитонепелиновые и редкометалльные месторождения. Итогом этих работ стали крупные монографии: «Петрология Хибинского щелочного массива» (А.В.Галахов), «Апатитовые месторождения Хибинских тундр» (Т.Н. Иванова), «Геология Ловозерских тундр» и «Петрология Ловозерского массива» (И.В.Буссен, А.С.Сахаров).

В ходе геологических съемок Кольского п-ова исследованы практически все комплексы пород, осмыслены петрологические связи магматизма и рудообразования, выполнены металлогенический и формационный анализы базит-гипербазитов и гранитоидов, щелочно-ультраосновных и агпаитовых щелочных пород, а также связанных с ними медно-никелевых, ильменит-титаномагнетитовых, апатитонепелиновых, редкометалльных и других месторождений. Результаты исследований отражены в работах А.А.Полканова, Н.А.Елисеева, И.С.Ожинского, Б.М.Куплетского, Д.С.Белянкина и др.

Под руководством В.Г.Загородного была разработана первая принципиальная схема стратиграфии докембрия северо-восточной части Балтийского щита на новой историко-геологической и радиогеохронологической основе. Петролого-металлогеническое изучение базит-гипербазитов в Мончегорском, Печенгском, Аллареченском и Ловноозерском районах, в Панских, Федоровых, Сальных, Чуна и Колвицких тундрах, в Кейвском, Имандра-Варзугском, Стрельнинском и других районах позволило установить их формационную принадлежность, раскрыть эволюционные связи с ними медно-никелевого и титаномагнетитового оруденения.

Геолого-петрологические и минералого-геохимические исследования гранитоидов, занимающих половину территории Кольского п-ова, привели к выявлению амазонитовых редкометалльных, слюдяных и керамических пегматитов. Одним из важнейших итогов исследований стала карта гранитоидных формаций Кольского п-ова М 1:500000 (И.Д.Батиева, И.В.Бельков, А.Н.Виноградов, В.Р.Ветрин, Г.В.Виноградова, М.И.Дубровский) и сводка «Гранитоидные формации докембрия северо-восточной части Балтийского щита».

Глубокие исследования минералогии различных месторождений Кольского п-ова обеспечили теоретическую основу промышленного освоения новых месторождений фосфора, медно-никелевых и титаномагнетитовых руд. На базе минералогических исследований в Геологическом институте, наряду с ВИМСом, зародилось и получило развитие новое научное направление – технологическая минералогия. Выполненные в русле этого направления исследования титаномагнетитовых месторождений Африканды (О.Б.Дудкин), Цагинского и Гремяха-Вырмесского массивов (Г.И.Кавардин, А.С.Осокин), Оленегорского железорудного месторождения (А.В.Барабанов), железо-apatитовых месторождений Ковдора и Vuoriaarvi (Ю.М.Кирнарский, Л.А.Стрельникова, Г.С.Курбатова и др.) создали надежную основу для разработки эффективных технологий обогащения и комплексного использования руд.

Трудами многочисленных последователей А.Е.Ферсмана создан авторитет Кольской минералогической школы, на счету которой открытие более 100 новых и изучение более 500 минеральных видов. Выпущен ряд крупных обобщающих сводок: «Минералогия Хибинских и Ловозерских тундр» (ред. А.Е.Ферсман), «Минералогия апатитовых месторождений Хибинских тундр» (О.Б.Дудкин, Л.В.Козырева, Н.Г.Померанцева), «Минералогия пегматитов и зон выветривания в ийолит-уртитях горы Юкспор Хибинского массива» (М.Д.Дорфман), «Геохимия и закономерности концентрации фосфора в щелочных массивах Кольского полуострова» (О.Б.Дудкин), «Минералогия Хибинского массива» (О.Б.Дудкин, Л.В.Козырева совместно с ИГЕМ).

Выполнены минералогические исследования медно-никелевых месторождений Мончи и Печенги, определены их типизация, генезис, закономерности локализации руд, а также технологии их обогащения. Итог работ – ряд обобщающих монографий: «Геология и рудные месторождения Мончегорского плутона» (Н.А.Елисеев, Э.Н.Елисеев, Е.К.Козлов, П.В.Лялин, В.А.Маслеников), «Геология и генезис медно-никелевых месторождений Печенги» (Г.И.Горбунов), «Минералогия медно-никелевых месторождений Кольского полуострова» (Ю.Н.Яковлев и др.), «Медно-никелевые месторождения Печенги» (Г.И.Горбунов и др.) и др.

Под руководством чл.-корр. Г.И.Горбунова методами структурного картирования, сейсмометрии, магнитотеллурического и электротондирования выполнены геолого-геофизические исследования никеленосных Печенгского, Мончегорского, Аллареченского и Ловноозерского районов. Установлены роль складчатых и разрывных нарушений в размещении рудных полей, месторождений и отдельных рудных тел, приуроченность важнейших полей к Печенгско-Варзугской структурно-фациальной зоне. Результаты опубликованы в серии монографий: «Рудные месторождения СССР», «Геология и генезис сульфидных медно-никелевых руд Печенги» (Г.И.Горбунов), «Структуры медно-никелевых рудных полей и месторождений Кольского полуострова» (Г.И.Горбунов, Ю.А.Астафьев, И.С.Бартнев, Ю.В.Гончаров, Ю.Н.Яковлев), «Медно-никелевые месторождения Балтийского щита» (Г.И.Горбунов, Х.Папунен), изданной в 1985 г. на русском и английском языках.

Важное значение для развития черной металлургии имело изучение железорудных месторождений Примандровского района. В результате многолетних исследований М.С.Точилина, П.М.Горяинова и др. установлены главные черты строения железисто-кремнистых формаций, их вещественный состав и генетические особенности. Выполнена прогнозная оценка и районирование структурных зон Кольского региона на месторождениях железных руд.

Проведено комплексное исследование крупнейших в мире кианитовых месторождений Кейв. Исследованы геологическое строение, вещественный состав пород и руд и эволюция Кейвской зоны, что способствовало решению вопросов разведки месторождений, обогащения руд и разработки технологии переработки концентратов для производства алюминиевых сплавов и огнеупоров. Важнейшие результаты отражены в монографии «Кианитовые сланцы свиты Кейв» (И.В.Бельков).

В то же время изучены основные закономерности развития регионального метаморфизма на территории Кольского п-ова. Установлены главные периоды проявления регионального метаморфизма в докембрийской истории региона. Работами В.П.Петрова, О.А.Беляева и др. выявлены основные закономерности размещения метаморфических фаций и эволюции термодинамического режима метаморфизма. Составлена серия карт фаций регионального метаморфизма. Впервые для докембрия Кольского п-ова составлена карта метаморфических фаций М 1:500000, которая была включена в карты метаморфизма СССР и Европы М 1:2500000.

Комплексом геофизических методов изучено глубинное строение верхней части земной коры центральной части Кольского п-ова, выявлены мощность и строение рыхлых отложений погребенных долин, глубинное строение литосферы с помощью МГД-генератора, определены физические свойства пород восточной части Балтийского щита при нормальных и высоких термодинамических параметрах. Под руководством В.И.Павловского установлены слоисто-блоковое строение земной коры региона и перепады глубин поверхности Мохо, составлена карта петрофизической неоднородности восточной части Балтийского щита. Г.Д.Панасенко с коллегами изучен сейсмологический разрез земной коры по профилю Ковдор-Кировск, подготовлен Кольский геодинамический полигон, составлен каталог землетрясений Фенноскандии.

В области литологии Кольского п-ова, основы которой заложены А.В.Сидоренко, разработана концепция осадочной геологии докембрия. Определены основные черты и геохимические особенности процессов формирования вулканитов и метаосадков Печенгской, Имандра-Варзугской, Кейвской и Колмозеро-Воронинской зон, что позволило дать прогноз ряда метаморфических комплексов на золото, редкие металлы, железо и др. Установлено развитие на Балтийском щите кор выветривания. При их изучении впоследствии были выявлены месторождения вермикулита, флогопита, каолинита и др. При развитии концепций А.В.Сидоренко проведено детальное геоморфологическое изучение всей территории полуострова, составлена карта новейшей тектоники Балтийского щита М 1:1000000, дана классификация морфоструктур, раскрыта связь новейших блоковых структур с древними структурами кристаллического фундамента, рекомендованы направления поисков полезных ископаемых гипергенного типа. Результаты являются базовыми для поиска новых месторождений строительных материалов, а также россыпей благородных металлов и алмазов в рыхлом покрове региона.

Выполнен большой объем исследований, накоплен материал в области изучения геохимии газов и углеводородных соединений в изверженных и метаморфических горных породах. Изучены закономерности поведения углеводородных газов в Хибинском массиве, используемые для решения важных прикладных задач в связи с газовыделениями на рудниках. Выявлены предпосылки использования гелия и других газов для трассирования глубинных нарушений и рудоносных зон.

Первые результаты получены в геохронологии докембрийских образований. Начатые по инициативе И.В.Белькова в 1962 г., геохронологические и изотопно-геохимические исследования на Кольском п-ове получили широкое развитие.

Ретроспективно подводя итоги деятельности ГИ КНЦ РАН на доперестроечном этапе 1952-1986 гг., подчеркнем, что этот «золотой век» советской геологии был исключительно плодотворным и для кольской геологии. Тесная связь науки и производства, хорошие ассигнования на полевые экспедиционные работы и приобретение оборудования, кадровое пополнение молодыми специалистами, творческое и дисциплинированное отношение к нелегкому труду геолога и другие факторы позволили ГИ КНЦ РАН собрать огромный материал по геологии и полезным ископаемым региона, включая геологическое картирование. С этого времени Кольский п-ов по праву считается одним из наиболее изученных в геологическом отношении регионов страны. В Геологическом институте тогда успешно трудились около 400 сотрудников, в том числе более 10 докторов и 70 кандидатов наук.

За вклад в развитие науки и организацию научных исследований большая группа ученых ГИ КНЦ РАН награждена орденами и медалями СССР: 1966 г. – Г.И.Горбунов (орден Трудового Красного Знамени); 1967 г. – И.В.Бельков (орден «Знак Почета»); 1971 г. – И.В.Бельков (орден Ленина), Т.Н.Иванова (орден Трудового Красного Знамени), Г.И.Горбунов (орден «Знак Почета»); 1975 г. – А.В.Галахов (орден Трудового Красного Знамени), Г.И.Горбунов (орден Октябрьской Революции); 1976 г. – А.С.Сахаров (орден Октябрьской Революции); 1978 г. – Г.И.Горбунов (орден Ленина); 1980 г. – О.Б.Дудкин (орден Дружбы народов), И.Д.Батиева, В.Г.Загородный, В.П.Петров (орден «Знак Почета»).

Почетное звание «Заслуженный деятель науки РСФСР» получили Т.Н.Иванова (1982 г.) и И.В.Бельков (1987 г.).

За крупные научные разработки награждены государственными премиями: 1966 г. – А.В.Сидоренко (Ленинская премия); 1981 г. – Г.И.Горбунов, О.Б.Дудкин (премия Совета Министров СССР); 1983 г. – О.Б.Дудкин (премия им.А.Е.Ферсмана).

Трудные времена перестройки в ГИ КНЦ РАН, как и во всей стране, начались с 1986 г. Из-за недостаточного финансирования пришлось сокращать кадровый состав, особенно инженерно-технические кадры, и резко уменьшать ассигнования на полевые исследования. Возглавлявший в этот период институт д.г.-м.н. Ф.П.Митрофанов, сохраняя кадры высшей научной квалификации, переориентировал исследования на углубленное обобщение и теоретическое осмысление имеющихся данных, в том числе на составление прогнозно-поисковых карт на нетрадиционные для Кольского региона высоколиквидные полезные ископаемые.

Наряду с традиционными, в Геологическом институте получили развитие новые направления - геодинамика докембрийской литосферы, коромантийное взаимодействие и «плюмовая» металлогения, изотопно-геохимические индикаторы рудоносности, трехмерное геофизическое моделирование, геологическая синергетика, акустополярископия, тектонофизика, комбинаторно-геометрические исследования и компьютерное моделирование наноразмерных структур. Расширились и укрепилась связи ГИ КНЦ РАН с другими геологическими организациями страны, региональными производственными и учебными организациями, международными коллективами и отдельными зарубежными учеными. Существенную поддержку ГИ КНЦ РАН получал от Секции наук о Земле и Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук РАН, Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), а также администраций Мурманской обл. и Апатитского района.

Важную роль сыграли непосредственные контакты руководства и коллектива ГИ КНЦ РАН с руководителями Академии наук. В 1989 г. для поддержки поисково-разведочных работ на платинометалльное оруденение президент АН СССР академик Г.И.Марчук целевым назначением выделил ГИ КНЦ РАН значительные ресурсы на буровое и аналитическое оборудование. В 1999 г. по немецкому кредиту ГИ КНЦ РАН получил новейшее масс-спектрометрическое оборудование (Finnigan-Mat, RPG). В настоящее время руководство РАН и РФФИ поддерживают создание, оснащение приборами и работу созданного при институте Кольского центра коллективного пользования прецизионных изотопно-геохимических исследований.

Новые условия благоприятствуют развитию международного научного сотрудничества, которое играет значительную роль в деятельности ГИ КНЦ РАН. Установлены взаимовыгодные международные связи с геологами ряда европейских стран, США, Канады, Индии и Китая. За последние пять лет ГИ КНЦ РАН принял участие в разработке и выполнении 28 международных проектов, в том числе 3 проектов под эгидой ЮНЕСКО и 9 – ИНТАС, 4 проектов по соглашениям с Финляндией, ряда проектов по соглашениям с университетами Швеции, Испании, Норвегии. Долгосрочные научные договоры связывают ГИ КНЦ РАН с Геологической службой и рядом университетов Финляндии и Швеции, Центром научных исследований Франции в Нанси. Научные связи поддерживаются с 33 зарубежными организациями и фирмами. Многие сотрудники получили финансовую поддержку по грантам из фондов Европы и США (Швейцарский национальный научный фонд, фонд ULIRS (Лондон), Академии Финляндии, Национального научного фонда США, NASA, НАТО, Европейского научного фонда и др.).

Большое значение для ГИ КНЦ РАН имели совместные работы по Проекту 408 МПГК-ЮНЕСКО, общие программы с Геологической службой Финляндии, Национальным центром научных исследований Франции (проект 01-05-22001 РФФИ/CNRS), Международной программой «Европроба», а также по ряду проектов INTAS. В 2007-2009 гг. интересные результаты получены в рамках российско-финско-шведского проекта KA 0197 Strategic Mineral Resources of Lapland – Base for the Sustainable Development of the North («Стратегические минеральные ресурсы Лапландии – основа устойчивого развития Севера») трансграничного сотрудничества ИНТЕРРЕГ-ТАСИС.

Благодаря активной работе ГИ КНЦ РАН Мурманская обл. получила ряд крупных финансовых инвестиций на исследование платинометалльных месторождений Федорово-Панского массива. Весомый вклад ГИ КНЦ РАН в развитие минерально-сырьевой базы России был отмечен в 2009 г. присуждением академиком Ф.П.Митрофанову и к.г.-м.н. А.У.Корчагину престижной премии имени академика С.С.Смирнова за серию работ под общим названием «Научное обоснование, открытие и изучение ряда платино-палладиевых месторождений нового типа Кольской платинометалльной провинции».

Генеральные направления исследовательской и научно-организационной деятельности Геологического института на современном этапе определены тремя главными научными направлениями, ведущимися под научно-методическим руководством Отделения наук о Земле РАН (ОНЗ РАН):

- геология, геохронология, металлогения и глубинное строение докембрийских структур; их роль и место в формировании континентальной литосферы;
- закономерности размещения, формирования и прогнозирования полезных ископаемых древних щитов и шельфа северных морей;
- минералогия: состав и структура минералов и наноразмерных минеральных фаз уникальных геологических объектов Кольского региона.

Основной целью Геологического института является выполнение фундаментальных научных исследований и прикладных разработок в области геологии, геохронологии, геохимии, металлогении и

минералогии. Исследования ГИ КНЦ РАН охватывают территорию Кольского п-ова и прилегающие районы Фенноскандинавии.

Выбор научных целей и задач исследований ГИ КНЦ РАН основан на программах фундаментальных исследований Президиума РАН и ОНЗ РАН.

Последние результаты по этим направлениям исследований могут быть сформулированы следующим образом:

- установлено, что формирование основного объема литосферы континентального типа в Кольской структуре произошло в позднем архее (3100-2500 млн лет назад) и раннем протерозое (2500-1600 млн лет), но преобразования коры продолжались в рифее и палеозое;

- на основе геолого-геохронологических данных (более 600 современных датировок различными методами) определен возраст большинства реперных геологических объектов региона, что является необходимым условием для составления новой серии государственных геологических карт докембрийских регионов;

- установлена большая длительность формирования (50-100 млн лет) ряда рудоносных магматических комплексов, связанных с плюмовыми процессами: архейских щелочных гранитов, ультрабазит-базит-анортозитовых интрузий, палеозойских щелочных интрузий;

- на основе серии карт восточной части Балтийского щита, Кольской структуры и Баренцевоморского шельфа (геологической, металлогенической, тектонической, магматических и метаморфических комплексов и фаций, четвертичных образований), составленной в Геологическом институте с использованием ГИС-технологий с учетом трехмерных геофизических построений и тектонофизических расчетов, предложены новые геодинамические модели, необходимые для металлогенических прогнозов;

- с участием международных коллективов издан ряд карт Кольского региона и смежных территорий: 1989 г. – совместно с Геологической службой Канады издана «Циркумпольная геологическая карта Арктики» М 1:6000000; 1993 г. – в рамках российско-финского научного сотрудничества издана карта «Четвертичные отложения Финляндии и северо-запада Российской Федерации и их сырьевые ресурсы» М 1:1000000; 1996 г. – в рамках ИНТАС-проекта издана «Геологическая карта Кольского региона» М 1:500000 (в электронном и плакатном видах); 2001 г. – в рамках Фенноскандинавского проекта издана серия «Цифровые геологические и геофизические карты Фенноскандинавского/Балтийского щита и прилегающей акватории» М 1:1000000 и 1:2000000. Составление этих карт, особенно с использованием ГИС-технологий, позволило совместить границы и согласовать данные по закартированным геологическим телам;

- большинство магматических комплексов Кольского п-ова изучено современными геолого-геофизическими и петрологическими методами с использованием изотопно-геохимических меток, которые позволяют судить о составе и разноглубинных уровнях очагов магмогенерации. На основе важнейшей характеристики плюмовых процессов – величины отношения  $He^3$  к  $He^4$  – установлено, что в ряде массивов магматических пород можно оценить вклад в магмогенерацию мантийного и даже нижнемантийного вещества;

- на основе имеющихся геолого-геохимических данных при использовании мирового опыта исследования расслоенных гипербазит-базитовых интрузий в 1989 г. сформулирован прогноз перспективности Кольской провинции на платино-палладиевое оруденение. Поисковыми работами производственных организаций прогноз подтвердился, а отечественные и иностранные инвестиции позволили разведать в пределах Федорово-Панского массива несколько месторождений, которые в настоящее время подготавливаются к эксплуатации (рис. 1);



Рис. 1. При реализации прогноза Геологического института КНЦ РАН производственными организациями региона завершены работы в Северном платиноносном рифе Федорово-Панского комплекса и поставлено на государственный баланс крупное месторождение Pd, Pt и Au

• при организационной и финансовой поддержке Мурманского комитета природных ресурсов и инновационного предприятия «Кольские минералы» ГИ КНЦ РАН проверяет собственный прогноз перспективности осадков морских террас и шельфа Белого моря на алмазные россыпи. Прогноз сформулирован в 1996 г. на основе петролого-геодинамических данных и результатов исследований четвертичной геологии региона. Пока обнаружено несколько зерен алмаза и все его минералы-спутники, оконтурено несколько перспективных площадей (рис.2);

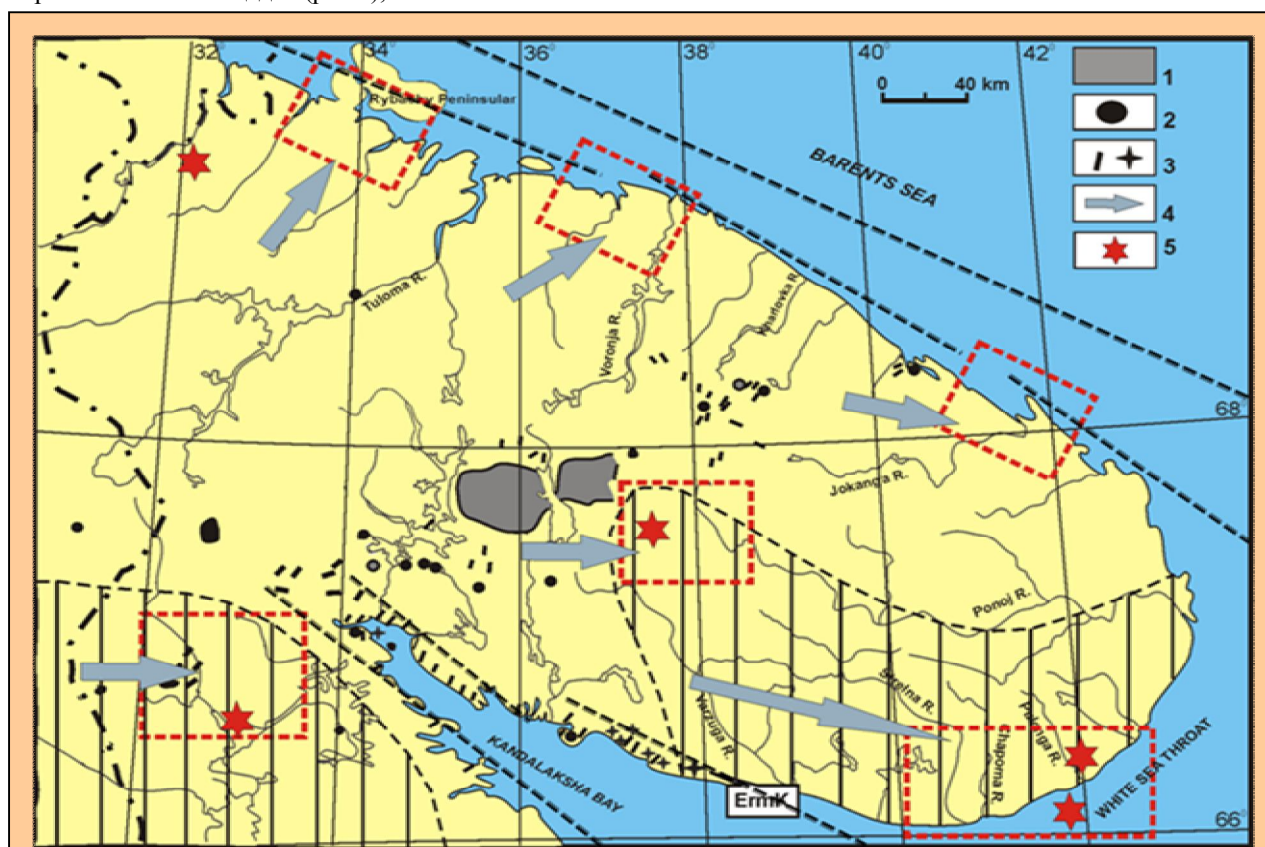


Рис.2. Пространственное распределение щелочных и щелочно-ультраосновных пород в Кольском регионе и его сегменты, наиболее перспективные на обнаружение алмазоносного кимберлитового магматизма (вертикальная штриховка).

Районы опробования рыхлых отложений на ИМК (красные прямоугольники):

1 – нефелин-сиенитовые интрузии; 2 – щелочно-ультраосновные интрузии; 3 – дайки и трубки взрыва щелочно-ультраосновных пород (ЕртК – Ермаковское кимберлитовое поле); 4 – направления перемещения обломочного материала Скандинавским ледником; 5 – находки алмазов в рыхлых отложениях региона

• обоснована перспективность позднедокембрийских отложений Мурманского побережья (Кильдинская площадь) на нефть и газ; представлены соответствующие рекомендации;

• предложен к использованию новый вид элитного естественного облицовочного материала – анортозит; совместно с Мурманским комитетом природных ресурсов проведена геолого-экономическая оценка ресурсов облицовочного и строительного камня области, ставшая основой специального торгово-экономического соглашения с правительством Москвы;

• учеными лаборатории синергетики минеральных систем подготовлены и изданы монографии, посвященные уникальным минералогическим объектам Кольского п-ова:

Иванюк Г.Ю., Яковенчук В.Н. Минералы Ковдора. Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 1997. – 116 с.

Яковенчук В.Н., Иванюк Г.Ю., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П. Минералы Хибинского массива. – М.: Оушен-пресс, 1999. – 328 с.

Иванюк Г.Ю., Яковенчук В.Н., Пахомовский Я.А. Ковдор / Kovdor. – Апатиты: Минералы Лапландии, 2002. – 326 с.

Yakovenchuk V.N., Ivanyuk G.Yu., Pakhomovsky Ya.A., Menshikov Yu.P. Khibiny / ed. by F.Wall. – Apatity: Laplandia Minerals, 2005. – 467 p.

На основе достигнутых ранее результатов в настоящее время сформулированы основные научные направления ГИ КНЦ РАН, которые аккумулируют широкий спектр планомерных фундаментальных исследований, ориентированных на изучение строения и эволюции архейской и протерозойской коры Земли и ее осадочной оболочки, петрологии, магматизма, метаморфизма и металлогении докембрийских структур.



Разработка основных фундаментальных научных направлений включает исследование геодинамических обстановок, состава и источников, условий образования рудоносных магм и магматических пород, исследование и синтез данных по магматическим и метаморфическим комплексам как индикаторам геодинамических обстановок. Достаточно хорошая геологическая, геохронологическая и геофизическая изученность территории, достигнутая в результате многолетних исследований ГИ КНЦ РАН и других научных и производственных геологических организаций, позволяет перейти от решения локальных задач к решению крупных фундаментальных и наиболее актуальных проблем Арктического региона. Комплексное решение междисциплинарных задач предусматривается в рамках тесного научного сотрудничества с другими институтами КНЦ РАН.

Кольская часть Балтийского щита по геологическому строению обладает всеми чертами, характерными для докембрийских щитов, но в то же время имеет уникальную специфику, которая отражает особенности его развития во времени, что во многом определяет научные цели и задачи ГИ КНЦ РАН на перспективу. Это в первую очередь многочисленные проявления протерозойского мафит-ультрамафитового магматизма и связанные с ними месторождения и рудопроявления Ni, Cu, Pd, Pt, Cr. Еще одна особенность геологии Кольского п-ова – развитие провинции девонского щелочного и щелочно-ультраосновного магматизма, с наиболее крупными массивами которой – Хибинским и Ловозерским – связаны уникальные месторождения апатитового сырья и редких элементов. Своеобразной и не имеющей аналогов в мире архейской структурой является Кейвский террейн, вмещающий суперкрупные месторождения алюминиевого сырья. Кольский п-ов – удивительный «минералогический рай», где в разнообразных породных комплексах сосредоточено множество минеральных видов и ежегодно открываются новые и новые минералы, в то числе силами сотрудников ГИ КНЦ РАН.

Геологический институт КНЦ РАН является одним из лидеров в области развития и внедрения методов изотопной геохронологии для оценки и корреляции возраста геологических событий реперных геологических и металлогенических объектов в России и за рубежом. Значимые результаты получены в последние годы в области изотопной геохронологии как инструмента корреляции геологических объектов и событий и реконструкции истории Земли, на базе ГИ КНЦ РАН успешно развивается Кольский центр изотопных геохронологических и геохимических исследований, работающий на современной аппаратуре U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr, K-Ar, He-He-методами. Продуктивная деятельность Кольского центра изотопных геохронологических и геохимических исследований позволит в дальнейшем проводить прецизионные работы по изучению изотопных U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr систем – индикаторов возраста, продолжительности и источников эндогенных геологических процессов. Будут получены изотопные U-Pb- и Sm-Nd-возрастные и генетические характеристики породных и рудных ассоциаций расслоенных Pt-Pd-носных массивов Кольского п-ова и северной Финляндии. Проводится отработка новой методики U-Pb с  $^{205}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ -трассером датирования единичных зерен минералов-геохронометров на геологических объектах ранее изученных U-Pb-методом с использованием трассера  $^{208}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ , изучаются возможности датирования рудных процессов Sm-Nd-методом по рудным минералам. Планируется исследовать поведение изотопных систем (U-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr) минералов-геохронометров при полиметаморфизме при решении проблем реконструкции истории подвижных поясов, что предусматривает комплексное петрологическое, геохимическое и геохронологическое изучение по разновозрастным эклогитовым и гранулитовым ассоциациям Кольского п-ова, изучение распределения РЗЭ в реперных типах циркона для интерпретации датированных процессов, датирование метаморфических минералов Sm-Nd- и Rb-Sr-методами, а также минералов с разными температурами закрытия изотопных систем для определения термальной истории пород. Продолжится геохимическое и изотопно-геохронологическое исследование мантийно-коровых процессов формирования архейского зеленокаменного пояса Колмазеро-Воронья и Мурманского домена, петролого-геохимическое и изотопно-геохронологическое изучение древнейших дифференцированных Патчевварекского и Северного габбро-анортзитовых массивов (рис.3).

Богатая и разнообразная металлогеническая специфика Кольского п-ова обусловила развитие в ГИ КНЦ РАН научного направления по изучению обстановок и процессов образования крупных и уникальных месторождений апатита, меди, никеля, платиноидов. В последние годы в ГИ КНЦ РАН началось изучение перспектив обнаружения и

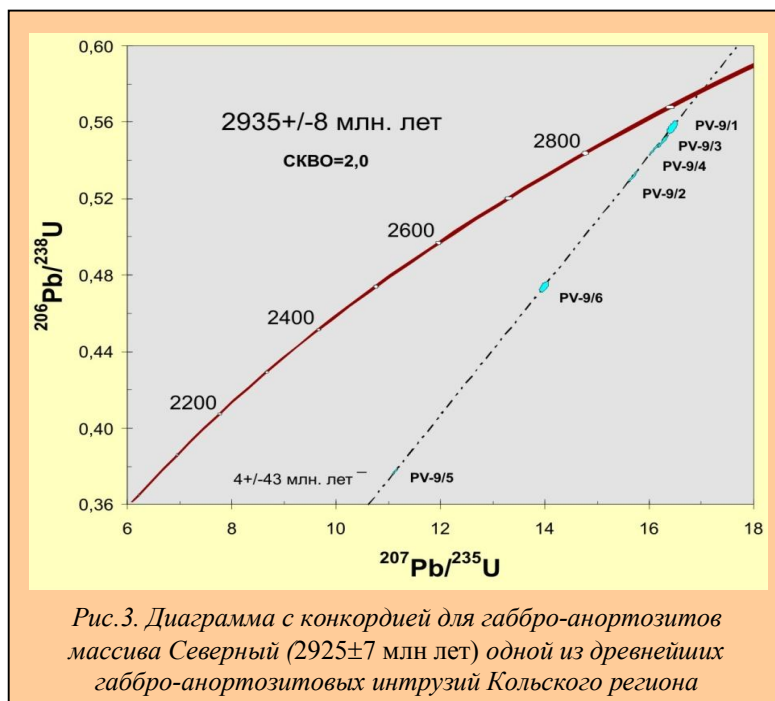


Рис.3. Диаграмма с конкордией для габбро-анортзитов массива Северный (2925±7 млн лет) одной из древнейших габбро-анортзитовых интрузий Кольского региона

закономерностей размещения золоторудных проявлений на территории Кольского п-ова, в том числе наночастиц золота в тектонических зонах. Предполагается расширение работ в области исследования Кольской минерагенической провинции, создание генетических моделей ее формирования и прогнозирование новых минеральных ресурсов. На основе проведенных ранее комплексных исследований продолжают работы по прогнозированию потенциальной нефтегазоносности континентального склона Баренцевоморского бассейна и развитию ресурсной базы прибрежной зоны Кольского региона. В плане – изучение состава и условий залегания осадочных толщ нижнего уровня седиментосферы Карско-Баренцевоморского продуктивного бассейна, оценка прогнозирования глубинных разрывных структур и эндогенных факторов влияния магматических флюидных систем. Будут продолжены исследование геологии, геохронологии, металлогении и глубинного строения докембрийских структур и реперных образований северо-востока Балтийского щита, геохимической и геохронологической корреляции развития литосферы, мантийного и корового магматизма, разработка вертикальной и латеральной изотопно-геохимической зональности литосферы.

Новый объект исследования – рои мафических даек как индикаторы источников, условий формирования и эволюции крупных магматических провинций Балтийского щита. Задачей является определение возрастных интервалов развития дайкового магматизма, изотопная и геохимическая, а также палеомагнитная типизация роев мафических даек с целью использования их как индикаторов условий формирования и эволюции крупных магматических провинций. Важной составной частью планируемых работ являются изучение горизонтальной тектоники в раннем докембрии Кольского региона по геологическим, структурным и палеомагнитным данным, структурные, геологические и палеомагнитные исследования Кейвского террейна.

Будут проведены сравнительная характеристика, исследование геодинамики и рудоносности коматиитовых образований и их фанерозойских гомологов, изучение архейских зеленокаменных поясов различных регионов мира и состава метабазитов древнейших коллизионных поясов гренвильского типа по физико-химическим параметрам их формирования. Продолжится анализ свойств и структуры кристаллической коры на основе изучения глубинных ксенолитов и пород из сверхглубоких скважин, в том числе по материалам Кольской сверхглубокой скважины, изучение глубинных ксенолитов из образцов глубоких скважин.

Предполагается проведение тонких прецизионных исследований источников, места нахождения и миграции природных летучих компонентов в минералах и реконструкции процессов их захвата. Работы потребуют разработки, изготовления и подготовки к работе установки для непрерывного быстрого нагрева образцов минералов в вакууме.

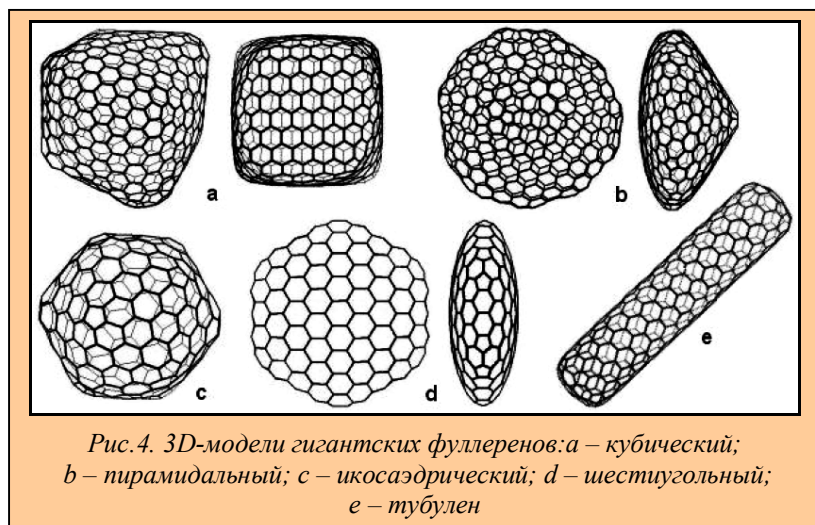


Рис.4. 3D-модели гигантских фуллеренов: а – кубический; б – пирамидальный; с – икосаэдрический; д – шестиугольный; е – тубулен

Геологический институт КНЦ РАН продолжит пионерные работы по изучению наноразмерных частиц в природе, форм их нахождения и механизмов образования (рис.4).

В рамках исследований структурно-вещественной организации рудоносных систем предполагается завершение работ по изучению структурно-вещественной организации Ковдорского комплексного месторождения магнетита, апатита и бадделеита, апатитонепелинового месторождения Коашва, лопаритового месторождения Кедыквырпахк, золоторудных проявлений в месторождениях полосчатой железорудной формации Балтийского

щита, участков локализации микропористых титаносиликатов в щелочных массивах и роли процессов катионного обмена в природных минеральных системах.

Одним из важнейших направлений исследований ГИ КНЦ РАН является изучение чехла четвертичных отложений, перекрывающих докембрийские породы Балтийского щита, изучение динамики ледников на территории Хибинского массива щелочных пород, выявление фундаментальных закономерностей функционирования водных систем. Планируемые задачи в области геологии четвертичных отложений: изучение плейстоцен-голоценовых отложений и рельефа побережья Белого моря (неотектонические, геоэкологические, палеоклиматические факторы их образования и прогноз развития под влиянием быстрых глобальных и региональных изменений окружающей среды); изучение отложений в озерных котловинах, отделившихся от моря и расположенных на Карельском и Поморском берегах Белого моря, в сравнении с аналогичными осадками на Терском и Кандалакшском берегах; сравнительный анализ морских, озерных и ледниковых отложений на побережье Белого моря; полевое изучение осадков и рельефа в пределах Поморского и Карельского берегов для палеогеографических климатических реконструкций плейстоцена и голоцена; минерагения коры выветривания и перспективы обнаружения в ней новых месторождений.

В настоящее время особое внимание в ГИ КНЦ РАН уделяется совместным проектам, предусматривающим сотрудничество научных коллективов из нескольких институтов КНЦ РАН. В рамках

такого сотрудничества с ИХТРЭМС КНЦ РАН проведен анализ физико-химических свойств микро- и наноразмерных минеральных частиц благородных и других металлов в рудах и техногенных продуктах Кольского региона, составлена сводка данных по формам присутствия, поведению и новообразованию тонких минеральных частиц в природных системах и технологических продуктах, проанализировано влияние тонких минеральных частиц на экосистемы.

Инновационные технологии переработки кианитового и ставролитового высокоглиноземистого сырья в настоящее время разрабатываются совместными исследованиями научных коллективов ИХТРЭМС КНЦ РАН, ГоИ КНЦ РАН и Ги КНЦ РАН. Данный проект поддерживается Программой фундаментальных исследований Президиума РАН.

Еще один из совместных проектов – многолетнее плодотворное сотрудничество Ги КНЦ РАН и ЦФТПЭС КНЦ РАН в области геоэлектрических исследований. В продолжение этих геофизических исследований в ближайшие годы планируется: построение квазитрехмерной модели электропроводности Балтийского щита по результатам зондирования с мощными контролируемыми источниками двойного назначения; комплексная обработка и интерпретация данных экспериментов FENICS-2007 и FENICS-2008; построение квазитрехмерной схемы электропроводности Карельского сегмента; глубинные МТ-АМТ зондирования на северо-западе Кольского п-ова; проведение эксперимента FENICS-2009 с применением промышленных ЛЭП и генератора «Энергия-2» мощностью до 200 кВт; мониторинг лунно-солнечных вариаций электропроводности на полигоне Имандра-Варзуга.

Геологический институт КНЦ РАН развивает инновационную деятельность. В 2008 году Ги КНЦ РАН был отмечен дипломами и медалями на VIII Московском международном салоне инноваций и инвестиций. Диплома и золотой медали удостоена разработка «Кольская платинометалльная провинция: инновационный путь от прогноза до строительства рудника». Дипломы и бронзовые медали получили разработки: «Новые и нетрадиционные виды стратегического и остродефицитного минерального сырья (золото, алмазы и др.): прогнозы и первые результаты» и «Новые технологии и методы увеличения срока эксплуатации месторождений полезных ископаемых открытым способом: аспекты изучения и анализа структурных неоднородностей».

Институт принял участие в Конкурсе русских инноваций-2008. Авторы проекта «Технология прогноза и поисков месторождений полезных ископаемых, основанная на принципах теории самоорганизации» П.М.Горяинов, Г.Ю.Иванюк, Н.Г.Коноплева, А.О.Калашников, Я.А.Пахомовский, В.Н.Яковенчук отмечены дипломом за выход в финал.

В 2009 году разработки Ги КНЦ РАН были удостоены золотых медалей и дипломов первой степени на конкурсе «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года», проходившего в рамках XV Международной выставки-конгресса «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (г.Санкт-Петербург, 10-13 марта 2009 г.). Разработка сотрудников Ги КНЦ РАН «Кольская платинометалльная провинция: инновационный путь от прогноза до промышленного освоения» (Ф.П.Митрофанов, А.У.Корчагин, Д.В.Жиров, Т.Б.Баянова и др.) завоевала звание «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года» в номинации «Новые высокотехнологичные разработки оборудования и наукоемкие технологии».

На IX Московском международном салоне инноваций и инвестиций (г.Москва, ВВЦ, 26-29 августа 2009 г.) награждена серебряной медалью разработка «База данных фуллеренов и фуллереноподобных структур (природных и теоретически возможных форм) как основа для фундаментальных и прикладных исследований наноматериалов и нанотехнологии» (Ю.Л.Войтеховский, Д.Г.Степенчиков).

Новым направлением деятельности Геологического института стало активное сотрудничество с высшей школой с целью подготовки молодых специалистов для области. На базе Ги КНЦ РАН действуют кафедра геологии и полезных ископаемых апатитского филиала Мурманского гостехуниверситета (подготовка бакалавров – 4 года, магистров – 6 лет) и кафедра геофизики Кольского филиала Петрозаводского госуниверситета (подготовка специалистов – 5 лет). Все студенты проходят учебные практики на геологических полигонах, специально подготовленных Ги КНЦ РАН для обучения геолого-съёмочным работам. Многие студенты с 3 курса проходят стажировки в лабораториях Ги КНЦ РАН. Более 30 сотрудников Ги КНЦ РАН являются преподавателями–совместителями. Четверо выпускников первого выпуска кафедры геологии и полезных ископаемых стали кандидатами наук, один из них – А.В.Мокрушин – занял пост ученого секретаря Ги КНЦ РАН. Более 80% выпускников кафедры работают по специальности в таких крупных геологических объединениях, как Кольская ГМК, ОАО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция», ФУГП «Арктикоморнефтегазразведка», ОАО «Союзморгеофизика», ОАО «Апатит» и других организациях региона. Ежегодно Ги КНЦ РАН пополняется несколькими выпускниками кафедр для прохождения аспирантуры.

Подводя итоги своей почти 60-летней деятельности в непростых социально-экономических условиях, Геологический институт КНЦ РАН оптимистично оценивает свой научный потенциал и считает себя готовым к новому этапу творческого роста, который в значительной мере связан с реализацией программ устойчивого развития Севера и стратегии освоения Арктики в XXI в., в которых немалая роль отводится и научным исследованиям, и практической реализации минерально-сырьевого потенциала региона, особенно его новых нетрадиционных видов, высоколиквидных на мировом рынке.

# ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ КНЦ РАН – ОПОРНАЯ БАЗА ДЛЯ РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ ОСНОВ ГОРНОГО ДЕЛА НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ

Н.Н. Мельников, академик РАН  
Горный институт КНЦ РАН

## Аннотация

Изложены сведения об образовании Института, его структуре, кадрах, научных разработках по приоритетным фундаментальным направлениям горных наук, уникальных экспериментальных полигонах, лабораторной и опытно-промышленной базе. Дана информация о связях Института с научными и учебными учреждениями России и международными организациями, о подготовке кадров высшей квалификации, работе диссертационного совета, аспирантуры и базовых кафедр.

## Ключевые слова:

*направления научных исследований, разработки института, полигоны, экспериментальная база, диссертационный совет, аспирантура, базовые кафедры, Горный институт, Кольский научный центр.*

## Abstract

There have been presented the data on foundation of the institute, its structures, scientific manpower, research and development in priority fundamental areas of mining science, unique proving grounds, laboratory and industrial facilities. The information about relations of the institute with various scientific and educational institutions of Russia and international organizations, staff advance training activities, work of Dissertational Council, postgraduate school and basic university chairs is given here.

## Keywords:

*research areas, institute's R&D, proving grounds, research and trial facilities, cooperation, Dissertational Council, postgraduate school, basic university chairs, Mining Institute, Kola Science Centre.*



Горный институт Кольского научного центра РАН является единственным исследовательским институтом горного профиля на Северо-Западе России, ему принадлежит ведущая роль в развитии всех добывающих предприятий российской части Европейского Севера. Он выполняет фундаментальные и прикладные исследования для обеспечения рационального и комплексного освоения минеральных ресурсов и стратегического использования подземного пространства с учетом сохранения природной среды.

Институт образован в 1961 г., его директорами на начальном этапе были доктора техн. наук Н.А.Воронков и М.Д.Фугзан. С 1962 по 1980 гг. Институт возглавлял чл.-корр. АН СССР И.А.Турчанинов, с 1980 г. директором является акад. Н.Н.Мельников.

В структуре Института 11 научных подразделений, в штате 199 сотрудников, в том числе 15 докторов наук, 26 кандидатов наук. Государственными премиями и Премиями Правительства отмечены 16 сотрудников, почетных званий «Заслуженный деятель науки», «Заслуженный изобретатель», «Заслуженный строитель» и «Заслуженный химик» удостоены 4 сотрудника.

Институт занимает передовые позиции в ряде приоритетных фундаментальных направлений горных наук:

- использование подземного пространства для экологически безопасного обращения с ядерными материалами, в т.ч. долгосрочного захоронения радиоактивных отходов;
- технологии подземного строительства специальных объектов государственного назначения;
- разработка рудных месторождений в сложных горно-геологических условиях;
- геомеханическое обоснование и обеспечение безопасности ведения горных работ;
- создание автоматизированной системы контроля геодинамического режима и регистрации техногенных землетрясений и горных ударов;
- комплексная переработка минерального сырья;
- создание новых взрывчатых веществ промышленного типа;
- восстановление техногенно-нарушенных земель;
- применение современных информационных и компьютерных технологий в горном деле;
- разработка методик горных и строительных работ во взрывчатых условиях.

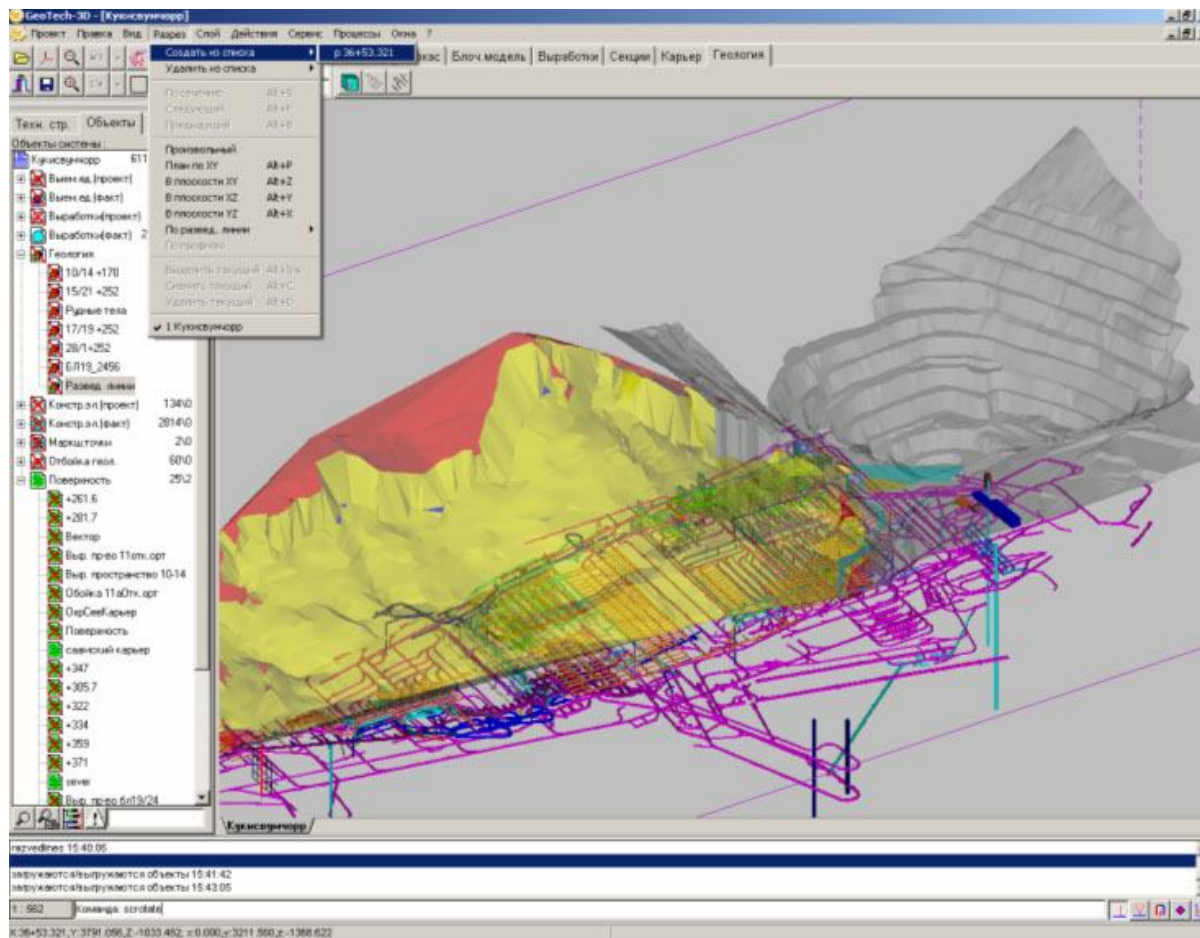
По этим направлениям достигнуты определенные результаты.

Созданы научные основы выбора площадок, проектирования, строительства и оценки безопасности подземных могильников радиоактивных отходов (РАО) и подземных хранилищ отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) корабельных энергетических установок в геологических формациях кристаллических скальных пород.

• Разработаны концептуальные проекты могильника РАО и хранилища ОЯТ, безопасных для окружающей среды и населения, для конкретных условий Кольского п-ова с учетом образования и накопления РАО и ОЯТ до 2020 г.

• Сформирована система компьютерного моделирования объектов горной технологии, позволяющая на основе интерактивной работы с трехмерными горно-геологическими моделями месторождений реализовать

комплексное решение геологических, маркшейдерских и технологических задач в едином информационном пространстве горного предприятия. Представление горного предприятия как развивающейся системы с возможностью моделирования этапов его развития позволяет повысить обоснованность принятия проектных и плановых решений по обеспечению долговременной устойчивости его работы.



*Моделирование объектов горной технологии на Кировском руднике ОАО «Апатит»*

- Разработано геомеханическое и технологическое обоснование увеличения углов наклона (крутизны) постоянных бортов карьеров путем применения на конечном контуре высоких уступов с субвертикальными откосами с учетом иерархично-блочного строения и гравитационно-тектонических полей напряжений массивов скальных пород, что позволяет повысить экономическую эффективность открытых горных работ. Разработаны Регламенты на перепроектирование конечных контуров карьера рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК», Ньюрпахкского карьера Восточного рудника и карьера Центрального рудника ОАО «Апатит», которые приняты институтом Гипроруда к проектированию.

- Созданы алгоритм и компьютерная экспертная система, реализующие новый методический подход к обоснованию параметров геотехнологии при системе разработки с поэтажным обрушением и осуществляющие интерактивное отображение процесса оптимизации.

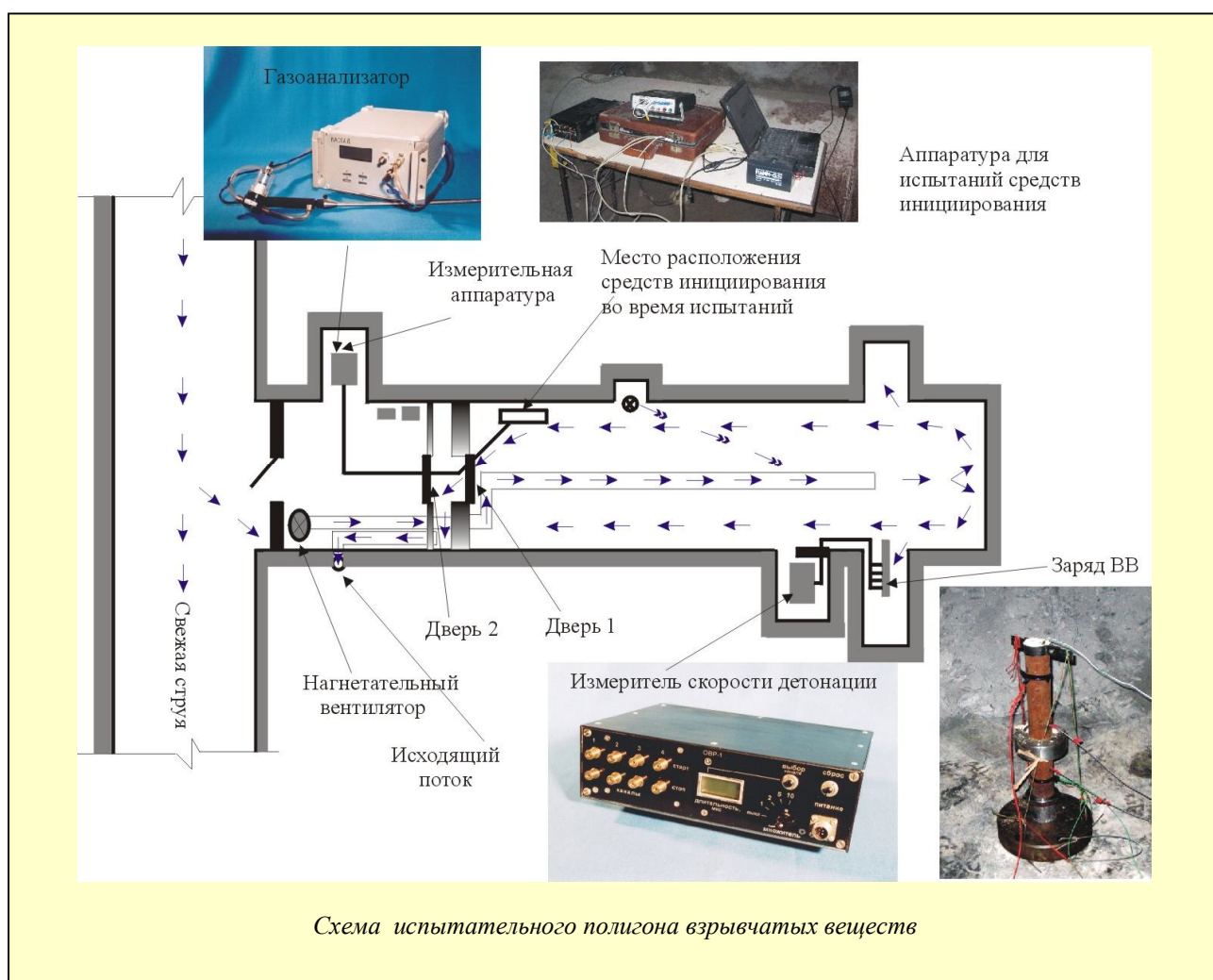
- Разработана методология управления геодинамическими рисками при ведении горных работ в высоконапряженных массивах скальных пород, отличающаяся тем, что осуществляется прогноз и профилактика не отдельного динамического события, а кризисной области, опасной по динамическим явлениям типа горных ударов и техногенных землетрясений, что позволяет сделать более надежным геодинамический прогноз и повысить безопасность горных работ.

- Учитывая перспективы разработки нефтегазовых месторождений на шельфе Баренцева моря, в частности Штокмановского газоконденсатного месторождения, институт развивает исследования по обеспечению геодинамической безопасности добычи и транспортирования углеводородного сырья в Мурманской обл. На основе разработанной геомеханической модели вовлекаемого в эксплуатацию шельфового нефтегазового месторождения, учитывающей пространственно-геометрические и силовые условия флюидонасыщенного тектонически-блочного массива горных пород (на примере Штокмановского газоконденсатного месторождения), установлены закономерности их напряженно-деформированного состояния, что позволяет прогнозировать развитие деформационных процессов и формирование геодинамического режима.

- Сформирована автоматизированная компьютерная база инженерно-геологических и геомеханических данных по более чем 130 нефтегазовым месторождениям и перспективным структурам шельфа морей Баренц-региона.

- Разработан универсальный программный комплекс для автоматизированного проектирования и организации вентиляции рудников и прогноза состояния атмосферы карьеров при различных метеоситуациях, который позволяет рассчитывать варианты вентиляционных систем, производить выбор их оптимальных параметров и оценку безопасности воздушной среды в выработках, осуществлять расчет схем естественной аэрации и параметров загрязнения атмосферы карьера в зависимости от орографии их расположения, текущих метеорологических и организационно-технических условий. В основу программного комплекса положена необходимость более полного учета факторов, влияющих на аэрогазодинамические процессы и режимы функционирования вентиляционных систем, представляющих сложную, большой размерности гетерономную сеть с внутренними и внешними источниками подачи и распределения воздушных потоков и воздействием на их работу метеорологических и других факторов.

- Совместно с ОАО «Апатит» создан и оснащен современной аппаратурой подземный испытательный полигон федерального значения и разработан комплексный метод оценки энергетических характеристик и относительной взрывной эффективности современных промышленных взрывчатых веществ, основанный на изучении в едином экспериментальном цикле их детонационных и газовых характеристик, оценки степени высвобождения потенциальной энергии в зоне реакции детонационной волны и передачи энергии взрыва в массив горных пород для обоснования области их рационального применения, что обеспечивает качественно новый уровень испытаний и аттестации современных взрывчатых материалов на безопасность, эффективность и экологическую чистоту.



- Разрабатываются научные принципы выбора реагентов с заданными свойствами для флотации несulfидных руд. Создан ряд новых реагентов-собирающих из класса бифункциональных соединений (алкил-(алкенил-)дикарбоновые кислоты, амидные и эфирные монопроизводные дикарбоновых кислот), дано теоретическое обоснование их действия в сложных дисперсных минеральных системах. Внедрен способ флотации апатитовых руд в условиях водооборота, включающий использование реагента-регулятора типа Неонол, обеспечивающего повышение технико-экономических показателей и экологическую безопасность апатитового производства. Разработан способ флотации апатитовых руд при пониженной температуре пульпы (10°C), основанный на совместном применении органического регулятора типа Неонол и оптимизированной по

составу собирательной смеси жирнокислотных собирателей, позволяющий значительно сократить энергозатраты в производстве апатитового концентрата.

- Разработана и внедрена в промышленное производство технология обогащения тонкозернистого фосфорсодержащего сырья, обеспечивающая возможность дополнительного производства до 570 тыс. т апатитового концентрата в год с содержанием  $P_2O_5$  – 38% из Ковдорского техногенного месторождения.

- На основе изучения физико-химических свойств сульфидных минералов, содержащих элементы платиновой группы, а также минералого-технологических свойств руд месторождения Федорова тундра Кольского п-ова разработан высокоэффективный способ обогащения с использованием оксигетилированных алкилфенолов в качестве регулятора пенообразования, что позволило получить платино-палладиевый концентрат, содержащий Pt – 21.9 г/т, Pd – 106.7 г/т, а также Au – 7.04 г/т, Cu – 10.63%, Ni – 5.40% при пониженном содержании магния.

- Обоснован и экспериментально проверен способ диспергирования газовой фазы за счет энергии падающей струи жидкости, позволяющий регулировать дисперсность газовой фазы изменением напора жидкости. Способ и устройство для его реализации защищены патентом РФ. Данная разработка предлагается для приготовления и дозирования флотационных реагентов-собирателей гетерополярного строения в виде активированных газо-жидкостных смесей с целью интенсификации процесса флотационного разделения минералов. При использовании данного способа в технологиях переработки различного типа руд ускоряются адсорбционные процессы, за счет чего сокращается время флотации в 1.5-2 раза и уменьшается до 40% расход собирателя. Внедрение этой технологии при флотационном выделении нефелинового концентрата позволило только за счет сокращения дозировок собирательной смеси получить экономический эффект свыше 12 млн руб. в год.

- Разработан высокоэффективный способ очистки сточных вод предприятий цветной металлургии, позволяющий не только снижать концентрацию цветных металлов, но и при необходимости извлекать их из стоков предприятия. В основу данного способа положено совмещение нескольких процессов, последовательное выполнение которых позволяет достигать извлечения ценных компонентов до 98%. Способ также защищен патентом РФ.

- Разработана и проверена в полупромышленных условиях эффективная экологически сбалансированная технология обогащения титансодержащих руд месторождения Юго-Восточная Гремяха, основанная на использовании предконцентрации (выделение крупнокусковых отвальных хвостов) – для последующего двухстадийного измельчения руды и получении путем магнитного и гравитационного разделения титаномагнетитового и ильменитового концентратов с последующей доводкой последнего электрической сепарацией или флотационной перечисткой.

- Выполнен комплекс минералого-технологических исследований хромовых руд месторождений Севера России – Сопчеозерского на Кольском п-ове и массива Рай-Из на Полярном Урале. На основе исследований разработана и доведена до промышленного применения эффективная гравитационная технология комплексной переработки хромовых руд массива Рай-Из, являющихся важнейшим источником сырья для получения хрома и феррохрома.

- Разработаны научные основы восстановления экосистемных функций территории горнопромышленного комплекса с целью сохранения устойчивого состояния биосферы. Методологический подход заключается в повышении биопродуктивного уровня территории за счет поддержания процессов самовосстановления нарушенных земель и создания почвенно-растительного покрова на техногенных ландшафтах.

- Разработана технология восстановления нарушенных земель без нанесения плодородного слоя посевом трав под полимерным покрытием, обеспечивающая оптимизацию биопродукционного процесса за счет подавления ветровой и водной эрозии, улучшения гидротермического режима и физико-механических свойств минерального субстрата, повышения его биохимической активности, уменьшения техногенной нагрузки. Установлено, что создание сеяного фитоценоза обеспечивает формирование гумусового статуса субстрата и быстрое накопление признаков зонального фитоценоза. Нарушенные земли с первого года вовлекаются в биологический круговорот элементов, который является главным механизмом самоорганизации природных ландшафтов и биосферы в целом.

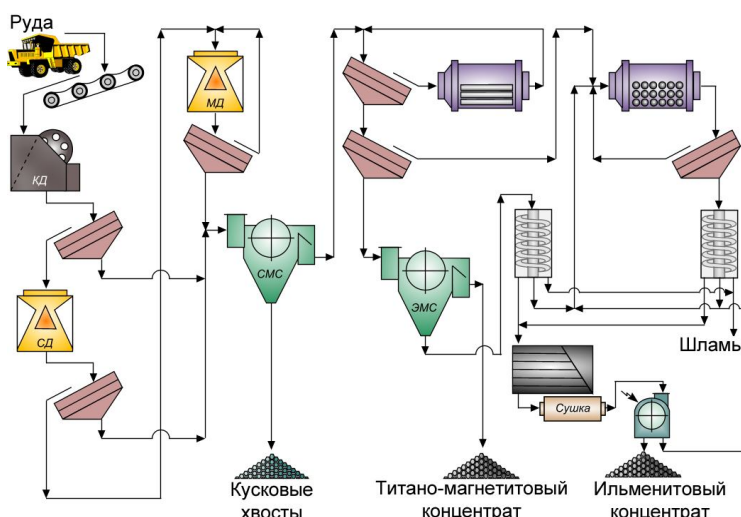
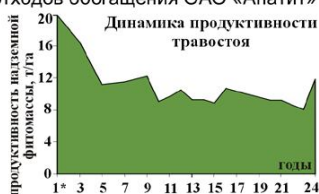


Схема обогащения ильменит-титаномагнетитовых руд месторождения Юго-Восточная Гремяха

Результаты многолетнего мониторинга биологической организации минерального субстрата при создании дернины без нанесения плодородного слоя под полимерным покрытием на отвалах отходов обогащения ОАО «Апатит»



1\* - высокая продуктивность травостоя 1-го года обеспечена посевом трав с покровной культурой



\* гумус определялся по содержанию органического углерода в слое 0-20 см



Стабильно высокая продуктивность сеяного фитоценоза обеспечивает быстрое в условиях Севера накопление гумуса в субстрате

На основании опыта реализации технологии сформулирован принцип адаптивных технологий восстановления нарушенных земель в соответствии с эволюционно сложившейся программой образования почв на минеральных субстратах; разработана система поддержки принятия решений по выбору технологий в составе ГИС «Эковывбор». Технология получила высокую оценку, свидетельствующую о современном уровне исследований: Гран-при, 6 золотых и 4 серебряных медали по участию в международных выставках и салонах промышленной собственности.

- Разработаны и внедрены технологические решения сохранения техногенных месторождений и защиты природной среды при складировании отходов рудообогатения.

- С целью снижения техногенной нагрузки на природную среду разработан способ очистки сточных и технологических вод от нефтепродуктов и других органических

загрязнений при их концентрировании в многофазной системе. Введение в рабочий объем потоков с заранее сформированными поверхностными свойствами фаз интенсифицирует процесс отделения загрязняющих веществ и обеспечивает получение нормативных показателей независимо от начального уровня загрязнения. Повышение эффективности процесса очистки обусловлено увеличением удельной сорбционной поверхности в результате использования активированных водных дисперсий воздуха и модифицированного вермикулитового сорбента Версойл. Кроме того, наблюдается значительное снижение содержания взвешенных веществ, катионов кальция, железа, меди.

Институт располагает уникальными геодинамическим и взрывным полигонами. С целью выбора и обоснования безопасных систем отработки месторождений создан Кольский геодинамический полигон, который позволяет исследовать долговременное поведение геологической среды при осуществлении крупномасштабных горных работ.

Для разработки новых способов проверки работоспособности используемых и создаваемых промышленных ВВ, их экологических характеристик и относительной взрывной эффективности создан первый в России подземный испытательный полигон федерального значения.

Институт располагает хорошей экспериментальной базой, одной из важнейших составляющих которой является уникальная опытно-промышленная обогатительная установка. На установке проводились исследования на обогатимость апатитонифелиновых, медно-никелевых, кианитовых, хромовых, титансодержащих, редкоземельных и других руд, а также нерудных полезных ископаемых, в частности, слюд и пегматитов месторождений Мурманской обл. и других регионов страны.

Установка оснащена различным обогатительным оборудованием, в том числе и разработанным в институте, и способна перерабатывать пробы руды массой до 200 т одновременно при производительности до 1 т в час.

Институт имеет тесные связи с производством, что выражается в ежегодном заключении 50-60 хозяйственных договоров.

Институт активно контактирует со многими научными и учебными учреждениями России, а также международными организациями Норвегии, Швеции, Финляндии, Бельгии, Франции, Германии, Великобритании, США, Канады, Японии и др.

В Институте работает диссертационный совет Д002.029.01, который принимает к защите диссертации по специальностям: «Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»; «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Институт имеет лицензию на ведение образовательной деятельности в сфере профессиональной подготовки кандидатов и докторов наук по специальностям: «Механика деформируемого твердого тела»; «Обогащение полезных ископаемых»; «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»; «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»; «Геотехнология (подземная, открытая, строительная)».

Институт является инициатором и организатором создания базовых кафедр «Горное дело» в Апатитском филиале Мурманского государственного технического университета и «Горное дело и обогащение» в Кольском филиале Петрозаводского государственного университета.

Институт продолжает активно работать над решением актуальных проблем, связанных с обеспечением безопасности страны по стратегическим видам минерального сырья, с экологической безопасностью при обращении с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами, с совершенствованием техники и технологии горно-обогатительного производства.



# ИНСТИТУТ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ им. И.В.ТАНАНАЕВА: ШАГИ В БУДУЩЕЕ

В.Т. Калинин, академик РАН; А.И. Николаев, чл.-корр. РАН  
Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья  
им. И.В.Тананаева КНЦ РАН

## Аннотация

Приоритетными направлениями деятельности ИХТРЕМС являются сырьевое и материаловедческое. Рассмотрены основные этапы деятельности института, позволившей разработать научные основы переработки нетрадиционных видов комплексного титанового, редкометалльного и алюмосиликатного сырья Кольского п-ова и отходов обогащения руд. Применительно к такому сырью в Институте сформирован пакет крупномасштабных технологических разработок и малых проектов. Базовый пакет наукоемких высоких технологий позволяет в конкретной ситуации осуществить выбор оптимального варианта, отвечающего любым заданным критериям отбора: экономической эффективности, экологической безопасности, доступности реагентов, возможности получения продуктов требуемого ассортимента и качества, включая стратегические материалы. Институт успешно сотрудничает со всеми научными подразделениями КНЦ РАН, основными горнодобывающими предприятиями региона, высшей школой и коллегами из других регионов страны и зарубежья. Это способствует повышению уровня фундаментальных и прикладных исследований и потенциала региона.

## Ключевые слова:

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья; фундаментальные исследования; переработка комплексного сырья; базовый пакет технологий; наноматериалы; стратегические материалы.*

## Abstract

The Institute is primarily engaged in developing two trends: raw materials processing and materials science. The paper outlines the main stages of the Institute's activities, resulting in the development of a scientific basis for the processing of unconventional kinds of complex titanium, rare-metal and aluminosilicate raw materials of the Kola Peninsula, and ore dressing wastes. Nowadays, a package of both large-scale technological developments and minor projects is available. The basic project of science-intensive high technologies affords selecting the optimal variant for a concrete situation, meeting any of the following selection criteria: cost-effectiveness, environmental safety, availability of reagents, possibility of obtaining products of required range and quality, including strategic materials. The Institute is actively cooperating with all scientific subdivisions of the KSC RAS, major mining enterprises of the region, higher educational establishments, and researchers from other Russian regions and abroad. This promotes the advancement of both fundamental and applied research and increasing of the region's potential.

## Keywords:

*Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw; fundamental research; processing of complex minerals; basic package of technologies; nano-materials; strategic materials.*



Кольский п-ов по праву считается сокровищницей природных богатств России. Минералогии мира отмечают удивительное разнообразие минеральных видов, часть из которых встречается только здесь. На площади менее 1% территории России сосредоточены крупные источники десятков видов минеральных ресурсов федерального и регионального значения. Важнейшими сырьевыми источниками федерального значения можно считать апатитонефелиновые руды Хибинских месторождений, лопаритовые руды Ловозерских месторождений, перовскито-титаномагнетитовые руды Африкандского месторождения, ильменитовые руды месторождений Гремяха-Вырмес и др., магнетитовые руды в Ковдорском и Оленегорском районах, кианитовые руды в Кейвах, месторождения платиновых и цветных металлов и многие-многие другие месторождения. Значительная часть общероссийских запасов фосфатного, нефелинового, кианитового, титанового, редкометалльного, вермикулитового, флогопитового и других видов сырья приходится на Кольский п-ов.

Экономика Мурманской обл., как и России в целом, ориентирована преимущественно на эксплуатацию природных ресурсов, и минеральные концентраты являются преобладающим видом выпускаемой в области конечной продукции. Примером тому являются наши горно-обогатительные предприятия – ОАО «Апатит», «Оленегорский ГОК», «Ковдорский ГОК», «Ковдорслюда», «Ловозерская горная обогатительная компания».

Нерациональное использование полезных ископаемых является источником значительного количества промышленных отходов, отрицательно воздействующих на окружающую природу, что особенно актуально для северных регионов. Рациональное природопользование определяет условия жизнедеятельности человека, является одной из важнейших задач, от решения которой зависят уровень экономического развития страны и состояние ее флоры и фауны. На этих позициях базируется международная концепция устойчивого развития, которая рассматривает в качестве одного из основополагающих принцип рационального использования невозобновляемых сырьевых ресурсов и поиск альтернативных источников сырья.

Повышение эффективности использования минерального сырья – важнейшая общегосударственная задача. Развитые страны получают доходы от подобной деятельности в десятки раз выше, чем мы, так как продают не сырье, а продукты глубокой переработки, стоимость которых несоизмеримо выше. Следует отметить, что в большинстве случаев наше сырье является комплексным и относится к нетрадиционным видам, т.е. промышленность использует другие, более простые по составу сырьевые материалы. Вовлечение нового сырья ограничивает пригодность накопленного мировой практикой опыта переработки и требует создания принципиально новых технических решений. При этом более сложным является вопрос масштабов переработки нового сырья, так как пропорции готовых продуктов определяются составом концентратов и часто не соответствуют потребностям рынка по отдельным продуктам.

Наличие в регионе больших запасов редкометалльного сырья послужило главной причиной создания в составе Кольского научного центра единственного в Академии наук института редких элементов. Основной целью Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им.И.В.Тананаева, организованного в декабре 1957 г., является выполнение фундаментальных научных исследований и прикладных разработок в области создания научных основ комплексной экологически безопасной переработки природного, техногенного сырья и горнопромышленных отходов, содержащих редкие, благородные и цветные металлы, и новых высокотехнологических материалов.

Первая внедренная разработка Института – технология лопаритового концентрата с получением соединений редких элементов, титановых пигментов, дубителя для кож и др. – была реализована на Сланцехимическом заводе в Эстонии в 1969 г. Лопарит и сегодня остается основным отечественным редкометалльным сырьем. Ключевые операции многих вариантов технологии других видов доступного комплексного титано-редкометалльного сырья региона успешно прошли испытания в масштабах от укрупненных до опытно-промышленных. Это позволяет надеяться на расширение национальной сырьевой базы для производства стратегических, дефицитных и импортозамещающих продуктов и материалов.

Опытно-промышленное производство металлических натрия, калия, цезия, рубидия, метафосфатов щелочных металлов, рубидийсодержащих твердых электролитов, противевых и дейтерированных гидроксидов рубидия и цезия и целого спектра особо чистых соединений редких щелочных элементов, используемых при выращивании монокристаллов для нужд электронной и лазерной техники, было создано в СССР на Ловозерском ГОКе по разработкам института. Сегодня оно, к сожалению, не действует.

Обозначим отдельные внедренные и находящиеся на стадии внедрения в настоящее время работы, выполненные с участием ИХТРЭМС:

- технология алюмокремниевого коагулянта-флокулянта из нефелина для очистки природных, сточных и сбросных вод (ОАО «Апатит», г.Кировск; ОПЗ «Минудобрения», ОАО «Карельский окатыш», г.Костомукша);
- технология взрывчатых веществ (Акватол Т-20ГК, Гранулит-АК и Нитранит) (ОАО «Апатит», г.Кировск);
- технология циркониевого порошка (ПО «Маяк», г.Саров);
- схемы и технологические режимы переработки отходов бадделеитового производства (рис.1) (ОАО «Ковдорский ГОК», г.Ковдор);

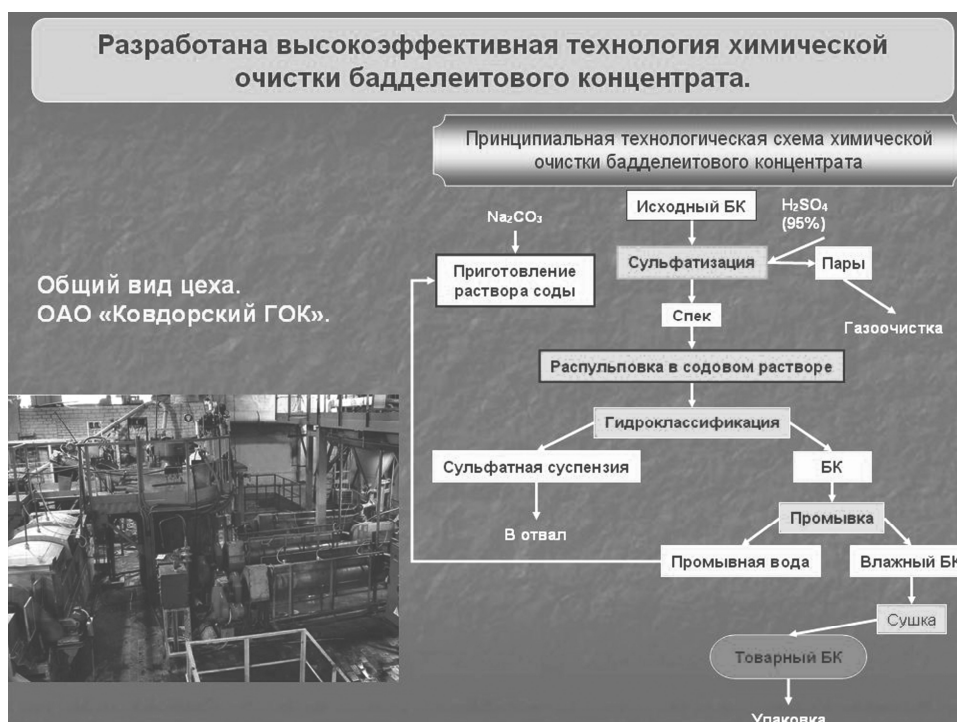


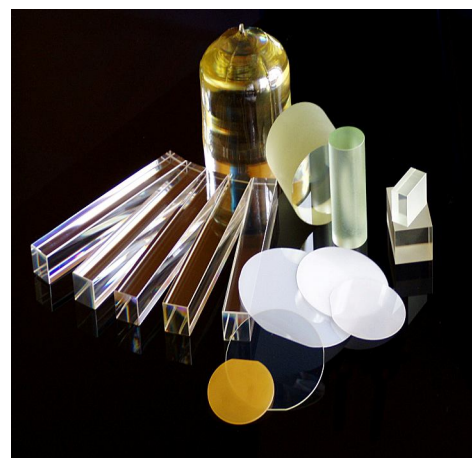
Рис.1. Промышленная установка по химической очистке некондиционного бадделеитового концентрата

- кислотная технология сфенового концентрата с получением сорбентов, пигментов и дубителя для кож (ОАО «Апатит» (рис.2) (г.Кировск);
- организация производства особо чистого кобальта (ОАО «Кольская ГМК», г.Мончегорск);
- технология очистки никелевых рафинатов цеха электролиза никеля от свинца с использованием метода электролиза (ОАО «Кольская ГМК»);
- экстракционная переработка некондиционных растворов производства меди с очисткой от цинка (ОАО «Кольская ГМК», г.Мончегорск);
- выделение осмия из отработанной анионообменной смолы путем гидротермальной обработки (ОАО «Кольская ГМК», г.Мончегорск);
- технология высокочастотных натриетермических танталовых и ниобиевых конденсаторных порошков (г.Апатиты);
- технологии сварочных материалов на основе минеральных концентратов и продуктов их переработки (ОАО «ПО «Севмаш», г.Северодвинск; ОАО «Апатит», г.Кировск; ОАО «СМЗ», г.Соликамск);
- технология титанофосфатного сорбента из сфена (ОАО «Апатит»).



*Рис.2. Опытно-промышленная установка «Пигмент» на ОАО «Апатит» для проверки химических технологий*

В последние годы опережающее развитие в Институте получили работы по материаловедению, в первую очередь разработка научных основ получения материалов для электронной техники и других наукоемких производств. Успех на рынке высоких технологий в XXI в. в значительной степени будет обусловлен прогрессом в получении новых функциональных материалов. Так, сегнетоэлектрические кристаллы формируют многие новейшие направления электроники, акусто- и оптоэлектроники, лазерной техники, систем связи и автоматики, оптических запоминающих сред, технологии обработки материалов и медицинской техники. Наши работы в области материаловедения включают: совершенствование методов получения известных материалов и синтез новых на основе чистых металлов и их соединений, в том числе специальные керамики и монокристаллы с сегнетоэлектрическими, сегнетомагнитными и суперионными свойствами; высокотемпературные и традиционные сверхпроводники; конденсаторные материалы; композиционные материалы с металлической или керамической матрицей и покрытием из редких металлов или соединений на их основе; высокочистые щелочные, редкие, в т.ч. редкоземельные, металлы и их соединения; селективные сорбенты; катализаторы для органических производств. В частности, проведено систематическое изучение большого количества систем с фторидами и оксидами ниобия и тантала. В совокупности с процессами получения, экстракционного разделения и очистки ниобия и тантала эти исследования позволили создать технологию синтеза высокочистых танталата и ниобата лития для нужд электронной техники. Технология отработана в опытно-промышленном масштабе на созданной в Институте установке и реализована на заводе материалов электронной техники (ОАО «Северные кристаллы», г.Апатиты) (рис.3).



*Рис.3. ОАО «Северные кристаллы»*

Предложен алгоритм и разработаны методы синтеза нано- и микроразмерных порошков стехиометрических метатитанатов стронция, бария, свинца, метаниобатов и метатанталатов щелочных

элементов, твердых растворов на основе этих соединений, а также способы получения эпитаксиальных пленок метаниобата и метатанталата лития на изоструктурных подложках. Найден метод управления крупностью получаемых наноразмерных порошков.

Ведется широкий поиск новых типов ниобиевых и танталовых соединений с целью обнаружения материалов с интересными электрофизическими свойствами. Исследованы закономерности формирования свойств монокристаллов ниобата и танталата лития, как практически чистых, так и целенаправленно легированных примесями других элементов. В зависимости от характера влияния на электронную систему примесей, некоторые из них приводят к диэлектрическим, пьезоэлектрическим и спектральным аномалиям. Большой интерес представляют выполненные работы по повышению стойкости сегнетоэлектрических материалов к лазерному излучению. Установлено, что кристаллы ниобата лития конгруэнтного состава при легировании катионами малого радиуса в определенном диапазоне концентраций примесей обладают повышенной стойкостью к повреждению лазерным излучением и по своим оптическим характеристикам близки к кристаллам стехиометрического состава, выращивание больших размеров которых в производстве затруднено. Практические результаты основаны на глубоких теоретических исследованиях.

Работы металлургов ИХТРЭМС по танталовым и ниобиевым объемно-пористым конденсаторам, являющимся неотъемлемой частью современной радиоэлектронной аппаратуры, создают предпосылки для поддержания передовых позиций России в этой сфере наукоемкой индустрии. Для улучшения массогабаритных и электрических характеристик отечественных конденсаторов и существенного снижения расхода металла необходимы танталовые или ниобиевые порошки с удельным зарядом на уровне от 20000 мкКл/г (некоторые конденсаторы приведены на рис.4).



Рис.4. Конденсаторы, изготовленные с использованием полученных в ИХТРЭМС танталовых порошков, и образец самого порошка

В Институте разработана и освоена в опытном производстве технология высокочистых соединений ниобия, тантала и на их основе высокочастотных конденсаторных порошков с удельным зарядом до 80000 мкКл/г, не имеющих аналогов в отечественной практике. Опытно-промышленные партии порошков, нарабатанные в КНЦ РАН, используются отечественными предприятиями для выпуска серийной продукции и создания новых конденсаторов с улучшенными параметрами.

Разработанный в Институте на этой основе композиционный материал (рис.5) использован (ВНИПИЭТ) при проектировании нового поколения транспортных упаковочных комплектов. При этом коэффициент полезной загрузки

увеличился в 1.5 раза за счет большей эффективности нейтронной защиты и меньшего удельного веса нового материала.

Исследования, проводимые в области металлургии, позволили получить новые материалы, в том числе с повышенными радиационно-защитными, триботехническими и механическими свойствами. Так, композиция алюминий-бор эффективна для защиты от излучения при транспортировке отработанного ядерного топлива.

Новизна разработанных технологий переработки сырья и получения новых материалов подтверждена примерно 500 авторскими свидетельствами и патентами, выданными ИХТРЭМС за последние 25 лет. Фундаментальные исследования позволили разработать целый ряд технологий, на основе которых уже в настоящее время выпускается наукоемкая продукция высокой стоимости.

Об уровне полученных результатов свидетельствует награждение сотрудников Института орденами и медалями РФ, присуждение в последние годы почетных званий «Заслуженный деятель науки», «Заслуженный химик», «Заслуженный металлург», «Заслуженный изобретатель», двух Государственных премий, Премии Правительства РФ и премий РАН им.Л.А.Чугаева и В.А.Коптюга. Институт активно участвует в выполнении фундаментальных исследований по приоритетным направлениям развития науки, финансируемых Российским фондом фундаментальных исследований, Президиумом и Отделениями РАН, в рамках федеральных целевых научно-технических программ (ФЦНТП) и важнейших инновационных программ федерального значения. Ежегодно количество выполняемых проектов, в том числе около 10 международных, превышает 40. За последние 5 лет опубликовано 16 монографий, отражающих фундаментальные и прикладные результаты исследований института. Многие разработки отмечены медалями и грамотами всероссийских и международных выставок.



Рис. 5. Образцы изделий из композиционного материала Al-B

В целом можно констатировать, что в Институте сформирован пакет как крупномасштабных технологических разработок, требующих значительных капитальных вложений для их реализации, так и малых высокоэффективных проектов. Базовый пакет позволяет в конкретной ситуации осуществить выбор оптимального варианта, отвечающего любым заданным критериям отбора: экономической эффективности, экологической безопасности, доступности реагентов, возможности получения продуктов требуемого ассортимента и качества.

Многие предлагаемые к реализации проекты могут и должны внедряться с участием базовых промышленных предприятий Мурманской обл., что может стать основой для диверсификации производства и создания сети малых предприятий. Реализация хотя бы части разработанных в КНЦ РАН технологий может обеспечить в достаточно короткие сроки значительное повышение эффективности использования уникальных природных богатств Кольского п-ова. Принципиально новый подход к проблеме рационального использования природных ресурсов ориентирован на создание в регионе всей цепочки производств от горно-обогатительных до производящих конечную наукоемкую продукцию. Последняя определяет уровень технического прогресса в промышленности. Это должно позволить не только сохранить высокий сырьевой потенциал региона, но и поднять его на новый уровень, обеспечивающий выход как на российский, так и на мировой рынок, прежде всего на рынок редкометаллической продукции, сварочных, строительных, пигментных и других материалов. Нами рассмотрены перспективы вовлечения нетрадиционного титанового, редкометаллического и алюмосиликатного сырья в промышленную переработку путем создания регионального обогатительно-металлургического комплекса, что позволит улучшить экономическую безопасность страны и обеспечить производство конкурентоспособной продукции, включая стратегические материалы. При этом будут реализованы высокие малоотходные технологии производства современных материалов. Важно отметить, что при этом дальнейшее развитие горнопромышленного комплекса и решение социально-экономических проблем региона может осуществляться без увеличения нагрузки на окружающую среду и ухудшения экологической обстановки.

Институт является одним из инициаторов создания в России на базе редкометаллического сырья Кольского п-ова «Ассоциации национальных производителей и потребителей стратегических материалов», в рамках которой предполагается организация регионального Центра стратегических материалов, призванного решать проблемы, обозначенные выше.

Основные приоритетные направления деятельности ИХТРЭМС: 1) сырьевое и 2) материаловедческое.

#### **1. Разработка и обоснование технологии комплексной переработки минерального сырья**

- Алюмосиликатное: технологии нефелинов, сынныритов, рихсчорритов, эвдиалита и др. с получением металлургического и специальных форм глинозема, кремнеземных продуктов, соды поташа, бесхлорных видов минеральных удобрений, реагентов для очистки воды, сорбентов, фосфатных связующих, компонентов взрывчатых веществ, составов для закрепления пылящих поверхностей, соединений редких металлов.

- Титановое и редкометаллическое: гидро- и пирометаллургические технологии лопарита, перовскита, сфена, ильменита, титаномagnetита и др. сырья с получением диоксида титана, композиционных пигментов, сорбентов, сварочных материалов, соединений ниобия, тантала, редкоземельных элементов, металлических продуктов и др. попутной продукции.

- Медно-никелевое: технологии никельсодержащего сырья и отходов медно-никелевого производства. Физико-химическое обоснование новых вариантов технологии. Внедрение экстракционных процессов

извлечения и очистки цветных металлов. Получение новых технических материалов, включая рений, редкие металлы и др. продукты, из отходов производства и жаропрочных сплавов на никелевой основе.

- Технологии строительных и огнеупорных материалов на основе нерудного и техногенного сырья, вскрышных пород, отходов обогащения руд и переработки минеральных концентратов с получением огнеупоров и керамических материалов, бетонов различного функционального назначения и др. продуктов.

- Разработка базового пакета технологий комплексной переработки минерально-сырьевых ресурсов Кольского п-ова для обоснования выбора рациональных схем и создания эффективных малоотходных производств.

## **2. Стратегические материалы на основе продуктов переработки комплексного минерального сырья**

- Функциональные материалы, в том числе наноматериалы, для опто- и акустоэлектроники. Материалы интегральной и лазерной оптики с периодически поляризованными субмикронными и нанодоменными структурами на основе активно-нелинейных кристаллов ниобата лития, активированные редкоземельными элементами.

- Методы создания наноразмерных порошков сложных оксидов узких гранулометрических классов для нового класса нелинейных оптических материалов, электротехнической и оптической керамики с улучшенными свойствами.

- Методы создания микро- и нанопорошков металлов для нужд специальной техники. Процессы металлотермические и самораспространяющегося высокотемпературного синтеза высокочистых мелкодисперсных порошков и сплавов сложного состава. Применение методов механического легирования для получения нанопорошков различного назначения. Создание гетерометаллических систем методами конденсации из растворов и твердой фазы. Разработка материалов с особыми свойствами на основе наноструктур.

- Наноразмерные покрытия карбидов и нитридов молибдена для каталитических систем, совмещенных с использованием микроструктурированного реактора.

- Методы получения фотокаталитически активных материалов на основе наноразмерных порошков диоксида титана.

- Методы получения материалов для специальных керамик, высококачественных полирующей смесей на основе наноразмерных порошков диоксида церия.

- Методы получения и использования наноструктурированных сорбентов на основе гидратированного фосфата титанила для дезактивации жидких радиоактивных отходов, сорбции цветных металлов из стоков металлургических и гальванических производств, извлечения редкоземельных элементов из растворов переработки хибинского апатитового концентрата на минеральные удобрения и других задач.

- Сварочные материалы нового поколения для экстремальных условий эксплуатации.

Повышение эффективности работы ИХТРЭМС мы видим в концентрировании научных исследований в соответствии с основными приоритетными направлениями развития российской науки в целом при обязательной персональной оценке деятельности каждого научного сотрудника и каждой научной группы. Важную роль мы отводим усилению работы с молодежью путем активного взаимодействия с высшей школой и привлечения к научной работе старшекурсников базовых кафедр Апатитского филиала МГТУ и Кольского филиала Петрозаводского университета через учебно-научный центр «КНЦ РАН – Университеты», а также расширения подготовки в аспирантуре, в том числе без отрыва от производства. Мы многое делаем для усиления взаимодействия с ведущими отечественными и зарубежными научными организациями и крупнейшими предприятиями региона: ОАО «Апатит», ОАО «Ковдорский ГОК», ООО «Ловозерский ГОК», ОАО «Северные кристаллы» и др., а также с Технопарком Апатиты, Региональным центром трансфера технологий – как ключевыми звеньями практической реализации наших технологических разработок. Технологические разработки, выполненные Институтом совместно с предприятиями региона, могут стать основой их успешного развития на ближайшие годы.

Хорошей предпосылкой создания химических производств в регионе является совпадение интересов как производителей сырья, так и потребителей потенциальных продуктов их переработки. При этом нельзя упускать из вида большую социальную значимость новых производств. В целом можно констатировать, что в Мурманской обл. имеются благоприятные факторы для создания и развития химических предприятий. Практическая реализация концептуальной схемы института по переработке нетрадиционного сырья обеспечит не только производство дефицитной продукции, включая стратегические материалы, но и снижение общей нагрузки на окружающую среду за счет утилизации значительной части не используемых в настоящее время техногенных отходов.

# ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА-ИНСТИТУТА им.Н.А.АВРОРИНА

В.К. Жиров, чл.-корр. РАН; Л.М. Лукьянова, к.б.н.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им Н.А. Аврорина КНЦ РАН

## Аннотация

Кратко рассмотрена история создания Ботанического сада и его работа до настоящего времени, представлены описания коллекций, направлений научной деятельности.

## Ключевые слова:

*Аврорин, интродукция растений, местная флора, коллекции растений, ботаническая наука.*

## Abstract

Brief history of Botanical Garden establishment and its work to present time are discussed in the article. Plant collections, scientific activity trends are described.

## Keywords:

*Avrorin, plant introduction, aboriginal flora, plant collections, botanical science.*



На Кольском п-ове, в южной части Хибинских гор, располагается Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А.Аврорина Кольского научного центра РАН – самый северный (67°38' с.ш.) в России и один из трех садов в мире, находящихся за полярным кругом. В 2011 г. ему исполнится 80 лет.

В 1931 г. в Хибины был направлен выпускник Ленинградского университета, ботаник и географ Николай Аврорин (доктор биологических наук с 1953 г.) для завершения исследований проф. Сергея Ганешина, трагически погибшего здесь годом раньше. Эту работу Н.А.Аврорин планировал завершить за один сезон, но задержался в

этих краях почти на 30 лет.

Уже в августе того же 1931 г. Н.А.Аврорин представил совещанию руководителей научных отрядов Горной станции АН СССР, администрации города Хибиногорска и Президиуму АН СССР проект создания Полярно-альпийского ботанического сада. Идею поддержали видные отечественные ученые, академики – геохимик и минералог Александр Ферсман и ботаник Владимир Комаров. Несмотря на то, что их молодому коллеге было в то время всего 25 лет, намеченные им направления исследований – флора, почвы, физиология и биохимия растений и почвенная микробиология, а в первую очередь интродукция растений – не потеряли своей актуальности до сих пор.

Первоначально Саду отвели около 500 га на берегу оз.Малый Вудъявр, однако затем в 2 км от него была выбрана более удобная и характерная для Хибин площадь в долине Умптэк и на склонах гор Вудъяврчорр и Тахтарвумчорр. В настоящее время его территория занимает 1670 га, из которых 80 представлены парковой частью с питомниками, теплицами и лабораторными помещениями. В 1932 г. к Н.А.Аврорину присоединились другие выпускники Ленинградского университета – Лариса Боброва (Качурина), Михаил Качурин и Авенир Коровкин; позднее – Николай Миняев и Гай Шульц, надолго связавшие свою судьбу с Садам и много сделавшие для его развития.

В первые годы образования Полярно-альпийского ботанического сада было положено начало его уникальным коллекциям, первыми образцами которых стали подаренные Ботаническим институтом АН СССР 26 видов кустарников и более 50 видов трав. Их высадили на небольшие участки, отвоеванные у леса. Экспедиции на Алтай и в Саяны, организованные в 1934-1936 гг., существенно обогатили первые коллекции. Кропотливым трудом первых сотрудников были созданы питомники и проложена сеть троп, в том числе экологическая тропа. Она проходит по склону горы через все местные растительные пояса – северотаежный редкостойный елово-березовый лес (300-350 м над уровнем моря), березовое криволесье, горные кустарничковые и лишайниковые тундры (450-650 м над уровнем моря) – вплоть до каменистых осыпей.

Еще в довоенные годы Сад приобрел широкую известность и признание научного сообщества. В то время его посещали академики Николай Вавилов и Владимир Вернадский, известный ботаник Александр Гроссгейм, другие крупные ученые-организаторы науки. Многие из них снабжали Сад собственными сборами семян.

В годы Великой Отечественной войны Сад был единственным из всех учреждений Кольской базы АН СССР, продолжавшим работу в прифронтовых условиях. Несмотря на трудности военного времени, его сотрудникам удалось сохранить все коллекции и гербарий. На питомниках выращивались необходимые для лечения раненых лекарственные растения. В 1942 г. в химической лаборатории Сада были разработаны методы приготовления витаминизированных соков, сиропов и повидл из местных ягод без применения сахара. Прикомандированный к Саду проф. Андрей Курсанов (впоследствии академик и директор Института физиологии растений АН СССР) с помощью сотрудников Сада и инженеров треста «Апатит» создал технологию получения глюкозной патоки из лишайников. Вскоре было запущено производство патоки, которая использовалась для нужд населения и прифронтовых госпиталей.

После войны, в наиболее трудном 1946 г., благодаря усилиям Н.А.Аврорина советское правительство оказало Саду значительную материальную поддержку, после которой существенно расширилась тематика его исследований и пополнились ряды сотрудников. В 1967 г. Сад получил статус института в составе Кольского филиала АН СССР. В настоящее время Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина (в 2002 г. ему присвоили имя основателя) – комплексное учреждение в составе Кольского научного центра РАН.

На протяжении почти трех десятилетий работами ПАБСИ по интродукции и акклиматизации растений руководил Н.А.Аврорин. С весны 1932 г. при его участии развернулись опыты по переселению флоры из других регионов с целью обогащения ресурсов Крайнего Севера и по введению в культуру местных дикорастущих видов. Это направление и сегодня остается для нас ведущим. Тяжелым трудом нескольких поколений специалистов испытаны десятки тысяч переселенных из различных стран и континентов образцов – более 8000 видов сосудистых растений, в том числе свыше 6500 в открытом грунте. Ныне существующие посадки включают около 1300 видов, в том числе 203 – лекарственных. За каждым экземпляром ведется постоянный контроль.

Коллекции интродуцированных травянистых растений открытого грунта размещены в парковой части Сада. Их окружает естественный древостой, смягчающий влияние нередких для этих мест ветров, одновременно способствующий увеличению снежного покрова, который сохраняется здесь с конца сентября до конца мая – начала июня. Искусственные укрытия в основном не применяются, хотя некоторые с трудом акклиматизирующиеся образцы в течение первых 2-3 лет жизни выращиваются в неотапливаемых застекленных блоках с последующей высадкой в питомники.

Коллекция древесных интродуцентов, расположенная на основной территории, заложена еще в 1930-е гг. Сейчас она насчитывает 399 видов из 31 семейства. Ее уникальность состоит в том, что для многих образцов коллекции Сад представляет собой самое северное место их произрастания: некоторые из них удалены от границ естественных ареалов более чем на 3000 км (обитатели Средней Азии, Камчатки, Приморья и Северной Америки).

С целью моделирования в условиях севера природных ценозов основных типов лесов горного Алтая (светлохвойная, темнохвойная и черневая тайга) в 2004 г. было начато формирование ботанико-географического участка. К 2009 г. высажены и уже успешно прижились более 600 саженцев основных ландшафтообразующих древесно-кустарниковых видов флоры Западной Сибири – пихты сибирской (*Abies sibirica*), ели сибирской (*Picea obovata*), сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica*), лиственницы сибирской (*Larix sibirica*), липы сибирской (*Tilia sibirica*), таволги дубравнолистной (*Spiraea chamaedrifolia*), жимолости алтайской (*Lonicera altaica*) и др. Их высота достигает 120-310 см, а ежегодный прирост составляет у лиственницы – 42 см, у пихты – 36, у сосны – 21 см. Под пологом молодых деревьев посеяны семена травянистых многолетников флоры Алтая.

В 1950-х гг. недалеко от города Апатиты был выделен экспериментальный участок, расположенный на высоте 150 м над уровнем моря. Он отличается менее жесткими, чем в горной части Хибин, климатическими условиями. На этой территории в 1970-1980-х гг. создан дендрарий северных и высокогорных видов.

Немаловажную роль в развитии интродукционного направления исследований и пополнении коллекций играет семенная лаборатория, на протяжении многих лет ведущая обмен с ботаническими садами и дендрариями России, ближнего и дальнего зарубежья, садоводами-любителями. Так, с ботаническим садом и музеем Далем (Берлин) контакты Сада продолжаются с 1931 г., с Национальным музеем естественной истории (Париж) – с 1938 г.

В 1934 г. в первой оранжерее ПАБСИ было посажено всего несколько видов тропических и субтропических растений. Сегодня эта коллекция объединяет 788 видов из 106 семейств на площади около 1800 м<sup>2</sup>. В их числе «жители» субтропических и тропических лесов, пустынь и полупустынь. Здесь находятся представители папоротников, хвойных, пальм и разнообразных суккулентов. Последние составляют почти 30% фонда. Они отличаются высокой декоративностью, не слишком требовательны к условиям содержания, легко размножаются. Большой интерес представляют виды, внесенные в международную и национальные «Красные книги» – саговник поникающий (*Cycas revolute*), гинкго двулопастное (*Ginkgo biloba*), метасеквойя (*Metasequoia glyptostroboides*) и др. На основе многолетнего изучения тропической флоры сотрудниками Сада-института разработан ассортимент для создания зимних садов в условиях Заполярья.

Краем «мохов и лишайников» назвали Кольский п-ов его первые исследователи. По числу видов (свыше 650) мохообразные немного уступают аборигенным сосудистым растениям (889), а лишайников в Мурманской обл. насчитывается около 1000 видов. Начиная с 1960-х гг. в научных планах института изучение лишайников и мохообразных занимает все более заметные позиции. Расширяется и география исследований. Одной из первых публикаций этого плана стал подготовленный сотрудниками определитель «Лишайники и мхи севера европейской части СССР», за которым последовали монументальная сводка-определитель «Печеночные мхи Севера СССР» и списки мохообразных территории бывшего СССР, России и Северной Америки.

С первых дней существования ПАБСИ проводятся опыты по введению в культуру растений местной флоры. С этой целью в 1937-1939 гг. был заложен специальный питомник, позднее к нему добавилось еще три. В настоящее время здесь содержатся представители 402 видов (из них 91 подлежит охране) из 63 семейств.

Результаты изучения растительности Мурманской обл. обобщены в многочисленных публикациях. Итогом довоенных флористических исследований стала «Флора Хибинских гор», изданная в 1953 г. После Великой Отечественной войны в течение полутора десятилетий коллектив работал над фундаментальным трудом «Флора Мурманской области» (1953-1966). Позднее были опубликованы «Анализ флоры Мурманской области и Карелии» и «Определитель высших растений Мурманской области и Карелии».

С середины 1970-х гг. в Саде-институте проводятся исследования биологических и экологических особенностей популяций редких и полезных сосудистых растений. Итогом этой работы стали три тома «Биологической флоры Мурманской области».

Гербарий сосудистых растений, основанный Николаем Аврориным в 1939 г., представлен в основном образцами из Мурманской обл. Именно его материалы послужили фундаментом для написания и издания публикаций, упомянутых выше. Коллекция растений постоянно пополняется в ходе многочисленных экспедиций и сегодня



насчитывает свыше 70 тыс. листов. Большую научную ценность представляют и постоянно пополняемые гербарии мхов и лишайников.

Возвращаясь к проблемам интродукции, следует отметить, что ее успех определяется эффективностью процессов адаптации растений-переселенцев к местным экологическим условиям (включая особенности северных почв), которые в подавляющем большинстве случаев являются для них экстремальными. В результате работ почти полувековой продолжительности физиологами была предложена базовая концепция устойчивости многолетних растений в специфических условиях Кольского Заполярья. Ключевым фактором их повреждения является несоответствие естественных ритмов вегетативного развития короткому периоду северного лета. Сокращение, или полная редукция, вследствие этого фазы осеннего старения листьев, в процессе которого происходят гормональные перестройки, необходимые для подготовки к зиме, обуславливает недостаточное ингибирование метаболизма (у деревьев и кустарников – недоразвитие глубокого покоя) в зимнее время и последующее вымерзание. Выявлены биохимические основы функционирования мембранного механизма, ответственного за регуляцию гормонального баланса, определяющего выбор между активной и пассивной адаптационной стратегией растения в экстремальных условиях.

Исследования по экологической физиологии, проводимые в ПАБСИ, ориентированы на изучение фотосинтетической деятельности аборигенов и интродуцентов, формирования продуктивности растений и фитоценозов разного состава в экстремальных условиях Кольской Субарктики.

Биофизические исследования в Институте выделились из физиологических в самостоятельное направление в 1990-х гг. Усилия специалистов сосредоточены на изучении многолетних ритмов роста и развития биологических систем и влияния геофизических факторов, включая изменения солнечной активности и магнитосферы на организмы в условиях высоких широт.

Изучение процессов обмена вещества и энергии в системе «растительность – почва» привело к пониманию основных закономерностей формирования тундровых и лесных биогеоценозов, почвенного покрова в разных природных зонах Северной Фенноскандии. Описаны процессы аккумуляции, сезонной и многолетней динамики основных элементов-биофилов (углерода, азота, фосфора, калия, кальция) в естественных и окультуренных подзолистых почвах, а также определена роль органического вещества в образовании почв и их плодородии.

С 1945 г. микробиологи Сада-института изучают роль микроорганизмов в поддержании устойчивости растительных сообществ, в процессах почвообразования, их способность осуществлять трансформацию и геохимическую миграцию большинства химических элементов в условиях Кольского Севера. В настоящее время микробиологические исследования направлены на выяснение закономерностей биологического связывания азота атмосферными азотфиксирующими микроорганизмами у бобовых, мхов и лишайников.

Борьба с болезнями и вредителями растений особенно актуальна в неблагоприятных условиях Севера. В Институте применяется высокотехнологичный биологический метод защиты декоративных растений защищенного грунта. Энтомологами сформирован блок северных популяций энтомофагов – естественных природных врагов вредителей, способных эффективно контролировать их численность в оранжереях и теплицах. Эти экологически безвредные средства защиты успешно внедряются в тепличные хозяйства Мурманской обл.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт является одним из наиболее известных на Крайнем Севере центров пропаганды естественно-научных знаний. Ежегодно его посещают более 10 тыс. экскурсантов и в нем проводится до 600 экскурсий. Особое внимание уделяется пропаганде охраны окружающей среды и редких видов растений. Совместно с Кандалакшским и Лапландским заповедниками, другими биологическими учреждениями региона опубликовано уже три издания книги «Редкие и нуждающиеся в охране животные и растения Мурманской области». Последние 7 лет территория и лаборатории ПАБСИ служат местом прохождения практик по биологии и экологии студентов многих областных, центральных и зарубежных университетов.

В последние годы в сотрудничестве с Мурманской областной психиатрической больницей в Саде-институте развивается новое перспективное направление – терапевтическое садоводство (гарденотерапия), получившее широкое распространение в зарубежных, но почти не затронувшее отечественные ботанические сады. В его основе лежит идея о том, что общение с растительным миром через активное (в наиболее простом случае – это труд садовода) и пассивное (созерцание определенных растительных форм и ландшафтов) взаимодействие может использоваться в качестве средства профилактики и лечения нервных и психических заболеваний, а также в целях социальной адаптации.

В своем проекте Полярного сада Николай Аврорин еще в 1931 г. предусмотрел создание музея, но он был организован лишь в августе 2001 г. Современная музейная экспозиция состоит из стендов и витрин, где в хронологической последовательности помещены документы, фотографии и экспонаты, посвященные отдельным этапам становления Института, его руководителям, научно-исследовательским отделам и лабораториям, наиболее интересным практическим работам, многочисленным экспедициям.

Значение Полярно-альпийского ботанического сада-института – старейшего института Российской академии наук на Кольском п-ове – не ограничивается чисто академическими задачами фундаментальных исследований. Выполняя их со времени своего создания, Сад никогда не уходил от насущных практических проблем своих земляков – жителей Мурманской обл. и заслужил их любовь и уважение. Это помогло ему преодолеть самые сложные этапы своей жизни в 40-е и 90-е годы минувшего столетия. И сейчас, в преддверии своего 80-летия, Полярно-альпийский сад-институт остается верен своим традициям, находясь на переднем крае фундаментальной науки региона и важнейших социальных проблем его жителей.

## СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ИСТОРИЧЕСКИЙ ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ИДЕЙ А.Е.ФЕРСМАНА О РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В.П. Петров, д.г.-м.н.

Центр гуманитарных проблем Баренц-региона КНЦ РАН

### Аннотация

Обосновывается, что идеи А.Е.Ферсмана о создании на Кольском п-ове системы связанных горнорудных и химико-металлургических предприятий, обеспечивающих глубокую переработку уникальных минеральных ресурсов региона, сформулированные еще в 1930-х гг., остаются актуальными до настоящего времени и ждут практической реализации.

Большое внимание уделяется анализу материалов Первой полярной конференции, организованной и проведенной в 1932 г. на базе Хибинской горной станции Академии наук СССР акад. А.Е.Ферсманом и В.И.Кондриковым, возглавлявшим на тот момент трест «Апатит». В историческом контексте проведение Первой полярной конференции рассматривается как ключевое событие, в значительной степени определившее направления дальнейшего социально-экономического развития Кольского края. Это был рубеж в стратегии и тактике изучения и освоения природных ресурсов. Он знаменовался переходом от разрозненных ознакомительных и поисковых экспедиций к систематическим масштабным изыскательским, геолого-съёмочным и геолого-разведочным работам.

На примере того, как решалась проблема использования минеральных ресурсов региона в советский период, автор прослеживает механизм действия триады «наука – власть – производство», единство которой являлось главным стержнем и условием успешного экономического роста как на начальном этапе индустриального освоения хибинских месторождений, так и в более поздние периоды социалистического строительства.

### Ключевые слова:

*Кольский Север, история освоения региона, поисковые экспедиции, Первая полярная конференция, комплексное использование, полезные ископаемые, биологические и энергетические ресурсы, перерабатывающие предприятия, экономическая конъюнктура, защита окружающей среды.*

### Abstract

The paper shows that A.E.Fersman's ideas about the development in the Kola Peninsula of a system of interconnected mining and chemical-metallurgical enterprises which provide a deep processing of unique mineral resources of the region, that he formulated in the 1930-s, remain timely and are still to be implemented in practice.

Great attention is paid to the analysis of materials of the First Polar conference organized and held in 1932 at the Khibiny mountain station of Academy of sciences of the USSR by academician A.E.Fersman and V.I.Kondrikov, who was at the moment in charge of the «Apatit» trust. In the historical context, the fact of holding the First Polar conference is considered a key event, which determined, to a considerable degree, directions of the further social and economic development of the Kola region. It was a milestone in the strategy and tactics of studying and development of natural resources. It was characterized by the transition from single evaluating and exploratory expeditions to regular large-scale prospecting, geological-surveying and prospecting works.

With an example of how the problem of use of regional mineral resources was handled during the Soviet period, the author traces the mechanism of action of the triad «science-authority-production», which unity was the basic core and condition of successful economic growth both at the initial stage of industrial development of Khibiny deposits, and during later periods of socialist construction.

### Keywords:

*the Kola North, the history of region development, exploratory expeditions, the First Polar conference, complex use, minerals, biological and power resources, processing enterprises, economic situation, environment protection.*



Освоение природных ресурсов, экономическое и цивилизационное развитие северных территорий России всегда происходило при непосредственном участии академической науки. При этом статус самой науки, ее реальная роль, механизм взаимодействия с властными и общественными структурами изменялись на разных исторических этапах, в зависимости от конкретных политических и социально-экономических условий.

В условиях коренной перестройки социально-экономической системы страны на грани XX-XXI вв. и внедрения в нее принципов и начал капитализма проблема путей и механизмов хозяйственного развития Севера, который был и остается главным сырьевым ресурсом и опорой отечественной экономики, вновь становится актуальной и злободневной. В связи с этим представляется целесообразным и продуктивным анализ опыта освоения природных, прежде всего минеральных, ресурсов

Кольского п-ова в советский период, как наиболее эффективного по своим конечным результатам за многовековую историю изучения и развития края.

Не случайно А.Е.Ферсман еще в 1932 г. отметил: «Строительство и освоение Кольского п-ова является исключительно важной школой, школой методики освоения северных окраин. В чем эта методика? В одном основном принципе – принципе комплексности. Это тот хозяйственный принцип, который является организационным принципом, – это тот новый принцип, который подчиняет новые идеи социалистической стройке, комбинируя все хозяйственные силы вместе, он комбинирует отдельные разрозненные производства, сливая и переплетая их...» [4]. Фактически это была первая формулировка целевой идеи создания Кольского горно-металлургического комплекса на принципах комплексного, взаимоувязанного освоения различных природных ресурсов региона, идеи, которая была путеводной во все последующие годы, вплоть до наших дней.

Применительно к минерально-сырьевому потенциалу Кольского края ныне стали общепризнанными, почти хрестоматийными такие ключевые понятия и представления:

- Мурманский регион является уникальной по запасам и концентрации на сравнительно небольшой территории кладовой руд цветных, черных и редких металлов, фосфора и других неметаллических полезных ископаемых;

- месторождения региона, как правило, содержат одновременно руды целого ряда ценных минеральных и химических компонентов, находящихся в сложных изменчивых соотношениях, вследствие чего их вовлечение в практическое использование требует специальных, зачастую пионерных, неизвестных практике технологических процессов и методов;

- экологические требования и экономическая эффективность обуславливают целесообразность развития в регионе широкого комплекса взаимосвязанных горнорудных, металлургических и горно-химических предприятий.

Формирование этих ныне привычных представлений имело свою историю и логику развития – от обзорных и рекогносцировочных геологических маршрутов, познавательных экспедиций и первооткрывательских находок, предварительных минералогических и химических исследований неизвестных или малоизученных горных пород и минералов, первых технологических опытов их переработки до широкого фронта системных фундаментальных и прикладных исследований, высокой детальности и глубины.

Фактологическая сторона истории открытия и освоения месторождений полезных ископаемых на Кольском п-ове освещена во многих опубликованных работах. Поэтому можно ограничиться лишь некоторыми опорными сведениями, существенными для понимания основных стратегических задач и реализованных подходов по решению целевой проблемы освоения минеральных ресурсов региона и развития на их основе горной и металлургической промышленности на разных стадиях этого исторического процесса.

Особый интерес для изучения роли науки, механизма и форм взаимодействия науки с властными структурами, производством в исследовании и освоении Кольского п-ова в начальный период советского времени представляют опубликованные недавно издания [2, 4].



Известно, что основы долгосрочной программы советской власти по освоению Севера России были сформулированы уже в 1918 г. Несомненно, они исходили и базировались на результатах целого ряда дореволюционных научных исследований. Для Кольского края это были прежде всего материалы экспедиций Рамсея и Гакмана, которые дали первые описания основных черт геологии Хибинского и Ловозерского горных массивов, а также имевшиеся материалы о немногочисленных горных разработках прошлых эпох.

По инициативе председателя Совнаркома В.И.Ленина уже в январе 1919 г. при научно-техническом управлении ВСНХ республики была основана Комиссия по изучению Севера, переименованная 4 марта 1920 г. постановлением Президиума ВСНХ в Северную научно-промысловую экспедицию (Севэкспедиция НТО ВСНХ). Первым начальником Севэкспедиции был назначен Р.Л.Самойлович, известный полярный исследователь, географ. Свидетельством глубокого уважения и внимания советского правительства к академической науке является то, что ученый совет Севэкспедиции было доверено возглавить президенту Академии наук акад. А.П.Карпинскому, а его заместителем стал акад. А.Е.Ферсман. Членами ученого совета Севэкспедиции были видные ученые и общественные деятели (Н.М.Книпович, К.М.Дерюгин, Ю.М.Шокальский, А.А.Бялыницкий-Бируля, А.М.Горький и др.). Севэкспедиция активно взаимодействовала с рядом научных институтов, Русским географическим обществом и другими общественными и производственными организациями [3].

В июне 1920 г. в рамках деятельности Севэкспедиции на Север выехала специальная комиссия для ознакомления с состоянием железной дороги и Мурманского порта. В ее составе были А.П.Карпинский и А.Е.Ферсман, проф. Ю.М.Шокальский, геолог А.П.Герасимов и др. Комиссия высоко оценила значение и перспективы региона, поставила перед советским правительством вопрос о необходимости срочного привлечения значительных средств в развитие Мурманского порта и реконструкцию железной дороги. А.Е.Ферсман, сделавший небольшую экскурсию к подножию Хибин, пришел к выводу о целесообразности проведения детальных минералогических исследований. Уже в конце августа этого же года под его руководством в Хибин выехал первый геологический отряд, в составе которого были преподаватели Е.Е.Костылева, Э.М.Бонштедт, Н.Н.Гуткова, В.А.Унковская, Е.В.Ермолина и пять студентов Петроградского университета. Это стало предвестником и началом систематических геологических исследований не только Хибин, но и всего Кольского региона, проложивших путь к открытию серии промышленных месторождений полезных ископаемых.

«Хибинская эпопея», как называл А.Е.Ферсман период от открытия первых месторождений до промышленного освоения апатит-нефелиновых руд, является уникальным экспериментом промышленного и цивилизационного освоения практически абсолютно безлюдного уголка дикой первозданной северной природы.

Уникальность этого исторического эксперимента обуславливалась несколькими предпосылками и обстоятельствами. Во-первых, это специфика самих месторождений Хибин, мировая практика в то время не знала подобных руд. Существенное значение имели и пророческие предположения пионеров геологического изучения Кольского п-ова о значительных залежах в его недрах других полезных ископаемых. И, наконец, суровейшие условия горно-тундрового рельефа, экстремального полярного климата при полном отсутствии какой-либо производственной, социально-бытовой, транспортной и коммуникационной инфраструктуры.

В данных условиях был необходим выбор оптимальной стратегии освоения Хибинских месторождений. Этот вопрос стоял весьма остро. Вот как об этом говорил В.И.Кондриков, открывая Первую полярную конференцию 1932 г.: «Был период в первой половине тридцатых годов, т.е. два года тому назад, когда считали, что можно на два-три миллиона рублей выяснить 2-3 десятка пунктов и вывезти апатит. Здесь больше ничего не делать, а обогатительное дело поставить в Ленинграде. При этом считалось, что не нужно даже железной дороги, а подвозить можно на волах или на оленях. Робость, боязнь, неверие в силы – вот то, что окружало первый период работы. Решительная четкость задания ЦК партии о том, что в Хибиногорске надо разворачивать дело иначе, а именно: строить большое хозяйство, комплексное хозяйство, горно-обогатительное, горно-химическое, – все эти оппортунистические настроения отбросила в сторону... Уже совершенно бесспорно, совершенно ясно, что путь, выбранный в Хибинах, – путь горно-обогатительный, ясно потому, что этот путь подтвержден уже практикой» [4].

Под понятием «большое хозяйство» при этом понималось не только создание различных горнодобывающих и обогатительных производств, но и создание соответствующей инфраструктуры для проживания людей, медицинского обеспечения, повышение их культурного и образовательного как общего, так и профессионального уровня и т.д.

В 1929 г., всего через три года как был установлен первый заявочный столб на Расвумчоррском месторождении от имени первооткрывателя А.Н.Лабунцова, Северной научно-промысловой экспедиции и Колонизационного отдела Мурманской железной дороги, у подножия Хибинских гор был заложен рудник и горнорудный поселок, который в течение нескольких лет вырос в город Хибиногорск (ныне Кировск). Уже в 1932 г. здесь были открыты горно-химический техникум, художественная и музыкальная школы, больница, столовая, кинотеатр и другие учреждения социально-бытовой и культурной инфраструктуры. Это были первые в мировой практике культурно-образовательные учреждения в Арктике. В 1930 г. население Хибиногорска, в районе которого изначально проживала только одна лопарская семья, составило уже 14 тыс. жителей. Абсолютное большинство из них проживало в землянках, палатках и шалманах, но уже ко второй половине 1932 г.

был практически ликвидирован весь шалманно-палаточный городок, а лето 1933 г. стало началом строительства каменных домов. Возведено здание научной базы Академии наук – знаменитой «Тьетты», начато строительство Нивской ГЭС, Кандалакшского горно-химического комбината, железных дорог и других промышленных объектов. История не знала подобных примеров несомненно жесткого, но интенсивного и, главное, комплексного индустриального освоения «арктических пустынь».

Что же явилось залогом столь в целом эффективного и успешного решения хибинской проблемы?

А.М.Оранжева, ученый секретарь Кольской базы АН СССР в 1936 г., пишет: «Факт, характерный для всей последующей истории Кольского полуострова в советское время – с первых же шагов рука об руку работает мысль: организаторская, хозяйственная и научная» [2]. Под организаторской мыслью она явно понимала партийно-государственное руководство всей работой по освоению Хибинских месторождений. Действительно, три крупные личности того времени олицетворяли эту триаду – секретарь Ленинградского обкома ВКП(б) С.М.Киров, первый директор треста «Апатит» В.И.Кондриков и акад. А.Е.Ферсман. Генератором идей, несомненно, был А.Е.Ферсман, но эти идеи могли остаться втуне, если бы они не получили понимание и поддержку со стороны высокого партийного и государственного руководства страны, нацелившего, в свою очередь, центральное и местное хозяйственное руководство на реализацию научных рекомендаций и прогнозов и предоставившего последнему соответствующие полномочия, финансовые и кадровые ресурсы.

А.Е.Ферсман был не только генератором научных идей, решающих проблемы освоения минеральных ресурсов Хибин и всего Кольского края, он титаническими усилиями, преодолевая скепсис, недоверие, подчас и открытое сопротивление, добивался их практической реализации. Уже в 1928 г. под редакцией А.Е.Ферсмана выходит сборник «Хибинские и Ловозерские тундры» – первая систематическая сводка по минералогии этих массивов. Он автор ряда докладных записок в вышестоящие государственные и хозяйственные органы, организатор серии специальных совещаний в Академии наук, Президиуме Ленинградского областного комитета по химизации, в Президиуме Госплана СССР. Решения, принятые по обращениям А.Е.Ферсмана, свидетельствуют о внимательном отношении партийных и государственных органов того времени к мнениям и предложениям Академии наук и в целом науки. При Совнаркомом СССР была образована Комиссия содействия работам Академии наук, по решению которой летом 1927 г. была создана специальная Комиссия по организации комплексных исследований на Кольском п-ове, а с 1928 г. начала работать Комплексная экспедиция Академии наук» [2].

Существенным для понимания уровня взаимодействия науки, власти и производства в рассматриваемое время является и такой факт, что вопрос об освоении апатитовых месторождений Хибин обсуждался на заседании Политбюро ЦК ВКП(б) 15 мая 1930 г., которое заслушало доклад директора треста «Апатит» В.И.Кондрикова и отметило необходимость ускоренного строительства обогатительной фабрики, гидроэлектростанции на р. Нива и проведения ряда других мероприятий [1]. Проблемы Хибин обсуждались и во время визита в Мурманскую обл. И.В.Сталина в 1933 г. Освоению Хибин в различной форме способствовал ряд других государственных и партийных деятелей той эпохи – В.В.Куйбышев, Я.Э.Рудзутак, А.И.Микоян, С.Орджоникидзе. Значительную роль играл Ленинградский обком ВКП(б). В конце 1930 г. по инициативе С.М.Кирова он объявил мобилизацию членов партии на хозяйственное и культурное строительство в Хибинской тундре. Секретариат Ленинградского обкома партии 10 ноября 1932 г. принял постановление, направленное на решение острой проблемы людских ресурсов. Этим постановлением, в частности, предусматривалось переселение 2 тыс. рабочих в Кандалакшу, 2 тыс. – в Нивастрой, 2 тыс. – в Хибиногорск и 1 тыс. – в Мурманск. За 1930-1933 гг. в Мурманский округ было мобилизовано 80 тыс. чел., в том числе 35 тыс. спецпереселенцев и 45 тыс. колонистов и вербованных [6].

В апреле 1932 г. состоялась Первая полярная конференция по вопросам комплексного использования хибинской апатит-нефелиновой породы. Она была организована и проведена под эгидой Бюро НИС Народного комиссариата тяжелой промышленности СССР. Организаторами и душой конференции были А.Е.Ферсман и В.И.Кондриков, которая проходила с 9 по 11 апреля 1932 г. в Хибиногорске (нынешний Кировск), на базе Горной станции Академии наук, на Нивастрое и в Кандалакше. В ее работе приняли участие представители более 15 научных учреждений, большого числа промышленных производств, хозяйственные, советские и партийные работники. В историческом контексте Первая полярная конференция 1932 г. явилась знаковым событием, оказавшим большое влияние на цивилизационное и социально-экономическое развитие Кольского края на долгие годы. Это был рубеж в стратегии и тактике изучения и освоения природных ресурсов. Он знаменовался переходом от разрозненных ознакомительных и поисковых экспедиций к систематическим изыскательским, геолого-съемочным и геолого-разведочным работам широкого фронта. Это был и важный рубеж в развитии научных исследований Академией наук и других научных учреждений, работа которых как бы была объединена некой неформальной целевой программой по решению единой проблемы научного обеспечения комплексного и взаимосвязанного использования различных полезных ископаемых, биологических, энергетических и других ресурсов Кольского п-ова и смежных районов Севера. Это и принципиально новое налаживание механизма взаимодействия науки и практики, государственных, партийных и хозяйственных органов, как местных, так и союзных. Именно на этой конференции впервые были очерчены контуры и направления будущего развития на Кольском п-ове не только горнорудного и горно-химического

производства, но также целого ряда новых направлений, таких как промышленное и гражданское строительство, энергетика, транспортные системы, северное сельское хозяйство и др.

Реальная жизнь внесла существенные коррективы в программу индустриального развития Кольского края. Некоторые из планировавшихся строек и производств не были реализованы, некоторые – воплощены лишь частично, в редуцированном объеме. Так, не была реализована в полной мере одна из главных идей конференции – создание Кандалакшского химического комбината с заводами по переработке нефелина и апатита. На Кандалакшской площадке планировалось в перспективе создать не менее 8 взаимосвязанных заводов с получением окиси алюминия, различных фосфорных продуктов, в том числе несколько типов удобрений, цемента и т.д. Переработка нефелина была позднее организована в Ленинградской обл. (Пикалевский комбинат). Не были созданы местные предприятия по получению редких металлов из руд месторождений Хибин и Ловозеро, по добыче и переработке некоторых других полезных ископаемых. Анализ и оценка причин, которые повлияли на реализацию широкой производственной программы, намеченной в решениях Полярной конференции, является задачей специальных исследований. С уверенностью можно лишь отметить, что основополагающие идеи А.Е.Ферсмана о создании на Кольском п-ове системы органически взаимосвязанных горнорудных и химико-металлургических предприятий, обеспечивающих рациональное использование и глубокую переработку уникальных минеральных ресурсов с учетом современной экономической конъюнктуры и требований по защите окружающей среды, живы и остаются в центре внимания ученых, ждут своей востребованности и практической реализации. Они стали путеводными в деятельности научных коллективов Кольского филиала АН СССР – Кольского научного центра РАН.

К началу 1980-х гг. исследованиями ученых Центра, других научных учреждений Академии наук и отраслевых министерств практически все основные научные и научно-технические вопросы комплексного использования минерального сырья Кольского п-ова были решены. На некоторых горнорудных комбинатах были достигнуты определенные успехи в использовании основных минеральных компонентов добываемых ими руд. Однако взаимоувязанной переработки руд различных месторождений достигнуто не было из-за практически непреодолимой ведомственной разобщенности горнорудных предприятий. В январе 1982 г. ведущие ученые страны во главе с президентом Академии наук А.П.Александровым обратились к председателю СМ СССР Н.А.Тихонову с просьбой рассмотреть возможность создания на Кольском п-ове единого горнопромышленного комплекса. Отклик последовал незамедлительно. По поручению Н.А.Тихонова была создана рабочая комиссия Госплана и ГКНТ СССР с участием Академии наук для подготовки вопроса на рассмотрение правительством. Рабочая комиссия внесла предложение о создании Кольского горнопромышленного главного управления при СМ СССР, которое 15 апреля 1983 г. рассматривалось на заседании Межведомственной комиссии по комплексному использованию полезных ископаемых при Госплане СССР. Было признано целесообразным, используя опыт работы комиссии по развитию Западносибирского нефтегазового комплекса, образовать аналогичную комиссию по Кольскому горнопромышленному комплексу и учредить уполномоченного Госплана СССР. Спустя полтора месяца – 1 июня 1983 г. Президиум Совета министров СССР рассмотрел проект постановления по созданию названной комиссии и поручил Госплану СССР, ГКНТ и Академии наук СССР дополнительно рассмотреть вопрос о комплексном использовании полезных ископаемых Кольского п-ова и доложить СМ СССР согласованные позиции.

Госплан СССР совместно с ГКНТ и Академией наук СССР, с участием союзных министерств – Минцветмета, Минчермета, Минудобрений, Минстройматериалов, Минхимпрома, Минсредмаша, а также других заинтересованных организаций – внес в СМ СССР проект постановления об образовании при Госплане СССР Межведомственной территориальной комиссии по развитию Кольского горнопромышленного комплекса (с местонахождением в г. Мурманске).

Президиум СМ СССР 1 февраля 1984 г. рассмотрел названный проект и вновь поручил Госплану СССР, ГКНТ и Академии наук СССР еще раз рассмотреть с участием заинтересованных министерств и ведомств этот вопрос и разработать примерную программу комплексного использования полезных ископаемых Кольского п-ова, увязав ее с проектом Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986-1990 гг. и на период до 2000 г. В соответствии с этим заданием под руководством чл.-корр. АН СССР Г.И.Горбунова, председателя Президиума Кольского филиала АН СССР, была подготовлена и в мае 1984 г. представлена «Программа создания в Мурманской области единого межотраслевого горнопромышленного комплекса», получившая полное одобрение Правительства СССР. В этом же году была создана Межведомственная территориальная комиссия Госплана СССР по развитию Кольского горнопромышленного комплекса. В 1985 г. разрабатывается «Программа комплексного использования минерального сырья Кольского полуострова», утвержденная в 1986 г. постановлением СМ СССР № 1226. В 1987 г. Мурманскую обл. посетил Генеральный секретарь ЦК КПСС М.С.Горбачев. Во время этого визита он ознакомился с экспозицией научных работ Кольского филиала АН СССР, что дало возможность руководителю КФАН СССР акад. В.Т.Калининкову подробно доложить рекомендации науки по повышению эффективности использования минеральных ресурсов Кольского п-ова.

Академия наук и, в частности, Президиум Кольского филиала, Институт экономических проблем были привлечены к активной подготовке постановления ЦК КПСС и СМ СССР от 19 марта 1988 г. № 338 «О мерах по ускорению экономического и социального развития Мурманской области в 1988-1990 годах и в период до 2005 года». Это постановление имело важное значение для региональных академических учреждений, так как

именно в ходе начавшейся его практической реализации Кольскому филиалу АН СССР первому в стране был придан статус регионального научного центра Академии наук, в составе которого были созданы три новых учреждения – Институт проблем промышленной экологии Севера (ИППЭС), Институт информатики и математического моделирования технологических процессов (ИИММ) и Институт физико-технических проблем энергетики Севера (ИФТПЭС), и предусмотрены значительные финансовые и кадровые ресурсы для дальнейшего развития Центра.

В развитие рассматриваемого постановления была создана рабочая группа под руководством председателя Президиума КНЦ АН СССР В.Т.Калинникова и председателя Кольской межведомственной территориальной комиссии при Госплане СССР П.К.Маркова по разработке «Концепции совершенствования управления комплексным использованием сырья Кольского региона». Такая Концепция была подготовлена уже в 1988 г. Разработанная схема перспективных межотраслевых связей в Кольском горнопромышленном комплексе основывалась на разработках КНЦ и других институтов, согласованных с основными предприятиями региона. Казалось бы, все! Идеи А.Е.Ферсмана и нескольких поколений его последователей вот-вот будут воплощены в жизнь! Но произошел развал Советского Союза, началось разрушение всей государственной экономической системы. Оптимистические планы и программы были свернуты. Их место заняли программы выживания в условиях депопуляции Севера России. На смену принципам рационального комплексного использования полезных ископаемых пришли новые принципы получения быстрой прибыли любой ценой. Все системообразующие горнорудные и металлургические предприятия Мурманской обл. были акционированы. Их интерес к рациональному комплексному использованию добываемых и перерабатываемых руд, к отечественным научным инновациям и технологиям, дипломатично выражаясь, резко снизился. И в регионе, и в стране в целом фактически произошел разрыв триады «наука – власть – производство», единство которой, ее активное функционирование являлись главным стержнем и условием успешного индустриального и экономического роста как во время «Хибинской эпопеи», так и в послевоенный советский период.

Только к началу XXI столетия, на стадии завершения трансформации экономики из плановой в рыночную, наметилась слабая тенденция несколько большего внимания к науке со стороны государственных органов, а также отдельных хозяйствующих субъектов. Так, началась реализация в промышленных масштабах некоторых инновационных технологий, обеспечивающих использование более широкого круга полезных компонентов руд, а также интересы охраны окружающей среды. В числе таких примеров можно отметить освоение в ОАО «Апатит» технологии получения коагулянтов-флокулянтов и новых взрывчатых веществ из отходов апатитового производства. Созданы новые гидрометаллургические ячейки на комбинате «Североникель» по производству кобальта, меди, редких металлов. Вновь, как и в 30-е годы прошлого столетия, поднимаются вопросы о строительстве в Прихилинине завода по производству фосфорной кислоты с утилизацией содержащихся в апатите редких земель, стронция и фтора, о создании мощностей переработке нефелина. Кольский научный центр РАН продолжает исследования по формированию основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе [5]. В новых экономических и правовых условиях он активно продвигает идею образования в регионе государственной горно-химической корпорации по производству стратегических материалов на базе месторождений Ловозера, Хибин, Африканды, а в перспективе и других рудных районов области. Эта идея получила определенное понимание и поддержку в Госдуме и Правительстве РФ.

В 2008 г. Кольский научный центр по поручению регионального правительства разработал Стратегию социально-экономического развития Мурманской обл. до 2025 г. В разработке Стратегии принимали участие специалисты практически всех научных учреждений Центра. В Стратегии проанализировано несколько вариантов развития области – инерционный, энергосырьевой и инновационный. Два последних варианта в различной мере учитывают необходимость и перспективность диверсификации промышленной экономики региона на принципах, сформулированных А.Е.Ферсманом еще на Первой полярной конференции 1932 г., и с учетом инновационных предложений науки. Можно надеяться, что насущные интересы обеспечения экономической и социальной безопасности, обороноспособности государства, обостряющиеся в условиях глобального экономического кризиса, будут стимулировать реализацию предложений и разработок науки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Барабанов А.В., Калинина Т.А. «Апатит» – из века в век. – 2004. – 288 с. 2. Оранжева А.М. Работа Академии наук СССР и социалистическое строительство на Кольском полуострове (1920-1935). – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008. – 119 с. 3. Пашкова Т.Е. К 80-летию ПИНРО: исторические этапы создания института: Плавморнин – ГОИН – ПИНРО // Арктика – история освоения и изучения. Наука, реальность, легенды. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006. – С.141-151. 4. Первая полярная конференция по вопросам комплексного использования Хибинской апатит-нефелиновой породы (г.Хибингорск, 9-12 апреля 1932 г.). – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 323 с. 5. Формирование основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе / гл. ред. В.Т.Калинников. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005. 6. Шашков В.Я. Спецпереселенцы на Мурмане. – Мурманск: Изд-во Мурманского гос. пед. ин-та, 1993. – 139 с.

## АПАТИТСКИЙ ФИЛИАЛ МГТУ – 10 ЛЕТ ПЛОДОТВОРНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН И МУРМАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Н.Е. Козлов, д.г.-м.н., директор АФ МГТУ  
Геологический институт КНЦ РАН

### Аннотация

Изложены причины организации и этапы становления Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета. Сегодня Апатитский филиал – это единственный в регионе вуз, где уже 10 лет готовят геологов и геоэкологов, химиков-технологов, а также один из двух вузов Заполярья, где готовят специалистов по горному делу. Его цель – обеспечение кадрами учреждения науки и горнорудные предприятия области. Осуществление данной цели стало реальным в рамках тесной интеграции МГТУ и научных учреждений Кольского научного центра РАН. Апатитский филиал МГТУ, отметивший в 2009 г. свое десятилетие, можно отнести к числу успешных совместных проектов этих учреждений.

### Ключевые слова:

*Апатитский филиал МГТУ, Кольский научный центр РАН, интеграция.*

### Abstract

The reasons of the organization and stages of formation of Apatity branch of Murmansk state technical university are stated in this article. Nowadays the Apatity branch is the unique educational department of the region where have been already teaching geologists and geoecologists, chemists-technologists for 10 years, and also one of two High schools of the Polar region where the mining engineers are educated. The purpose of the branch is to provide science establishments and mining enterprises of the area with the specialists. Its realization became possible within the framework of close integration of Murmansk state technical university and scientific institutions of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Science. The Apatity branch of Murmansk state technical university which has celebrated the tenth anniversary in 2009 is undoubtedly among the successful joint projects of these respected establishments.

### Keywords:

*Apatity branch of MSTU, Kola Science Centre of RAS, integration.*



Апатитский филиал МГТУ сегодня – это единственный в регионе вуз, где уже 10 лет готовят геологов и геоэкологов, химиков-технологов, а также это один из двух вузов Заполярья, где готовят специалистов по горному делу. Наша цель – обеспечение кадрами учреждений науки и горнорудных предприятий области. Это стало реальным в рамках тесной интеграции Мурманского государственного технического университета и научных учреждений Кольского научного центра РАН. В год десятилетнего юбилея уместно вспомнить, как это начиналось.

В конце 1994 г. группа сотрудников Геологического института Кольского научного центра РАН – заместители директора Института к.г.-м.н. А.А.Иванов и к.г.-м.н. В.А.Припачкин, а также автор настоящей статьи совместно с первым проректором Мурманской государственной академии рыбопромыслового флота (МГАРФ) доцентом В.Ф.Штыковым выступили с инициативой подготовки специалистов-геологов силами преподавателей МГАРФ и ученых ГИ КНЦ. Эта инициатива была поддержана директором Геологического института акад. РАН Ф.П.Митрофановым и ректором МГАРФ (позже Мурманского государственного технического университета) проф. А.П.Гальяновым. Было принято решение об организации в г.Апатиты новой образовательной структуры, именованной тогда Филиал естественно-технического факультета. В ходе подготовительной работы был проведен ряд совещаний с руководителями Президиума КНЦ РАН и ведущих институтов КНЦ РАН, после чего в феврале 1995 г. между МГТУ и КНЦ РАН был подписан Протокол о создании в г.Апатиты Мурманской обл. подразделения университета для совместной подготовки кадров по естественно-техническим направлениям и специальностям, в том числе для институтов научного центра.

Большую помощь в организации этого подразделения оказывала Мурманская областная дума и работающий в ней, избранный от г.Апатиты, депутат А.А.Иванов. В апреле 1996 г. автор настоящей статьи был назначен директором подразделения, а в конце этого же года была организована первая кафедра – кафедра геологии и полезных ископаемых, заведующим которой стал акад. Ф.П.Митрофанов. В состав кафедры были приняты проф. Э.В.Каспарьян, проф. В.А.Припачкин и ст. преподаватель Ю.М.Кирнарский, чуть позже проф. В.И.Пожиленко. Некоторое время они и составляли весь штат Филиала.

11 февраля 1997 г. был подписан генеральный Договор о сотрудничестве между Кольским научным центром РАН и Мурманским государственным техническим университетом. В 1997 г. сотрудник Горного института КНЦ РАН Э.В.Каспарьян занимается организацией кафедры горного дела. В последующие годы



много для развития этой кафедры сделал проф. Г.Г.Милехин. В январе 1998 г., благодаря усилиям сотрудника Института проблем промышленной экологии к.г.н. Н.Е.Раткина, у молодого поколения Мурманской обл. появилась возможность обучаться специальности «Геоэкология». В этом же году состав сотрудников Филиала увеличился на 4 человека: руководителем учебной части стала Л.Д.Кириллова, а А.А.Иванов, И.В.Чикирев и Ю.И.Ильин – заместителями директора. И, наконец, в 1999 г. филиал факультета преобразуется в Апатитский филиал Мурманского государственного технического университета и получает лицензию на право ведения образовательной деятельности.

После организации Филиала открывается еще одна специальность – «Химия». У истоков ее открытия стоял зам. директора ИХТРЭМС КНЦ РАН проф. В.Н.Макаров. В последующие годы силами сотрудников ИХТРЭМС, и в первую очередь д.т.н. О.Н.Крашенинникова, открывается специальность «Промышленное и гражданское строительство», а благодаря поддержке зам. председателя КНЦ РАН проф. Б.В.Ефимова – «Электроснабжение».

Необходимо отметить, что все это – и организация и дальнейшее развитие такой необычной структуры – было бы невозможным без поддержки ректора МГТУ проф. Александра Михайловича Ершова и всей «команды» его заместителей, без постоянного внимания и помощи со стороны заведующих кафедрами, директоров ведущих институтов КНЦ РАН, академиков РАН В.Т.Калинникова, Ф.П.Митрофанова, Н.Н.Мельникова, д.т.н. Г.В.Калабина и чл.-корр. РАН В.К.Жирова, а также директора ИППЭС, д.т.н., проф. В.А.Маслобоева и директора ГИ КНЦ РАН, д.г.-м.н., проф. Ю.Л.Войтеховского.

И как итог – вот уже 10 лет в г.Апатиты активно работает и развивается структура, воплощающая в себе разнообразные формы интеграции науки и высшей школы. Сама необычность структуры определила и необычность схемы обучения: первые 2 года студенты обучаются в Мурманске в МГТУ, где получают базовые знания, затем – в Апатитах. Сегодня в Филиале ведется подготовка по направлению 130100 «Геология и разведка полезных ископаемых» (бакалавриат и магистерская подготовка), по специальностям: 020101.65 «Химия»; 020804.65 «Геоэкология»; 130403.65 «Открытые горные работы»; 130404.65 «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых»; 140211.65 «Электроснабжение»; 2700102.65 «Промышленное и гражданское строительство». Начиная с 2000 г. Филиал ведет подготовку магистров-геологов, в ближайшее время планируется начать осуществлять подготовку магистров по химии, строительству и экологии.

На кафедрах преподают более 120 человек, в основном сотрудники КНЦ РАН, из них около 90% имеют ученую степень, в том числе 3 являются академиками, а 2 – членами-корреспондентами РАН, 36 – докторами и почти 70 – кандидатами наук; 9 профессоров Филиала избраны действительными членами негосударственной Российской академии естественных наук.

Благодаря поддержке МГТУ и институтов КНЦ РАН филиал располагает компьютерным классом, подключенным к системе Интернет и оснащенным компьютерами последнего поколения, кабинетами петрографии, минералогии и геоэкологии. Специализацию студенты проходят в хорошо оборудованных лабораториях академических институтов, к их услугам библиотека Филиала и научные библиотеки институтов КНЦ РАН, уникальные коллекции Минералогического музея ГИ КНЦ РАН и выставки КНЦ РАН «Рациональное использование природных ресурсов Баренц-региона», экспозиции коллекций растений различных типов северных ландшафтов на территории ПАБСИ РАН.

С целью более четкой организации научной работы студентов, совершенствования системы выбора тех, кто наиболее склонен к творческой работе, на базе АФ МГТУ создан учебно-научный центр. В нем обучаются студенты, проявившие интерес к занятиям наукой. В Филиале установлена телекоммуникационная система, обеспечивающая связь в режиме телеконференций с головным университетом. Благодаря этому АФ МГТУ выполняет также и функции представительства МГТУ по дистанционному обучению. Высокий авторитет за рубежом МГТУ и КНЦ РАН позволил развить и укрепить международные контакты Филиала. Студенты АФ МГТУ регулярно участвуют в проходящих как в России, так и за рубежом молодежных международных школах и совещаниях совместно со студентами университетов Оулу (Финляндия), Лулео (Швеция), Кракова (Польша). Профессора ряда кафедр Филиала читают лекции в зарубежных университетах, в числе которых и автор настоящей статьи (visiting-профессор Краковской горно-металлургической академии).

Результат тесного содружества науки и образования не заставил себя ждать. На протяжении ряда лет выпускники МГТУ, обучавшиеся в Апатитском филиале, приходят в стены институтов КНЦ РАН, чтобы продолжить дело, начатое сотрудниками институтов, воспитывавшими их со студенческой скамьи. Некоторые из них – Е.А.Ниткина, Н.Н.Галкин и Д.А.Габов – уже защитили кандидатские диссертации, а к.г.-м.н. А.В.Мокрушин входит в состав дирекции Геологического института как ученый секретарь Института и его ученого совета.

В 2010 году МГТУ отметит свое 60-летие, а КНЦ РАН – 80-летие. К числу успешных совместных проектов этих уважаемых учреждений, без сомнения, можно отнести Апатитский филиал МГТУ, отметивший в этом году свое 10-летие.

## О НЕОБХОДИМОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ВУЗА НОВОГО ТИПА НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ

А.Г. Олейник, д.т.н.; М.Г. Шишаев, к.т.н.; Т.П. Скуфьина, д.э.н.

Институт информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН

### Аннотация

Обоснована необходимость и возможность создания в Мурманской обл. государственного научно-образовательного учреждения, в котором подготовка высококвалифицированных кадров органично сочеталась бы с современными научными исследованиями и внедрением их результатов в виде современных наукоемких инновационных технологий. В качестве основного механизма создания такого учреждения предлагается интеграция существующих в регионе государственных учреждений профессионального образования и развивающихся компонентов инновационной инфраструктуры с уникальным научно-исследовательским потенциалом Кольского научного центра РАН.

### Ключевые слова:

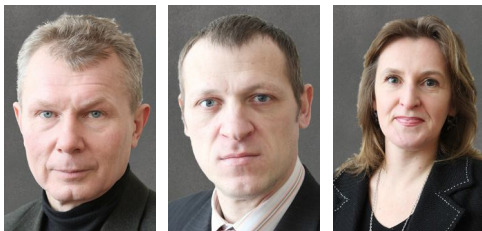
*устойчивое развитие, реформа образования, инновационные кадры, научно-образовательно-инновационный комплекс.*

### Abstract

The paper substantiates the necessity and perspectives to establish a state education and research institution which would properly combine training of highly-qualified personnel and current scientific research as well as implementation of their results in the form of modern science-intensive innovation technologies. The basic mechanism to establish the institution is integration of the existing regional state vocational training institutions and developing innovation infrastructure components possessing a unique scientific and research potential of the Kola Science Center RAS.

### Keywords:

*sustainable development, educational reform, innovation personnel, research-scientific-innovation complex.*



Широкомасштабные планы реализации стратегических экономических и политических целей России в Евро-Арктическом регионе, наряду с закономерным развитием субъектов Федерации, расположенных на Европейском Севере России, требуют качественной, надежной и стабильной кадровой базы. Для решения насущных и перспективных задач социально-экономического развития этих территорий, неразрывно связанных с укреплением геополитического положения России в приарктической зоне,

нужны высококвалифицированные специалисты различных областей профессиональной компетенции, ориентированные на реализацию инновационной линии развития региона. Эти специалисты должны иметь не только необходимую теоретическую и практическую подготовку, но и хорошо представлять специфику использования своих знаний и практических навыков в условиях Крайнего Севера.

Особая острота кадровой проблемы в северных регионах России обусловлена тем, что в постсоветский период практически прекратился приток кадров из других регионов, а большая доля молодежи, выехавшей с Севера для получения образования в учебных заведениях других регионов, не возвращается обратно. Поэтому наиболее действенным путем решения задач кадрового обеспечения Европейского Севера России является развитие и совершенствование систем профессионального образования в этих регионах. К сожалению, некоторые созданные здесь в последние 10-15 лет высшие учебные заведения (главным образом в форме филиалов), оказавшись в условиях жесткой конкуренции за «внебюджетное» финансирование, ориентируют свою деятельность не на обеспечение потребностей региона в квалифицированных кадрах, а на удовлетворение индивидуальных запросов жителей в освоении «модных» специальностей на условиях полной компенсации затрат на обучение. Причем такие специальности часто не являются профильными для учебных заведений и, как следствие, не имеют реального обеспечения специализированной материально-технической базой и профессорско-преподавательским составом. В результате с ростом доступности образования падает его качество и снижается доверие работодателей к уровню квалификации выпускников региональных учебных заведений.

Одним из стратегических направлений реформирования отечественной системы высшего образования, призванным повысить ее эффективность, является переход на двухступенчатую модель обучения в высшей школе. Предполагается, что первая ступень высшего образования – бакалавриат – станет источником кадров для реального сектора экономики и необходимой начальной ступенью для повышения образовательного уровня в магистратуре или специалитете. При этом реализацию программ второй ступени подготовки – специалистов и магистров – планируется закрепить за относительно небольшим числом крупных образовательных центров, функционирующих на базе существующих ведущих вузов России и вновь создаваемых федеральных университетов. В силу указанных выше тенденций концентрация подготовки магистров и специалистов в

университетских центрах за пределами регионов приведет к дальнейшему углублению дисбаланса между кадровым обеспечением инновационных процессов в «центре» и на «окраине».

Для сохранения и развития человеческого потенциала, без которого невозможно укрепление геополитических позиций и устойчивое инновационное развитие субъектов Евро-Арктического региона России, жизненно необходимо наличие на данной территории государственного научно-образовательного учреждения, в котором подготовка высококвалифицированных кадров органично сочеталась бы с современными научными исследованиями и внедрением их результатов в виде современных наукоемких инновационных технологий.

### **Каким должен быть новый вуз?**

Для обеспечения кадровой базы инновационного развития необходим локализованный в регионе научно-образовательный инновационный комплекс, наиболее адекватной формой реализации которого является университет исследовательского типа. Это наиболее завершенный вид университета, который удовлетворяет и потребностям общества и потребности личности во всех формах и уровнях образования.

Характерными особенностями исследовательского университета являются [1-3]:

- тесная интеграция обучения и исследования на всех ступенях образовательного процесса;
- большое количество специальных программ послевузовской подготовки;
- значительно меньшее число студентов, приходящихся на одного преподавателя, чем в обычных вузах;
- проведение крупных фундаментальных исследований, финансируемых преимущественно из бюджета и различных фондов на некоммерческой основе;
- тесная связь с бизнесом и хорошо поставленная коммерциализация результатов научных исследований, осуществляемая в околоуниверситетском пространстве, преимущественно в исследовательских парках;
- тесная интеграция с мировыми научно-исследовательскими центрами;
- определяющее воздействие на региональное научно-техническое и социально-экономическое развитие.

Среди особенностей исследовательского университета обычно отмечают еще и высокую долю обучающихся по программам магистров, кандидатов и докторов наук и меньшую долю студентов первой ступени обучения – бакалавриата [1-5]. Однако это предполагает наличие «вокруг» исследовательского университета некоторого количества разнопрофильных вузов, осуществляющих подготовку бакалавров, часть из которых продолжает образование в исследовательском университете. Подобная схема приемлема в крупных образовательных центрах и не может быть реализована в северных регионах России, особенно с учетом тенденции сокращения количества вузов и концентрации образовательной деятельности в крупных центральных университетах.

### **Основания для создания исследовательского университета в Мурманской области**

Каждый из субъектов Российской Федерации, входящих в состав Евро-Арктического региона, обладает определенным образовательным и научным потенциалом, который может рассматриваться как базис для создания федерального исследовательского университета. Однако имеется целый ряд аргументов в пользу создания исследовательского университета именно в Мурманской области.

В настоящее время Мурманская область является одним из наиболее экономически развитых регионов Северо-Западного федерального округа, самой урбанизированной территорией в рамках Баренцева региона. В связи со стратегическими задачами региона в системе народнохозяйственного комплекса страны Мурманской области необходимо сформировать собственную инновационно ориентированную систему непрерывного профессионального образования. Это обусловлено прежде всего тем, что современная структура экономики области существенно отличается от структуры экономик регионов-соседей. Так, ресурсный потенциал вузов Архангельской области и Республики Карелия соответствует, в первую очередь, производственной специализации и целям развития именно этих регионов. Активизация диверсификационных процессов в экономике Мурманской области потенциально лишь усиливает ее отличия от соседних регионов.

В ходе исторического развития основной научно-исследовательский потенциал Евро-Арктического региона России сконцентрирован в научных центрах РАН. Региональные научные центры РАН создавались как мультидисциплинарные научные организации, основной задачей которых являлось проведение фундаментальных научных исследований с ориентацией на их практическую реализацию в ключевых отраслях экономики и социальной сферы соответствующих регионов. Стратегическим положением Мурманской области во многом обусловлен тот факт, что именно здесь сформировался самый крупный и многопрофильный научный центр – Кольский научный центр (КНЦ) РАН, включающий 11 научно-исследовательских институтов и проблемно ориентированных исследовательских центров.

Комплексные междисциплинарные исследования, проводимые в КНЦ РАН, расширяют базу знаний и данных о природно-ресурсном потенциале приполярных и арктических территорий, обеспечивают познание глубинных закономерностей развития природных систем Севера, способствуют выявлению условий и перспективных направлений эффективной хозяйственной деятельности на Севере Европы и арктических территориях, ведут к совершенствованию техники и технологий в сфере добычи и переработки природных

ресурсов и ряде других значимых отраслей, определяемых потребностями экономики и приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники РФ.

Кольский научный центр РАН на протяжении многих лет активно реализует программы послевузовского образования. Здесь действует аспирантура по 26 специальностям, в которой на сегодняшний день обучаются около 200 человек, успешно функционируют 5 диссертационных советов (по океанологии, экономике и менеджменту, горному делу, химическим технологиям и геоэкологии).

Именно наличие мощного научного потенциала позволило в кратчайшие сроки в середине 1990-х гг. создать в г.Апатиты крупное широкопрофильное учебное заведение – Кольский филиал Петрозаводского государственного университета (КФ ПетрГУ). По спектру специальностей и количеству студентов КФ ПетрГУ сопоставим с «самостоятельными» университетами евро-арктической части РФ, а по качественным показателям профессорско-преподавательского состава – даже превосходит большинство из них. Кроме КФ ПетрГУ, институты КНЦ РАН активно участвуют в образовательной деятельности филиалов других вузов, расположенных в городах Апатиты и Кировск. На сегодняшний день ученые КНЦ руководят деятельностью трех филиалов университетов, возглавляют 22 базовые кафедры, ведут преподавательскую деятельность более чем по 270 дисциплинам. Тесное сотрудничество с высшей школой обеспечивает активное вовлечение студентов в научно-исследовательскую деятельность посредством постоянно действующих научных семинаров, участия в конференциях для студентов и аспирантов, выполнения курсовых и дипломных проектов на базе институтов научного центра.

Важное дополнение к научному и образовательному потенциалу естественно-научной и технологической направленности КНЦ РАН и тесно связанных с ним вузов, расположенных в г.Апатиты, представляет собой научно-образовательный потенциал Мурманского государственного педагогического университета, специализирующегося в области педагогики и гуманитарных наук.

Накопленный в Мурманской области опыт по практической интеграции науки и образования является еще одной чертой, выделяющей ее среди соседей по Европейскому Северу России.

В регионе созданы и развиваются элементы инновационной инфраструктуры. Некоммерческое партнерство «Технопарк «Апатиты», созданное в 2003 г., обеспечивает поддержку инновационных идей на ранних этапах коммерциализации. В конце 2007 г. получил государственную аккредитацию Мурманский региональный инновационный бизнес-инкубатор, к направлениям уставной деятельности которого относятся: содействие коммерциализации инновационных технологий и создание новых инновационных предприятий; разносторонняя поддержка малого и среднего предпринимательства и др.

Принимая во внимание задачи и принципы деятельности исследовательского университета, можно говорить о двух «базовых» подходах к его организации:

- трансформация классического университета в исследовательский университет путем интеграции с ним научных и инновационных структур;
- создание исследовательского университета на базе развитой научно-исследовательской структуры путем тесной интеграции с ней сети образовательных учреждений, прежде всего высшего образования, и инновационных структур.

Анализ научно-образовательного потенциала северо-европейских регионов России показывает, что ни в одном из рассмотренных субъектов Федерации нет достаточно мощного и многопрофильного вуза, на базе которого мог бы быть реализован первый подход. Высшие учебные заведения данных территорий относительно молоды. Большинство из них имеют выраженную гуманитарную направленность и, что особенно важно, не обладают достаточной научно-исследовательской базой, необходимой для реализации функций исследовательского университета в части развития высоких технологий и подготовки специалистов по стратегически важным для интересов России в высоких широтах направлениям.

Напротив, Мурманская область имеет необходимый базис для создания университета исследовательского типа на основе второго подхода. Такой университет сможет на высоком качественном уровне реализовать кадровое и научно-методическое обеспечение решения задач инновационного развития Мурманской области и всего Евро-Арктического региона России, укрепления геополитических позиций Российской Федерации в зоне Арктики.

### **Цели и задачи исследовательского университета**

Общая цель создания университета исследовательского типа – формирование на территории научно-образовательного учреждения, являющегося центром образования, науки и культуры, где подготовка высококвалифицированных кадров органично сочетается с современными научными исследованиями и осуществляется в рамках системно управляемой совокупности интегрированных учебно-инновационных комплексов, созданных на основе научно-педагогических школ.

Специфические особенности жизнедеятельности на Севере и особенно его арктической части, масштабные кросскультурные коммуникации населения Мурманской области обуславливают целесообразность ориентации системы подготовки специалистов на местное население, обладающее компетенцией проживания в суровых климатических условиях, соответствующими социальными особенностями и навыками работы в межкультурной среде. Такие специалисты связывают свое благополучие с благополучием своего края. Опыт

проживания в регионе делает специалистов более «сориентированными» в решении актуальных социально-экономических региональных проблем современности и проблем, которые проявятся в будущем.

Исследовательский университет призван решать три группы задач, ассоциированных с основными направлениями его деятельности.

В рамках **образовательной деятельности** основной функцией исследовательского университета является создание и обеспечение системы непрерывного профессионального образования в интересах эффективного удовлетворения кадровых потребностей региональной социально-экономической системы, а также индивидуальных потребностей жителей Евро-Арктического региона России. Система непрерывного образования объединяет образовательные структуры различного уровня. Центральным звеном являются образовательные учреждения, реализующие массовое высшее профессиональное образование (ВПО) по важнейшим для Евро-Арктического региона России направлениям. Профорientационная работа среди школьников, тесное сотрудничество с учреждениями начального и среднего профессионального образования должны обеспечить не только формирование необходимого для поступления в вуз базиса знаний и компетенций у абитуриента, но и помочь ему сделать осознанный выбор будущей специальности, понять, для чего ему нужно высшее образование и где в будущем он сможет применить полученные знания, умения и навыки. В процессе обучения по массовым программам ВПО должна выделяться наиболее талантливая молодежь, склонная к углубленному изучению «прорывных» направлений техники и технологий, а также научно-исследовательской деятельности. Именно данный контингент студентов целесообразно направлять для продолжения образования на II ступени ВПО. Подготовку магистров и аспирантов необходимо осуществлять в специализированных научно-образовательных структурах, непосредственно интегрированных с профильными научно-исследовательскими учреждениями.

**Научно-исследовательская деятельность** связана с реализацией функции получения новых знаний и генерации инновационных идей. Данное направление деятельности в исследовательском университете на начальном этапе может осуществляться достаточно эффективно и разносторонне только в тесном сотрудничестве с институтами КНЦ РАН. Сочетание опыта ведущих ученых с энтузиазмом и свежим взглядом молодых исследователей, возможность использования достаточно развитой материальной базы КНЦ позволят исследовательскому университету в короткие сроки активно включиться в реализацию научных, научно-технических программ федерального, межрегионального, регионального масштабов. Основой для развертывания научной деятельности в исследовательском университете могут послужить базовые кафедры институтов КНЦ, уже действующие в учреждениях ВПО.

Основные задачи в **инновационной деятельности** исследовательского университета заключаются в формировании кадрового, производственно-технического и организационного потенциала, образующего необходимую «критическую массу» для прорывного инновационного развития региона. В первую очередь необходимо обеспечить развитие инновационной культуры и наработку опыта инновационной деятельности подготавливаемых специалистов, а также целевую подготовку специалистов в области инноватики. В рамках исследовательского университета необходимо создать современную материально-техническую базу, позволяющую практически реализовать инновационные технологические схемы и реальное производство опытных образцов инновационной продукции. Важной составляющей является разработка и апробация моделей инновационных схем, механизмов коммерциализации результатов научно-исследовательской деятельности и создание реально действующей нормативно-правовой базы, способствующей инновационному развитию региона. Так как инновационные решения, как правило, имеют междисциплинарный характер, то в составе исследовательского университета целесообразно иметь единый центр поддержки инновационной деятельности. Данный центр должен обеспечивать инновационный менеджмент, информационную и методическую поддержку инновационной деятельности всего университета, а также оказывать услуги в данной области сторонним инноваторам.

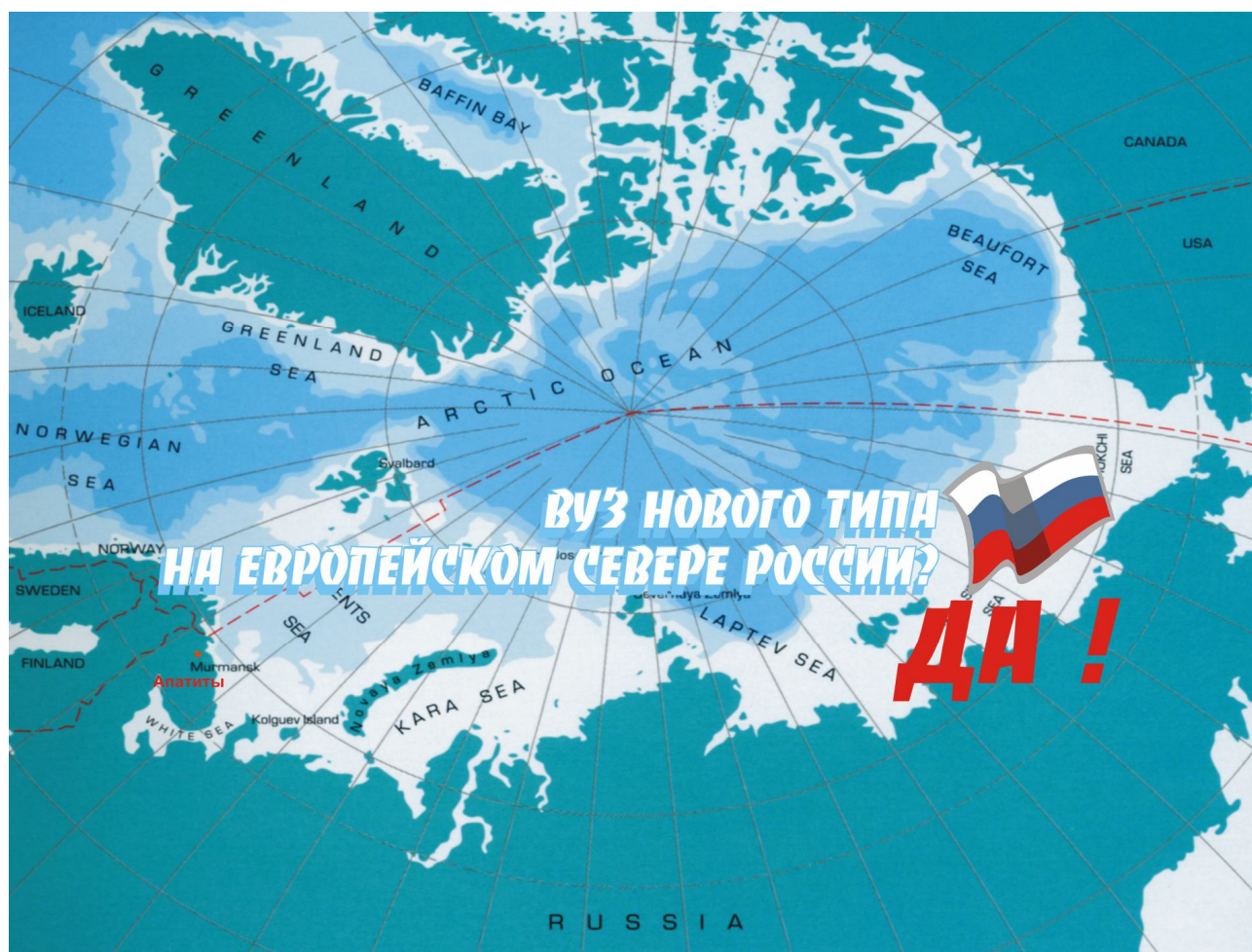
#### **Возможный механизм образования нового университета**

Готовящиеся реформы системы образования неизбежно приведут к очередному изменению сложившихся в регионах систем подготовки профессиональных кадров, что выразится, в первую очередь, в сокращении количества образовательных учреждений. В наиболее сложной ситуации, по-видимому, окажутся все учебные заведения, имеющие статус филиалов и представительств, несмотря на то, что данные учебные заведения существенно различаются по имеющейся материальной и научно-образовательной базе, объемам и качеству предоставляемых образовательных услуг. Более жесткие требования по обеспечению учебного процесса профильной материальной и преподавательской базой могут поставить в трудное положение и Мурманский педагогический университет.

Для сохранения немалого педагогического и научного потенциала вузов и ссузов Мурманской области, формирования надежного базиса подготовки инновационных кадров в регионе, обеспечения возможности удовлетворения разносторонних образовательных потребностей жителей необходимо новое кардинальное решение. Поэтому и представителям высшего образования и науки, и региональной администрации, и дальновидным бизнесменам, связывающим развитие своего дела с Мурманской областью, следует объединить свои усилия для создания на ее территории исследовательского университета.

Наиболее рациональным путем его создания представляется слияние в единое образовательное учреждение большинства наиболее крупных высших и средних специальных учебных заведений региона, получающих финансирование из федерального бюджета. Основные показатели деятельности нового Университета, подразумевающие бюджетное финансирование, в краткосрочной перспективе не превышают суммы соответствующих показателей интегрируемых в него образовательных учреждений. Таким образом, суммарный объем поступлений из федерального бюджета, адресованный вузам Мурманской области, останется прежним или даже снизится за счет оптимизации расходов, основанной на повышении сбалансированности и согласованности функционирования региональной системы профессионального образования.

Определенные трудности на этом пути, по-видимому, могут быть связаны с преодолением психологического барьера руководства действующих вузов, с осознанием ими жизненной необходимости объединения со вчерашними конкурентами. Вторая проблема – доказать на федеральном уровне необходимость создания государственного исследовательского университета на территории Мурманской обл. и целесообразность интеграции под его эгидой всех государственных вузов региона. Решение именно этой проблемы требует объединения усилий всех заинтересованных сторон.



#### ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев В.А. Классический исследовательский университет: концепция, признаки, региональная миссия // Университетское управление. – 2000. – № 2(13). – С.25-31. – Режим доступа: <http://www.ecsocman.edu.ru/univman/msg/145145.html>.
2. Национальные исследовательские университеты – будущее высшей технической школы России / В.М.Кутузов, Д.В.Пузанков, В.Ф.Рябов [и др.] // Университет. управление: практика и анализ. – 2009. – № 1. – С.16-22.
3. Сайт Томского гос. ун-та. – Режим доступа: <http://tsu.ru>. – Загл. с экрана.
4. Исследовательские университеты в России: пути становления и развития / П.С.Чубик, А.И.Чучалин, Ю.П.Похолков [и др.] // Университет. Управление: практика и анализ. – 2009. – № 1. – С.22-30.
5. Алфимов М.В. Исследовательские университеты в России. Новое название того, что уже есть, или...? // Персональный сайт акад. РАН М.В.Алфимова. – Режим доступа: <http://www.alfimov.info/usuniversities.html>

**Всероссийская научная конференция с международным участием  
«Комплексные геолого-геофизические модели древних щитов»  
(посвящена 50-летию лаборатории геофизики Геологического института КНЦ РАН)  
ГИ КНЦ РАН, г.Апатиты, 28-30 сентября 2009 г.**

Конференция проводилась под эгидой Кольского научного центра РАН, ГИ КНЦ РАН при финансовой поддержке Министерства экономического развития Мурманской обл., являющегося Государственным заказчиком ведомственной целевой программы «Развитие науки, научно-технической и инновационной деятельности в Мурманской области». Конференция была поддержана Российским фондом фундаментальных исследований. Почетный президиум: акад. РАН Е.П.Велихов – вице президент РАН, акад. РАН Ф.П.Митрофанов – советник РАН.

Основные направления исследований в представленных докладах: а) влияние флюидов и реологических свойств на геофизические поля; б) возможности восстановления термодинамических параметров в мантии; в) методика и результаты геоэлектрических исследований коры и мантии; г) методика и результаты геофизических исследований при оценке реологии и напряженного состояния массивов горных пород; д) результаты интерпретации сейсморазведочных данных и аномалий потенциальных полей при изучении строения геологических структур разного масштаба.

По всем перечисленным направлениям заслушан 41 научный доклад и рассмотрены 22 стендовых доклада. Всего на конференции присутствовали около 90 слушателей из 12 организаций Москвы, Мурманска, Санкт-Петербурга, Петрозаводска. Активное участие в работе конференции приняли сотрудники Геологического и Горного институтов Кольского научного центра РАН, а также студенты и аспиранты Апатитского филиала Петрозаводского государственного университета. Доклады были представлены от 21 организации, в том числе от Института геофизики Польской академии наук и Геологической службы Финляндии. Всего было проведено 5 пленарных заседаний и 3 дискуссии по представленным докладам.

Материалы конференции, освещающие новейшие результаты применения геофизических методов при изучении глубинного строения коры и мантии, поисках и разведке полезных ископаемых и прогнозе удароопасности горных выработок, опубликованы в ноябре 2009 г. в виде сборника статей.

**V Всероссийская научная школа «Математические исследования в естественных науках»  
ГИ КНЦ РАН, г.Апатиты, 12-14 октября 2009 г.**

Школа проводилась под эгидой Кольского отделения Российского минералогического общества при финансовой поддержке Министерства экономического развития Мурманской обл. В ее работе приняли участие более 30 ученых: сотрудники Физико-химического института им.Л.Я.Карпова (г.Москва), Института геологии и природопользования ДВО РАН (г.Благовещенск), АОЗТ «Севзапгео» (Санкт-Петербург), ООО «Арджейси Консалтинг» (Санкт-Петербург), Московского государственного университета, Омского государственного университета, Владимирского государственного гуманитарного университета, Самарского государственного университета, Татарского государственного гуманитарно-педагогического университета (Казань).

В ней приняли участие сотрудники Геологического, Горного институтов, Института проблем промышленной экологии Севера и Полярно-альпийского ботанического сада-института КНЦ РАН. На конференции присутствовали представители Апатитского филиала Мурманского технического университета и Кольского филиала Петрозаводского государственного университета.

За три дня работы Школы было заслушано 25 устных докладов, в которых рассмотрены современные точные методы оценки кристаллических структур минерального мира, биологического разнообразия природных систем и сходства живой и неживой природы, представлены примеры использования математических методов при поисках, разведке и оценке месторождений полезных ископаемых.

Труды Школы опубликованы в сборнике полных текстов докладов, который направлен в отделения Российского минералогического общества, институты Отделения наук о Земле и ведущие библиотеки страны, а также участникам Школы.

## **Международная конференция**

**«Биологическое разнообразие северных экосистем в условиях изменяющегося климата»**

**ПАБСИ КНЦ РАН, г.Апатиты, 10-12 июня 2009 г.**

Целью конференции являлось развитие сотрудничества в области изучения биоразнообразия северных экосистем в условиях изменяющегося климата и интенсивной техногенной нагрузки, сравнительной динамики экосистем в различных климатогеографических зонах с учетом глобального, регионального и локального воздействия на биоразнообразие, хромосомной изменчивости диких и культурных растений, биоразнообразия как источника лекарственных ресурсов. Обсуждались методы и подходы к созданию единой стратегии междисциплинарного изучения динамики экосистем, интеграции информационных и программных ресурсов, включая информацию о биоразнообразии в образовательные программы.

Работа конференции проходила по следующим секциям:

1. Палеоэкология и биоразнообразие на Севере. Сравнительная динамика экосистем в различных климатогеографических зонах.
2. Влияние климатогеографических, геофизических и техногенных факторов на генетику популяций и хромосомную изменчивость. Эволюция хромосомных наборов диких и культурных растений.
3. Биоразнообразие как источник лекарственных ресурсов. Растительное разнообразие и здоровье человека.
4. Глобальное, региональное и локальное воздействие на биоразнообразие.
5. Ботанические сады: сохранение биоразнообразия, экологическое образование, информационное обеспечение.

В конференции приняли участие 137 человек. В числе участников конференции, помимо сотрудников ПАБСИ, присутствовали сотрудники Зоологического института РАН (СПб), СПбФ ИЗМИРАН, Ботанического института им.В.Л.Комарова РАН, Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Института биологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар), Института биологии КарНЦ РАН, Института леса КарНЦ, Института экологических проблем Севера УрО РАН, Кольского филиала ПетрГУ и др.

Главной особенностью конференции был комплексный и междисциплинарный характер обсуждаемых вопросов. Участники конференции отметили необходимость организации биосферно-геосферных стационаров и фоновых полигонов в высоких широтах, где можно было бы проводить долговременный комплексный и междисциплинарный мониторинг для изучения динамики биоразнообразия и выявлять изменения, обусловленные воздействием глобальных, региональных и локальных влияний в целях оценки вклада климатических трендов и техногенного воздействия в структуру биологических сообществ. Только комплексные и междисциплинарные исследования способны дать ответ на вопросы, связанные с сохранением биоразнообразия и бережным отношением общества к природной среде. Вопросы, поднятые и обсужденные участниками конференции, оценили как исключительно важные и полезные для дальнейших исследований.

Конференция проводилась благодаря поддержке:

- целевой программы Президиума РАН «Общеакадемические мероприятия»;
- гранта РФФИ 09-04-06047-г «Организация и проведение Международной научной конференции «Биологическое разнообразие северных экосистем в условиях изменяющегося климата»;
- администрации Мурманской обл. в рамках раздела «Организация и проведение региональных конференций, симпозиумов, семинаров по актуальным вопросам развития науки в Мурманской области» Перечня основных мероприятий РЦП «Развитие науки, научно-технической и инновационной деятельности в Мурманской области».

## **Международная научная конференция «Физико-химические механизмы адаптации растений к антропогенному загрязнению в условиях Крайнего Севера»**

**ПАБСИ КНЦ РАН, г.Апатиты, 12 июня 2009 г.**

Цель конференции – обсуждение физико-химических механизмов адаптации растений к антропогенному загрязнению природной среды в условиях Крайнего Севера, а также анализ последних достижений ученых в области физиологии, биохимии, молекулярной биологии и биотехнологии растений. Многолетний опыт работы ПАБСИ КНЦ РАН в области физиологии растений и, прежде всего, экофизиологии растений в условиях Крайнего Севера будет способствовать более глубокому пониманию и анализу поставленных задач.



Основные направления работы конференции:

1. Проблемы сохранения биоразнообразия на Севере.
2. Регуляция онтогенеза и продуктивности растений. Экспрессия генов. Сигналинг.
3. Механизмы выживания растений в экстремальных условиях. Адаптация растений к комплексу природно-климатических факторов Севера.
4. Физико-химические основы устойчивости и биоаккумуляции тяжелых металлов у растений.
5. Жизнедеятельность симбиотических азотфиксирующих бактерий в условиях Крайнего Севера.

Значительное внимание на конференции было уделено перспективам использования экологически безопасной технологии очистки загрязненных территорий с помощью фиторемедиации. Успешному рассмотрению вопросов способствовал многолетний опыт работы ПАБСИ в области экологической физиологии растений. В работе конференции приняли участие более 350 человек.

**Всероссийская научная конференция с международным участием, V Научная школа  
«Сбалансированное природопользование. Охрана природы Севера, современные вызовы и решения»  
ИППЭС КНЦ РАН, г.Апатиты, 2-4 сентября 2009 г.**

Конференция приурочена к 20-летию Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН. На пленарном заседании заслушаны доклады приглашенных ведущих ученых. В рамках конференции проходила V Научная школа молодых ученых «Сбалансированное природопользование». Возраст участников Школы – до 35 лет.

**Международная научно-практическая конференция и школа-семинар  
«О совершенствовании системы подготовки менеджеров и специалистов  
для инновационного развития Мурманской области»  
ИЭП КНЦ РАН, г.Апатиты, 11-13 ноября 2009 г.**

Организаторами конференции являлись: Учреждение Российской академии наук Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН, Министерство образования и науки РФ, Министерство экономического развития Мурманской области и Комитет Мурманской областной Думы по образованию, науке и культуре. Конференция была поддержана Российским гуманитарным научным фондом. Сопредседатели программного комитета конференции: Ларичкин Ф.Д., д.э.н., проф., директор ИЭП КНЦ РАН; Костюкевич В.Ф., к.ф.н., министр образования и науки Мурманской области, зам. председателя программного и организационного комитета; Цукерман В.А., к.т.н., зав. отделом промышленной и инновационной политики ИЭП КНЦ РАН. В работе конференции приняли участие порядка 100 человек, в том числе представители научных и образовательных организаций и государственных органов власти. На конференции было заслушано 44 доклада, кроме того 9 докладов представили заочные участники.

В представленных докладах рассмотрены актуальные вопросы совершенствования социально-экономической подсистемы кадрового обеспечения инновационного развития Мурманской области с учетом отечественного и зарубежного опыта.

По результатам конференции будет издан сборник трудов.

В целях совершенствования системы подготовки и переподготовки менеджеров и специалистов для инновационного развития Мурманской области разработаны конкретные предложения Федеральному собранию, Правительству и Министерству образования и науки Российской Федерации, а также органам государственной власти северных регионов.

В рамках школы-семинара были прочитаны лекции и проведены семинарские занятия по проблемам, связанным с системой подготовки и переподготовки специалистов по инновационному менеджменту.

**Арзамасцев А.А., Федотов Ж.А., Арзамасцева Л.В. Дайковый магматизм северо-восточной части Балтийского щита. – СПб.: Наука, 2009. – 383 с.**

Приведены результаты комплексного исследования докембрийских и палеозойских даек кольской части Фенноскандинавского кратона. Дана детальная геологическая характеристика, выделены и описаны основные рои даек, изучены закономерности их пространственного размещения и определена последовательность формирования. Геохронологическими методами (U-Pb, Rb-Sr, Sm-Nd, 40Ar/39Ar) определен возраст даек наиболее крупных роев. Детально охарактеризованы палеозойские дайки щелочных пород, распространенных внутри и в обрамлении Хибинского, Ловозерского, Ковдорского и других массивов, приведены данные о строении и составе трубок алмазоносных кимберлитов Терского берега. Результаты исследования вещественного состава дайковых пород включают: анализ распределения петрогенных элементов и элементов-примесей на основе прецизионных данных, полученных методом ICP-MS для наиболее представительных разновидностей; типохимизм главных и аксессуарных минеральных фаз на основе микрозондового анализа; распределение элементов-примесей в минеральных фазах на основе данных, полученных методом LA-ICP-MS. В заключительных главах работы приведены представления авторов об эволюции палеозойского магматизма и связи дайковых, вулканических и плутонических серий, дана оценка коэффициентов распределения элементов-примесей в дайковых породах, обсуждаются условия генерации родоначальных магм палеозойских дайковых и плутонических серий.

**Васильев В.В., Жуков М.А. Влияние возможного потепления климата на хозяйственную деятельность в арктических регионах России. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 105 с.**

Рассмотрена и обобщена российская и зарубежная информация по динамике изменения климата в Арктической зоне. Представлена общая природно-климатическая характеристика Арктики и ее отдельных районов.

Дан анализ динамики климатических и других природных изменений в ретроспективе. Рассмотрены модели возможных сценариев потепления климата и его воздействия на окружающую среду и хозяйственную деятельность в Арктике.

Разработаны предложения по ликвидации возможного негативного влияния потепления климата на развитие производственной деятельности в Арктической зоне России, функционирование инфраструктурных элементов хозяйства, традиционные промыслы, жизнедеятельность и адаптацию человека.

**Васильев В.С., Грицевич А.В., Селин В.С. Исторические тенденции и современные организационно-экономические проблемы «северного завоза». – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 152 с.**

Основным результатом экономических реформ в России уже в первые годы стало полное разрушение монополии государственной собственности на средства производства и перераспределение полномочий в сферах государственного управления и местного самоуправления, что внесло серьезные отклонения во всю систему доставки жизненно важной продукции в районы с ограниченными сроками завоза, которых особенно много в северных районах Сибири. «Настройка» нового механизма происходила в 1991-1995 гг., которым и посвящена значительная часть монографии. Этот период характеризуется серьезными рисками и угрозами для сотен населенных пунктов, в которых проживали десятки тысяч людей.

В современном виде система досрочного завоза продукции в районы Крайнего Севера и приравненных к ним местностей сформировалась в 2002-2007 гг., когда соответствующие полномочия практически полностью перешли на региональный уровень с частичным финансированием за счет федеральных трансфертов. Однако определенные проблемы здесь сохранились и до настоящего времени, им посвящена последняя глава исследования. Эти проблемы могут серьезно обостриться сейчас, в условиях экономического кризиса, поэтому работа может быть полезна как ученым, так и практикам сферы продовольственного и материально-технического обеспечения северных регионов.

**Gorbazhevich F.F. Acoustopolariscopy of Minerals and Rocks: Theory, Devices, Method and Results, VDM Verlag Dr. Muller Aktiengesellschaft & Co. KG, 2009.**

Изложены теоретические основы метода акустополярископии, описаны необходимые приборы и результаты определений упругих и неупругих свойств некоторых породообразующих минералов и кристаллических пород.

Главным результатом исследований является открытие новых явлений: линейной акустической анизотропии поглощения и деполяризации сдвиговых волн в породообразующих минералах и кристаллических породах. В образцах природных силикатных минералов (амфибола, ортоклаза, микроклина и др.) зарегистрировано значительное проявление этого эффекта. Отмечена зависимость степени проявления эффекта

от частоты зондирующих колебаний. Явление деполяризации сдвиговых волн возникает при разориентированных элементах упругой симметрии в слоях или зернах, слагающих, например, горную породу. Оно позволяет оценить угол разориентировки элементов упругой симметрии в зернах (слоях) моно- и полиминеральных горных пород.

Показано, что метод акустополарископии позволяет определить пространственную ориентировку и относительную величину компонент поля палеонапряжений в метаморфизованной породе. Выявлено, что тип упругой симметрии метаморфизованной горной породы определяется видом поля палеонапряжений, действовавшего в период этапа метаморфических преобразований.

Материал книги содержит результаты исследований образцов пород Уральской и Кольской сверхглубоких скважин.

Книга предназначена для специалистов, работающих в области акустики, геофизики, геологии, а также теории и практики определения свойств твердых тел.

**Залкинд Л.О., Торопушина Е.Е. Жилищная политика в России: Северное измерение. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 230 с.**

Рассмотрены основные направления жилищной политики в северных регионах России с позиций федерального и регионального управления. Оценены общее качество жизни населения Севера России и одна из его основных составляющих – качество жилого фонда и жилой среды. В контексте мирового опыта обозначены возможности и направления совершенствования региональной жилищной политики на Севере. Обосновывается, что одним из необходимых условий эффективного социально-экономического развития северных территорий является проведение новой инновационной жилищной политики.

Книга предназначена для научных работников, преподавателей высших учебных заведений, сотрудников государственных и муниципальных органов власти, аспирантов и студентов.

**Истомин А.В., Павлов К.В., Селин В.С. Региональные эколого-экономические системы: проблемы, методы исследования, тенденции развития. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 187 с.**

Исследован широкий спектр актуальных проблем эффективного функционирования различных региональных эколого-экономических систем зоны Севера России при рыночных отношениях. Большое внимание уделяется вопросам управления экономикой с учетом оценки региональных эколого-экономических диспропорций, определению критериев формирования, структуре и элементному составу эколого-экономического ядра, а также рассмотрению принципов реализации объектно-функционального подхода к эколого-экономической оценке территорий.

Рассмотрены эколого-экономические особенности развития различных регионов, в том числе особенности функционирования хозяйственной системы в глубинных (отдаленных) регионах, вопросы управления эколого-экономическими системами пригородных районов и др. Анализируются межрегиональные социально-экономические и экологические отношения.

Монография предназначена для специалистов, научных работников, аспирантов, менеджеров, а также для студентов экономических специальностей вузов.

**Кашулин Н.А., Сандимиров С.С., Даувальтер В.А., Терентьев П.М., Денисов Д.Б. Экологический каталог озер Мурманской области. Ч.2. Северо-западная часть Мурманской области и приграничные территории сопредельных стран. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 262 с.**

Впервые дается систематизированная экологическая характеристика озер Евро-Арктического региона. В первой части приведены основные гидрографические, морфометрические, гидрохимические и гидробиологические характеристики 151 водоема водосбора Баренцева моря, дающие представление об озерном фонде северо-западной части Мурманской обл. и приграничных территорий Финляндии и Норвегии. По каждому водоему даны: название реки, вытекающей из озера или протекающей через него, координаты водоема, высотные отметки водоема, площадь озера и его водосборной территории, наибольшая длина и ширина, период исследований, гидрохимическая характеристика вод и донных отложений, а также оценка и состояние основных биологических сообществ (фитопланктона, зоопланктона, бентоса, ихтиофауны).

Каталог предназначен для специалистов в области изучения пресноводных экосистем, местного населения, лиц, осуществляющих хозяйственную деятельность на территории северо-западной части Мурманской обл., учащихся учебных заведений, природоохранных служб.

**Кузьмин А.В., Полоскова Е.Ю. Анализ элементарного и комплексного влияния климатических факторов на структурные группы сосновых древостоев в условиях Кольского региона. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 155 с.**

Дана оценка влияния климатических факторов (температуры, осадков, высоты снежного покрова, относительной влажности воздуха и облачности) на формирование годичных радиальных приростов. Определена структурная гетерогенная организация модельных сосновых древостоев в поле влияния данных факторов воздействия. Выявлены географические тренды погодной восприимчивости насаждений, и доказана максимальная чувствительность главного элемента континентальных лесных экосистем. Разработаны

теоретические основы ретроспективного представления и прогнозирования климатических событий в условиях происходящих глобальных изменений.

В пределах годового периода определены временные интервалы, на протяжении которых выявлены эффекты интегрального и удельного воздействия ведущих климатических факторов на формирование географических типов сосновых насаждений. Предложена и обоснована концептуальная модель восприимчивости погодных возмущений элементами соснового древостоя на основе регулирующих и стабилизирующих откликов. Определены экстремальные и трендовые характеристики воздействия климатических факторов, представлены ординированные ряды значимости метеорологических параметров. Обоснованы базовые методологические принципы реконструкции долговременных климатических событий по комплексу элементов описания погоды с дифференцированными временными оценками в пределах годового цикла.

**Мельников Н.Н., Калашник А.И. Шельфовые нефтегазовые разработки: геомеханические аспекты. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 140 с.**

Дан краткий обзор разработки шельфовых и морских нефтегазовых месторождений, на основе которого рассмотрены геомеханические особенности морской добычи нефти и газа. Сформулированы подходы к информационному геомеханическому обеспечению безопасной и эффективной добычи и транспортирования нефти/газа в регионе Баренцева моря. Изложены результаты моделирования напряженно-деформированного состояния массивов пород шельфа Баренцева моря, Кольского п-ова и при разработке шельфового нефтегазового месторождения (на примере Штокмановского газоконденсатного месторождения). Предложена концепция геодинамического мониторинга объектов добычи, хранения и трубопроводного транспортирования углеводородного сырья.

Монография может быть полезна специалистам и инженерам нефтегазовой промышленности, а также студентам соответствующих и смежных специальностей.

**Национальные экономические интересы и тенденции развития морских перевозок углеводородных ресурсов в Арктике / кол. авт. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 163 с.**

Монография подготовлена по результатам совместных исследований нескольких групп ученых из разных научных учреждений по проблемам обеспечения национальных интересов в Мировом океане.

В ближайшей перспективе следует ожидать обострения борьбы как за природные ресурсы акваторий, так и за проходящие здесь морские коммуникации. Особую тревогу вызывает снижение активности в перевозках отечественного гражданского флота и не менее серьезное ослабление силового присутствия страны в зонах стратегических интересов Российской Федерации. Нужно отметить, что 70% всех мировых перевозок составляют углеводородное сырье и продукты его переработки, и цифра эта в ближайшие десять лет только увеличится. Предпринята попытка комплексно рассмотреть возникающие здесь проблемы применительно к процессам в Российской Арктике.

**Николаева А.Б., Селин В.С. Проблемы и перспективы формирования особых экономических зон в Российской Арктике. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 147 с.**

Изложены основные принципы создания и функционирования особых экономических зон на основе анализа мирового и отечественного опыта. Рассмотрены организационно-экономические аспекты организации зон в России. Определены экономические тенденции в освоении месторождений углеводородов арктического шельфа. Особое внимание уделено портовым особым экономическим зонам.

Выделены особенности формирования кластеров на Севере, и сделана попытка оценить влияние функционирования особых экономических зон на процесс кластеризации. Проведен анализ возможных последствий для региона при вступлении России во Всемирную торговую организацию.

Монография рассчитана на широкий круг специалистов рассматриваемого направления, а также может быть рекомендована в качестве учебного пособия для студентов по специальностям «Инновационный менеджмент», «Региональная экономика».

**Северные территории: проблемы, тенденции и перспективы. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 152 с.**

В сборник научных статей вошли статьи ведущих преподавателей Филиала Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета в г.Апатиты и научных сотрудников Института экономических проблем КНЦ РАН по наиболее обсуждаемым актуальным научным и практическим проблемам Северных территорий в области экономики, истории, социологии и образования в рамках школы молодых ученых.

**Селин И.В., Козьменко С.Ю., Цукерман В.А. Согласование внутренних интересов как фактор инновационного управления промышленным производством. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 117 с.**

Рассматриваются основные тенденции в управлении промышленным производством в мировой и отечественной экономике. Показано, что крупные предприятия и корпорации, в силу необходимости если не проникновения, то взаимодействия с глобальными рынками, первыми стали адаптироваться к особенностям современного менеджмента.

Исследованы теоретические основы управления предприятием, включая содержание и принципы рационального управления, методологические подходы к принятию управленческих решений, динамика организационных структур в промышленности и особенности программно-целевого подхода в организации нововведений. Обоснованы особая роль и задачи управленческих инноваций.

Основное внимание уделено проблемам согласования интересов субъектов управления и производственного персонала. На примере крупного промышленного предприятия, ОАО «Апатит», показаны все этапы становления рационального управления (начиная с разрушительных процессов 1990-х гг. и заканчивая современным состоянием) с формированием современного стратегического выбора корпоративных отношений, согласования интересов в процессе рационализации численности и бюджетирования, роста социальной ответственности бизнеса.

Книга предназначена работникам научных и производственных организаций, органов государственного управления, а также всем специалистам в сфере менеджмента. Она может быть использована в качестве учебного пособия для студентов и аспирантов экономических специальностей.

**Цукерман В.А. Промышленная, инвестиционная и инновационная политика. Энциклопедический словарь. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. – 181 с.**

Словарь содержит более 1000 определений наиболее часто употребляемых терминов, связанных с промышленной, инновационной, научно-технической, инвестиционной политикой, менеджментом, маркетингом, управлением качеством и т.д. Помимо русского наименования термина в словаре представлен его английский вариант, а также, если имеется, указана общепринятая аббревиатура. Наряду с краткими определениями терминов, имеются сравнительно развернутые статьи по наиболее сложным вопросам. Научное изложение терминов сопровождается графиками, математическими формулами, позволяющими повысить восприятие материала.

Издание предназначено для научных работников, специалистов в различных областях народного хозяйства, а также для аспирантов и студентов экономических специальностей.



**НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ УЧРЕЖДЕНИЙ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН,  
ВКЛЮЧЕННЫЕ В ЧИСЛО ВАЖНЕЙШИХ ДОСТИЖЕНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
в 2008 году**

**ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ И НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ**

**37\* Современные проблемы химии материалов, включая наноматериалы**

Установлены условия формирования периодических доменных структур в легированных редкоземельными элементами монокристаллах ниобата лития в плоскости, перпендикулярной оси выращивания. В нестационарных условиях гравитационная конвекция вызывает несимметричные течения в расплаве, в результате чего в центре и на периферии толщина теплового и концентрационного пограничного слоя различна. Чем меньше толщина пограничного слоя, тем быстрее кратковременные периодические осцилляции температуры вблизи границы кристалл – расплав приводят к изменениям скорости роста в пограничном слое и модуляции концентрации легирующей примеси. Как следствие, в плоскости, перпендикулярной оси выращивания, формируется регулярная доменная структура с периодом, уменьшающимся от центра к краю кристалла (ИХТРЭМС КНЦ РАН).

**39\* Химические аспекты современной экологии и рационального природопользования**

Разработана технология переработки отходов горнопромышленных производств Северо-Запада России с получением новых, не уступающих лучшим мировым образцам сварочных материалов для строительства магистральных нефте- и газопроводов из хладостойких сталей повышенной категории прочности. Наноразмерность компонентов сварочных материалов и плавящихся минеральных сплавов существенно повышает качество сварных швов. Производство опытно-промышленных партий продуктов реализовано на ОАО «Апатит», ОАО «ПО «Севмаш». Технология позволит обеспечить снижение экологического стресса на урбанизированных территориях региона Баренцева моря. (ИХТРЭМС КНЦ РАН, ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей»).

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**43\* Экология организмов и сообществ**

Впервые для пелагических экосистем прибрежной зоны замерзающих арктических морей определена структура годового продукционного цикла микроводорослей (ММБИ КНЦ РАН).

Проведена оценка последствий аварийного разлива нефти в Керченском проливе (ноябрь 2007 г.) для околоводных и водоплавающих птиц (ММБИ КНЦ РАН, ИАЗ ЮНЦ РАН).

**44\* Биологическое разнообразие**

В области изучения разнообразия растительного мира:

- составлены сводки по видовому разнообразию лишайников (1029 видов), лишенофильных (86 видов) и сапрофитных (24 вида) грибов Мурманской обл. (ИППЭС КНЦ РАН);
- впервые составлен список видов печеночников России (450 видов) (ПАБСИ КНЦ РАН).

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**

**54\* Изучение строения и формирования основных типов геологических структур и геодинамических закономерностей вещественно-структурной эволюции твердых оболочек Земли, фундаментальные проблемы осадочного породообразования, магматизма, метаморфизма и минералообразования**

Геологическое и минералогическое изучение массива Федоровых тундр позволило установить в Федорово-Панском расслоенном комплексе наличие двух главных интрузивных фаз, подтвержденных U-Pb датировками: 2526±6 млн лет для первой фазы и 2485±9 млн лет для второй. Термодинамические условия кристаллизации пород первой фазы: T=1000-800°C, P<sub>H<sub>2</sub>O</sub>=1000-2500 бар; пород второй фазы: T=1000-900°C, P<sub>H<sub>2</sub>O</sub>=800-1000 бар. Со второй фазой связано образование Федоровского месторождения платино-палладиевых руд (ГИ КНЦ РАН).

\*Здесь и далее обозначен шифр научного направления по Программе фундаментальных исследований государственных академий наук на 2008-2012 годы.

#### **59\* Осадочные бассейны и их ресурсный потенциал, фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа**

Для условий Штокмановского газоконденсатного месторождения установлены модельные закономерности упругопластичного деформирования флюидонасыщенного слоистого массива при стадийно-последовательной добыче (отборе) газа, заключающиеся в объемном уплотнении продуктивного пласта до 30%, приводящем к линейно-регрессивному прогибу (проседанию) морского дна и значительным субгоризонтальным деформациям и перемещениям придонных слоев грунтов и пород (ГоИ КНЦ РАН).

#### **60\* Комплексное освоение недр и подземного пространства Земли, разработка новых методов освоения природных и техногенных месторождений**

Разработаны новые технологические стратегии и реализующие их типовые горнотехнические системы комплексного освоения рудных месторождений, отличающиеся поэтапным формированием замкнутого цикла извлечения из недр и глубокой переработки природного минерального сырья и сопутствующих техногенных образований с получением нескольких видов высокоценной конечной продукции (ИПКОН РАН, ИГД СО, ГоИ КНЦ РАН, ИГД УрО РАН).

### **ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ**

#### **74\* Комплексное социально-экономическое прогнозирование развития Российской Федерации**

На основе анализа сложившихся позитивных и негативных тенденций в экономике России даны оценки конкурентоспособности и влияния инноваций и новых технологий на структурные изменения в экономико-технологическом развитии, приведены сведения о состоянии инновационной сферы, определены условия перехода от ресурсно-экспортной стратегии к ресурсно-инновационной, а затем и к инновационно-технологической стратегии. Оценки представлены в разрезе отраслей, их комплексов, а также с учетом региональной специализации экономики. Дана оценка эффективности начальных шагов Правительства РФ по реформированию инновационной сферы. Показаны положительные примеры усиления инновационной активности в ряде подотраслей, а также взаимоотношения производственных и инновационных структур в отдельных регионах (ИНП РАН, ЦЭМИ РАН, ИЭ РАН, ИМЭМО РАН, ИСКАН РАН, ИЕ РАН, СОПС МЭРТ и РАН, ИЭОПП СО РАН, ИЭП КНЦ РАН, ИЭИ ДВО РАН, СИ РАН, ИГП РАН, ИС РАН и др.).

#### **76\* Научные основы региональной политики и устойчивое развитие регионов и городов**

Даны предложения по совершенствованию муниципальной нормативно-правовой базы и развитию коммунальной инфраструктуры региона.

Разработана Концепция социально ориентированного инновационного развития Мурманской обл. до 2025 г.

Обоснована возможность и целесообразность формирования высокотехнологичных и транспортно-логистических кластеров и особых экономических зон на базе освоения нефтегазовых ресурсов Арктического шельфа и развития транспортного комплекса Европейского Севера (ИЭП КНЦ РАН).

### **ПО ПРОГРАММАМ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРЕЗИДИУМА РАН**

#### **9.4. Фундаментальные проблемы плотной низкотемпературной плазмы**

Показано, что искровой канал в твердом теле в микросекундном диапазоне является высокоэффективным преобразователем электрической энергии в работу разрушения (Центр физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН).

#### **21. Адаптация народов и культур к изменениям природной среды, социальным и техногенным трансформациям**

На основе реализации региональной политики, направленной на устойчивое развитие этнических групп, относящихся к народам Севера, разработаны предложения по улучшению социально-экономического положения коренного населения Мурманской обл. – кольских саамов: создание эффективной институциональной среды, обеспечивающей возможности реализации интересов коренных народов Севера; повышение уровня и качества жизни, обеспечение возможностей по сохранению этнических и культурных особенностей проживающих в регионе северных народов (ЦГП КНЦ РАН).



Юбилеи



#### **ДУБРОВСКИЙ Михаил Иванович**

к.г.-м.н. (1966), вед.н.с. (1986) Геологического института. В Кольском научном центре с 1965 г.

Научные интересы лежат в области проблем физико-химической петрологии, разработки диаграмм состояния многокомпонентных расплавных систем и использования их для решения различных задач петрологии. При активном участии М.И.Дубровского в институте формировалось новое научное направление: теоретическое физико-химическое моделирование магматических процессов. Задача данного направления – создание диаграмм состояния многокомпонентных систем (7-9 миналов-компонентов), отражающих фазовые превращения ликвидус-солидусной области в достаточно широком  $P_{\text{пл}}-T$ -интервале. Применение таких моделей (даже полуколичественных) ставит петрологические исследования на новую ступень понимания физико-химической сущности процессов породы- и рудообразования. В работах Дубровского изложены результаты многолетних исследований по петрологии и металлогении гранитоидов северо-восточной части Балтийского щита. В последние годы занимается проблемами систематики фельдшпатоидных и мелилитовых магматических пород и теоретическим моделированием физико-химических диаграмм, отражающих условия кристаллизации этих пород. Автор 84 научных работ, в т.ч. 7 монографий. Профессор Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета.



#### **ЗАХАРОВ Виктор Иванович**

д.т.н. (1994), ст.н.с. (1983), зав. лабораторией Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья. В Кольском научном центре с 1963 г.

Область научных интересов – физико-химическое и химико-технологическое обоснование и разработка новых технологических направлений комплексной переработки многокомпонентного минерального сырья (нефелина, сыннырита, рисчоррита, эвдиалита, лопарита, отходов металлургических производств) с получением глинозема, солей щелочных элементов, силикатных и редкометалльных продуктов, минеральных удобрений, реагентов для очистки воды, водных стоков и газовых выбросов, компонентов простейших взрывчатых веществ (ВВ) для горнодобывающей промышленности. Большинство технологических схем прошли цикл физико-химических и экспериментальных исследований, опытных и опытно-промышленных испытаний. Разработки внедрены в производство с экономическим эффектом в десятки миллионов рублей. За разработку и внедрение технологии ведения горных работ с использованием ВВ на основе продуктов комплексной переработки минерального сырья стал лауреатом Премии Правительства РФ (1997). За цикл работ «Теоретические основы комплексной переработки нетрадиционного титано-редкометалльного и алюмосодержащего сырья» удостоен Государственной премии РФ в области науки и техники (2000). Автор и соавтор более 250 научных публикаций, в т.ч. 2 монографий, 62 авторских свидетельств и патентов на изобретение. Подготовил 3 кандидатов наук. Награжден орденом «Знак Почета».





### **ВИНОГРАДОВ Анатолий Николаевич**

к.г.-м.н. (1968), ст.н.с. (1975), главный ученый секретарь Президиума Кольского научного центра РАН, директор Кольского регионального сейсмологического центра – филиала Геофизической службы РАН (с 2003). В Кольском научном центре с 1961г.

Область научных интересов – разработка формационной систематики магматических серий раннего докембрия, реконструкция эндогенных режимов магматизма и условий формирования рудно-магматических систем; комплексное петролого-геофизическое изучение глубинного строения; геоэкология. Им осуществлены: разработка петрологических моделей формирования Умбинского и Лицко-Арагубского интрузивных комплексов; разработка формационной систематики докембрийских магматических формаций, создание карты магматических формаций М 1:500000; типизация рудно-магматических систем гранитоидных формаций и оценка их металлогенического потенциала; разработка геолого-петрологических моделей рудоносных интрузивов Юово-айв (Mo, W), Западных Кейв (Zr, Nb, Ta, РЗЭ), амазонитовых ранд-пегматитов (Li, Y, Ta, Nb), ураноносных метасоматитов и гидротермалитов. Результаты исследований опубликованы в 196 работах.

Как ученый секретарь Президиума КНЦ РАН проводит большую работу по совершенствованию научно-организационной деятельности, развитию международных связей, инициировал создание Центра адаптации человека на Севере при КНЦ РАН (1997), Международного центра по развитию науки, культуры и образования в Баренц-регионе (член Ученого совета и руководитель ряда проектов в 1995-2004). Ученый секретарь Координационного совета Мурманской обл. по научно-технической и инновационной политике и Регионального экспертного совета РФФИ (с 2003), координатор программы «Развитие экологической платформы для Северного Калотга и Северо-Запада России» (2003-2005). Академик РАЕН (1999), ученый секретарь Мурманского регионального центра РАЕН. Член правления Фонда «Кольская энциклопедия», ученый секретарь научно-издательского совета и главный редактор Кольской энциклопедии, член редколлегии международного журнала «Вестник Баренц-региона по гигиене труда» (с 1997). Доцент Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета. Награжден орденом Дружбы (1999), медалью «За трудовое отличие» (1986), научными наградами – медалью им.П.Л.Капицы (РАЕН, 1999) и им.Д.Кантемира (Ясский университет, Румыния, 2004).



### **ГРОМОВ Олег Григорьевич**

к.т.н. (1975), ст.н.с. (1986), зав. сектором (2004) Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья. В Кольском научном центре с 1963 г.

Область научных интересов – направленный синтез неорганических веществ с заданными свойствами. Специалист в области химии и технологии редких элементов, материалов электронной техники. Проводил исследования по получению высокочистых щелочных металлов, галогенидов щелочных металлов, меди и серебра, синтезу и изучению электрохимических свойств серебропроводящих и литийпроводящих твердых электролитов, разработке технологий извлечения благородных металлов (серебра, платины, палладия) из вторичного сырья, получению вольфрамата свинца особой чистоты, высокодисперсных оксидов ниобия и тантала, ниобатов и танталатов лития (натрия) и твердых растворов на их основе, синтезу мелкодисперсного титаната бария. Ряд разработок внедрен на Харьковском заводе химреактивов, в цехе щелочных металлов Ловозерского ГОКа. Автор свыше 158 научных трудов, в т.ч. 53 авторских свидетельств и патентов. Изобретатель СССР (1985). Разработки отмечены бронзовой (1980) и серебряной (1983) медалями ВДНХ.



*Юбилары*



*Юбилеи*



#### **ЛОВЧИКОВ Александр Васильевич**

д.т.н. (1998), гл.н.с. (2004) Горного института. В Кольском научном центре с 1962 г.

Специалист в области напряженного состояния, геомеханики подземных сооружений и геодинамики горных массивов при подземном строительстве и эксплуатации рудников. Исследовал параметры естественного гравитационно-тектонического напряженного состояния Ловозерского массива на Кольском п-ове, а также других массивов на объектах подземного строительства и эксплуатации подземных рудников. Разработал для рудников Ловозерского редкометалльного месторождения ряд инструктивно-методических документов по расчету целиков, устойчивости очистных и подготовительных выработок, безопасному ведению горных работ в условиях опасности проявления горных ударов. Впервые в отечественной горнорудной практике разработал и апробировал на рудниках и подземных сооружениях методические принципы применения высокоточных деформационных систем наблюдения для непрерывного контроля изменений состояния массивов, вызванными ведением горных работ. Предложил новый концептуальный подход к проблеме возникновения горных ударов и техногенных землетрясений в рудниках с позиции дискретной иерархически блочной геологической среды. Описал и систематизировал проявления сильнейших горно-тектонических ударов на рудниках России. Автор 148 опубликованных работ.



#### **УСОВ Анатолий Федорович**

к.т.н. (1966), ст.н.с. (1972), ученый секретарь, зам. главного ученого секретаря, нач. научно-организационного отдела. В Кольском научном центре работает с 1967 г., в аппарате Президиума – с 1975 г.

Область научных интересов – электроимпульсный способ разрушения геоматериалов. В Горном институте и Институте физико-технических проблем энергетики Севера выполнен цикл научно-исследовательских работ по изучению физических основ способа и разработке на его основе техники и технологии для горного дела и горно-технического строительства. За монографический цикл работ по основам электроимпульсного способа разрушения материалов награжден премией им. П.Н. Яблочкова за работы в области электротехники и электрофизики (2003). Инновационные разработки для бурения скважин различного диаметра и назначения, резания и поверхностной обработки блоков и негабаритов вскрышных пород, дезинтеграции руд и материалов отмечены золотыми медалями международных салонов инноваций в Москве (2002, 2007) и Санкт-Петербурге (2003), вошли в каталоги инновационных проектов Мурманской обл., российские базы данных о технологических разработках, а также вызвали интерес со стороны зарубежных фирм и научных организаций. Автор свыше 180 научных трудов, в т.ч. 11 авторских свидетельств на изобретения. Руководитель ряда проектов РФФИ и по программам фундаментальных исследований Президиума РАН и ОЭММПУ РАН.

Доцент Кольского филиала Петрозаводского государственного университета и Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета, читает курсы по основам, процессам и аппаратам электрофизических технологий. Научно-методический материал «Электроимпульсный способ разрушения материалов» в качестве раздела включен в учебник «Электромагнитные процессы» для студентов вузов, обучающихся по специальности «Физические процессы горного и нефтегазового производства» (МГТУ, 2009 г.).

Награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени (2006).

65



### МАТИШОВ Геннадий Григорьевич

к.г.н. (1973), д.г.н. (1981), чл.-корр. РАН (1990), академик РАН (1997), профессор. Директор Мурманского морского биологического института КНЦ РАН (с 1981). Председатель Южного научного центра РАН (с 2004).

Специалист в области биоокеанологии, экологии и геологии морей Западной Арктики. Разработал оригинальную модель четвертичного оледенения Баренцево-Карского региона и процессов дегляциации на Арктическом шельфе, объясняющую эволюцию природы океана и современную динамику арктических экосистем. Под его руководством ММБИ стал крупным центром по изучению Арктики, является головной организацией проекта «Баренцево море» ФЦНТП «Мировой океан». Продолжая традиции института, он по-новому оценил экологическую ситуацию в Баренцевом море, сформулировал причины дестабилизации (чрезмерная добыча биоресурсов, антропогенное загрязнение и др.) и пути выхода из кризисной ситуации, сложившейся в экосистеме Баренцева моря. Под его руководством в 1980-е гг. значительно расширилась география экспедиционных исследований ММБИ. Наряду с Баренцевым и Белым морями активно изучаются Берингово, Норвежское, Гренландское, Карское, Балтийское и море Лаптевых, а также южные моря европейской части России – Азовское, Черное, Каспийское. Организатор, руководитель и участник 10 высокоширотных экспедиций в районы архипелагов Шпицберген, Земля Франца-Иосифа (ЗФИ), Новая Земля, Северная Земля. На ЗФИ и Шпицбергене созданы сезонные биологические станции. В 2001 г. им организован Азовский филиал ММБИ (Ростов-на-Дону). Уникальными по замыслу и результатам являются экспедиции на атомных ледоколах Мурманского морского пароходства по Северному морскому пути (с 1997). Впервые стали изучать химическое загрязнение и радиоактивность в морях Арктики и на Кольском п-ове. В 1990-е гг. в ММБИ под его руководством возникло новое научное направление – радиационная экологическая океанология. Определен вклад глобальных, региональных и локальных источников в радиоактивное загрязнение экосистем Северного Ледовитого океана и Северной Атлантики. Выявлены тренды в содержании радионуклидов за многолетний период, с начала испытаний ядерного оружия (включая исследования в районе гибели АПЛ «Курск», 2000), что дает основу для прогнозирования экологической ситуации в морях России. Опыт организации комплексных исследований в Северном Ледовитом океане позволил ММБИ возглавить новые работы государственного масштаба по ОВОС при разведке и добыче нефти и газа на Арктическом шельфе. Институт имеет лицензию на проведение экспертных работ и является головной организацией по экологическому обоснованию ряда проектов освоения углеводородного сырья. На парламентских слушаниях Государственной Думы РФ представлен доклад «Охрана морских экосистем и биоресурсов в связи с добычей нефти и газа на шельфе Арктики» (2001). Еще одно новое приоритетное направление – всестороннее изучение морских млекопитающих, механизмов их адаптации к условиям Арктики, разработка технологий создания научно-технических комплексов по содержанию этих животных в неволе, обучению в целях их использования в подводных работах и ремонтных операциях при прокладке и эксплуатации газо- и нефтепроводов. На посту директора ММБИ ведет важную научно-организационную работу. Советник губернатора Мурманской обл. по науке, технической политике и экологии. Член научных советов и комитетов по изучению Арктики и Антарктики, проблемам экологии и чрезвычайным ситуациям, а также экологическим проблемам европейской части России. Член Национального комитета РАН по международной геосферно-биосферной программе, Международного комитета по изучению колебаний уровня Мирового океана, редакционных советов журналов «Океанология» и «Oceanologia» (Польской академии наук). Сопредседатель 1-й рабочей подгруппы в области освоения нефтяных и газовых ресурсов шельфа Российско-финляндской комиссии по научно-техническому сотрудничеству. Как член Совета директоров институтов РАН активно пропагандирует расширение



Юбилеи



Юбилеи

фундаментальных исследований морей и океанов в интересах обороноспособности, обеспечения экологической и национальной безопасности России. Награжден орденом Почета, а также орденами «Знак Почета», «За морские заслуги», медалями «Ветеран труда», «300 лет Российскому Флоту», почетными грамотами РАН и губернатора Мурманской обл. Лауреат премии Правительства РФ (2005).



#### **ГРОМОВ Петр Борисович**

к.т.н. (1982), ст.н.с. (1986), зам. директора по научной работе (2001) Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья. В Кольском научном центре с 1972 г.

Специалист в области рационального использования минерального сырья и гидрометаллургии цветных и редких металлов. Важное значение для решения практических задач

Мурманской обл. имели исследования высокотемпературных процессов переработки фосфатного, редкометалльного и медно-никелевого сырья. Один из разработчиков технологии использования комплексных фосфатно-магнезиальных руд Ковдорского месторождения для производства плавящихся фосфорно-магниевого удобрений. Высокочистые щелочные металлы в алюминиевой оболочке для фотоэлектронной промышленности внедрены в производство на ряде предприятий России. В соавторстве разработал двухстадийную технологическую схему переработки бедных медно-никелевых концентратов с предварительным вскрытием и последующим автоклавным выщелачиванием, обеспечивающую высокое извлечение цветных металлов с получением их индивидуальных солей и выделением в качестве побочного целевого продукта магния. Автор около 100 научных трудов, в т.ч. 11 авторских свидетельств и патентов. Руководитель ряда проектов РФФИ, ОХНМ РАН. Ученый секретарь диссертационного совета (1997). Награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени (2006).



#### **ИЛЬИН Геннадий Васильевич**

к.г.н. (1998), зам. зав. отделом (1998). В Мурманском морском биологическом институте с 1976 г.

Специалист в области океанографии, гидрохимии, проблем антропогенного загрязнения морских экосистем. Направления исследований – современные гидрологические и гидрохимические процессы в северо-европейских и арктических морях, оценка уровня и динамики накопления загрязняющих веществ в морских экосистемах. Внес большой вклад в организацию и выполнение морских экспедиционных исследований в северных морях. Им выявлены и систематизированы различные аспекты гидрохимического режима вод Баренцева и Норвежского морей, показаны территориальные различия в режиме гидрохимических процессов, раскрыты некоторые аспекты взаимосвязи в функционировании биотических сообществ (морской фитопланктон) и абиотической среды (гидрохимический режим). Последние 10 лет занимается проблемой антропогенного загрязнения морских экосистем арктических морей. Участник международных проектов по применению биотехнологий для борьбы с последствиями нефтяных разливов в условиях холодного климата. Им собран и проанализирован обширный экспедиционный материал, выделены основные закономерности накопления химических загрязнителей в биотических и абиотических компонентах морских экосистем арктических и южных морей России, установлено существование короткопериодной цикличности содержания металлов в организмах морских рыб. Проведены исследования с целью выявления роли природных и антропогенных факторов в формировании фона нефтяных и хлорированных углеводородов, тяжелых металлов. Автор более 100 научных работ. Доцент, преподает в МГПУ.