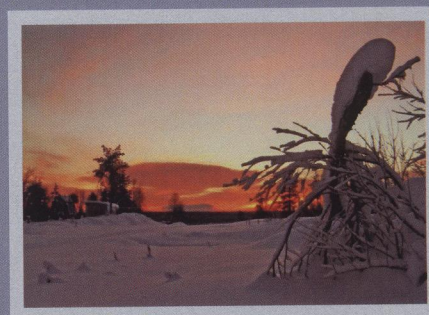


*Российская Академия Наук*

# ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

4/2012



- науки о человеке и обществе
- химия и науки о материалах
- науки о земле
- технические науки
- конференции, семинары
- новые книги
- юбиляры
- contents



**4/2012 (11)**

издается с декабря 2009 года  
ISBN 978-5-91137-233-0

*Российская Академия Наук*

# ВЕСТНИК

## 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,  
д.т.н. А.Я.Фридман (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)

**Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) с 2009 года  
Реферируется в РЖ и базе данных ВИНТИ**

Требования к оформлению статей см.:  
<http://www.kolasc.net.ru/russian/news/vestnik/trebovaniya.pdf>

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

**НАУКИ О ЧЕЛОВЕКЕ И ОБЩЕСТВЕ**

С.Н. Виноградова	Коренные народы Севера в исследованиях МЦНКО и ЦГП КНЦ РАН .....	3
Ф.Д. Ларичкин	Эволюция и формирование современной парадигмы (модели) комплексного использования минерального сырья .....	8
Е.И. Макарова	Архивные документы Кольского научного центра РАН и их место в социальной истории: 55 лет Научному архиву КНЦ РАН .....	15
В.П. Петров, Е.Я. Пация, О.В. Шабалина	История организации и создания Музея-Архива истории изучения и освоения Европейского Севера Центра гуманитарных проблем Баренц-региона КНЦ РАН (1970–2012) .....	24
И.А. Разумова, В.П. Петров	Становление и развитие гуманитарного направления исследований в Кольском научном центре РАН .....	37

**ХИМИЯ И НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ**

Н.Н. Гришин, О.Н. Крашенинников, О.В. Суворова	Флагман строительной науки на Кольском Севере (к 60-летию отдела технологии строительных материалов ИХТРЭМС КНЦ РАН) .....	46
П.Б. Громов, В.П. Ковалевский, Г.Б. Куншина	Институту химии и технологии редких элементов и минерального сырья – 55 лет .....	53

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**

Н.М. Адров	Морские биологи – физике океана .....	62
Г.А. Евдокимова	К 100-летию юбилею Т.В. Аристовской (к началу исследований по почвенной микробиологии на Кольском полуострове) .....	77
А.А. Козырев, В.И. Панин	Эволюция геомеханических исследований в Горном институте КНЦ РАН в период 1961–2011 гг. ....	80
А.А. Предовский	К истории петрогеохимических исследований супракрустальных толщ докембрия в Карело-Кольском регионе .....	93
Е.Д. Терещенко В.В. Сафаргалеев	Воспоминания профессора Б.Е. Брюнелли о работе на кафедре физики Земли физического факультета Ленинградского государственного университета .....	99
О.Е. Чуркин	Краткая история организации и становления Горного института КНЦ РАН .....	110
В.А. Яковлев, Н.А. Кашулин	Об истории лимнологических исследований на Кольском Севере .....	116

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

А.Н. Виноградов, Ю.А. Виноградов, Е.О. Кременецкая, С.И. Петров	Формирование системы сейсмологического и инфразвукового мониторинга в Западной Арктике в XX веке и перспективы ее дальнейшего развития .....	139
Б.В. Ефимов, Б.Г. Баранник, А.Н. Данилин, В.А. Минин, Ю.М. Невретдинов, В.Н. Селиванов	Энергетические исследования на Кольском полуострове .....	156
А.Ф. Усов	Полувековой юбилей электроимпульсному способу разрушения материалов .....	165
В.В. Ртвеладзе	Союз образования и науки – история создания и развития Кольского филиала ПетрГУ .....	193
	<b>КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ</b> .....	202
	<b>НОВЫЕ КНИГИ</b> .....	204
	<b>ЮБИЛЯРЫ</b> .....	207
	<b>CONTENTS</b> .....	209

Редколлегия:

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

Редактор: А.С. Менделева, информационная поддержка: И.Г. Савчук, Я.А. Стогова, Л.А. Тимофеева, З.А. Уланова.

Зав. издательством, художественный редактор М.С. Строков.

Верстка, фото В.Ю. Жиганов

УДК 061.61 (=511.2) : 316.52(470.21)

## КОРЕННЫЕ НАРОДЫ СЕВЕРА В ИССЛЕДОВАНИЯХ МЦНКО И ЦГП КНЦ РАН

**С.Н. Виноградова**

Центр гуманитарных проблем Баренц-региона КНЦ РАН

### Аннотация

Статья посвящена вопросам становления исследований коренных народов Севера в Международном центре по развитию науки, культуры и образования, и их дальнейшего развития в Центре гуманитарных проблем Баренц-региона. Рассматриваемый период – со второй половины 1990-х гг. и до наших дней. Выявлены основные предпосылки, определившие приоритетность саамских исследований на первых этапах развития Центра. Обозначены наиболее актуальные направления исследований коренных народов. По каждому направлению представлены основные результаты, полученные в рассматриваемый период в ЦГП (МЦНКО) КНЦ РАН.

### Ключевые слова:

*коренные народы Севера, саамские исследования, история науки, Центр гуманитарных проблем Баренц-региона КНЦ РАН.*



Саамы – коренные жители Кольского п-ова, история которых насчитывает несколько тысячелетий\*. В настоящее время численность российских саамов не превышает 2 тыс. чел., абсолютное большинство которых (около 90%) проживает в Мурманской области, при этом в этнической структуре населения Кольского Севера они составляют незначительное меньшинство – не более 0.2% всех жителей региона [2]. В Кольском научном центре системные исследования проблем коренного населения начались во второй половине 1990-х гг. в рамках работы нового научно-вспомогательного подразделения – Международного центра по развитию науки, культуры и образования в Баренц/Евро-Арктическом регионе (МЦНКО КНЦ РАН)\*\*.

Выбор саамской тематики в качестве основной на начальном этапе становления МЦНКО был обусловлен рядом предпосылок.

Во-первых, в период трансформаций 1990-х гг. коренное население Мурманской области оказалось в чрезвычайно сложном положении: бедность, безработица, деградация социальной инфраструктуры в местах проживания, кризис оленеводства стали основными характеристиками жизни саамского населения. При этом во многих северных регионах РФ, в том числе и в Мурманской области, наблюдался рост политической активности коренных сообществ, а также повышенный интерес к их культуре и традициям среди некоренного населения [3]. Ситуация безусловно требовала изучения, причем как в русле теоретического осмысления происходящих процессов, так и с точки зрения выработки практических рекомендаций, направленных на улучшение положения.

Во-вторых, в состав МЦНКО в качестве одного из структурных подразделений вошел Музей истории изучения и освоения Европейского Севера, который существовал в г. Апатиты с 1974 г. сначала в рамках деятельности Северного филиала Географического общества, а затем в составе Института экономических проблем КНЦ РАН. В создании Музея в свое время приняли участие крупные советские ученые – академики Г.И. Горецкий, Е.М. Крепс, И.Г. Эйхфельд; широко известные

\* Наиболее ранние археологические находки на полуострове Рыбачий специалисты относят к культуре «арктического палеолита» и датируют 7–6 тыс. до н.э. [1].

\*\* МЦНКО КНЦ РАН был создан как самостоятельное структурное подразделение Кольского научного центра РАН в 1995 г., в 2004 г. в рамках программы реструктуризации РАН переведен в статус филиала КНЦ РАН и переименован в Центр гуманитарных проблем Баренц региона (ЦГП КНЦ РАН).



исследователи Севера – Н.Н. Гурина, М.Н. Михайлов, Г.Д. Рихтер, Г.М. Керт и др. За годы существования Музея в его фондах был собран обширный материал по истории и этнографии кольских саамов, в том числе тематическая коллекция книг, среди которых немало изданий, представляющих библиографическую редкость [4]. Сотрудники Музея, которые перешли на работу в новое подразделение, обладали специальными знаниями в области истории и культуры населения Кольского п-ова, в том числе и саамского, а также опытом исследовательской работы в составе Института экономических проблем КНЦ РАН. Под руководством молодого кандидата исторических наук Н.Н. Гуцол в МЦНКО КНЦ РАН сформировалась группа исследователей, в состав которой вошли специалисты в разных областях знаний, но объединенные общим научным интересом, связанным с изучением проблем сохранения историко-культурного наследия кольских саамов и улучшения их социально-экономического положения.

В-третьих, МЦНКО КНЦ РАН был создан после подписания в 1993 г. Киркенесской Декларации, которая послужила толчком к развитию международной кооперации в Баренц-регионе. Кольский научный центр активно включился в эти процессы, что отразилось и на научной тематике ряда его подразделений. Развитие получили исследования в области экологической безопасности, устойчивого развития, социально ориентированные проекты. Проблематика коренного населения занимала важное место как в политических документах Баренц-содружества, так и в зарубежных исследованиях. Обмен опытом с коллегами из других стран и активная финансовая поддержка из-за рубежа обеспечили возможность для реализации в МЦНКО КНЦ РАН уже на самых первых этапах его становления исследований в рамках крупных международных проектов.

Следует заметить, что практика проведения саамских исследований в форме отдельных проектов по грантам и контрактам сохраняется в ЦГП КНЦ РАН до настоящего времени. Это позволяет не только привлечь дополнительные финансовые ресурсы, но и выполнять исследования по наиболее актуальным направлениям, одним из которых как в отечественной, так и в зарубежной науке считаются *исследования в области сохранения историко-культурного и природного наследия коренных народов.*

Данное направление получило активное развитие в МЦНКО КНЦ РАН. В течение 4 лет (1997–2000 гг.) Центр принимал участие в реализации комплексного международного исследования по изучению истории и культуры этнографической группы саамов-скольтов, традиционно проживавших на северо-западе Кольского п-ова, а также на прилегающих к российской границе территориях северной Финляндии и Норвегии (руководитель с российской стороны – Н.Н. Гуцол). В рамках работ были обследованы, описаны и нанесены на карту памятники культуры в Кольском и Печенгском районах Мурманской области, а также в норвежской провинции Сер-Варангер. Кроме того, проект предусматривал проведение археологических раскопок на территории Норвегии, в которых сотрудники МЦНКО приняли участие. В общей сложности были описаны, фотофиксированы и нанесены на карту 65 объектов, расположенных на территории Мурманской области, в том числе зимние постоянные поселения, весенне-летние и осенние промысловые угодья, кладбища и отдельные захоронения, а также разнообразные объекты культового, хозяйственного и бытового назначения. Многие объекты были обследованы впервые, пять из них – поселения в районе озер Нилиярви, Хеюхенярви и на островах Тилисаари и Скольтехолмен – дополнили реестр памятников культуры саамов на территории государственного заповедника «Пасвик» [5].

Следующим важным исследованием для МЦНКО КНЦ РАН был проект «Ловозеро. История формирования и современные особенности жизни переселенных групп саамов», который был выполнен в 2003–2005 гг. в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Этнокультурное взаимодействие в Евразии» (отв. исполнитель – Н.Н. Гуцол). Проект был посвящен анализу трансформаций в культуре, хозяйственном укладе и образе жизни кольских саамов в 1930-е и 1960–1970-е гг., когда осуществлялось интенсивное освоение и заселение Севера России, сопровождавшееся переселениями коренных народов с мест их традиционного проживания.

Формирование современной локальной общности саамов с. Ловозеро, которое является в настоящее время основным местом проживания представителей данного коренного народа, происходило на основе местной группы ловозерских саамов и переселенных сюда групп, имеющих свои исторические корни в других саамских погостах. На примере переселений Чудзьяврского (Кильдинского), Вороненского и Варзинского (Семиостровского) погостов были проанализированы процессы, происходившие в жизни саамского народа в течение прошлого столетия, а также даны

оценки их современным последствиям. В дальнейшем тема отдельных локальных саамских общностей на уровне погостов была продолжена в рамках проекта по изучению традиционной модели освоения бассейна оз. Имандра коренными жителями Кольского п-ова в рамках совместного российско-американского проекта «Применение интерактивной интегрированной оценки и моделирование устойчивого развития для Арктических водосборов» (отв. исполнитель – Н.Н. Гуцол). Данное исследование было направлено на изучение истории, культуры и особенностей современной жизни бабенских и экостровских саамов.

Таким образом, на основе личных воспоминаний представителей локальных саамских общностей, обширного архивного материала, литературных источников и материалов полевых исследований были выявлены этнографические особенности пяти саамских погостов, проанализированы этнокультурные и социально-экономические трансформации, которым они подвергались в советский период, а также выявлены особенности формирования этнической идентичности саамов на современном этапе [6, 7].

Любая работа по сохранению культурного наследия усиливает понимание конкретным народом своего собственного отличия и ценности, дает дополнительные возможности для современного культурного развития. Поэтому работы ЦГП (МЦНКО) КНЦ РАН в этом направлении всегда предполагали непосредственное участие представителей саамов в процессе подготовки и реализации проектов, а также давали возможность для продвижения их собственных инициатив. Так в ЦГП КНЦ РАН были подготовлены к печати и изданы в двуязычном варианте (на русском и саамском языках) книги саамских авторов (отв. исполнитель в ЦГП КНЦ РАН – Е.Я. Пация): методическое пособие по саамскому рукоделию, подготовленное мастерами А.И. Мозолевской и Е.И. Мечкиной (2008 г.), и сборник саамской паремииологии, в который вошли пословицы, поговорки, устоявшиеся выражения, собранные Е.И. Мечкиной (2010 г.)

Характерно, что результаты работы ЦГП КНЦ РАН по сохранению историко-культурного наследия кольских саамов востребованы региональным сообществом. Они находят широкое применение в деятельности образовательных учреждений региона. Для студентов гуманитарных специальностей в ЦГП КНЦ РАН подготовлено учебно-методическое пособие «История и культура кольских саамов XIX – начала XX вв.» (отв. исполнитель – А.Г. Саморукова). В рамках работы Музея истории изучения и освоения Европейского Севера, который является структурным подразделением ЦГП КНЦ РАН, ведется постоянная работа по популяризации знаний об истории и культуре коренного населения (рук. работ – Е.Я. Пация).

Другое направление, получившее развитие в ЦГП (МЦНКО) КНЦ РАН, связано с анализом *социально-экономического положения коренного населения Мурманской области*. Первый проект, который был реализован в МЦНКО КНЦ РАН – это проект ООН по подготовке Концепции устойчивого развития Мурманской области и российской части региона Баренцева моря, глава «Коренные народы: защита прав и улучшение условий жизни» (отв. исполнитель Н.Н. Гуцол (1997 г)). Исследования, проведенные в рамках данного проекта, позволили дать характеристику социально-экономического положения коренного населения Мурманской области в конце XX в., выявить наиболее острые проблемы, а также причины, условия и факторы, обусловившие такое состояние.

В дальнейшем работы были продолжены в рамках международного проекта «Conflict and cooperation in the North» – руководитель Н.Н. Гуцол (1999–2000 гг.). Исследование предполагало изучение положения саамов в социальной структуре Мурманской области. Было установлено, что в ходе рыночных реформ их положение изменилось во многих отношениях. Значительно упал уровень жизни, так как в результате приватизации оленеводческих предприятий оленеводы потеряли статус высокооплачиваемых работников и пополнили низкооплачиваемую социальную категорию. Не занятые в оленеводстве саамы стали одной из беднейших групп населения в результате их низкой конкурентоспособности на региональном рынке труда. Уровень безработицы среди коренного населения достиг угрожающих размеров. Ситуация в социальной инфраструктуре большинства саамских поселений определялась как постепенная деградация: здесь наблюдался низкий уровень социального обслуживания, слабое развитие транспортной инфраструктуры, проблемы воспитания и образования детей, отсутствие необходимого медицинского обслуживания [8].

В 2000-е гг. наиболее детальную разработку в Центре получили исследования занятости саамов. Причины маргинального положения коренного населения на региональном рынке труда были проанализированы с позиций оценки как спроса на рабочую силу, так и ее предложения в аборигенном



сегменте; изучены профессионально-квалификационные и территориальные аспекты занятости саамов [9].

Характерно, что сферы экономических интересов коренного населения Мурманской области до настоящего времени сохраняют традиционную направленность: отраслевое оленеводство, местная инфраструктура и традиционные хозяйственные практики, в современных условиях принявшие формы родовых общин, поддерживающей экономики и нелегальной экономической активности (браконьерство, «черный» туризм, неучтенное оленеводство, продажа без лицензий мяса, рыбы и т.д.) [2]. В ходе работ было также установлено, что уровень адаптированности коренного населения к современным социально-экономическим условиям остается низким. Наиболее успешной формой реализации этно-экономических интересов кольских саамов является родовая община. Однако развитие общин на территории Мурманской области затруднено по целому ряду причин: неразвитой региональной законодательной базы, низкой доступности территорий, пригодных для осуществления традиционных видов хозяйственной деятельности, конфликтов с крупными хозяйствующими субъектами, трудностями финансово-экономического характера и т.д. [2, 9].

К сожалению, по результатам многолетних наблюдений и анализа социально-экономического положения кольских саамов приходится констатировать, что коренное население Мурманской области, начиная с периода социально-экономических трансформаций 1990-х гг. и по настоящее время, представляет собой одну из наиболее социально-уязвимых групп населения Мурманской области. Основной причиной сложившегося положения в работах ЦГП КНЦ РАН названо отсутствие институциональных ограничений на действия неаборигенных экономических агентов в сферах экономических интересов коренного населения и недостаток институтов, обеспечивающих возможности реализации интересов коренных сообществ [2].

Чрезвычайно сложное социально-экономическое положение коренного населения требовало поиска адекватных механизмов, направленных на изменение ситуации. Очевидно, что в первую очередь речь должна идти о мерах государственной поддержки, в рамках особой политики в отношении коренных малочисленных народов Севера, формирование и развитие которой должно происходить на всех уровнях управления. Таким образом, *разработка основ региональной политики в отношении коренного населения* стала третьим направлением в области саамских исследований ЦГП (МЦНКО) КНЦ РАН.

К середине 1990-х гг. необходимость создания в Мурманской области собственной правовой базы, обеспечивающей реализацию интересов коренных сообществ и отражающей общемировые тенденции того периода, признавалась не только коренными жителями, но и представителями региональной власти. В это время в нашей стране предпринимались активные попытки на федеральном уровне законодательно обеспечить коренным малочисленным народам реализацию прав и гарантировать им социальное и экономическое развитие, сохранение культурной самобытности и традиционную среду обитания.

Существовала необходимость в формировании собственной законодательной базы и на уровне региона. В 1997 г. в МЦНКО КНЦ РАН началась работа по подготовке региональной Концепции о правовом статусе коренных малочисленных народов Севера и статусе территорий традиционного природопользования Мурманской области. Были проведены рабочие встречи с представителями регионального правительства, консультации с зарубежными специалистами. Кроме того, были подготовлены поправки к Проекту Устава Мурманской области, касающиеся коренных народов региона (отв. исполнитель – Н.Н. Гуцол). В том же году по заказу Комитета по науке, культуре и образованию Мурманской областной думы проводилась работа по подготовке проекта закона «Об основах регионального регулирования возрождения и социально-экономического развития коренных малочисленных народов Севера и других этнических групп, ведущих традиционный образ жизни, Мурманской области» (руководитель – В.П. Петров). Проект Закона был представлен на рассмотрение Комитета в декабре 1997 г. К сожалению, в тот период данные работы не получили практического развития: разработка Концепции была прервана, а региональный закон, направленный на поддержку коренных народов в Мурманской области, был принят областной думой лишь в 2008 г.

В дальнейшем круг задач, решаемых по данному направлению, был пересмотрен. Пришло понимание, что проблемы коренных народов необходимо решать не только в правовом поле, но и с позиций формирования соответствующих механизмов регионального управления и политики развития региона в целом. Первые работы в этом ключе осуществлялись в период с 2002 по 2006 гг. и были

направлены на разработку теоретических и методических основ формирования политики Мурманской области в отношении коренных малочисленных народов Севера на региональном рынке труда. В качестве теоретической базы исследования был выбран институциональный подход, в рамках которого экономика рассматривается как часть общественной жизни, что предполагает обязательный учет социальных, в том числе этнических, факторов, а также предусмотрен переход от абстрактных экономических моделей к конкретным механизмам и структурам институционального регулирования [2, 9].

Теоретические и методические наработки этого периода позволили в дальнейшем обратиться к изучению политики РФ в отношении коренного населения Севера и Арктики в целом. Проект РГНФ №08-02-43209 а/С «Формирование региональной политики в отношении коренных малочисленных народов Севера», 2008–2009 гг. (руководитель – С.Н. Виноградова) включал исследования по оценке существующей политики РФ как федерального, так и регионального уровней; анализ зарубежного опыта формирования механизмов улучшения положения коренных народов; выработку предложений по совершенствованию политики РФ в отношении коренных малочисленных народов Севера. Важнейшим результатом этих работ может быть признан следующий: разработаны принципы и механизм формирования и реализации политики РФ в отношении коренных народов Севера и Арктики. В качестве основного предложен принцип социально-экономического партнерства коренных сообществ, доминирующего некоренного населения, государства и бизнеса для обеспечения коренным народам возможностей по реализации их этно-экономических интересов. Механизмом его реализации должно выступать развитие институциональной среды, обеспечивающей реализацию прав коренных народов [2, 10].

Исследования социально-экономического положения кольских саамов и вопросов формирования государственной политики в отношении данной группы населения позволили подготовить ряд экспертных заключений для органов государственного управления, в том числе федерального и регионального уровней, а также аналитические материалы и рекомендации для хозяйствующих субъектов, осуществляющих или планирующих свою деятельность не только на Кольском п-ове, но и в Арктической зоне РФ в целом. Среди них такие компании как Statoil (Норвегия) и ОАО «Гипроспецгаз» (г. Санкт-Петербург).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Гурина Н.Н.* История культуры древнего населения Кольского полуострова. СПб., 1997.
2. *Виноградова С.Н.* Коренные малочисленные народы Севера: социально-экономические аспекты государственной политики РФ: монография. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2012.
3. *Соколова З.П.* Народы Севера: выживание в условиях рыночной экономики // Социально-экономическое и культурное развитие народов Севера и Сибири: традиции и современность. М.: Институт этнологии и антропологии им. Миклухо-Маклая РАН, 1995. С. 265–335.
4. *Кошечкин Б.И.* Музей-Архив истории изучения и освоения Севера. Мурманск: Мурманское книжное издательство, 1980.
5. *Гуцол Н.Н. и др.* К вопросу о сохранении культурного наследия саамов-скольтов (по материалам Норвежско-Российского проекта по регистрации и картографированию памятников культуры восточных саамов) / *Н.Н. Гуцол, С.Н. Виноградова, А.Г. Саморукова* // Европейский Север России: опыт развития культуры, противоречия и проблемы. Мурманск, 2004. С. 63–72.
6. *Гуцол Н.Н.* Переселенные группы кольских саамов. Монография / *Н.Н. Гуцол, С.Н. Виноградова, А.Г. Саморукова*. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007.
7. *Wheelerburg R.P., Gutsol N.N.* Babinski and Ekostrovski: Saami Pogosty on the Western Kola Peninsula, Russia from 1880 to 1940 // *Arctic Anthropology*, Vol. 45, No. 1, 2008. Pp. 79–96.
8. *Gutsol N., Ryabova L.* Kola Saami and regional development / *K. Kaepi and J. Eriksson (eds)* // *Conflict and cooperation in the North*. Umea, Sweden, 2002. Pp. 313–343.
9. *Виноградова С.Н.* Проблемы коренных малочисленных народов Севера в условиях рыночной экономики (на примере Кольских саамов) // Север: проблемы периферийных территорий: колл. монография / под ред. В.Н. Лаженцева. Сыктывкар, 2007 (Научный совет РАН по вопросам регионального развития). С. 317–339.
10. *Виноградова С.Н.* Государственная политика в отношении коренных малочисленных народов Севера // Север и Арктика в пространственном развитии России: научно-аналитический доклад / Научный Совет РАН по вопросам регионального развития; СОПС при Министерстве экономического развития РФ и Президиуме РАН; ИЭП Кольского НЦ РАН; ИСН ИРЭС Коми НЦ. Москва, Апатиты, Сыктывкар. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. С. 109–117.

#### Сведения об авторе

*Виноградова Светлана Николаевна* – к.э.н., уч. секретарь; e-mail: sveta@isc.kolasc.net.ru



## ЭВОЛЮЦИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ПАРАДИГМЫ (МОДЕЛИ) КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Ф.Д. Ларичкин**

Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина КНЦ РАН

### Аннотация

Исследована эволюция парадигмы рационального недропользования в трудах отечественных и зарубежных ученых. Выявлена постепенная ее трансформация в перспективе, по мере развития и масштабного освоения ресурсосберегающих, экологосбалансированных технологий комплексного освоения и переработки ресурсов, включая нанотехнологии, в модель малоотходного производства с рециклированием всех видов отходов производства и потребления и максимальным ограничением добычи первичных природных ресурсов.

### Ключевые слова:

*минеральное сырье, комплексное использование, парадигма (модель) недропользования, нанотехнологии, малоотходное производство.*



Специфической особенностью экономики России является ее во многом природно-ресурсный, сырьевой характер. Так, по имеющимся оценкам [1] доля природно-ресурсного комплекса отраслей (добывающая, энергетика, сельское, лесное и охотничье хозяйство, рыбная и т.п.) составляет примерно 30% в ВВП, около 17% в общей численности занятых в народном хозяйстве и около 70% в объеме экспорта. Причем, подавляющая часть приведенных величин обеспечивается в результате эксплуатации и первичного потребления невозобновимой части естественных активов – полезных ископаемых [1, 2].

Минерально-сырьевой комплекс является в настоящее время доминантой реального сектора современной российской экономики. Получаемые здесь максимальные по объему и минимальные по срокам прибыли, рентные средства многократно «прокручиваются» и являются по сути как источником существования различных посреднических структур (торговых, финансово-кредитных, информационных и т.п.), так и базой формирования соответствующей части ВВП в сфере услуг [1].

Приведенные факты свидетельствуют о необходимости разработки стратегии рационального использования и реструктуризации отечественного минерально-сырьевого комплекса, который неизбежно будет оставаться опорой всей экономики России как минимум на ближайшее будущее. Особую актуальность эта проблема имеет для зоны Севера страны, сырьевая специализация которой является объективно обусловленной.

Применительно к минерально-сырьевому комплексу Севера основные усилия должны быть направлены на повышение комплексности использования сырья. Это связано с ресурсной специализацией экономики северных территорий, высокой уязвимостью природной среды, повышенными издержками и налогооблагаемой базой, обусловленными суровыми природно-климатическими условиями и очаговым характером освоения, слаборазвитой инфраструктурой, ограниченной транспортной доступностью и т.п.

Определяющее значение в ресурсном потенциале Севера имеют разнообразные, зачастую уникальные, минеральные ресурсы, характеризующиеся, как правило, комплексным многокомпонентным составом.

Поэтому генеральным направлением развития и экономического роста регионов российского Крайнего Севера является рациональное использование природно-ресурсного потенциала, разработка и реализация ресурсосберегающей экологосбалансированной модели глубокой комплексной малоотходной переработки минерального сырья с широким внедрением методов предварительного обогащения (радиометрических, тяжелосредних и т.п.) с выводом в голову технологического процесса отвальных продуктов в крупнокусковом состоянии и резким сокращением тонко измельченных отходов с высокой удельной поверхностью,

характеризующихся наиболее существенным отрицательным воздействием на все элементы биосферы [3].

В теорию и практику комплексного использования минеральных ресурсов основной вклад внесли отечественные ученые и специалисты. Различные парадигмы (модели) рационального недропользования на основе комплексной переработки минерального сырья по материалам выдающихся отечественных ученых сформулированы и охарактеризованы В.А. Резниченко [4, с. 9–22]. В последующем они дополнены А.Д. Верхотуровым с позиции минералогического материаловедения [5]. Эволюция моделей, с кратким описанием их сущности, характеризуется данными табл. 1, а графическое представление некоторых из них в современном понимании и интерпретации приведено на рис. 1 и 2.

Таблица 1

*Эволюция парадигмы (модели) недропользования на основе работ [4–15]*

№ п/п	Авторы моделей	Краткое описание сущности
1.	В.И. Вернадский	Рециркуляция металлов и неметаллических полупродуктов, создание сплавов и материалов с учетом не только свойств, но и распространенности элементов в природе (на основе Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti). Рациональное сознательное преобразование биосферы в «ноосферу», сосуществование общества в гармонии с природой
2.	А.Е. Ферсман	Полное использование всех ценных компонентов минерального сырья, создание комбинированных межотраслевых производств, в которых технологические процессы подбираются к составу сырья
3.	И.П. Бардин	Отходы одних технологических переделов минерального сырья или производств должны служить сырьем для других
4.	Э.В. Брицке	Технология производства материалов сосуществует с окружающей средой, когда используется принцип комплексного использования сырья
5.	Н.В. Мельников, М.И. Агошков	Комплексное освоение недр: достижение оптимальных для народного хозяйства страны и интересов будущих поколений показателей полноты использования всех видов ресурсов недр и участвующих в процессе их освоения трудовых и материальных ресурсов
6.	В.А. Резниченко (рис. 1)	Организация замкнутого комплексного производства: создание межотраслевых технологически замкнутых производств в рамках предприятий, месторождений, регионов, отраслей; рециркуляция материалов; разработка материалов с учетом распространенности элементов в природе, сохранение окружающей среды
7.	А.Д. Верхотуров (рис. 2)	Создание мини-заводов в местах добычи сырья с использованием высоких технологий; идеальной схемой безотходного производства, ориентиром на будущие технологии, должна быть разомкнутая схема производства материалов, т.е. с полной переработкой отходов
8.	А.Д. Верхотуров	Разложение минералов, их восстановление и получение элементов, сплавов и соединений при воздействии на минералы (минеральное сырье) концентрированных потоков энергии (высоких градиентов температур и давлений) в условиях лазерной, электронно-лучевой, электроискровой, электрошлаковой, плазменной обработки, алюмотермии, экстремальных методов порошковой металлургии, а не пиро- и гидрометаллургические процессы
9.	К.Н. Трубецкой, В.А. Чантурия	Развитие минерально-сырьевого комплекса как составной части процесса устойчивого развития при сохранении естественной биоты Земли путем создания эко-, геотехнологий освоения недр на принципах поточности, малоотходности, ресурсосбережения, ресурсовоспроизведения, повышения контрастности свойств разделяемых компонентов с обеспечением экологической чистоты, аналогичной с функционированием биологических систем



В работах [4, 5] представлены и обсуждаются только модели 1–4 и 6–8 (табл. 1), т.е. проблема исследуется главным образом с позиции комплексной переработки уже добытого минерального сырья. Другие ресурсы недр, комплексное их освоение и собственно процессы недропользования, извлечения ресурсов из недр не рассматриваются, хотя и упоминаются.

В зависимости от конкретных целей и условий любой элемент системы может исследоваться обособленно. Однако для выявления оптимального варианта комплексного использования минерального сырья более продуктивным будет подход с включением в систему конкретного участка недр в его природном состоянии и совокупности необходимых технологических процессов и видов работ для извлечения полезного ископаемого (других ресурсов недр) на дневную поверхность. Эти важные дополнительные элементы во многом определяют как общий объем природно-ресурсного потенциала недр (границы промышленных запасов), так и эффективность его комплексного использования.

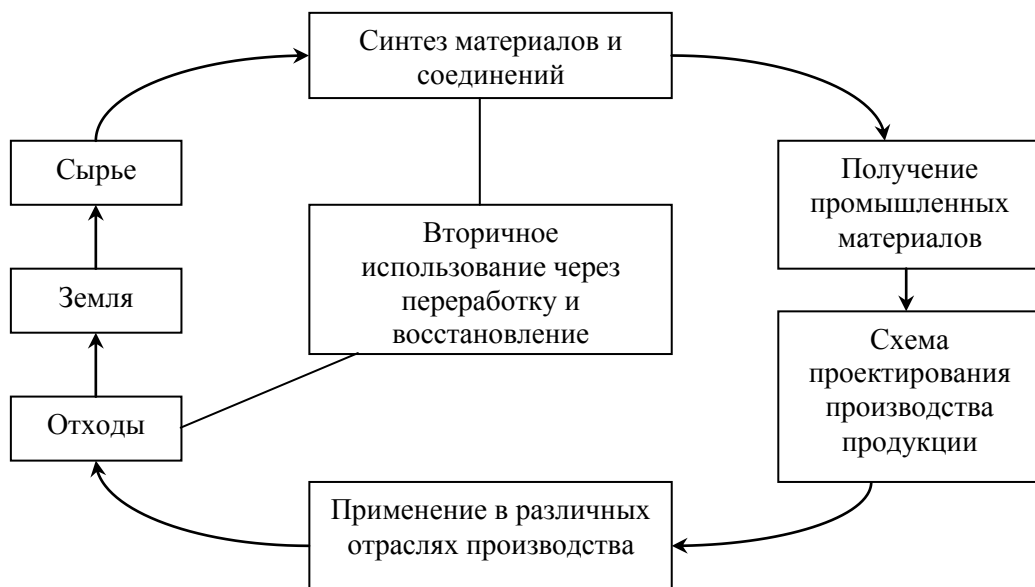


Рис. 1. Цикл полного использования материалов [5, 13]

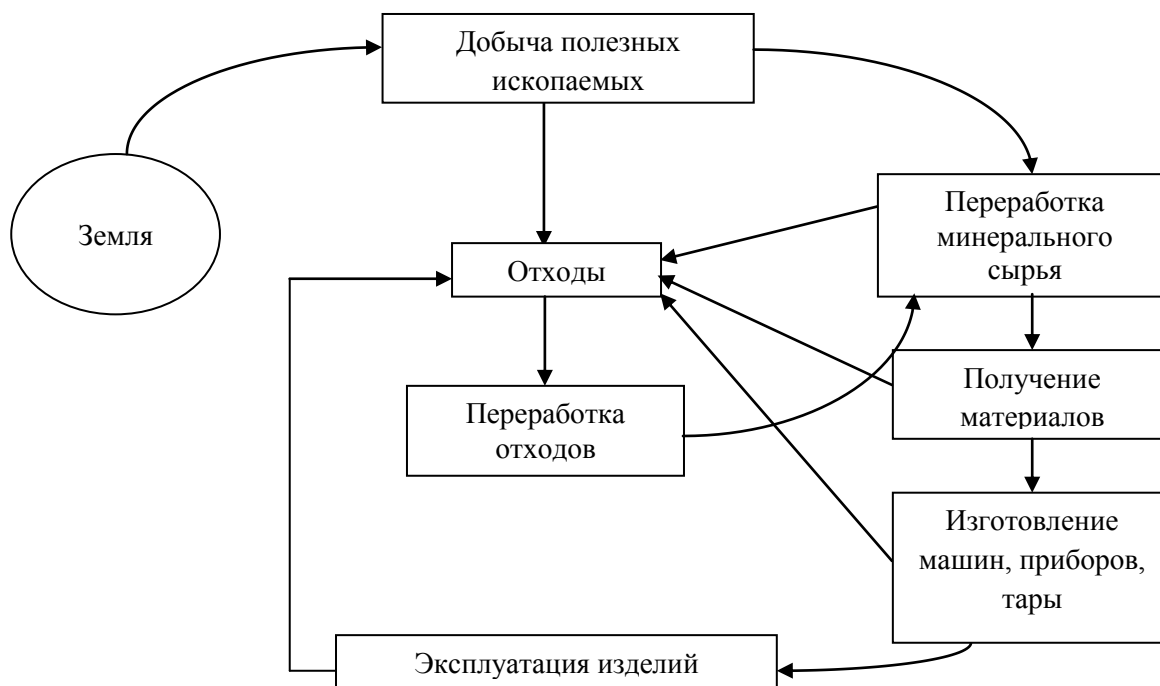


Рис. 2. Незамкнутый цикл (идеальный) полного использования материалов [5]

В соответствии с необходимостью целостного системного рассмотрения проблемы нами введены еще две модели недропользования 5 и 9 (табл. 1), сформулированные на основе изучения и обобщения работ в этой области академиков Н.В. Мельникова, М.И. Агошкова, Н.К. Трубецкого, В.А. Чантурия и других ученых и специалистов [6, 9–15, 17–20].

Безусловно, основоположником научного недропользования как части природопользования является В.И. Вернадский в рамках его основополагающего философского учения о ноосфере как целостной планетной оболочке Земли, населенной людьми и рационально сознательно преобразованной ими в соответствии с законами сохранения и поддержания жизни для гармоничного сосуществования общества и природы [7].

Большинство приведенных в табл. 1 моделей рационального недропользования и комплексной переработки минерального сырья, представляют собой необходимую конкретизацию, дополнение и последующее развитие идей В.И. Вернадского и А.Е. Ферсмана для конкретных условий и стадий производства с учетом современного уровня научных знаний и практики недропользования, усложнения глобальных экологических проблем и необходимости обеспечения устойчивого развития мирового сообщества при резко сокращающихся запасах невозобновимых минеральных ресурсов и т.п.

Общепризнанным в научной литературе является приоритет акад. А.Е. Ферсмана во введении в научный оборот понятия «комплексное использование сырья» [13], определении и характеристики его сущности, направлений, значимости и эффективности, а также конкретных практических примеров организации комплексных природно-ресурсных производств.

Модель Н.В. Мельникова, М.И. Агошкова [6, 10, 11] существенно расширяет перечень видов и масштабы ресурсов земных недр, повышает эффективность комплексного недропользования.

Модель Н.К. Трубецкого, В.А. Чантурия [9, 12, 14, 15] ориентирует на преобразование традиционной технологии добычи и переработки полезных ископаемых путем целенаправленного создания экологически безопасных геотехнологий, позволяющих не превышать порога возмущения биоты, допустимого по условиям ее существования. Основными элементами таких биогенных технологий являются: замкнутый цикл обращения твердых, жидких и газообразных отходов; избирательная добыча полезного ископаемого (перевод в подвижное состояние, сегрегация и селективная дезинтеграция горной массы; управление контрастностью свойств минеральных компонентов; предконцентрация руды радиометрическими методами в очистном пространстве); восходящий порядок горных работ с размещением основной части отходов в отработанном пространстве; минимизация экологической цены продукции; ограничение (нормирование) уровня техногенного воздействия на конкретные экосистемы и т.д. Обоснованные биогенные принципы построения горной технологии составляют концептуальную основу «идеальной разработки». И хотя такая технология, как отмечают авторы [12], скорее всего, останется мечтой, но ее формирование укажет основные направления научного поиска экологически безопасных решений.

Значительный интерес представляет модель замкнутого комплексного использования минеральных ресурсов с рециркуляцией полезных компонентов на основе утилизации и переработки отходов, предложенная В.А. Резниченко и А.А. Морозовым [4, с. 9–22]. Схема подобного производства (рис. 1) была представлена на «Неделе материалов» в г. Чикаго (США) в 1994 г. [16].

В развитие модели В.А. Резниченко и А.А. Морозова А.Д. Верхотуровым предлагается разомкнутая схема производства материалов с полной переработкой отходов на основе создания мини-заводов в местах добычи сырья с использованием высоких технологий, представленную на рис. 2. Указанную схему А.Д. Верхотуров называет идеальной, ориентированной на будущие технологии. И, в качестве таких грядущих технологий, в предлагаемой им седьмой парадигме производства материалов рассматриваются воздействия на минеральное сырье концентрированных потоков энергии с разложением минералов, их восстановлением и получением элементов, сплавов и соединений «непосредственно из горной массы без предварительного разделения содержащихся в ней минералов и без обогащения» [5, с. 7].

Изложенные идеи и соответствующая им схема (рис. 2) представляются весьма заманчивыми, однако маловероятными на практике, во всяком случае, в обозримом будущем.

Во-первых, вариант создания мини-заводов на каждом месторождении, либо кустовых на группе сближенных месторождений явно более затратный по сравнению с транспортировкой концентратов и их совместной переработкой на ограниченном числе более крупных заводов (как правило, с реализацией положительного синергетического эффекта и эффекта масштаба).

Во-вторых, в связи с постоянным снижением содержания полезных компонентов в минеральном сырье его переработка с применением концентрированных потоков энергии будет весьма энергоемкой и дорогостоящей по сравнению с простыми методами механического обогащения и переработкой меньшего объема более чистого и богатого сырья (концентратов) новыми методами с применением концентрированных потоков энергии. В-третьих, значительная часть горной массы необходима для закладки выработанного пространства и рекультивации нарушенных земель. Кроме того, по мнению многих исследователей [21, 22] и автора настоящей работы, является недостижимым, нереальным технически полностью безотходное производство на всех без исключения стадиях трансформации природного сырья, а также совпадение потребностей общества со структурой и объемами выпуска продуктов переработки отходов производства и потребления. В связи с этим более вероятной на обозримое будущее представляется схема с частичным (возможно временным) складированием отходов, по крайней мере, некоторых стадий производства, представленная на рис. 1.

Комплексное использование многокомпонентного сырья за счет совместного применения в одном производстве нескольких ценных компонентов, мощностей и ресурсов вспомогательных, обслуживающих производств, всей инфраструктуры комбината, как правило, имеет положительный синергетический эффект [23, 24] по сравнению с односторонним (монопродуктовым) использованием того же сырья для производства равноценного количества тех же видов продукции аналогичного качества, как простой суммы индивидуальных производств.

В работах [23, 24] показано, что природа синергетического эффекта комплексного использования многокомпонентного сырья может быть выявлена и наглядно представлена при рассмотрении принципиально возможных моделей индивидуального (монопродуктового), интегрированного (конгломератного типа) и комбинированного (комплексного) производств, организуемых на базе месторождения многокомпонентного минерального сырья (рис. 3).

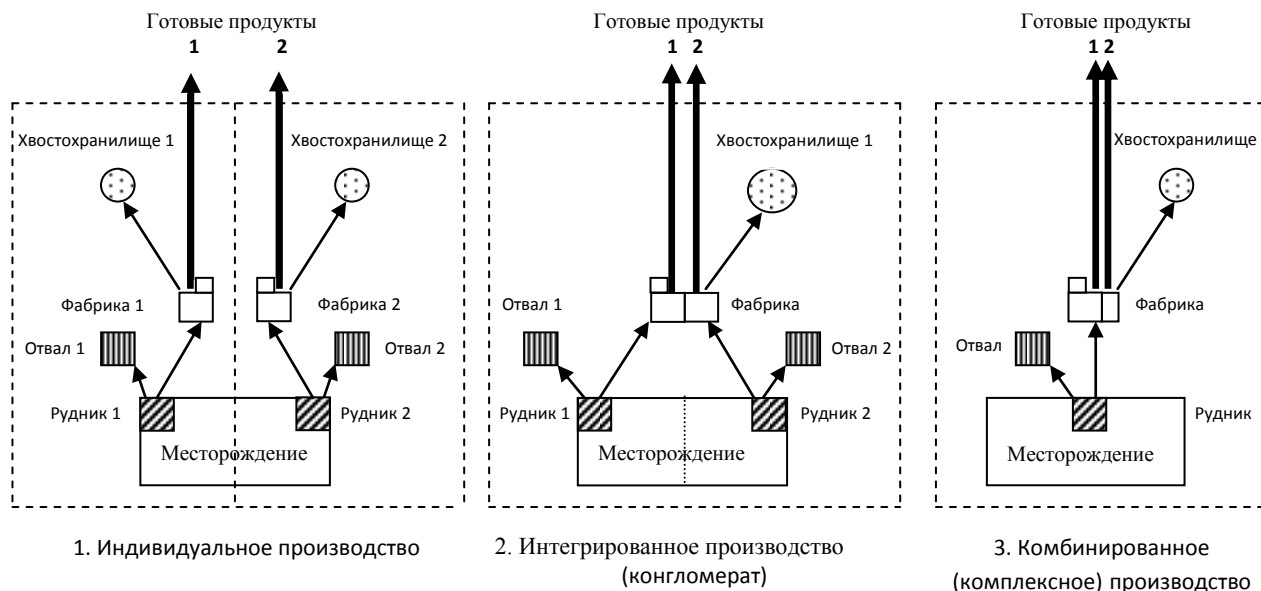


Рис. 3. Разновидности принципиально возможных моделей производств при использовании месторождения многокомпонентного минерального сырья

Чтобы избежать ненужных усложнений рассматриваемых моделей (рис. 3) будем полагать, что каждый из полезных компонентов сырья представлен собственными минералами,

существенно различающимися по физико-химическим свойствам, которые могут извлекаться в любом порядке по разным технологиям независимо друг от друга.

Расширение номенклатуры извлекаемых полезных компонентов при переработке многокомпонентного сырья сопровождается преобразованием только части перерабатывающих мощностей на стадии обогащения или, чаще всего, лишь на заключительных химико-металлургических операциях переработки концентратов, полуфабрикатов, промежуточных продуктов. При этом не требуется увеличения объема добычи сырья, соответственно дополнительных инвестиций и текущих затрат (см. рис. 3), связанных с подготовкой сырьевой базы, горными работами и начальными стадиями подготовки сырья к переработке (процессами дробления, измельчения\*, классификации и т.п.).

Самый поверхностный анализ разработанных моделей наглядно и однозначно убеждает в существенных эколого-экономических преимуществах комплексного использования невозобновимых минеральных ресурсов, возможности существенного экономического роста и экологизации минерально-сырьевого комплекса при ограничении и даже снижении объемов добычи минерального сырья из недр, что подтверждено и экономическими расчетами на конкретных примерах комбинированного комплексного использования природного и техногенного многокомпонентного минерального сырья [23, 24].

Современная парадигма недропользования, как представляется, должна включать наиболее важные совместимые элементы всех перечисленных моделей и дополняться новыми достижениями науки и техники, в частности, нового научного направления – «нанотехнологии».

«Нанонаука», «нанотехнологии», «наноматериалы» – новое направление науки, возникшей на стыке физики, химии, материаловедения, биологии, электронной и компьютерной техники, получило особенно интенсивное развитие в последние 15–20 лет. Оно оперирует наноразмерными объектами величиной приблизительно от долей нанометра (нм) до 100 нм (1 нм =  $10^{-9}$  м). Причем верхний предел интервала размеров чисто условен, а нижний определяется размерами атомов и молекул [25]. Многие ученые, занимающиеся нанотехнологией, предсказывают в не столь отдаленном будущем революционные перемены во всех областях науки и жизнедеятельности человека, в частности в химии, биологии, медицине, экологии, электронике и др. [25, 26]. Принципиальная возможность построения с помощью нанотехнологии материальных структур атом за атомом или молекула за молекулой [25, 26] позволяет перейти в перспективе к идеальному комплексному действительно малоотходному использованию определенной части практически любого природного или техногенного материала, рециклированию полезных соединений или химических элементов из отходов производства и потребления и, соответственно, резкому ограничению объемов добычи первичного природного сырья. Очевидно, таким путем человечество в будущем сможет перейти к экологосбалансированному устойчивому экономическому развитию, научному преобразованию биосферы в ноосферу, сферу разума по В.И. Вернадскому [7].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Думнов А.Д. Природно-ресурсный комплекс России: статистическая оценка 90-х годов // Вопросы статистики, 2000, № 5. С. 23–33.
2. Балукова В.А. Методология корпоративного подхода к реструктуризации промышленных предприятий в условиях российской экономики. СПб.: СПбГИЭУ, 2002. 204 с.
3. Ларичкин Ф.Д. и др. Экономическая оценка ресурсов многокомпонентного минерального сырья и оптимизация комплексного его использования / Ф.Д. Ларичкин, В.Н. Мотлохов // Природные ресурсы северных территорий: проблемы оценки, использования и воспроизводства.
4. Комплексное использование руд и концентратов / В.А. Резниченко, М.С. Липихина, А.А. Морозов и др. М.: Наука, 1989. 172с.
5. Верхотуров А.Д. Минералогическое материаловедение как раздел науки о материалах //Химическая технология. 2002. № 6. С. 2-8; № 7. С. 2–8.
6. Агошков М.И. Развитие идей и практики комплексного освоения недр // Горный журнал. 1984. № 3. С. 3–6.
7. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1969. 262 с.
8. Горные науки, освоение и сохранение недр Земли / под ред. акад. К.Н. Трубецкого. М.: Изд. АГН, 1997. 475с.
9. Достижения и приоритеты горных наук в России / К.Н. Трубецкой, В.А. Чантурия, Д.Р. Каплунов, Н.Н. Чаплыгин // Горный журнал. 2000. № 6. С. 22–27.
10. Мельников Н.В. Минерально-сырьевые ресурсы и комплексное их освоение. Избранные труды. М.: Наука, 1987. 300 с.
11. Мельников Н.В. и др. Задачи научных исследований в области комплексного освоения месторождений, использования минерального сырья и охраны недр / Н.В. Мельников, М.И. Агошков // Комплексное использование минерального сырья. 1979. № 7. С. 3–11.
12. Трубецкой К.Н. и др. Экологические проблемы

\* В ряде случаев может потребоваться операция доизмельчения некоторых продуктов.



освоения недр при устойчивом развитии природы и общества / *К.Н. Трубецкой, Ю.П. Галченко, Л.И. Бурцев*. М.: Научтехлитиздат, 2003. 261 с. **13.** *Ферсман А.Е.* Комплексное использование ископаемого сырья. М.: АН СССР, 1932. 20 с. **14.** *Чантурия В.А.* Основные направления комплексной переработки минерального сырья // Горный журнал. 1995. № 1. С. 50–54. **15.** *Чантурия В.А.* Теоретические основы повышения контрастности свойств и эффективности разделения минеральных компонентов // Цветные металлы. 1998. № 9. С. 11–17. **16.** Materials Week. International Conference of Minerals, Metals and Materials Society. Oktober. 2–6. 1994. Rosemont (Chicago). Illinois USA. 1994. P. 1–183. **17.** *Аренс В.Ж.* Физико-химическая геотехнология. М.: МГГУ, 2001. 656 с. **18.** *Воробьев А.Е.* Ресурсовоспроизводящие технологии горных отраслей: уч. пособие. М.: МГГУ, 2001. 150 с. **19.** *Дядькин Ю.Д.* Проблемы комплексного освоения ресурсов недр и использования подземного пространства // Горный журнал. 1990. № 7. С. 54–57. **20.** Приоритетные направления научных исследований в области геологических, геохимических и горных наук по изучению, освоению и сбережению недр России / *В.А. Жариков, Ю.Г. Леонов, Ю.Г. Сафонов и др.*; под ред. *В.А. Жарикова*. М.: ИПКОН РАН, 1996. 213 с. **21.** *Бобылев С.Н., Ходжаев А.Ш.* Экономика природопользования: уч. пособие. М.: ТЕИС, 1997. 272 с. **22.** Экология и экономика природопользования: учебник для вузов / под ред. проф. *Э.В. Гирусова*, проф. *В.Н. Лопатина*. 2-е изд., доп. и перераб. М.: ЮНИТИ-ДАНА, Единство, 2002. 519 с. **23.** *Ларичкин Ф.Д.* Научные основы оценки экономической эффективности комплексного использования минерального сырья. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. 252 с. **24.** Специфика учета и управления затратами в комбинированных горнопромышленных производствах / *Ф.Д. Ларичкин, А.Г. Воробьев, Ю.Г. Глущенко, Т.А. Блошенко, Т.А. Ковырзина*. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2012. 285 с. **25.** Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / пер. с англ. / под ред. *М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса*. М.: Мир, 2002. 292 с. **26.** *Скорина М.Л. и др.* Нанотехнология в материалах сайтов сети Интернет / *М.Л. Скорина, Е.В. Юртов* // Химическая технология. 2003. № 1. С. 39–43.

### **Сведения об авторе**

*Ларичкин Федор Дмитриевич* – д.э.н., профессор, директор Института;  
e-mail: lfd@iep.kolasc.net.ru

## АРХИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН И ИХ МЕСТО В СОЦИАЛЬНОЙ ИСТОРИИ: 55 ЛЕТ НАУЧНОМУ АРХИВУ КНЦ РАН

**Е.И. Макарова**

Научный архив КНЦ РАН

### Аннотация

Рассмотрены основные этапы формирования Архивного фонда Кольского научного центра РАН в контексте взаимодействия с Архивом Российской академии наук в 1930–1990-е гг. Освещены история, состав фондов и основные направления деятельности Научного архива Кольского научного центра РАН с 1957 по настоящее время.

### Ключевые слова:

*Российская академия наук, Архивный фонд РАН, Архив РАН, Научный архив Кольского научного центра Российской академии наук, Информационная система Архива РАН (ИСАРАН).*



Рассматривая историю не столько как науку, сколько как культурную составляющую совокупности знания о той или иной эпохе, можно заметить, что потребность в ней всегда определялась прежде всего государственными интересами. «Над историей мы не властны, но извлекать из нее уроки обязаны», – эти слова, сказанные известным российским историком-архивистом XX в. Е.В. Старостиным, актуальны и сегодня, когда общество столкнулось с разрушением прежней социалистической социально-экономической системы российского государства путем жесткого, подчас насильственного внедрения в нее принципов капитализма. В то же время

ведущие страны цивилизованного мира столкнулись с проблемами мирового экономического кризиса и угрозой надвигающейся экологической катастрофы во всепланетарном масштабе [1]. Не случайно в стремительно набирающем обороты XXI в. ключевыми эпизодами отечественной истории были обозначены следующие события: 200-летие Победы в Отечественной войне 1812 г., 400-летие со дня восстания под предводительством Минина и Пожарского и 1150-летие зарождения российской государственности. Празднование этих значительных для истории государства событий указывает на потребность общества в сохранении духовных ценностей и патриотизма, в возрождении лучших традиций российской культуры.

Отечественная наука как составляющая культуры Российского государства, имеет свой опыт и свою историю, без изучения которой, как указывал великий русский ученый и мыслитель XX в. В.И. Вернадский, не может быть познано духовное наследие человечества [2]. Достижения российской науки, способствовавшие построению высокопродуктивной производственной, социально-бытовой и культурно-образовательной инфраструктуры российского общества всего за несколько десятилетий XX в., могут и должны оказаться востребованными в миропорядке новой реальности.

Неотъемлемой частью отечественной науки является кольская академическая наука, которая в первой половине XX в. создала прочный фундамент для развития комплексных научных исследований Академии наук в Баренцевом/Евро-Арктическом регионе. Изучение и осмысление этого нарратива дает возможность не только воспользоваться плодами знаний предыдущих поколений, но и «сравнить темпы развития экономики Кольского края, масштабы научных исследований, рост научного потенциала в советский и современный период, преимущества и недостатки каждого, а также проанализировать динамику взаимодействия триады власть (партийная и государственная, на разных уровнях) – наука – производство при успешно решаемых страной, первой в мировой практике строящей социализм, сложнейших народно-хозяйственных проблемах. Опыт такого взаимодействия может оказаться вновь востребованным в связи с появлением симптомов заинтересованности общества в науке и позволит учесть преимущества и недостатки советского и современного развития науки в регионе» [3].

Бесценное документальное наследие научных достижений советской эпохи истории Академии наук представлено в Научном архиве Кольского научного центра Российской Академии наук (НА КНЦ РАН), который вот уже 55 лет хранит обширную информационную базу научных данных и документированную память об истории научных исследований в Баренцевом/Евро-Арктическом регионе в XX в. Архивный фонд, формировавшийся в течение более чем 80-летней истории Кольского научного центра (начиная с созданной в 1930 г. акад. А.Е. Ферсманом Хибинской исследовательской горной станции Академии наук), вобрал в себя свидетельства научной деятельности и результаты важнейших научных достижений региональной науки на Кольском п-ове.

Архивный фонд Кольского научного центра Российской Академии наук (АФ КНЦ РАН) включает научную документацию, в которой зафиксированы результаты исследовательской деятельности академических учреждений КНЦ РАН во всех областях науки; управленческую документацию, отражающую научно-организационную деятельность и координацию фундаментальных исследований учреждений КНЦ РАН; фото-, кинотехническую и электронную документацию учреждений КНЦ РАН; личные документы выдающихся ученых и организаторов науки на Кольском п-ове. АФ впервые был собран в 1935 г. ученым секретарем Кольской базы АН СССР А.М. Оранжевой (1934–1937 гг.) в составе «научного архива материалов по Кольскому полуострову» [4]. Сегодня это лишь небольшая, но несомненно уникальная часть всех архивных материалов по истории развития науки в 1930-е гг. на Кольском п-ове.

В СССР в 1930-е гг. с созданием ведомств организовывались и их архивы. При этом правовой статус, положение и даже название архивов в разное время были различны. Соответственно требованиям постановления ЦИК и СНК СССР от 5 февраля 1936 г. «Об упорядочении архивного дела в народных комиссариатах и центральных учреждениях СССР» архивы создавались в составе административно-хозяйственных подразделений учреждений того или иного ведомства. В системе АН СССР с самого начала комплектование АФ КНЦ было обусловлено «академической» спецификой, имевшей первостепенную задачу – собирать, хранить и обеспечивать оперативное использование документов и материалов для организации и проведения научных исследований. Архивный фонд Академии наук (АФАН) СССР, формировавшийся в процессе научной и научно-организационной деятельности Академии наук и ее организаций, а также личных фондов выдающихся ученых и организаторов науки, хранился без передачи в государственные архивы. Изначально практика архивного дела Хибинской горной станции–Кольской базой Академии наук (ХИГС–КБАН) СССР определялась и направлялась решениями Производственного совещания при экономическом секторе АН СССР. В соответствии с «Положением об архивохранилищах филиалов и баз АН», утвержденным 4 июня 1933 г. постановлением заседания Президиума АН СССР, научный архив подлежал организации при «непосредственном ведении ученого секретаря филиала (базы) и специально назначенном работнике филиала (базы) при согласовании с Архивом РАН». Архивно-методическое руководство архивом осуществлял Архив АН СССР [5]. В довоенный период АФ комплектовался и хранился разрозненно в подразделениях, входивших в штат КБАН–КФАН СССР, таких как: «Секретная часть и фонды» [6], «Научная библиотека и научные фонды» [7]. Работа по формированию АФ проходила под постоянным контролем и вниманием со стороны методического центра архивной службы АН СССР – Архива АН СССР, возглавляемого Г.А. Князевым. Архивист-профессионал, он был одним из ведущих отечественных теоретиков архивного дела и заложил научные основы деятельности Архива Академии наук, которыми во многом руководствуются и до настоящего времени. Не будет преувеличением сказать, что с именем Г.А. Князева связано становление академического архивного дела, развитие Архива Академии наук как современного архивного учреждения. Возглавляя Архив АН СССР в 1930–1950-е гг., он внес значительный вклад не только в изучение истории Академии наук, но и в разработку основ архивного дела в России [8]. Именно Г.А. Князевым был подготовлен ряд нормативно-методических материалов по вопросам создания и совершенствования научно-справочного аппарата к документальным комплексам Архива Академии наук, в частности, одно из первых учебных пособий по архивному делу в СССР – «Теория и техника архивного дела (опыт систематического руководства)», в котором отдельный раздел посвящен научно-справочному аппарату архивов. Г.А. Князевым впервые был введен термин «ориентирующий

научно-справочный аппарат», который указывает на его информационное назначение и позволяет как проводить научное описание архивных материалов, так и использовать его «в целях политических, хозяйственно-экономических, научно-исследовательских, культурно-бытовых и справочно-практических» [9]. Работа по формированию Архивного фонда была нарушена с началом Великой Отечественной войны. Вместе с КБАН СССР Архивный фонд документальных материалов был эвакуирован в г. Сыктывкар Коми АССР, где и пережил военное лихолетье в составе объединенной Базы АН СССР по изучению Севера, возвратившись на Кольскую землю уже после восстановления КБАН СССР и реэвакуации обратно. В первые послевоенные годы архив концентрировал внимание на таких направлениях архивной деятельности, как обеспечение сохранности документов, их обработка и учет, использование в оперативной работе и справочных целях.

В послевоенные годы расширение системы учреждений АН СССР поставило в повестку заседаний Президиума АН СССР вопросы о состоянии архивного дела. В результате было принято 6 специальных решений о создании документальной базы истории науки, внедрении в работу архивов современной техники, определении правового положения архивов Академии наук, регламентации их деятельности, расширения круга исторических источников [10]. На оживление архивного дела повлияло принятие постановления Совета Министров СССР от 7 февраля 1956 г. «О мерах по упорядочению режима хранения и лучшему использованию архивных материалов министерств и ведомств». Несмотря на то, что сегодня историки неоднозначно оценивают это постановление, оно сыграло определенную роль в развитии ведомственных архивов. Главным образом это проявилось в усилении внимания к вопросам делопроизводства. Переписка Архива АН СССР с КФАН СССР об организации и работе архива в 1950-е гг. свидетельствует о неустанном внимании директора Архива АН СССР Г.А. Князева к организации научных архивов учреждений Академии наук. Об этом наглядно свидетельствует реакция руководства КФАН СССР на докладную записку Г.А. Князева в Совет филиалов АН СССР «О состоянии архивной службы в филиалах АН СССР», когда в КФАН СССР «вопрос об усилении бдительности за сохранностью, учетом и использованием документальных материалов» был поставлен в ряд первоочередных задач [11]. Другой документ – письмо за подписью зам. председателя Президиума КФАН Г.И. Горбунова свидетельствует о готовности ввести в проект штатного расписания КФАН СССР на 1953 г. должность «заведующего научными фондами и архивом» и предоставить отдельное помещение под архив [11]. Организационный период занял несколько лет, и в 1957 г. Научный архив вошел в структуру КФАН СССР уже как самостоятельное научно-вспомогательное подразделение.

Начальный период НА связан с деятельностью М.Ф. Котловой, инспектора спецотдела КФАН, которая сначала занималась организацией архива 2–3 дня в неделю по совместительству, а затем стала первой заведующей Научным архивом КФАН [12]. Архив АН СССР обеспечил КФАН СССР нормативно-методической литературой: «Правилами работы архивов учреждений, организаций и предприятий», утвержденными приказом МВД СССР от 1 июня 1956 г. № 360 [13], академическим «Классификатором научно-организационной и деловой документации (делопроизводства) учреждений АН СССР», 1955 г. [14] и «Перечнем документальных материалов, образующихся в деятельности АН СССР, учреждений и организаций ее системы, с указанием сроков хранения материалов», 1954 г. [15]. Особенностью архивной службы КФАН явилось наличие в структуре архива «спецфонда», в соответствии с приказом по КФАН СССР № 149 от 26.11.1957. Приказом был обозначен комплекс документов «открытого и закрытого характера, подлежащих передаче из научной библиотеки, 1-го отдела и структурных подразделений в научный архив». Фактически с момента организации Научного архива «спецфонд» определился как отдельное подразделение Архива, находящееся в ведении заведующей Архивом М.Ф. Котловой под контролем Спецотдела КФАН СССР. К концу 1959 г. организационный период завершился «оформлением и приведением в порядок 1200 ед. хранения научных отчетов, статей, стенограмм и других материалов. Научный архив разместился в помещении, оборудованном стеллажом и шкафом для хранения документов, объединявшем архивохранилище, читальный зал и рабочую комнату одновременно, с зарешеченным окном и обитой железом дверью [16]. Приказом по Филиалу № 19 от 3 февраля 1959 г. была создана комиссия для экспертизы научной и практической ценности документов Филиала в целях отбора



на хранение в Архиве, было разработано и утверждено «Положение об Архиве при Кольском филиале АН СССР» [16]. Положение обозначило состав Архивного фонда, определило должностные и правовые функции Архива по приему, учету, хранению документов и по их использованию.

В 1960-е гг. в стране были заложены принципы построения единой системы научно-справочного аппарата к документам государственных архивов. Важные шаги на пути развития архивной службы были сделаны после выхода в свет «Основных правил постановки документальной части делопроизводства и работы архивов учреждений, организаций, предприятий СССР» (1962 г.), способствовавших созданию системы взаимоотношений государственных и ведомственных архивов в стране. Это не могло не повлиять на состояние архивного дела в КФАН. С начала 1960-х гг. НА КФАН начал активную работу в направлении организации системы научных архивов в учреждениях КФАН СССР. Постановление № 639 от 10 августа 1962 г. «Об обеспечении сохранности, состоянии и использовании документальных материалов в учреждениях Академии наук СССР» [17] утвердило методический центр системы архивов АН СССР – Архив АН СССР, преобразованный из Московского отделения Архива АН СССР, и определило программу первоочередных задач академической архивной службы. В апреле 1963 г., в связи с выходом на пенсию Г.А. Князева, директором Архива АН СССР был назначен Б.В. Левшин. Ученик выдающегося советского архивиста И.Л. Маяковского Б.В. Левшин всю свою трудовую жизнь посвятил Архиву Академии наук: младший научный сотрудник Московского отделения Архива АН СССР (1951–1952 гг.), ученый секретарь МО Архива (1952–1956 гг.), заведующий МО Архива (1956–1963 гг.), директор Архива АН СССР – РАН (1963–2003 гг.), советника РАН (2003–2012 гг.). Под руководством Б.В. Левшина Архив РАН превратился в ведущее научное учреждение Академии наук, осуществляющее научно-методическое руководство сетью академических научных архивов. В это время вслед за Постановлением Совета Министров СССР от 25 июля 1963 г. № 829 «О мерах по улучшению архивного дела в СССР» вышел ряд постановлений и распоряжений по АН СССР с целью создания централизованной академической архивной службы и развития ее на правовой основе. Распоряжением № 3-1286 от 27 августа 1963 г. Президиума АН СССР «О мерах по улучшению архивного дела в АН СССР» институты и учреждения АН СССР обязывались в короткие сроки привести в порядок архивные материалы с последующей передачей в установленном порядке на постоянное хранение; укрепить архивы квалифицированными кадрами; обеспечить архивы пригодными для хранения помещениями [18]. Распоряжением по АН СССР № 18 от 3 октября 1963 г. было утверждено «Положение об Архиве АН СССР» [18] с правом постоянного государственного хранения документальных материалов АН СССР. Это положение касалось академических научных архивов региональных центров АН СССР, в том числе Научного Архива КФАН СССР, и обозначило его положение на территории Мурманской области с вверенным ему правом осуществлять постоянное хранение документов КФАН СССР без передачи в государственный архив (филиал госархива Мурманской области в г. Кировске). Одной из важнейших задач Научного архива стало осуществление методического контроля за работой делопроизводственных служб Филиала для достижения полноты комплектования АФ КФАН.

В этот период Кольский филиал превратился в комплексное учреждение, включавшее несколько научных институтов-фондообразователей. Помимо Президиума КФАН, Полярно-альпийского ботанического сада (1931 г., статус института получил в 1966 г, ПАБСИ), Геологического института (ГИ, 1951), Мурманского морского биологического института (ММБИ, 1953) были образованы Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья (ИХТРЭМС, 1958), Полярный геофизический институт (ПГИ, 1960), Горный институт (ГоИ, 1960). В 1960-е гг. Кольский филиал переехал в новостройки Академгородка Нового города, который с 1966 г. стал называться Апатиты. В 1964 г. Научный архив вслед за Кольским филиалом был переведен в главный административный корпус КФАН (Ферсмана, 14). Материальная база Архива улучшилась за счет расширения производственных площадей, штат увеличился до трех человек. В Научном архиве были созданы все условия для проведения полноценной научно-технической обработки архивных документов.

С ростом учреждений Кольского филиала и территориальной отдаленностью некоторых из них назрела необходимость в организации системы оперативных архивов при учреждениях – в ММБИ и ПАБСИ, а также в ПГИ, имеющем свои структурные подразделения в разных частях Кольского п-ова. Постановлением Президиума КФАН СССР (протокол № 27 от 21 октября 1966 г., пп. 4.5) об организации архивов «с оперативной научной и делопроизводственной документацией» в ММБИ, а

также в «территориально разбросанном» ПГИ руководство указанных учреждений было обязано «выделить специальных сотрудников для оформления и ведения архивов» и обеспечить помещения под архивы [19]. В ПАБС научный архив был организован в 1960 г. приказом № 7 по ПАБС от 25.02.60 г., и было утверждено положение о научном архиве ПАБС [20]. Данные меры были приняты в целях создания оперативно действующей системы научных архивов с использованием фондовой модели.

В 1970-е гг. Научный архив вошел с численностью 15466 ед. хранения (по данным на 01.01.1971 г.). Список фондообразователей Архива состоял из восьми (по числу учреждений) фондов и личного фонда профессора П.Н. Чирвинского, полученного в дар:

- фонд № 1 – Президиум КФАН СССР;
- фонд № 2 – ГИ КФАН СССР;
- фонд № 3 – ИХТРЭМС КФАН СССР;
- фонд № 4 – личный фонд проф. П.Н. Чирвинского;
- фонд № 5 – ПАБС (ПАБСИ) КФАН СССР;
- фонд № 6 – ГоИ КФАН СССР;
- фонд № 7 – ПГИ КФАН СССР;
- фонд № 8 – ММБИ КФАН СССР.

Одним из важнейших направлений работы Научного архива в этот период было содействие постановке документирования деятельности учреждения АН СССР, включая разработку номенклатуры учреждения и его подразделений и контроль за делопроизводством канцелярий. Весь цикл работ (от формирования дел документов с постоянными сроками хранения до отбора документов с временными сроками хранения к уничтожению) опирался на «Типовую инструкцию по организации и ведению делопроизводства в учреждениях АН СССР», утвержденную распоряжением Президиума АН СССР № 14100-1867 от 8 декабря 1974 г. В 1971 г. Президиумом Академии наук СССР было издано распоряжение «О порядке и сроках представления номенклатур дел учреждений АН СССР» [21]. В соответствии с этим распоряжением были утверждены типовые номенклатуры дел с указанием индексов по «Классификатору...» 1955 г. и статей «Перечня...» 1969 г., а также отдельных статей «Перечня...» 1954 г. Введение типовых номенклатур дел для различных учреждений и организаций Академии наук способствовало созданию более качественных описей и унификации заголовков дел.

Такое направление работы обеспечивало полноту комплектования архивными документами, принимаемыми на постоянное хранение от учреждений Филиала. Документы управленческой деятельности сдавались из канцелярий в Архив спустя два года по окончании делопроизводственного года. Прием проводился с полистным просмотром правильности оформления согласно Единой государственной системе делопроизводства. Прием научной документации проводился по окончании года – по описи, при отсутствии архива в подразделении (учреждении) (например, в Отделе экономики и Отделе энергетики), научные отчеты принимались по окончании проведения НИР на инвентарный учет с последующим включением их в сводную опись соответствующего подразделения. В ходе этой работы Архив выполнял функцию организатора экспертизы документов к выделению на постоянное или долговременное хранение, а также – к уничтожению с временными сроками хранения как утратившими практическую ценность с оформлением актов. Согласно положению об экспертных комиссиях научных учреждений и Центральной экспертной комиссии КФАН СССР (1977) в Филиале и его учреждениях были созданы экспертные комиссии (ЭК) во главе с учеными секретарями учреждений. Работа ЭК проходила при содействии и методической помощи Научного архива. Все описи дел постоянного и долговременного хранения и акты на уничтожение документов после утверждения ЭК рассматривались на заседании Центральной экспертной комиссии (ЦЭК) Филиала, а затем посылались на утверждение Советом по комплектованию и использованию документов (СКИД) АН СССР. Такая практика обеспечивала не только полноту комплектования академического архивного фонда, но и поддерживала высокий уровень качества оформления основных учетных документов, содействуя постоянному росту профессионализма работников делопроизводственных служб.

В 1970-е гг. в Научном архиве была проведена работа по созданию межфондовых каталогов с целью создания оперативной информационно-поисковой системы к документам архива. Был разработан тематический каталог, в частности, его разновидность – каталог по истории учреждений КФАН СССР и предметные каталоги: именной – на научные документы и на личный состав Филиала; географический – на научные документы по объектам научных исследований. При создании каталогов применялись подокументный (приказы по личному составу, распоряжения по основной

деятельности) и поединичный (научные отчеты о законченных НИР) способы описания, основой для описания являлся предмет или конкретная тема. При объеме ежегодных поступлений в 1968–1979 гг. от 1,5 тыс. до 2 тыс. ед. хр. Архив оформлял в год свыше 3 тыс. каталожных карточек. Помимо каталогов, в Архиве были подготовлены информационные справочники по фондам: в 1968 г. в КФАН был опубликован первый справочник по фондам Научного архива «Библиографический аннотированный указатель научных трудов (1931–1966)»; в 1975 г. – «Обзор о составе документального фонда архива ордена Ленина Кольского филиала им. С.М. Кирова АН СССР» [22]. Основной проблемой этого периода стала загруженность архивохранилищ (3-х изолированных помещений общей площадью 83 м<sup>2</sup>). Решению проблемы способствовал Архив АН СССР: в целях проверки выполнения постановления Президиума АН СССР № 514 от 24.06.1976 г. «О мероприятиях АН СССР в связи с решением Президиума СМ СССР "О результатах проверки состояния учета и хранения архивных материалов в центральных государственных архивах СССР"» [23] комиссией Архива АН СССР было проведено обследование НА КФАН, в ходе которого была установлена более чем 100%-я загруженность хранилищ Архива КФАН СССР, имеющего на тот момент более 32 тыс. ед. хранения. При этом архив осуществлял прием и хранение документов не только с постоянными и долговременными сроками хранения, но и временными (до 10 лет) сроками. В то же время, СКИД АН СССР отмечалось, что перегруженность архивохранилищ не позволяет Научному архиву комплектоваться личными документами ведущих ученых КФАН и первичной научной документацией полевых экспедиций [24]. По рекомендациям СКИД АН СССР руководством КФАН СССР были приняты меры по устранению отмеченных недостатков в работе Архива: произведено перераспределение рабочих мест и должностных обязанностей в Архиве по обслуживанию закрытой части фондов, проведена частичная реконструкция внутри помещений с установкой пожароохранной сигнализации Архива. Тогда же сотрудники Архива «очистились» от документов с временными сроками хранения: документов, присланных для сведения, дублетных экземпляров и т.п., историческая важность которых на тот момент не являлась ценной. Тогда же был выбран путь решения проблемы перегруженности хранилища Архива – ускорить процесс организации научных архивов с переменным составом при учреждениях КФАН, как это осуществляли архивы ПАБСИ и ММБИ, получившие в 1960-е гг. право долговременного хранения из-за территориальной отдаленности.

В 1980-е гг. Научный архив пережил новый виток развития, это 10-летие можно назвать периодом наибольшего подъема архивного дела в советский период как в КФАН СССР, так и в Академии в целом. Научный архив, направляемый Архивом РАН, взял на себя функцию методического курирования документной и архивной службы учреждений КФАН СССР. Реализация такой работы обеспечивалась особым статусом, закрепленным согласно Постановлению Совмина СССР от 04.04.1980 № 274 и обозначенным в Перечне отраслевых государственных фондов, министерств, ведомств СССР и организаций, осуществляющих постоянное хранение документов Государственного архивного фонда СССР (с изм. и доп., внесенными Постановлением Совмина СССР от 07.01.1985 [25]). Другим важным нормативным документом, регламентирующим работу по комплектованию Архивного фонда КНЦ РАН, стал «Перечень документов со сроками хранения Академии наук СССР, ее учреждений, организаций и предприятий. Часть 1. Управленческая документация», 1981 г. Он был разработан Архивом АН СССР в качестве пособия для составления номенклатур дел и формирования дел в делопроизводстве. На базе «Перечня...» Президиумом АН СССР в 1982 г. были утверждены типовые номенклатуры дел научного учреждения АН СССР. [26]. Таким образом, в Академии наук СССР была создана единая система классификации управленческой документации, которая позволяла унифицировать подготовку описей и заголовков дел в Академии наук и ее учреждениях и организациях. Несмотря на то, что вторая часть Перечня «Научная документация» так и не была осуществлена, часть 1 долгие годы служила пособием не только для архивистов, но и сотрудников службы документационного обеспечения Академии наук. Благодаря такой научно-методической поддержке «сверху» Научный архив получил мощный стимул для дальнейшего развития системы архивной службы. К 1985 г. Архив располагал производственными площадями общей площадью 106,2 м<sup>2</sup> со шкафами-стеллажами протяженностью 406 п.м. Численность архивного фонда Научного архива составляла 19811 ед. хр. [27]. Штат состоял из трех сотрудников – двух с высшим специальным и одного со среднетехническим специальным образованием, обслуживающих открытую и закрытую части Архива.

Особыми моментами истории 1980-х гг. – начала 1990-х гг. следует назвать практику проведения Архивом АН СССР Всесоюзной школы архивистов. Было организовано три крупномасштабных мероприятия – в 1982 г. (п. Борок Московской обл.), в 1985 г. (г. Баку Азербайджанской АССР) и в 1991 г. (п. Борок Московской обл.), где все сотрудники Научного архива поочередно повышали квалификацию. Следует отметить, что такая возможность была предоставлена сотрудникам Научного архива благодаря кадровой политике руководства КФАН СССР, направленной на укрепление профессионализма архивной и документной службы КФАН. Школы под руководством Б.В. Левшина проводили самые опытные специалисты архивоведения и документоведения – Н.М. Митрякова, Г.В. Мамонова, Г.И. Пронина (куратор Научного архива КФАН–КНЦ РАН), Т.Л. Молчанова, Т.М. Королева, М.С. Бастраков и др., в результате их деятельности были подготовлены высококвалифицированные кадры на местах, что обеспечило стабильное состояние архивного дела АН СССР на долгие годы вперед. Фактическим подтверждением этого явилось проведение Смотра сохранности Архивного фонда Академии наук СССР, проходившего в 1985 г. в системе учреждений АН СССР, в т.ч. и в Кольском филиале. Знаковым в истории Кольского филиала АН СССР был 1985 г. – Президиум АН СССР назначил председателем КФАН СССР В.Т. Калининкова, его заместителями по науке стали Г.В. Калабин и В.П. Петров, на должность главного ученого секретаря КФАН был приглашен А.Н. Виноградов. Будучи ведущими учеными в своих научных направлениях, они имели еще и многолетний опыт организаторской работы в учреждениях Кольского филиала. В ходе смотра окончательно сформировалась система научных архивов в институтах КФАН СССР: к уже существовавшим научным архивам ПАБСИ в г. Кировске, ММБИ и ГоИ, где архив был образован в 1982 г., прибавились научные архивы в Ги, ИХТРЭМС, ПГИ. По итогам Смотра 1985 г. НА КФАН СССР был признан одним из лучших по организации архивного дела в системе научных архивов АН СССР, что на все последующее время определяло приоритеты его развития. В дальнейшем кадровый потенциал Научного архива, развиваясь под научным руководством зам. председателя КНЦ РАН В.П. Петрова и главного ученого секретаря А.Н. Виноградова, добился и других показательных результатов, дав первых кандидатов исторических наук в истории КНЦ РАН и Мурманской области по специальности 05.25.02 «Документалистика, документоведение, и архивоведение» (Е.И. Макарова, 2000; О.В. Шабалина, 2008). Пройдя профессиональную подготовку в Научном архиве, получили возможность для дальнейшего карьерного роста и другие работники сферы документной службы КНЦ РАН и его учреждений: (Е.И. Бондаренко, Л.В. Коструб, О.В. Шамина (Шаболина), Е.М. Розвод, В.И. Белькова, Т.А. Фридман, П.В. Хардииков, К.В. Старовойтова и др.).

В 1988 г. КФАН СССР был преобразован в Кольский научный центр им. С.М. Кирова АН СССР (КНЦ АН СССР) на базе существующих научных и других организаций Кольского филиала им. С.М. Кирова АН СССР согласно Постановлению Президиума АН СССР № 1113 от 27 сентября 1988 г. [28]. Этому событию предшествовала разработка Программы двукратного увеличения экономической эффективности народного хозяйства Мурманской области, одобренная Правительством СССР. Принятие Программы предусматривало выделение средств на научное обеспечение крупных инвестиционных проектов, дав импульс к преобразованию Кольского филиала в региональный Кольский научный центр [29]. С 1989 по 1991 гг. в составе Центра были образованы новые научные учреждения: Институт информатики и математического моделирования технологических процессов (1989); Институт проблем промышленной экологии Севера под руководством Г.В. Калабина (1989), в котором в 1990 г была организована группа научно-технической информации, где сформировался архив; Институт физико-технических проблем энергетики Севера (1991), Кольский региональный сейсмологический центр (1991). Несколькими годами ранее был организован Институт экономических проблем (1986), а в 1987 г. его научный архив. Таким образом, список фондообразователей Архивного фонда КНЦ существенно увеличился и составил согласно структуре Центра 12 учреждений. К имеющимся восьми добавились:

- фонд № 9 – Институт экономических проблем;
- фонд № 10 – Институт проблем промышленной экологии Севера;
- фонд № 11 – Институт информатики и математического моделирования технологических процессов;
- фонд № 12 – Институт физико-технических проблем энергетики Севера.

Социально-политические и экономические изменения в СССР, происшедшие после 19 августа 1991 г., повлекли смену политической системы управления страной, разрушив сложившуюся



структуру государственного и общественного устройства. Согласно Указу Президента РСФСР «Об организации Российской академии наук» от 21 ноября 1991 г. научные учреждения, находящиеся в составе АН СССР и расположенные на территории РСФСР, в т.ч. КНЦ АН СССР, были переданы в Российскую академию наук – правопреемницу АН СССР [29]. Тем не менее право Академии наук хранить документы постоянно, не передавая их в государственные архивы, сохранилось [30]. Постановлением № 125 от 21 июня 1994 г. РАН были утверждены положение об Архивном фонде РАН, положение об Архиве РАН, положение о научном архиве центра РАН и определены основные задачи в области архивного дела [31]. Эти положения действуют и на современном этапе.

Организационно Архивный фонд КНЦ РАН сосредоточен в Научном архиве КНЦ РАН и научных архивах учреждений КНЦ РАН (до передачи на постоянное хранение в НА КНЦ). Согласно типовому положению о научном архиве регионального научного центра НА КНЦ РАН является научным архивом с постоянным составом документов на правах научного подразделения и подчиняется региональному научному центру РАН [31]. По действующему Уставу КНЦ РАН Научный архив КНЦ РАН входит в структуру КНЦ РАН как научно-вспомогательное подразделение. Научный архив функционирует с учетом преобразований в структуре КНЦ РАН на базе 12 фондов архивных документов численностью свыше 30 тыс. ед. хранения. Фонд НА составляют материалы научных исследований: первичные материалы поисковых экспедиций и научных исследований Академии наук на Кольском п-ове; рукописи научных работ; картографические материалы; документы организационно-управленческой деятельности ХИГС – КБАН – КФАН – КНЦ АН СССР – КНЦ РАН. Помимо практической ценности эти документы имеют ценность как источники по истории развития науки и промышленного освоения Кольского п-ова. Все имеющиеся в наличии фонды в основном содержат документы советского и новейшего времени.

Несмотря на то, что в 1990-е гг. Кольский научный центр испытывал экономические трудности, в Научном архиве при неуклонном росте квалификации кадрового состава поддерживался необходимый уровень состояния материально-технической базы. Начиная с 1991 г., архив внедрил в практику новые информационные средства на базе современных технологий, чем способствовал приобщению НА КНЦ РАН к Полярному сообществу работников библиотечного и архивного дела (участием в международных коллоквиумах полярных библиотек и архивов (1994, 2010) и разработке проектов НИР Центра гуманитарных проблем Баренц-региона КНЦ РАН по истории АН СССР на Кольском Севере).

Реформирование Российской академии наук в постсоветский период, а также повышение общественного интереса к истории отечественной науки поставили на повестку дня решение задач вовлечения в информационную систему поиска документной информации внутри Архивного фонда РАН. Российская академия наук комплекзует, учитывает и хранит свой Архивный фонд в 40 научных архивах (в т.ч. и в НА КНЦ РАН). Традиционные учетные технологии, применяемые в архивах, не позволяли обеспечить централизованный государственный учет документов Архивного фонда РАН в полном масштабе из-за их низкой эффективности.

В 2004–2006 гг. Архив РАН разработал базу данных «Архив РАН», в результате были созданы специализированное программное обеспечение и современная технологическая среда, обеспечивающая доступ к документам Архивного фонда РАН, и методика предоставления архивных информационных ресурсов заинтересованным пользователям. В 2007 г. был создан программно-информационный комплекс «Информационная система Архива РАН», состоящий из 4-х блоков баз данных: «Учет и каталог», «Лица-фондообразователи», «Учреждения-фондообразователи» и автономно-сетевое программное модуль «Тайпер», интегрированного в Информационную систему Архива РАН. После прохождения «Информационной системой» всесторонней тестовой проверки, в 2012 г. в результате переписки с Группой информационных архивных технологий Архива РАН и НА КНЦ РАН на безвозмездной основе в НА КНЦ РАН был передан пакет методической документации ИТ с программным обеспечением по наполнению контента. Данные первого уровня были внесены на страницу НА КНЦ РАН в Информационной системе "Архивы РАН". Следующим шагом взаимодействия стало участие сотрудника НА КНЦ в заполнении метаданных о составе и содержании Архивного фонда КНЦ РАН на уровнях «Фонд» и «Опись», которые необходимы для ведения электронного Центрального фондового каталога (ЦФК). Так через взаимодействие с Архивом РАН сегодня создается автоматизированный Научно-справочный аппарат (НСА) – база данных «Архив РАН», которая реализует все функции традиционной системы научно-справочного аппарата архива и

предоставляет (по сравнению с традиционным НСА), более широкие возможности оперативного и многоаспектного поиска архивных документов Архивного фонда РАН. Характерно, что информационной составляющей автоматизированного НСА являются те же элементы описания различных уровней, что и для традиционной системы научно-справочного аппарата, разработанной в 1950-е гг. Г.А. Князевым. Более того, характеристики архивных фондов путеводителя «Архив Академии наук СССР», разработанного Г.А. Князевым, соответствуют современным требованиям к характеристикам архивных фондов в путеводителе по фондам архива.

«Обращенность к практике выражает главную прикладную черту архивоведения, причем сама богатая практика архивистов выступает необходимым источником теории, во многом определяет ее развитие и придает ей определенную самостоятельность – в пределах предмета и задач архивоведения», – так писал в своем основополагающем труде по теории науки об архивах «Теоретические проблемы отечественного архивоведения» выдающийся теоретик и практик архивного дела В.Н. Автократов [32].

В ходе комплексной проверки в НА РАН в ноябре 2012 г. ИСАРАН получила одобрение Росархива – главного органа архивной службы России. Идея утверждения базы данных региональных и научно-отраслевых архивов Центральной экспертно-проверочной комиссией (ЦЭПК) получила поддержку. Скорее всего, скоро в новое положение о ЦЭПК РАН войдет новая процедура, а Научный архив КНЦ РАН станет одним из первых научных архивов в системе архивной службы Российской академии наук, внедривших ИСАРАН в практику архивного дела КНЦ РАН.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Старостин Е.В.* Архив ВЧК: Сборник документов // Отечественные архивы. 2009. № 1. С. 106.
2. *Вернадский В.И.* Труды по истории науки в России. М.: Наука, 1988. С. 259.
3. *Оранжева А.М.* Работа Академии наук СССР и социалистическое строительство на Кольском полуострове. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2008. С. 5.
4. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 18. Д. № 425. Л. 18.
5. АРАН. Ф. 188. Оп. 1. Д. № 4. Л. 1–8.
6. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. № 167. Л. 128.
7. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. № 177. Л. 44–47.
8. *Афиани В.Ю.* Георгий Алексеевич Князев. Академический архив в прошлом и настоящем: сб. науч. ст. к 280-летию Архива Российской академии наук / ПФА РАН; Отв. ред. И.В. Тункина. СПб.: Нестор-История, 2008. С. 18.
9. *Князев Г.А.* Теория и техника архивного дела (опыт систематического руководства). Л.: Лоция, 1935. С. 69–87.
10. *Левшин Б.В.* Первый научный архив России // История академических учреждений // Вестник РАН. 1995. Т. 5, № 3. С. 249.
11. НА КНЦ РАН. Дело фонда № 1. Переписка по основной деятельности Научного архива за 195–1967. Запрос № 9-37/668 от 20 марта 1953 г. Ученого секретаря Совета филиалов АН СССР В.И. Кузнецова в адрес Президиума КФАН СССР «О причинах, препятствующих организации архива». Л. 1–2.
12. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. № 390. Л. 173–174.
13. Правила работы архивов учреждений, организаций и предприятий. М., 1956.
14. Классификатор научно-организационной и деловой документации (делопроизводства) учреждений Академии наук СССР / сост. Г.А. Князев. М., 1955. 31 с.
15. Перечень документальных материалов, образующихся в деятельности Академии наук СССР. Учреждений и организаций ее системы с указанием сроков хранения материалов. М., 1954. 152 с.
16. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. № 492. Л. 110.
17. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. № 607.
18. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. № 641. Л. 170–175.
19. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. № 715. Л. 204–207.
20. Протокол № 18 заседания Президиума Филиала от 12.11.60 г.
21. Распоряжение Президиума АН СССР № 7–1723 от 15 ноября 1971 г. «О порядке и сроках представления номенклатур дел учреждений АН СССР». М., 1971. 55 с.
22. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6. Д. № 715. Л. 204–207.
23. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6-опер. Д. № 49. Л. 137–157.
24. Наблюдательное дело НА КНЦ РАН. Акты проверок Архива и документы к ним. 1956–1996. Л. 1–4.
25. Постановление Совмина СССР от 07.01.1985. Режим доступа: <http://www.lawmix.ru/sss/7883>
26. НА КНЦ РАН. Паспорт за 1985 г. Л. 1–2.
27. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6-опер. Д. № 197 а. Л. 1–13.
28. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6-опер. Д. № 233. Л. 177.
29. Устав КНЦ РАН // НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 40. Д. № 485. С. 8–10.
30. НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6-опер. Д. № 244. Л. 26–33.
31. Типовое положение о научном архиве регионального отделения РАН, его научного центра, регионального научного центра РАН. Приложение 6 к постановлению Президиума РАН от 21 июня 1994 г. № 125. С. 26–27 // НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 6-опер. Д. № 244. Л. 74–48.
32. *Автократов В.Н.* Теоретические проблемы отечественного архивоведения. М.: РГУ, 2001. С. 27.

#### Сведения об авторе

*Макарова Елена Ивановна* – к.и.н., зав. Научным Архивом КНЦ РАН;  
e-mail: makarova@admksk.apatity.ru

## ИСТОРИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И СОЗДАНИЯ МУЗЕЯ-АРХИВА ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА ЦГП КНЦ РАН (1970–2012 гг.)

**В.П. Петров, Е.Я. Пация, О.В. Шабалина**

Центр гуманитарных проблем Баренц-региона КНЦ РАН

### Аннотация

Описаны основные этапы создания Музея-Архива ЦГП КНЦ РАН, процессы инициативного и экспедиционного обслуживания коллекций и выставок музея в начале его деятельности, а также дан краткий обзор нынешней постоянной экспозиции.

### Ключевые слова:

*Музей-Архив, Кольский Север, Северный филиал Географического общества СССР, история изучения и освоения Кольского п-ова, ЦГП КНЦ РАН.*



Кольский филиал Академии наук СССР (КФАН СССР), ныне – Кольский научный центр Российской академии наук (КНЦ РАН), стал первым по времени создания региональным центром академической науки в Советской России. Он был призван обеспечить народно-хозяйственное освоение Кольского п-ова, изучение его природных ресурсов и процессов.

Именно поэтому институты естественно-научного профиля справедливо занимали и занимают в нем ведущее положение. За 80-летнюю историю Центра здесь сложились признанные научные школы. Однако за рамками академической науки региона долгое время оставалась обширная сфера гуманитарного знания. Осознание необходимости осмыслить уникальный исторический опыт освоения края и его культурный потенциал пришло не сразу.

Еще в 1930-е гг. акад. А.Е. Ферсман, заложивший основы организации и развития фундаментальной науки в регионе, формулируя «Основные задачи Кольской Базы Академии наук СССР», настаивал: «Для того чтобы наука догнала производство и стала снова впереди хозяйственного освоения п-ова – необходимо немедленно расширить объем работ Базы, охватив все насущные научно-исследовательские вопросы». Длинный перечень мероприятий, успешно реализованный наукой к сегодняшнему дню, заканчивался пунктом «Ж»: «В области культуры. 1) Изучение экономики, быта и языка коренного населения Кольского п-ова (саамы, ижемцы, поморы)» [1]. Тем не менее, начало планомерных исследований по этому пункту Ферсмановской программы касательно быта и языка в стенах КНЦ РАН задержалось на несколько десятилетий.

Музей-Архив истории изучения и освоения Европейского Севера ЦГП КНЦ РАН в городе Апатиты Мурманской области де-факто существует 37 лет. История его создания относится к началу 1970-х гг., когда музейный бум был практически всемирным явлением. «Музеи возникли не потому, что «так сложилось», а вполне осознанно, и вся их история – пример сознательного внедрения в посетителей идей, выходящих за рамки собственно музейного дела» [2]. Эта мысль, высказанная А.К. Байбуриным, как нельзя лучше относится к истории создания и деятельности Музея-Архива.

Своеобразие этой истории в том, что изначально, действительно, возникла «идея». Под нее был составлен план, определен круг персоналий и начался сбор музейных экспонатов. Главными идеологами проекта были два географа – сотрудники КФАН СССР, действительные члены Географического общества (ГО) СССР к.г.н. Б.И. Кошечкин и д.г.н. И.Л. Фрейдин, вдохновленные решением V Съезда ГО СССР в 1970 г. о восстановлении Центрального географического музея – детища известного географа В.П. Семенова-Тян-Шанского. В качестве первого шага делегаты съезда договорились организовать в 1971–1974 гг. Музей истории

Географического общества СССР. Вернувшись в г. Апатиты, Борис Иванович Кошечкин (1931–1995) – ученый, краевед, популяризатор науки [3], немедля приступил к делу. По его замыслу, экспозиция музея, который без сомнения должен был состояться в маленьком заполярном городе, была посвящена истории научных исследований на Европейском Севере России. Борис Иванович обладал удивительной способностью собирать вокруг себя таких же увлеченных Севером людей. К этому времени практически все филиалы ГО Северо-Запада объединились в Северный филиал ГО СССР с центром в г. Апатиты, председателем Президиума которого и был избран к.г.н., заведующий лабораторией Четвертичной геологии Борис Иванович Кошечкин. На этот период приходится особо активная деятельность Географического общества. Костяк организации состоял из ученых трех филиалов: КФАН СССР, Карельского филиала АН СССР, Коми филиала АН СССР, а также специалистов Мурманского филиала Института Арктики и Антарктики, Гидрографической службы Северного военно-морского флота и мн. др. Действительными членами Географического общества СССР становились все желающие, кому были не безразличны проблемы охраны природы, вопросы просвещения, история географических открытий на Севере. Многие жители нашего края сами путешествовали по Кольскому Северу. Характеризуя научное сообщество 1930–1980-х гг., бесспорно можно говорить об определенном духовном климате. Это время наполнено творческим подъемом, выходящим за рамки научных интересов. Среди ученых были свои поэты, писатели, художники. Сам г. Апатиты, где расположен КНЦ РАН, был центром культурной жизни региона. В такой творческой атмосфере и с научным подходом был задуман Музей-Архив истории изучения и освоения Севера.

Для серьезной музейной деятельности в академической среде КФАН СССР имелись исторические предпосылки. А.Е. Ферсман всегда уделял большое внимание музейной работе. В статье «Музейное, выставочное и лекционное дело» он, в частности, писал: «Музеи Академии Наук, еще согласно старым академическим традициям, не являются просто местом хранения и накопления научного материала, а представляют такие научно-исследовательские институты, в которых сочетается научная работа с просветительными и научными выставками...» [4]. И действительно, Минералогический музей Геологического института КФАН СССР может по праву гордиться своей профессиональной геологической коллекцией, которая, тем не менее, благодаря его научным сотрудникам, интересна любому, даже неподготовленному посетителю.

Но парадокс заключается в том, что Музей-Архив был задуман как исторический, а в структуре КФАН СССР не было на тот момент ни одного гуманитарного подразделения, и более того, отсутствовали всякие предпосылки для его организации. Вузовская наука Мурманской области «в одиночестве» пыталась заполнить гуманитарные «лакуны». Деятельность Северного филиала Географического общества СССР (СФГО СССР) в какой-то мере «закрывала» нишу гуманитарных исследований: постоянно приглашались специалисты для совместных археологических, этнографических экспедиций в регионе.

Тем не менее, с 1973 г. энтузиасты, создававшие Музей-Архив, начали активную собирательскую деятельность, направленную прежде всего на создание музейной экспозиции. Инициативное комплектование происходило в двух направлениях. В рамках первого в Музее-Архиве велась обширная переписка с исследователями Севера и их семьями. Почти все адресаты – люди, известные не только в России, но и в мире. Члены семей видных ученых и полярников не оставили без внимания просьбы о помощи в создании музея и передавали для экспонирования свои материалы и материалы своих родственников, предметы экспедиционного обихода, научный инструментарий, книги, художественные работы. Многие приезжали лично, привозили уникальные документы, фотографии.

Так, например, в письме от 22 января 1974 г. Борис Иванович Кошечкин писал Гавриилу Дмитриевичу Рихтеру: «Хотелось бы иметь несколько официальных фотографий периода Ваших экспедиций и какие-либо рукописные материалы. Быть может, сохранились полевые дневники, зарисовки, карты. Могли сохраниться у Вас и вообще материалы, освещающие этот и более ранние периоды изучения Европейского Севера, которые могли бы быть использованы в экспозиции» [5, исх. № 16]. Также он просит «указать других лиц, которые могли бы быть полезны при поисках таких материалов».



После обращения за помощью в организации Музея-Архива биолог, краевед из Архангельска Ксения Петровна Гемп подарила для экспозиции издание 1771 года – «Дневные записки путешествия доктора и Академии наук адъютанта Ивана Лепёхина по разным провинциям Российского государства, 1768 и 1769 году». «Описание Белого моря с его берегами и островами» А. Фомина 1797 г. издания передал геолог Н.И. Апухтин. Этнограф из Петрозаводска Роза Тороева пополнила этнографическую коллекцию предметами быта жителей западного берега Белого моря. «Лапония» И. Шеффера, 1674 г. – дар семьи основателя Мурманского краеведческого музея М.Н. Михайлова.

Уже в письме от 22 января 1974 г. Б.И. Кошечкин смог написать О.И. Семенову-Тян-Шанскому: «Наши долгие ходатайства по поводу предоставления Северному филиалу Географического общества помещения для организации Музея истории и освоения Севера привели к положительному решению этого вопроса. Помещения для музея выделены, и мы заняты разработкой и подбором экспозиции» [5, исх. № 19]. Борис Иванович предложил О.И. Семенову-Тян-Шанскому войти в Совет музея и попросил предоставить для экспонирования «документы, связанные с изучением [Кольского] полуострова в 30–40-е годы» и несколько рисунков.

В этот же день Кошечкин отправил письмо [5, исх. № 18] в Эстонию Иоганну Гансовичу Эйхфельду с точно такими же просьбами, а в сообщении Алексею Алексеевичу Киселеву он изложил концептуальный план формирования музейной экспозиции: «Имеется в виду организация четырех отделов:

1. Древнейший период освоения Севера (археология).
2. Освоение и изучение Европейского Севера в XVI–XVIII столетии.
3. Изучение морей Европейской Арктики и дореволюционный период.
4. Советский период изучения и освоения Севера.

Помимо этого, при музее создается научный архив исторических материалов, связанных с изучением Севера и Арктики» [5, исх. № 29] (рис. 1). Из этого письма становится известно, что А.А. Киселев ранее изъявлял желание принимать активное участие в деятельности СФГО СССР, и Б.И. Кошечкин предложил ему работать в Совете музея в качестве заместителя председателя Общества.



*Рис. 1. Слева – гость и даритель Музея-Архива СФГО СССР акад. И.Г. Эйхфельд, справа – председатель Президиума СФГО СССР к.г.н. Б.И. Кошечкин и ученый секретарь СФГО СССР Е.Я. Пацья*

В Ленинградское отделение института истории АН СССР д.и.н. И.П.Шаскольскому 28 января 1974 г. [5, исх. № 34] было направлено сообщение, в котором Б.И.Кошечкин с сожалением признавал, что сотрудники Музея-Архива «почти не располагают оригинальными

материалами ...и вынуждены использовать в экспозиции лишь репродукции и копии карт, рукописные книги и т.п.». Но тут же Борис Иванович заверял адресата: «Совет музея ведет постоянную работу по изысканию уцелевших исторических материалов, и эта работа уже имеет свои плоды».

В этот же день ушел запрос [5, исх. № 27] и в Москву на имя вдовы акад. А.Е. Ферсмана Е.М. Ферсман, где сообщалось: «естественно, в отделе Советского периода (освоения и изучения Европейского Севера) больше всего места будет уделено исследованиям Александра Евгеньевича». Отмечалось, с каким вниманием Екатерина Матвеевна отнеслась и какую помощь оказала при организации такой экспозиции в Мурманском краеведческом музее. В письме Кошечкин написал, что осведомлен о том, что КФАН в лице Григория Ивановича Горбунова уже обратился за помощью к ней «в устройстве мемориального кабинета Александра Евгеньевича» и выказал опасения в том, что «уже не вполне удобно обращаться» к ней, «но, с другой стороны, экспозиция нашего скромного музея серьезно пострадает, если яркая деятельность Александра Евгеньевича на Кольском п-ове будет представлена исключительно в копиях, репродукциях материалов и т.п.». Поэтому Борис Иванович обратился изначально только за разрешением «хотя бы обсудить возможность» помощи Е.М. Ферсман. Но все же не удержался и высказал надежду на получение от нее «1–2 страницы подлинного текста, посвященного Кольскому п-ову, написанных рукой Александра Евгеньевича и 1–2 предмета, служивших ему в период экспедиций (полевой дневник, перо и т.п.)». Екатерина Матвеевна ответила незамедлительно 5 февраля 1974 г. [5, исх. № 22]: «Конечно, с удовольствием помогу Вашему музею всем, чем располагаю». И пожелала больших успехов в организации музея.

28 января 1974 г. письмо с просьбой о помощи в организации экспозиции музея ушло в адрес известного полярника д.г.н. И.Д. Папанина [5, исх. № 28]. В это же время Борис Иванович просит сотрудников Научно-исследовательского института геологии Арктики передать для хранения и экспонирования личный архив М.А. Лавровой, полученный институтом после ее смерти [5, исх. № 32 от 29.01.1974].

Очень быстро откликнулся на просьбу о помощи в организации музея Гавриил Дмитриевич Рихтер и в письме от 30 января 1974 г. перечислил материалы, которые готов был передать для хранения и экспонирования. Среди них: фотографии и негативы, карты, книги. Впоследствии его персональный фонд станет одним из самых объемных и интересных в Музее-Архиве, а бесценные книги пополнят фонд редкой книги [6, вх. № 34].

Музей-Архив за подписью Б.И. Кошечкина обращался в г. Петрозаводск к Е.М. Эпштейну, к председателю Пинежского отдела ГО СССР М.К. Черемных, Г.И. Горецкому, проф. М.И. Белову, к директору музея в Тромсе д-ру Симонсену, к д-ру Блейку из Геологической службы Канады, к доценту Мурманского педагогического института И.Ф. Ушакову, к О.И. Кузеновой, В.М. Пасецкому, М.Н. Михайлову, акад. Е.М. Крепсу, к дочери основателя Мурманского отдела ГО СССР И.К. Тихомирова Т.И. Скрипкиной, к зоологу Е.Ф. Гурьяновой, работавшей в экспедициях на Мурмане, в Белом море, на Новой Земле, к геологу, исследователю Советской Арктики – проф. М.М. Ермолаеву, к дочери геолога проф. П.Н. Чирвинского – О.П. Чирвинской, к старейшему сотруднику Мурманской морской биологической станции Н.И. Широколобову, старейшему исследователю северных морей М.Г. Гостиловской [5, исх. № 50 от 31.01.74; исх. № 51 от 31.01.74; исх. № 53 от 01.02.74; исх. № 53 от 01.02.74; исх. № 58 от 05.02.74; исх. № 64 от 07.02.74; исх. № 71 от 12.02.74; исх. № 89 от 15.02.74; исх. № 75 от 18.02.74; исх. № 115 от 12.03.74; исх. № 116 от 12.03.74; исх. № 117 от 12.03.74; исх. № 124 от 14.03.74; исх. № 125 от 14.03.74].

А.А. Киселев в своем письме одобрил создание музея и обещал со своей стороны разноплановую помощь, в том числе и частичную передачу своих материалов для хранения и экспонирования (большая часть которых к тому времени была передана Мурманским государственным архивом в личный фонд) Музею-Архиву [6, вх. № 44 от 01.03.74].

Г.И. Горецкий поблагодарил за «лестное обращение оказать посильную помощь в организации Музея» и выслал фотоматериалы, свои статьи. Подсказал имена и адреса людей, к которым еще можно обратиться за помощью в этом деле [6, вх. № 46 от 04.03.74].

В.Д. Дибнер выслал некоторые материалы для музея и сообщил о том, что у его коллег по Шпицбергенской экспедиции хранятся обломки круглой шведской печи из бухты Вирго (северо-

запад о. Шпицберген), с помощью которой «несчастный Андрэ и его спутники готовили к полету свой воздушный шар». И что эти реликвии могут быть переданы музеем [6, вх. № 70 12.03.74]. Так и случилось – сейчас один крупный обломок печи выставлен в экспозиции Музея-Архива.

Понимая, что «экспозиция, представляющая лишь фотографии и издания, будет скучновата», Б.И. Кошечкин хотел «усилить ее картинками, рисунками, картографическими материалами и т.п.» (из письма М.Н. Михайлову) [5, исх. № 89 15.02.74]. Он планомерно разыскивал рисунки этнографа В.В. Чарнолуского и Альбера Бенуа, работавшего художником в экспедиции проф. Виттенбурга на Кольский п-ов. Договаривался о передаче живописных работ Н.В. Пинегина из его семьи в Музей-Архив.

Б.И. Кошечкин пытался организовать вывоз глыб с первыми наскальными изображениями – петроглифами на Кольском п-ове, открытыми В.Я. Шумкиным на р. Поной в местечке Чальмны-Варре. Он консультировался с представителями флота, договаривался об аренде вертолета МИ-8 у организации, «ведущей линию электропередачи на Гремиху» [5, исх. № 119 от 12.03.1974].

Для Музея-Архива выполнялись заказные работы. Так, например, Борис Иванович сделал заказ в совхоз «Тундра» на изготовление оленьей упряжи, саней (нартов), комплекта национальной одежды для представления в экспозиции музея быта и промыслов коренного населения Кольского п-ова – саамов [5, исх. № 31 от 29.01.74]. Из письма от 28 февраля 1974 г. становится известно, что карельская художница Т.Г. Юфа написала специально для Музея-Архива «пейзаж, характеризующий один из типичных ландшафтов Карелии» [5, исх. № 95].

В помощи организации Музея-Архива отказали лишь единицы. К большому сожалению, среди них оказался и И.Ф. Ушаков, на тот момент времени – к.и.н., краевед, сославшись на то, что музей находится не в Мурманске, а «на таком отдалении я ничем помочь не могу. Каких-либо экспонатов у меня нет. Лиц, имеющих коллекции, архивы и т.п., я не знаю» [6, вх. № 45 от 27.02.74.]. Поверить в это весьма сложно, т.к. он считался и продолжает считаться по праву «летописцем Кольской земли». После его смерти в 2002 г. Государственный архив Мурманской области получил комплекс личных документов д.и.н., проф. И.Ф. Ушакова, которые лишь на бумажной основе составили 1161 дело.

Экспозиция Музея-Архива продолжала пополняться, начали формироваться музейные фонды. Прислал свои материалы по истории лавинной службы в Хибинах и по изучению лавин Илья Константинович Зеленой [5, исх. № 179 от 02.04.74]. Елена Матвеевна Пинегина передала ценнейшие материалы, связанные с деятельностью Н.В. Пинегина и Г.Я. Седова [5, исх. № 181 от 04.04.74]. Вера Константиновна Лукницкая предоставила материалы своего мужа писателя Павла Николаевича Лукницкого [5, исх. № 265 от 20.05.74; исх. № 330 от 15.08.74]. Гавриил Дмитриевич Рихтер в феврале 1974 г. перенес тяжелый инфаркт, но продолжил собирать и готовить к передаче в фонды Музея-Архива материалы и книги [6, вх. № 93 от 03.04.74]. Сам Б.И. Кошечкин работал в Архиве Гидрографического управления Военно-Морского флота для ознакомления с древними картами Баренцева и Белого морей и для выяснения возможности «репродуцирования наиболее интересных из них с целью использования репродукций в экспозиции» [5, исх. № 185 от 08.04.74] Музея-Архива.

К концу 1974 – началу 1975 гг. в Музей-Архив были переданы на хранение материалы личных коллекций краеведа М.Н. Михайлова, акад. Г.И. Горецкого, известного исследователя Севера Р.Л. Самойловича, акад. Е.М. Крепса, географа Г.Д. Рихтера, основателя лавинной службы в Хибинах И.К. Зеленого, этнографа В.В. Чарнолуского, акад. А.Е. Ферсмана, полярника Л.И. Сенчуры, историка проф. А.Я. Белогурова, В.Д. Дибнера. Были приобретены архивы Н.В. Пинегина, М.А. Лавровой, С.В. Григорьева, К.М. Дерюгина, В.П. Кальянова, И.К. Тихомирова, Б.К. Флерова, П.Н. Лукницкого.

Вторым направлением сбора материала для наполнения экспозиции Музея-Архива была собственная экспедиционная деятельность на Кольском п-ове. Среди первых экспонатов была коллекция древних орудий, собранная в совместной экспедиции (1972 г.) сотрудников Геологического института КФАН СССР, Ленинградского отделения Института археологии АН СССР и членов СФГО СССР. Руководила экспедицией д.и.н. археолог Нина Николаевна Гурина. В дальнейшем экспедиции в содружестве с профессиональными археологами проводились неоднократно.

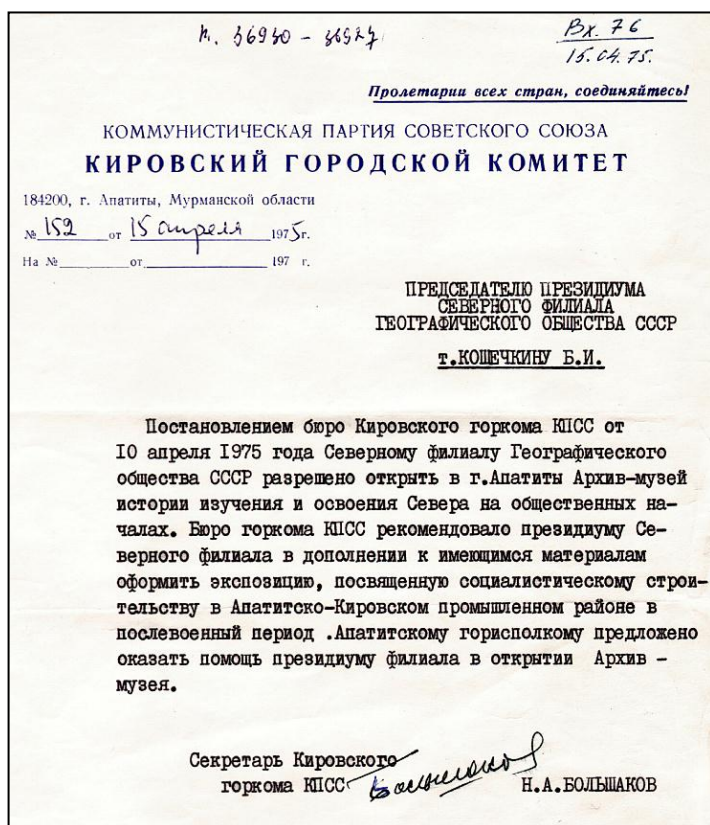
Надо признать, не все получалось гладко. Одна из первых экспедиций по сбору предметов быта в поморских селах была сплошным разочарованием. В нее отправились энтузиасты без малейших специальных знаний и профессиональных навыков. Они не смогли определить, что подлежит музеефикации, оценить потенциальные «музейные единицы хранения». Экспедиция закончилась полным фиаско – по ее результатам музейная экспозиция новыми экспонатами не пополнилась. Больше экспедиции без участия профессионалов и сотрудников Музея-Архива не проводили. Сбор этнографического материала курировала ведущий специалист по материальной культуре саамов, сотрудник Института этнографии АН СССР к.и.н. Татьяна Васильевна Лукьянченко. Она передала Музею-Архиву для экспонирования предметы культа XVI в., которые подтверждали время распространения христианства на Кольском Севере.

Большим энтузиастом музейных экспедиций был член Музейного совета СФГО СССР сотрудник ГИ КФАН СССР к.г.-м.н. Олег Андреевич Беляев, а их постоянным участником на протяжении многих лет стал водитель автотранспортного предприятия г. Апатиты Виктор Архипов. Они «тратили» в экспедициях дни своих отпусков и прошли с Северо-Запада Кольского п-ова до его Терского берега, по маршрутам экспедиций финляндских ученых 30-х гг. XX в. Это были родовые места Сонгельских саамов, к сожалению, облюбованные браконьерами, у которых был нелегальный доступ в 100-километровую пограничную зону. Вандалы осквернили

древние святилища, многое было расхищено и оказалось в частных коллекциях. Участники экспедиции не успевали провести фиксацию и научное описание археологических памятников. На Терском берегу за р. Варзугой участникам одной из экспедиций удалось все же найти средневековую керамическую мастерскую.

4 апреля 1974 г. в письме на имя секретаря Кировского ГК КПСС Г.Г. Гильманова согласно действующей инструкции Главного управления по охране государственных тайн при Совете Министров СССР от 31 июля 1974 г. учредителями был сформулирован официальный запрос на разрешение открыть в г. Апатиты Музей-Архив истории изучения и освоения Европейского Севера, организованный на общественных началах в соответствии с решением II Отчетно-выборной конференции СФГО СССР и постановлением Президиума ГО СССР от 20.11.74 [5, исх. № 94].

В ответ на запрос секретарь Кировского горкома КПСС Н.А. Большаков сообщил, что постановлением бюро Кировского горкома КПСС от 10 апреля 1975 г. СФГО СССР разрешено открыть в г. Апатиты Музей-Архив



*Рис. 2. Письмо секретаря Кировского горкома КПСС Н.А. Большакова на имя председателя Президиума СФГО СССР Б.И. Кошечкина о разрешении открытия в г. Апатиты Музея-Архива истории изучения и освоения Европейского Севера «на общественных началах». 15.04.75 г.*

истории изучения и освоения Европейского Севера на общественных началах (рис. 2). Но Бюро Горкома КПСС рекомендовало Президиуму Северного филиала в дополнение к имеющимся материалам оформить экспозицию, посвященную социалистическому строительству в Апатитско-Кировском промышленном районе в послевоенный период. Апатитскому Горисполкому было предложено оказать помощь Президиуму филиала СФГО СССР в открытии музея [6, вх. № 93 от 15.04.74]. И Музей-Архив получил неоценимую помощь от партийных



руководителей города, а особенно – от председателя Апатитского Горисполкома

В.Е. Бессмертного. В строящемся жилом здании (ул. Гайдара) было запланировано помещение для размещения музейной экспозиции и фондов.

Нельзя переоценить и вклад КФАН СССР в организацию Музея-Архива СФГО СССР. Этот процесс лично курировал председатель Президиума КФАН СССР Григорий Иванович Горбунов. Кольский филиал оказывал посильную помощь в проведении отделочных работ в помещениях Музея-Архива, в оборудовании его необходимой мебелью и во многих других вопросах. Первые музейные витрины, изготовленные еще в начале XX в., прибыли из Ленинграда из вновь организующегося в то время Музея истории ГО СССР. Оформляли экспозицию Музея-Архива художники и фотографы Геологического института КФАН СССР, а его директор – д.г.-м.н. Игорь Владимирович Бельков преподнес в дар свои живописные работы: «Зимнее пастбище в Ловозерских тундрах», «Саамы-оленеводы у кочевого жилья», которые удачно вписались в

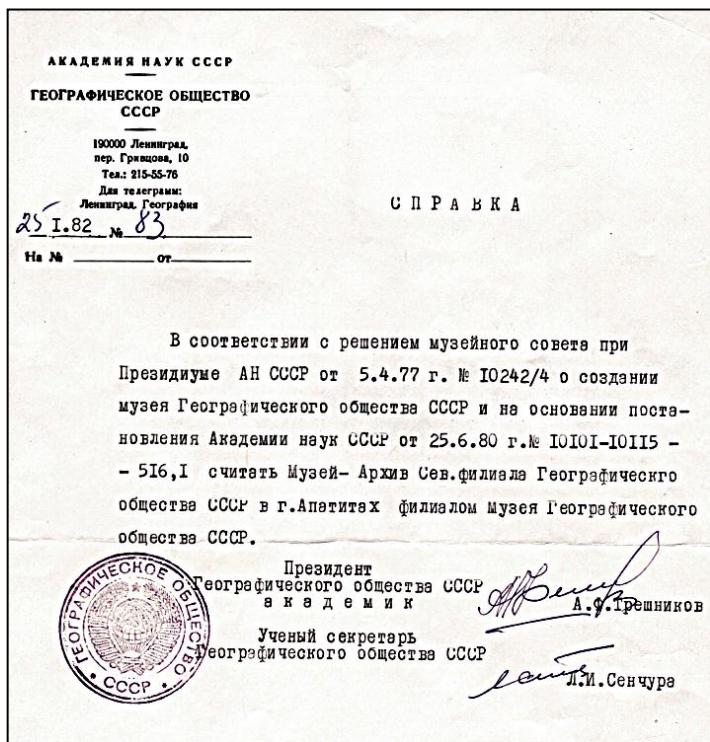


Рис. 3. Справка № 83 от 25.01.82, выданная ГО СССР о принадлежности Музея-Архива, который был филиалом СФГО СССР, Музею ГО СССР

экспозиционное пространство. В 1977 г. Г.И. Горбунов подарил Музею-Архиву цветную копию карты Северной Европы 1539 г., которая экспонируется в Музее-Архиве.

Хотя СФГО СССР получил разрешение партийных и местных властей на организацию Музея-Архива в г. Апатиты в 1975 г. и де-факто к тому времени существовала уже его первая экспозиция, но юридически его статус оформился только спустя пять лет: в 1977 г.

создание музея было одобрено и поддержано в секции наук о Земле АН СССР и в Музейном совете при Президиуме АН СССР, а официальное решение считать Музей-Архив СФГО СССР в г. Апатиты филиалом Музея ГО СССР было принято 25 июня 1980 г. постановлением Президиума АН СССР № 10101-10115-516,1 (рис. 3).

Конечно, первая экспозиция Музея-Архива истории изучения и освоения Европейского Севера, расположенная на площади стандартной трехкомнатной квартиры



Рис. 4. Первая экспозиция Музея-Архива, 1970–1980 гг.

обыкновенного жилого дома, была далеко не профессиональной, а построенной в основном на документальных копиях (рис. 4).



*Рис. 5. Посетители первой экспозиции Музея-Архива истории изучения и освоения Европейского Севера в г. Апатиты. 1980-е гг.*

Она стала практически планом-макетом, который удалось осуществить, заменив постепенно копии на подлинные экспонаты, наполнив экспозиционное пространство редкими аутентичными предметами, фотографиями, документами и даже живописью, графикой, скульптурой малых форм. А в начале своего существования музейная экспозиция, в меру наивная, завораживала посетителей немногочисленными подлинными предметами, старинными картами, неформальными документами, редкими книгами. Камерность Музея-Архива позволяла каждому

лично соприкоснуться с уникальной культурной историей края, утолить «эстетический голод» жителей Заполярья (рис. 5, 6). Основная масса населения Мурманской области состоит из мигрантов разных поколений, которые воспринимают свое пребывание здесь как временное. Поэтому для многих жителей Мурманской области визит в Музей-Архив нередко «открывал» Кольский Север, а, значит, «кочевое» состояние северян начинало меняться к «оседлому». Более того, побывав на экскурсии и получив начальные навыки «исторического виденья», горожане и жители края один за другим стали приносить в музей семейные реликвии, интересные находки. Например, рабочие химического комбината «Апатит» дополнили экспозицию редкими экземплярами средневековых бронзовых нагрудных украшений, которые они нашли при рытье шурфов. Появился у Музея-Архива и свой символ – сигнальный колокол (рис. 7). Исследователи, которым довелось работать на побережье у горла Белого моря, видели этот колокол в районе маяка на п-ове Великий и сообщили в Музей-Архив. Дорог в том районе нет, это и спасло его от печальной участи быть сданным на переплавку. С появлением новых технических средств связи и навигации он остался без работы – раньше на звук «голоса» колокола-маяка суда шли в непогоду к берегу. Стать гордостью Музея-Архива ему



*Рис. 6. А.Г. Саморукова проводит экскурсию в Музее-Архиве. 1980-е гг.*

помогли члены ГО военные-гидрографы. Они доставили его морем в п. Мишуково, а оттуда – на машине в Апатиты. В обиходе появилась расхожая фраза «Музей у колокола». Он, к особой радости детворы, благополучно простоял на улице у входа в помещение Музея-Архива до





*Рис. 7. Сигнальный колокол возле Музея-Архива*

менялась ситуация с источниками финансирования негосударственных обществ. СФГО СССР не имел прямой финансовой государственной поддержки и существовал на отчисления по статье «Накладные расходы» из бюджета своих коллективных членов: промышленных предприятий Мурманской и Архангельской областей, автономной республики Карелия. После резкого сокращения выделения государственных средств на расходование по данной статье финансирование деятельности различных общественных организаций промышленными предприятиями было прекращено. В 1985 г. остался без финансирования и СФГО СССР. По ходатайству президента Географического общества СССР акад. А.Ф. Трешникова в Отделе экономических исследований КФАН СССР были выделены ставки научных сотрудников, на которые был принят штат Музея-Архива, и все фонды переданы КФАН СССР. Новой научно-исследовательской группе в составе отдела (а с 1986 г. – Института экономических проблем КФАН СССР) было поручено изучение малочисленных народностей Севера.

Новый этап в организационном оформлении деятельности Музея-Архива КНЦ РАН относится к середине 1990-х гг. В связи с подписанием Российской Федерацией в 1993 г. Киркенесской декларации о международном сотрудничестве, Кольский научный центр был активно включен в разработку и реализацию серии проектов в области науки, культуры и высшего образования. Для повышения эффективности международных научных связей, а также с целью развития гуманитарных исследований, Президиумом КНЦ в 1995 г. был образован в качестве научно-вспомогательного подразделения Международный центр науки, культуры и образования в Баренц/Евро-Арктическом регионе Кольского научного центра РАН (МЦНКО). Базу для создания МЦНКО составили ранее существовавшие подразделения – Музей-Архив истории изучения и освоения Европейского Севера России ИЭП КНЦ РАН, отделение кафедры иностранных языков, международный отдел Президиума КНЦ РАН.

В 1997 г. Музей-Архив праздновал второе рождение, получив вместе с новыми выставочными площадями в здании МЦНКО КНЦ РАН качественно иные экспозиционные возможности, а с обновленным коллективом – научно-исследовательский потенциал. В структуру Музея-Архива, которая носила комплексный характер, к тому моменту вошли четыре выставочных зала, фонды, библиотека. В 1987 г. Президиумом КНЦ РАН была создана постоянно действующая выставка «Рациональное использование природных ресурсов Кольского полуострова», призванная популяризировать потенциальные возможности развития

перестройки, всегда без патины, отполированный до блеска желающими на него взобраться. В новые времена пришлось колокол с улицы перенести в помещение, чтобы предотвратить его хищение, попытки которого с помощью тяжелой техники неоднократно предпринимались и были пресечены бдительными жителями окрестных домов. Когда выросшие вместе с Музеем-Архивом посетители приводят своих детей на экскурсию, особую радость им доставляет наличие колокола. Его мнимое исчезновение породило массу легенд, которые, к счастью, оказались лишь вымыслом. С помощью информантов в Музее-Архиве появились и другие аттракторы-«изюминки» экспозиции: старинный якорь-кошка, «обетный» крест и мн. др. Подобное отношение к Музею-Архиву стало традиционным.

В 1990-е гг. вместе с изменением политической и экономической государственных структур кардинально

Мурманского края на основе научных достижений Академии наук и широкой интернациональной кооперации. В 2005 г. Выставка стала отделом Музея-Архива. В 2004 г. МЦНКО КНЦ РАН реорганизован в Центр гуманитарных проблем Баренц-региона (ЦГП) КНЦ РАН, в составе которого сохранена вся структура Музея-Архива. В 2005 г. была организована и мемориальная квартира-музей акад. А.В. Сидоренко с экспозицией, воспроизводящей реалии 1950–1960-х гг. и рассказывающей о жизни и деятельности А.В. Сидоренко в качестве председателя Президиума КФАН СССР. С апреля 2000 г. при Президиуме КНЦ РАН действует Музейный совет КНЦ РАН, который формирует музейную политику в центре и координирует выставочную деятельность.

Структура культурно-исторической памяти, т.е. всей совокупности знаний и представлений о прошлом человечества, наряду с рациональной составляющей – знаниями, обязательно предполагает наличие психоэмоциональной составляющей – представлений. Поэтому выбранная организаторами еще в 1970-е гг. синтетическая форма системы культурно-исторической памяти «Музей-Архив» как нельзя лучше соответствует научно-познавательным и культурно-просветительским целям и задачам ЦГП КНЦ в системе РАН, одним из приоритетных направлений фундаментальных исследований которой является: 9 (б) Сохранение и изучение археологического, культурного и документального наследия [7]. Музей-Архив ЦГП КНЦ РАН хранит и экспонирует как типичные музейные объекты (предметы быта, научный инструментарий, живописные работы и т.д.), так и документальные материалы персональных фондов и коллекций отечественных ученых, деятелей науки – традиционно архивные объекты. Эти комплексы документов отражают не только физическую и научную биографии, вклад в развитие науки персоналий-фондообразователей (на микроуровне), но и историю региональной науки в целом и ее отдельных направлений, эволюцию ее институтов в конкретно-исторических и общественных условиях (на макроуровне). Не обладая явными аттрактивными свойствами, подлинные документы представляют собой фактологически-смысловую основу всех экспозиций, т.к. фиксация научно-исследовательского процесса и его результатов происходила в обозримый исторический период в основном на бумажных носителях.

Ценная библиотека Музея-Архива сформирована на основе трех частных книжных собраний по истории освоения и изучения Европейского Севера Г.Д. Рихтера, П.В. Виттенбурга и А.Е. Ферсмана и первых, прижизненных изданий трудов и произведений исследователей Кольского п-ова. Сейчас библиотечный фонд редкой книги насчитывает более 500 экз., в том числе рукописные книги XVII в., старопечатные книги; книги, редкие с точки зрения малого тиража; книги с автографами, маргиналиями, владельческими и дарственными пометами; краеведческую литературу до 1962 г. включительно.

Наряду с постоянной экскурсионно-лекционной, выставочной деятельностью, параллельно процессу усовершенствования научно-справочного аппарата, Музей-Архив осуществляет публикаторскую деятельность, которая направлена, прежде всего, на обеспечение источниковедческих интересов историков науки в региональном аспекте через максимальное приближение документов к исследователю посредством их археографической публикации. Проблематика публикаций инициируется современной ситуацией в гуманитарных науках, определяющей как приоритетные историко-культурный и антропологический подходы в исследованиях. Опубликованы уникальные документальные материалы наиболее востребованных персональных фондов этнографов и историков-краеведов, изучавших Кольский п-ов. В 2008 г. подготовлено и издано собрание живописных и графических работ экспедиционных художников XIX–XX вв., принадлежащих Музею-Архиву КНЦ РАН. Книга, выпущенная Санкт-Петербургским издательством «ГАМАС», называется «Художники – участники экспедиций на Крайний Север» и монографически представляет более 160 произведений изобразительного искусства, выполненных в научных экспедициях за два столетия. Они различны по жанрам, технике, уровню мастерства. Возможно, художественная ценность их неоднозначна. Однако бесспорно их историко-культурное значение.

На сегодняшний день основной фонд Музея-Архива составляет более 2100 ед. хр., вспомогательный фонд – более 1300 ед. хр.

Экспозиционное пространство выстроено следующим образом. Первый зал открывается разделом «История археологических открытий» (рис. 8). Древнейший период освоения

Кольского Севера представлен в экспозиции коллекцией орудий, керамики, шлифовальных плит каменного века и раннего металла, найденных в результате совместных экспедиционных работ ленинградских археологов под рук. Н.Н. Гуриной и Геологического института КНЦ РАН в 1970-х гг.



*Рис. 8. Общий вид зала № 1: «Археология и этнография Кольского полуострова (автохтоны – саамы)». Музей-Архив КНЦ РАН*

Историко-этнографическая часть экспозиции 1-го зала рассказывает о деятельности В.К. Алымова, Я.А. Комшилова, В.В. Чарнолуского – первых этнографов-краеведов 1920–1930-х гг., изучавших историю, культуру и быт автохтонов Кольского п-ова (саамов) и собравших уникальный фольклор этого народа и топонимы края. Рисунками В.В. Чарнолуского проиллюстрирована исследовательская работа первой комплексной этнографической экспедиции 1926 г. В экспозиции много подлинных предметов быта саамов XIX в., редких фотографий, рукописей саамских сказок, материалов по истории первой саамской школы (1898), азбука на саамском языке (1895), что позволяет сотрудникам музея знакомить посетителей с системой традиционного природопользования этого народа, его самобытным жизненным укладом и культурой. Здесь же представлена и работа по созданию первого «Географического словаря Кольского полуострова». Уникальным экспонатом этой части экспозиции является рукописная книга И. Шефферуса «Лаппония», датированная 1674 г.

Сотрудники Музея-Архива на основе собственных фондовых материалов и посредством совместных исследований с Институтом экономических проблем КНЦ РАН, Институтом этнографии; с университетами г. Лулео (Швеция), г. Тромсе (Норвегия) на протяжении всего времени существования Музея-Архива изучают культурное наследие, социально-экономическое и политическое положение саамов Мурманской области. В 2008 г. совместно с Культурным саамским фондом на саамском и русском языках впервые в России издано учебное пособие «Саамское рукоделие» (переиздано в 2009 г.). В 2010 г. впервые опубликован сборник саамской паремииологии на двух языках «Фольклорные традиции в культуре саамской семьи». В издание вошли пословицы, поговорки, приметы и устоявшиеся выражения, употребляемые в одной саамской семье, ведущей традиционную трудовую деятельность и сохранившей многое из вековых культурных традиций своего народа, на протяжении XX в.

Коллекция средневековых предметов, принадлежавших первым русским переселенцам, в том числе фрагменты меча, конской сбруи, бронзовая пряжка из захоронения воина XI–XII вв., найденного в окрестностях села Кузомень на Терском берегу Белого моря в 1973 г. археологом Н.Н. Гуриной, иллюстрирует историю заселения Кольского Севера новгородцами. Из раскопок промысловых становищ XV века в экспозиции демонстрируются кованые гвозди, гребень из моржовой кости, скандинавский и русский топоры и чернильница.

Старожильческое население Кольского п-ова – поморы, они были опытными моряками и навигаторами, достаточно грамотными людьми. В экспозиции представлены макеты поморских судов, одежда, домашняя утварь, детали ткацких станков, прялки. Среди экспонируемых в этом зале рукописных монастырских книг – труд XVII в., посвященный 100-летию Соловецкого монастыря.

История научных исследований Европейского Севера России, инициированных М.В. Ломоносовым, начинается в XVIII в., когда Академия наук организывает первые научные

экспедиции. На картах в экспозиции представлены маршруты первых исследователей края – ученых-натуралистов И.И. Лепехина, Н.Я. Озерецковского, выставлены прижизненные издания их научных записок, привезенных из первых экспедиций.

На стенах – гравюры художника Реддера, сопровождавшего К.М. Бэра в его путешествиях на Кольский п-ов и Новую Землю (1835). Демонстрируются личные вещи А.Ф. Миддендорфа.

Специальный раздел экспозиции музея посвящен истории морских полярных экспедиций российских ученых-географов. В частности, здесь представлена работа Ф.П. Литке и М.Ф. Рейнеке по составлению «Генеральной карты Лапландского берега», которая была издана в 1832 г. и по точности превосходила все карты, известные на то время.

Ряд интересных экспонатов относится ко времени исторической экспедиции к Северному полюсу под началом Г.Я. Седова (1912). Это документы, пейзажные эскизы из личного фонда известного полярного художника и писателя, участника экспедиции Н.В. Пинегина, предметы из его личной коллекции. В этой же экспедиции принимал участие В.Ю. Визе. В экспозиции представлены материалы его персонального фонда.

Часть экспозиции посвящена первым высокоширотным экспедициям российских и зарубежных ученых, путешественников. В ней демонстрируются письма знаменитых полярников: У. Нобиле, В. Стефанссона; предметы снаряжения и научные труды американских исследователей Земли Франца Иосифа; материалы, относящиеся к деятельности совместной экспедиции шведских и российских академических ученых по градусному измерению на Шпицбергене в 1899–1901 гг.

Следующий раздел экспозиции рассказывает об истории изучения природных ресурсов Европейского Севера в первые годы Советской власти. В 1920-е гг. научными исследованиями в этом регионе занимались Северная научно-промысловая экспедиция при ВСНХ РСФСР, организованная Р.Л. Самойловичем, и Академия наук. Среди ценнейших экспонатов Музея-Архива – материалы Мурманского геологического отряда за 1920 г., возглавляемого профессором П.В. Виттенбургом. Реалии и события тех дней отражены в работах популярного акварелиста 90-х гг. XIX в. Альберта Бенуа, полноправного участника экспедиции. Некоторые рисунки изображают местность, скрытую в настоящее время под Туломским водохранилищем (рис. 9).



*Рис. 9. Общий вид зала № 3: «Научное изучение Кольского полуострова». Музей-Архив КНЦ РАН*

Большой интерес у посетителей вызывает раздел экспозиции, в котором рассказывается о деятельности акад. Е.А. Ферсмана и его сподвижников. За десять экспедиционных сезонов было сделано такое количество научных открытий, которое практически предопределило всё дальнейшее освоение и промышленное развитие данного региона. Среди экспонатов – письма, публикации участников первых экспедиций 1920–1930-х гг.; карта Хибинских тундр, выполненная по материалам В. Рамзая, дополненная и исправленная в ходе экспедиционных работ А.Е. Ферсмана в 1920–1926 гг.; карта распространения исследовательских работ на Кольском п-ове за период 1920–1934 гг.; научный инструментарий; фотографии участников экспедиций. Наряду с геологами в работе экспедиций принимали участие ботаники, биологи, географы. В экспозиции представлен рукописный картографический материал по комплексному изучению бассейна оз. Имандры. Вместе с полевыми экспедиционными материалами в

экспозиции представлен рукописный юмористический журнал «Кукиш» со стихами, шаржами, карикатурами, частушками, отражающими бытовые реалии и научные амбиции исследователей-«полевиков» того времени.

В экспозицию органично вписано более 50 живописных и графических произведений, имеющих особую ценность для восприятия посетителями довольно сложной экспозиции, состоящей в основном из документального материала. Картины, эстампы, этюды, этнографические зарисовки сохранили до наших дней пейзажи Севера (давно изменившиеся под натиском цивилизации), явления природы, портреты людей, фрагменты экспедиционной жизни исследователей, тем самым являясь замечательным историческим источником. Среди авторов работ художники: Н. Пинегин, Тыко Вылко, А. Бенуа, В. Голицин; ученые-исследователи: геологи Б. Земляков, И. Бельков, этнографы В. Чарнолуский, Я. Комшилов, географ Н. Апухтин.

Последний раздел экспозиции представляет эволюцию первого стационарного учреждения Российской академии наук за полярным кругом – КНЦ РАН – через историю создания и развития входящих в него институтов. На стендах и в витринах выставлены интересные документы, первичные материалы полевых исследований, научное оборудование разных лет.

Музей-Архив истории изучения и освоения Европейского Севера ЦГП КНЦ РАН за свою почти 40-летнюю историю прошел путь становления от любительской деятельности активной, интересующейся историей освоения и изучения Европейского Севера научной общественности в СФГО СССР до профессиональной работы в рамках научно-исследовательского сектора ЦГП КНЦ РАН. И теперь, используя весь потенциал синтеза различных форм исторической памяти, Музей-Архив занимает свое особое место в системе накопления, хранения и использования культурно-исторической памяти и достойно справляется с возложенными на него задачами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Научный архив КНЦ РАН. Ф. 1. Оп. 1. Д. 6. Л. 6. 2. *Байбури А.К.* Этнографический музей: семиотика и идеология // Неприкосновенный запас. 2004. № 1(33). С. 81. 3. Ученые Кольского научного центра. 1930-2005. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006. С. 195. 4. *Ферсман А.Е.* Музейное, выставочное и лекционное дело // Академия наук Союза Советских Социалистических республик за 10 лет (1917-1927). Л.: ИАН СССР, 1927. С. 178. 5. Переписка по организации Музея-Архива истории изучения и освоения Европейского Севера ЦГП КНЦ РАН. 1974. Исх. №№ 16, 18, 19, 27, 28, 29, 31, 32, 34, 50, 51, 53, 58, 64, 71, 75, 89, 94, 95, 115–117, 119, 124, 125, 179, 181, 185, 265, 330. 6. Переписка по организации Музея-Архива истории изучения и освоения Европейского Севера ЦГП КНЦ РАН. 1974. Вх. №№ 22, 34, 44–46, 70, 93. 7. План фундаментальных исследований РАН на период до 2025 г. Режим доступа: [ran.pf/scientificactivity/plan2025.aspx](http://ran.pf/scientificactivity/plan2025.aspx).

#### Сведения об авторах

*Петров Валентин Петрович* – д.г.-м.н., зам. председателя КНЦ РАН, директор ЦГП КНЦ РАН; e-mail: [petrov@admksk.apatity.ru](mailto:petrov@admksk.apatity.ru)

*Пация Евгения Яковлевна* – научный сотрудник, руководитель Музея-Архива истории изучения и освоения Европейского Севера; e-mail: [patsya@isc.kolasc.net.ru](mailto:patsya@isc.kolasc.net.ru)

*Шабалина Ольга Вячеславовна* – к.и.н., старший научный сотрудник, главный хранитель Музея-архива; e-mail: [olga@isc.kolasc.net.ru](mailto:olga@isc.kolasc.net.ru)

## СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ГУМАНИТАРНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В КОЛЬСКОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ РАН

И.А. Разумова<sup>1</sup>, В.П. Петров<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Центр гуманитарных проблем Баренц-региона КНЦ РАН

<sup>2</sup> Кольский научный центр РАН

### Аннотация

Рассматривается история социальных и гуманитарных исследований в КНЦ РАН. Выявляются факторы становления этих областей знания в региональной науке, значение изучения региональной общности для отечественной науки в целом, утверждается соответствие результатов текущих исследований Центра гуманитарных проблем Баренц-региона КНЦ РАН международному уровню социогуманитарного знания и потребностям региона. Основными направлениями являются социально-антропологические исследования жизнедеятельности человека и общества на Севере России, история науки в регионе.

### Ключевые слова:

*гуманитарные науки, региональная общность, локальные исследования, социальная антропология, история науки на Кольском Севере.*



Общепризнана исключительно важная роль Севера (Арктики и приарктических территорий) в развитии и жизнеустойчивости мировой цивилизации, и рассматривается она обычно в трех аспектах.

1. *Экономическом.* Арктика – важнейший в настоящее время и на перспективу источник стратегических энергетических, углеводородных, минеральных ресурсов, пресной воды; а также это и морские транспортные артерии, свободные территории и акватории.

2. *Экологическом.* Арктика является главнейшим климаторегулирующим регионом, характеризуется активной ролью солнечно-земных связей, уникальной биотой, наземной и морской.

3. *Социокультурологическом.* Арктика обладает особым пластом культуры и поэтому является общечеловеческим культурным достоянием. К нему, в первую очередь, принято относить адаптированные к экстремальным условиям жизненные практики и языки коренных и старожильческих народов. Кроме того, уникальный многовековой опыт этнокультурного взаимодействия народов приарктических государств является условием стабильного геополитического развития.

Большим коллективом ученых в рамках проекта Совета северных стран были определены основные тенденции (мегатренды) глобальных изменений в Арктике. Профессор Р.О. Расмуссен подробно раскрыл эти мегатренды в своем докладе на международной конференции «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития», состоявшейся 12–14 апреля 2012 г. в городе Апатиты. Выявленные мегатренды изменений реализуются на разных уровнях – от отдельных людей и их локальных общностей до глобальной структуры, в конечном итоге меняя наш образ жизни и мышления. Тезисно эти мегатренды могут быть обозначены как следующие:

- 1) урбанизация – глобальная тенденция, охватывающая и Арктику;
- 2) изменения в демографической ситуации и процессах;
- 3) возрастание роли «ресурсной» составляющей в экономике Арктики;
- 4) загрязнение окружающей среды, усиливающее отрицательное воздействие на природу

Арктики;

5) появление экономики знаний, возрастание значения человеческого потенциала (капитала);



б) изменение характера взаимодействия государственной и внесударственной сфер в экономике;

7) «озеленение» экономики за счет более широкого использования возобновляемых источников энергии, как природных, так и техногенных;

8) доступность Арктики – открытие новых акваторий для транспорта и освоения ресурсов;

9) возрастающее геополитическое значение Арктики, рост интереса и внимания к ней со стороны не только приарктических государств, но и стран, для которых Арктика была отдаленным, «изолированным», непознанным регионом (Южной Кореи, например).

Не останавливаясь здесь на аргументации и обсуждении данной концепции, отметим, что большинство обозначенных мегатрендов изменений имеют непосредственное отношение к гуманитарной сфере Арктики, её человеческому потенциалу («капиталу»).

В отдельных северных странах, как и в отдельных регионах этих стран, рассматриваемые изменения проявляются в различных формах, с различной интенсивностью и достигают различной глубины. На них, несомненно, оказывают влияние современные процессы глобализации, но в числе существенных факторов остаются особенности исторического опыта освоения и развития северных территорий. Каждая страна и регион в этом плане уникальны. Это обуславливает значимость локальных (исключительно в смысле территориальной определенности объекта) исследований, которые позволяют выявить и проанализировать общее и особенное в развитии северных территорий. Помимо осуществления собственно историко-научных и общекультурных задач, подобные исследования могут быть нацелены на грамотную разработку управленческих решений на основе объективной оценки социального потенциала региона и возможной динамики состояния «человеческих ресурсов».

Важной особенностью Кольского Севера является то, что регион развивался на основе наукоемкого производства, и это предопределило роль научного фактора в его новейшей истории. Кольский научный центр РАН, который составляет более половины всего научного потенциала Мурманского региона, развивался своеобразно, в отличие от многих других региональных научных центров АН. Специфика связана с тем, что с момента своего зарождения – создания академиком Ферсманом научной станции АН «Тиетта» – идею и обоснование деятельности комплекса академических институтов диктовала необходимость обеспечить в первую очередь промышленное развитие области. Поэтому основные исследовательские силы были ориентированы на изучение и создание технологий использования минеральных, биологических и других видов ресурсов. Гуманитарные исследования, объект которых составляют жизнедеятельность человека на Севере, социальные общности и процессы, культурная среда и т.д., были эпизодическими, подчиненными обозначенной главной цели.

Изучение населения области, особенно если иметь в виду приоритеты общественных и гуманитарных наук середины прошлого века, не представлялось актуальным. Оно отчасти «запоздало» в силу ряда объективных и субъективных причин. С одной стороны, эти причины коренятся в логике развития и структуре гуманитарного знания в целом и в истории отечественной науки в частности, то есть они связаны с познающим субъектом – научной общностью. С другой стороны, состояние исследований определяется особенностями изучаемого объекта – исторически сложившейся региональной общности. Особенности связаны с составом и социальной структурой населения территории, его локальной идентичностью, со спецификой историко-демографических и миграционных процессов в области, с уровнем развития инфраструктуры культуры региона и рядом других его характеристик. Иными словами, для интенсификации общественно-научных и гуманитарных исследований должна была сформироваться социальная общность с определенным набором идентификаторов, а также должны существовать условия и научный инструментарий для осмысления ее исторического опыта.

Характер объекта, проблематика и задачи изучения предполагают выбор дисциплинарного поля и методологии исследований. В современном гуманитарном знании дифференциация исследовательских сфер достаточно сложна. Потребности исследования индустриальных и постиндустриальных обществ вызвали обновление теоретико-методологической базы исторической науки, всего комплекса общественных и гуманитарных дисциплин. Особенно интенсивно это происходило во второй половине XX в. Интересы обществоведов и гуманитариев обратились к социальным процессам и особенностям их протекания, к истории локальных

общностей (территориальных, поселенческих, родственных и пр.), к повседневной жизнедеятельности людей, а также к проблемам осмысления и переживания исторической реальности различными действующими лицами истории (группами, институтами, индивидами) в разное время в тех или иных обществах. Чрезвычайно продуктивным для наук о человеке и обществе стало обсуждение в 1990-е гг. проблем соотношения и специализации теоретико-методологических основ истории, социологии и антропологии [1–7 и мн. др.].

Антропология в общем значении и в соответствии с международной традицией понимается как комплекс дисциплин о человеке в совокупности его культурно-детерминированных и универсальных физических свойств, включенном в исторические процессы. Влияние антропологии на другие науки принято обозначать как «гуманитаризацию» знания. Этот процесс, начавшийся в западноевропейских странах, на протяжении XX в. получил широкое распространение.

Современная антропология пытается дифференцировать свое субдисциплинарное поле на основании выделяемых (часто интуитивно) различий объектно-предметной области, конфигурации методов, типов источников, проблемно-тематическим предпочтениям, междисциплинарным связям. На протяжении XX в. сформировалась и институционализировалась историческая антропология, которая конкретизируется как история повседневности, история ментальностей, «микроистория» и т.д. [1, 8, 9]. Она сосредоточена на изучении ограниченных территориальных, поселенческих, семейных, корпоративных и прочих небольших групп в определенных точках пространства и времени (дистанцированного от «настоящего»). «Рассмотрение исторической реальности во всем многообразии и единстве всех ее сторон, в диалектической взаимосвязи объективных условий и субъективного фактора, в непрерывном изменении и развитии позволяет соединить структурный, антропологический (деятельностный) и психологический (личностный) аспекты изучения исторического прошлого человечества в комплексном анализе исторической ситуации как фрагмента исторического процесса» [4: 179].

Взаимное встречное движение этнографии (в англоязычных странах она именовалась «социальной антропологией»), которая изучает культурные различия народов, и социологии, нацеленной на анализ современных стратифицированных обществ, создало новую социальную антропологию как науку об универсальных и специфических формах жизнедеятельности, поведения, мышления людей, включенных в различные социокультурные общности, о социальных реалиях человеческой жизни. По определению одного из основоположников социальной антропологии М. Мосса, это наука о «тотальном человеке» и «тотальных социальных фактах» [10: 305 и далее], то есть о конкретных социальных явлениях, которые рассматриваются в их целостности и в которых «одновременно находят выражение разного рода институты: религиозные, юридические и моральные – и вместе с тем политические и семейные; экономические <...>, не говоря уже о феноменах эстетических <...> и морфологических, выражающихся в названных институтах» и т.д. [11: 85–86].

Расширение спектра применения филологических, искусствоведческих методов анализа социальных феноменов нередко ассоциируется с «культурантропологией». В иных случаях ее совмещают с социальной антропологией. Исследования языка, литературы, фольклора представляют инструмент (технологически достаточно «строгий») для изучения различных аспектов социальной жизни в прошлом и настоящем. В целом, антропологический (гуманитарный) ракурс в общественных науках имеет феноменологические теоретические основания [12]. Он сфокусирован на субъективных факторах социально-исторических процессов, а также на вопросах, связанных с их «конструированием» в результате концептуализации, переживания, реализации политических интересов групп, творческого перевоплощения и т.п.

Антропологический «бум» в науке соответствует возрастающему вниманию современного общества к роли «человеческого фактора» в политической и экономической жизни, в процессах социальных трансформаций, технологического развития, решении экологических проблем и т.д., что в высшей степени актуально, когда речь идет о приарктических территориях России и мира.

Одну из проблем социально-исторических исследований Кольского Севера, на наш взгляд, составляет безусловный историко-культурный разрыв населения территории – при всех оговорках о признании его генеалогической преемственности в отдельных микроареалах. Разрыв

проходит по условной границе между двумя эпохами: «доиндустриальной» и «индустриальной» («колониционной», «промышленного освоения» и т.п.). Для Кольского п-ова этой границей можно считать период строительства Мурманской железной дороги и основания Мурманска, а также начало научно-промышленного освоения края, то есть 1910–1920-е гг.

Аборигены и старожилы Кольского п-ова – саами, русские поморы, ижемские коми, полиэтническое население ранних колониционных поселений Мурмана, жители Колы и Александровска – представляли небольшие этнолокальные и поселенческие общности, которые являлись предметом историко-этнографического интереса. Этот интерес был реализован в разной степени русскими и скандинавскими (прежде всего, в отношении саамов) учеными. Этнографические исследования таких групп преимущественно были инициированы Русским географическим обществом в Санкт-Петербурге, осуществлялись более или менее успешно, а наибольшую известность получил труд Н.Н. Харузина [13]. Изучение культурно-хозяйственных особенностей местного населения во многом было вызвано колониционными потребностями [14]. Этнологические исследования продолжились в советский период, особенно активно – во второй половине 1920-х гг. (Д.А. Золотаревым, В.В. Чарнолуским, Ф.Г. Ивановым-Дятловым и др.) Интересные экономические и демографические данные, в частности по саамам, были получены В.К. Алымовым [15 и др.], но и это направление, которое имело этносоциологическую перспективу, пресеклось. И не только потому, что трагически оборвалась жизнь ученого, но и в силу логики развития социальных наук в советской России.

Как бы то ни было, немногочисленность групп коренного и старожильского населения и их «периферийность» по отношению к магистральной линии развития региона сказались на исключении их из числа исследовательских приоритетов. По крайней мере, историко-этнографические исследования на уровне регионального академического центра (фактически целевого назначения) не только в период становления Кольского филиала АН СССР, но и в течение последующих десятилетий, вплоть до начала XXI в., представлялись «излишеством». Разумеется, такое отношение, отчасти оправданное «задачами дня», не очень согласовывалось с традициями академического подхода к изучению региона. Не случайно крупные ученые, отличавшиеся широтой интересов и высокой культурой, считали необходимым развитие гуманитарного направления. Пример тому – А.Е. Ферсман, который включал в число основных задач Кольской базы Академии наук СССР изучение экономики, быта и языка коренного и старожильского населения Кольского п-ова. Однако выполнение этой задачи оказалось отложенным на будущее. Тем не менее, этнографические исследования коренного населения Кольского Севера получили развитие в академическом центре после включения в его структуру Музея истории изучения и освоения Европейского Севера, изначально созданного в 1974 г. при Географическом обществе СССР по инициативе Б.И. Кошечкина [16].

Что касается изучения населения, мигрировавшего и переселенного на Кольский п-ов и составившего его большинство, то «история» его на новом месте только начиналась в предвоенные десятилетия. Оно могло быть объектом показательных социологических исследований, если бы судьба советской и российской социологии в целом не складывалась столь драматично. Как известно, после продуктивного развития в 1920-е гг. традиция ее прервалась. Возобновившись в 1960-х гг., отечественная социология, несмотря на явные успехи, была «ограничена в правах» и лишь к 1980-м гг. стала восприниматься в качестве разветвленной области фундаментального знания (для обывателя она еще и сегодня ассоциируется, в лучшем случае, с опросами общественного мнения и статистикой).

Лакуна в области исторических и социальных наук в академических исследованиях на Кольском Севере на протяжении десятилетий отчасти восполнялась благодаря тому, что в областном центре на базе педагогического вуза осуществлялось изучение отечественной истории в органичной форме исторического краеведения. К основным достижениям следует отнести известные труды И.Ф. Ушакова (по досоветской истории Кольского Севера) и А.А. Киселева (по истории советского периода). И столь же естественно, что модель исследования была задана господствовавшей историографической традицией, а характер использования и цитирования большого и добросовестно проработанного корпуса источников не всегда соответствовал принципам «академизма». История Кольского края в трудах основоположников Мурманской историко-краеведческой школы блестяще иллюстрировала историю России и СССР, опираясь на

показательные факты, события, на персонажей. Основным социальным объектом исследований стало население Мурманского берега и г. Мурманска, что не исключало, разумеется, обращения к истории других городов и сельских ареалов, прежде всего, в связи с возведением промышленных объектов, деятельностью отраслей хозяйства или, например, с событиями Великой Отечественной войны. В целом, школа мурманского регионоведения в значительной степени «выручила» и опередила академическую науку в изучении истории Кольского Севера.

С созданием в Кольском научном центре по инициативе Г.П. Лузина Института экономических проблем стали развиваться социологические исследования, прежде всего, экономического и демографического профилей. Новый импульс систематические социологические исследования современного населения региона получили в 2000-е гг., прежде всего, благодаря созданию Лаборатории социологических исследований (под руководством Н.Н. Измоденовой) на кафедре философии и социологии Кольского филиала Петрозаводского государственного университета в г. Апатиты, активно сотрудничающей с гуманитарным подразделением КНЦ РАН.

В 1994 г. при Президиуме Кольского научного центра РАН был образован Международный центр по науке, культуре и образованию в Баренц-регионе, который вначале выполнял конкретные задачи, связанные с международным сотрудничеством ученых. В свою структуру он включал Музей изучения и освоения Европейского Севера. В Центре начали выполняться этнологические исследования коренных жителей Кольского п-ова [17, 18]. Позднее, в 2004 г. на базе Международного центра было создано научное учреждение – Центр гуманитарных проблем Баренц-региона Кольского научного центра РАН. С этого времени начались планомерные антропологически ориентированные социальные и исторические исследования урбанизированного населения преимущественно центральной и южной части полуострова (области). Этапы исследований с постепенным расширением их тематики и проблемного поля отражают публикации [19, 20]. К актуальным направлениям, которые разрабатывались в Центре гуманитарных проблем в последние годы, можно отнести изучение межкультурных коммуникаций в истории региона, истории малых монопрофильных городов, адаптации человека к жизни на Крайнем Севере, миграционного поведения жителей области, острых проблем, связанных с этнической миграцией, социальных проблем коренного и старожильческого населения и ряд других. Несколько проектов последовательно выполнялись в рамках Программ фундаментальных исследований Президиума РАН и Отделения историко-филологических наук РАН (2003–2006 гг., 2006–2008 гг., 2009–2011 гг. и в настоящее время). Это служит дополнительным аргументом в пользу окончательной «легитимации» гуманитарного знания в академической науке Кольского Севера.

Мурманский край может рассматриваться как эталонный пример экстремально ускоренного освоения, урбанизации некогда слабозаселенной окраины России. Это образец «советского» (или «государственно-централизованного») опыта, который, осуществляясь за счет издержек человеческих ресурсов, дал впечатляющие технологические результаты в условиях экономической и внешнеполитической нестабильности.

В отношении темпов строительства и демографического скачка показателей, в частности, пример освоения Хибин и рождения г. Кировска. В 1929 г. (всего через три года после установки первого заявочного столба на Расвумчорском месторождении от имени первооткрывателя А.Н. Лабунцова, Северной научно-промысловой экспедиции и Колонизационного отдела Мурманской железной дороги) у подножья Хибинских гор были заложены рудник и горнорудный поселок, выросший в течение нескольких лет в город Хибингорск (ныне Кировск). Население Хибингорска, в районе которого изначально проживала только одна лопарская семья, в 1930 г. составило уже 14 тыс. жителей. Абсолютное большинство из них проживало в землянках, палатках и шалманах. Ко второй половине 1932 г. был практически ликвидирован шалманно-палаточный городок, а летом 1933 г. начато строительство каменных домов. 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 это же время было построено здание научной базы Академии наук – знаменитой «Тиетты», в южной части полуострова начато строительство Нивской ГЭС, Кандалакшского

горно-химического комбината, железных дорог и других промышленных объектов. В истории трудно найти прецедент такого жесткого по методам и рекордного по времени осуществления комплексного индустриального освоения «арктических пустынь», в результате которого в тундре создались города и поселения с урбанизированной инфраструктурой.

Открытие в 1930-е гг. на Кольском п-ове месторождений медно-никелевых, железных, редкометалльных руд привело к созданию новых городов и поселков. Если в 1917–1918 гг. население Мурманского края составляло всего 18–20 тыс. человек, и здесь имелись всего три поселения со статусом городов, то буквально за два десятилетия область стала одним из самых урбанизированных регионов страны, каким и остается по сей день. В настоящее время в Мурманской области 16 городов, 12 поселков городского типа, 112 сельских населенных пунктов. В городах проживают 739 тыс. человек, то есть почти 93% населения [21].

Новое население по мере его формирования приобретало ряд типологических свойств, с одной стороны, характерных для регионов ускоренной урбанизации, с другой стороны, очевидно, отличающих его от ряда подобных регионов. Обозначим лишь некоторые из них.

Во-первых, прирост населения был очень быстрым и количественно настолько значительным, что наличие каких-либо местных жителей оказывалось несущественным (и вообще могло быть вынесено «за скобки» – за границу коллективного сознания). Следствием является особая идентичность мигрантов, опирающаяся на идею «первопроходчества». Независимо от социального, профессионального, культурного статуса новоселы в такой ситуации осознают и презентуют себя как «создателей культуры на голом месте». Это создает и программирует на перспективу большую культурную дистанцию между ними (и их потомками) и местным населением. В данном случае дистанцию увеличивали этнические и территориально-поселенческие различия [22].

Во-вторых, прибывавшее на Север население было поликультурно в этническом и региональном отношении, поскольку среди переселенцев присутствовали представители разных народов и областей России и СССР. В то же время оно частично было, частично становилось в процессе социальной адаптации монокультурным по языку (русскому) и историко-культурному типу. Пример Кольского п-ова на раннем этапе советской индустриализации способен ярко продемонстрировать, как создавалась общность, именуемая советским народом. Масштабная попытка выявить основные характеристики этого культурного типа была предпринята в известном социологическом исследовании конца XX в. [23], но, думается, исследование данного феномена далеко от завершения. Пока можно лишь не очень уверенно предположить, что в этом отношении население региона мало чем отличалось от жителей других урбанизированных территорий России.

В-третьих, являясь формально (и во многом по существу) горожанами, жители строящихся и построенных городов, а также урбанизированных поселений промежуточного типа (рабочие поселки, поселки городского типа и т.п.) представляли и представляют определенные категории городского населения. Большинство из них были бывшими сельскими жителями, а их потомки сейчас являются горожанами во втором, реже третьем поколениях. Немногочисленную, но в культурном отношении значимую часть составляли потомственные городские жители – из интеллигенции или рабочих крупных городов. Такая ситуация позволяет историкам и социологам анализировать с близкого расстояния процессы урбанизации, формирования городского образа жизни, взаимной адаптации человека и городской среды, а также почти не исследованный исторический феномен «социалистического города». Комплексные исследования города составляют одну из самых обширных проблемных областей современных наук, причем не только общественных и гуманитарных.

В-четвертых, типологической особенностью населения является репрезентативность социальных групп, специфических по способу формирования, правовому статусу, социо-профессиональным характеристикам: спецпереселенцы, военные моряки и др. Со статусом таких групп, их информационной закрытостью связаны особенности их включения в отечественную историю и проблемы доступности для социальных исследований.

Региональный социум, формировавшийся в процессе индустриального развития территории, и его социальная история ожидают своих исследователей. Пока не написана история городов и поселков Мурманской области, несмотря на безусловную ценность и информативность

книг, выходящих в серии «Города и районы Мурманской области» в 1970-1980-е гг. Большинство этих книг созданы не профессиональными исследователями (кроме А.А. Киселева) и выполняют, в основном, функцию источников. На качественно новую ступень мурманское регионоведение смогло подняться в начале XXI века, быстро откликнувшись на современные устремления исторической науки, утверждающиеся в России. Исследование П.В. Федорова [24], выполненное с учетом глубокой исторической ретроспективы, среди прочего показало, как под влиянием политических, экономических, социально-исторических факторов в процессе формирования региональных интересов, соотнесенных с общенациональными, и роста регионального самосознания постоянных жителей Кольского Севера здесь складывалась определенная общность. Эта работа убедительно подтвердила результаты социально-антропологических исследований, осуществленных в 2003–2008 гг. в ЦПП КНЦ РАН с применением другой методологии.

Исследования последних лет позволили, в частности, проанализировать основания региональной идентичности и адаптированности к региону населения, мигрировавшего на Кольский Север во второй половине XX – начале XXI вв. (включая этнических мигрантов). В частности, адаптивным ресурсом выступает высокий культурный статус территории, который подтверждается развитием технологий и инфраструктуры, уровнем образования и науки, поведенческими особенностями жителей, их мобильностью и в целом «цивилизованностью». Чрезвычайно важной представляется высокая оценка жителями региона (как укорененными, так и относительно недавно приехавшими) уровня и качества социальных связей на Севере, который воспринимается как территория «социальной солидарности» и стабильности. Формированию региональной идентичности способствовали зонально-климатический и геополитический факторы, особое положение Кольского Севера на карте страны и мира (пограничное, полуостровное, с совпадением географических границ с регионально-административными и т.д.), особенности формирования населения, осознание его структурных отличий от населения ряда других территорий России, близость к скандинавским странам, наличие высокотехнологичных производств и научно-образовательной инфраструктуры, отчасти парадоксальным образом возникшее признание преемственности с русской культурой северного типа и ряд других. Самоидентификации соответствует и внешняя: население области идентифицируется чаще всего с «мурманчанами» (реже – «северянами», жителями Заполярья), которые наделяются характерными свойствами [25]. Для развития социогуманитарных исследований эти выводы важны тем, что подтверждают известную цельность и, соответственно, научную легитимность их объекта.

По мере научно-промышленного освоения края, укоренения новоселов, развития инфраструктуры и т.п. сформировалась и культурная среда региона: производственная, управленческая, научно-образовательная, художественная, религиозная и т.д. Культуру социалистических городов можно рассматривать как значительный пласт национального наследия. Она заслуживает не меньшего внимания, чем традиционно-бытовая культура компактных этнических общностей, археологические памятники и другие достойные объекты изучения, сохранения в коллективной памяти и актуализации [26]. С профессиональными общностями связано развитие субкультур (воинской, рабочей горняцкой, строительной, научной и пр.). Региональная литература в совокупности ее видов является ярким примером и заметной частью инфраструктуры культуры Кольского Севера. Эта культурная среда при всей ее мозаичности представляет и цементирует региональную общность, выражает ее интересы и является важным фактором социальной стабильности. Она заслуживает углубленного изучения, которое отчасти начато, отчасти обозначено в ряде постановочных работ и пилотажных исследований. Одной из важнейших социокультурных особенностей региона является его высокий интеллектуальный потенциал. Закономерно, что одним из ведущих направлений исследований Центра гуманитарных проблем стало изучение истории академической науки на Кольском Севере. Предметом рассмотрения являются процессы становления научных направлений и институтов, проблемы функционирования регионального научного центра на разных этапах развития страны в тех или иных социально-политических контекстах, вопросы управления наукой, история отдельных исследований и исследователей, а также актуальные аспекты источниковедения истории науки [27–32].



В современный период, в связи с кардинальной реформой социально-экономической системы страны, процессы урбанизации, цивилизационного развития, активизировавшиеся в скандинавских и в других приарктических странах, в нашем регионе будто бы «повернулись вспять». К проблемным процессам прежде всего относятся разрушение городской и поселенческой инфраструктуры области, уменьшение численности населения, снижение качества человеческого потенциала: старение населения, отток молодежи, снижение уровня образованности, обострение проблем сохранения здоровья и т.д. С 2002 по 2010 гг. число городских населенных пунктов сократилось с 32 до 28 (на 4 ед. в результате преобразования их в сельские населенные пункты), но при этом и число сельских населенных пунктов сократилось со 135 до 112 (на 23 ед.) В 2002 г. зарегистрировано 29 пунктов без населения, в 2010 г. их число увеличилось на 14. Доля сельских населенных пунктов с числом жителей до 10 чел. («вымирающих деревень») увеличилась в два раза (до 18%) [21].

Население Мурманской области уменьшилось с 1989 г. по 2010 г. на 368.5 тыс. чел., то есть на 31.5%. Темпы снижения численности в последнее время несколько замедлились. По сравнению с 2002 г., население области уменьшилось на 10.8%. Ниже этот процент в областном центре, выше – в наименее урбанизированных районах области. Определяющий фактор сокращения численности – миграционная убыль (около 74%). Вместе с тем обращает на себя внимание тот факт, что, по данным проведенных исследований, среди мотивов переезда с Севера доминируют трудовые (экономические), самосохранительные и семейные, но практически отсутствуют социальные и этнокультурные. Более того, основной барьер на пути к перемене места жительства – социальный комфорт, достигнутый на Севере [33]. Специально проведенное исследование, посвященное проблемам адаптации новых этнических мигрантов на Кольском Севере, показало, насколько важны социокультурные факторы, включающие оценку территории и отношение к ней (то есть субъективные обстоятельства), для интеграции мигрантов в региональную общность и преодоления ксенофобии [34].

Нет необходимости доказывать, что развитие гуманитарных исследований служит решению глобальных и локальных социальных проблем, связаны ли они с опасностью ксенофобии или адаптацией северян к техногенной среде, с функционированием науки или интеграцией этнических мигрантов, с трудовой занятостью жителей региона или сохранением памятников культуры, с качеством и доступностью образования или отношениями человека с природным окружением, деструктивными последствиями экономических реформ или охраной здоровья, демографическим дисбалансом или вандализмом, кризисной ситуацией малых монопрофильных городов или самоубийствами подростков и т.д.

Осмысление современных социальных процессов и возможности управления ими напрямую зависят от осознания значимости их «человеческого измерения».

Если попробовать описать одну из траекторий развития академического научного центра на Кольском Севере в антропологическом ключе, окажется, что им проделан путь, типичный для человеческого познания в целом: от изучения внешнего мира (природных ресурсов), продиктованного практическими потребностями, к осознанию необходимости изучить себя (коллективного социального субъекта) как активное действующее лицо исторического процесса. Для этого необходим высокий уровень рефлексии субъекта. Научное сообщество представляет часть населения региона, которое и призвано профессионально осуществлять такую деятельность. При этом, безусловно, возникают проблемы взаимопонимания и возможностей интеграции естественно-научного и гуманитарного знания и, соответственно, представителей обеих сторон. Проблемы «преодоления разрыва двух культур», или «двух типов разнокачественного знания», в высшей степени актуальны для современной науки и обсуждаются на философско-методологическом уровне [35, 36 и др.]. Можно считать, что первые важные шаги в этом направлении в Кольском научном центре РАН сделаны.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гуревич А.Я. Историческая антропология: проблемы социальной и культурной истории // Вестник АН СССР. 1989. № 7. С. 71–78.
2. Гуревич А.Я. Исторический синтез и Школа «Анналов». М.: Индрик, 1993. 319 с.
3. К новому пониманию человека в истории: Очерки развития современной западной исторической мысли / под ред. Б.Г. Могильницкого. Томск, 1994.
4. Репина Л.П. Социальная история и историческая антропология: новейшие тенденции в современной британской и американской медиэвистике // Одиссей. Человек в истории. М., 1990. С. 167–181.
5. Репина Л.П. «Новая историческая наука» и социальная история. М.: ИВИ РАН, 1998. 278 с.
6. Споры о главном: Дискуссии о настоящем и будущем исторической науки вокруг французской школы «Анналов» / отв. ред. Ю.Л. Бессмертный. М.: Наука, 1993. 207 с.
7. Burke P. History and Social Theory. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1993. 198 p.
8. Гинцбург К. Микроистория: две-три вещи, которые я о ней знаю // Современные методы преподавания новейшей истории. М., 1996. С. 207–235.
9. Ревель Ж.

Микроисторический анализ и конструирование социального // *Одиссей. Человек в истории*. М., 1996. С. 110–127. **10.** *Mauss M. Sociologie et anthropologie*. Paris, 1950. **11.** *Мосс М. Общество. Обмен. Личность: труды по социальной антропологии*. М.: «Восточная литература», 1996. 320 с. **12.** *Бергер П. и др. Социальное конструирование реальности. Трактат по социологии знания / П. Бергер, Т. Лукман*. М.: Московский философский фонд и др., 1995. 322 с. **13.** *Харузин Н.Н. Русские лопари. (Очерки прошлого и современного быта)*. М.: Т-во скоропечатни А.А. Левенсон, 1890. 472 с. **14.** *Бодрова О.А. Саамская культура сквозь призму «колониальной этнографии» (к проблеме жанровой природы этнографической литературы) // Население Кольского Севера в период социальных трансформаций: Проблемы и практики культурной адаптации*. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. С. 135–146. **15.** *Алымов В.К. Лопари Кольского полуострова // Доклады и сообщения Мурманского общества краеведения. Вып. 1. Мурманск, 1927. С. 7–22. **16.** *Паця Е.Я. и др. Научно-исследовательская и просветительская деятельность музея «Истории изучения и освоения Европейского Севера России» / Е.Я. Паця, В.П. Петров // Этнокультурные процессы на Кольском Севере: сб. статей / МЦНКО КНЦ РАН. Апатиты, 2004. С. 159–166. **17.** *Гуцол Н.Н. и др. Финноугорское население Кольского Севера в 70-80-е годы XX столетия / Н.Н. Гуцол, Е.Я. Паця // Материалы к книге: Pennanen Jukka, Lukjantsenko Tatjana, Gutsol Natalia, Patsia Jevgenia. Los ei ole poropaimenia, kansa ha vaa: kuolan poronhoitajien sosiokulttuurien adaptaatio 20. Vuosisadalla. Helsinki: Saaomalaisen Kirjallisuuden Seura, 2000. Vр. 8.7/779. **18.** *Гуцол Н.Н. и др. Современное состояние памятников культуры восточных саамов / Н.Н. Гуцол, С.Н. Виноградова, А.Г. Саморукова // Этнокультурные процессы на Кольском Севере: сб. статей / МЦНКО КНЦ РАН. Апатиты, 2004. С. 126–141. **19.** *Петров В.П. и др. К истории развития гуманитарных исследований в Кольском научном центре РАН / В.П. Петров, И.А. Разумова // Человек в социокультурном пространстве: Европейский Север России. Апатиты: КНЦ РАН, 2005 а. С. 5–17. **20.** *Петров В.П. и др. Проблемы и перспективы социально-антропологических исследований этнокультурной ситуации на Кольском Севере / В.П. Петров, И.А. Разумова // Формирование основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2005 б. С. 108–118. **21.** *О предварительных итогах Всероссийской переписи населения 2010 года в Мурманской области. Аналитическая записка. Мурманск: Мурманскстат, 2011. **22.** *Разумова И.А. «Аборигены» и «мигранты»: проблемы аккультурации и культурной дистанции коренного и городского населения Крайнего Севера // Народные культуры Европейского Севера. Архангельск: Материалы респ. науч. конф. ПГУ, 2008. С. 28–33. **23.** *Советский простой человек: опыт социального портрета на рубеже 90-х / отв. ред. Ю.А. Левада. М.: «Мировой океан», 1993. **24.** *Федоров П.В. Северный вектор в российской истории: центр и Кольское Заполярье в XVI–XX вв. Мурманск: МГПУ, 2009 – 388 С. **25.** *Разумова И.А. Миграционный опыт и формирование локальной идентичности жителей Кольского Севера // Адаптация народов и культур к изменениям природной среды, социальным и техногенным трансформациям / отв. ред. А.П. Деревянко, А.Б. Куделин, В.А. Тишков; Отд-ние ист.-филол. наук РАН. М.: РОССПЭН, 2010. С. 290–298. **26.** *Разумова И.А. Социалистический город в памяти жителей // Texts and Communities: Soviet and Post-Soviet Life in Discourse and Practice / Aleksanteri Institute, Finland – Aleksanteri Series, 4 / 2007. P. 145–158. **27.** *Шабалина О.В. Из истории этнографических исследований В.В. Чарнолуцкого: рисунки и письма ученого из фондов Музея-архива ЦГП КНЦ РАН // Региональное сообщество в период социальных трансформаций: Кольский Север, начало XXI века. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. С. 146–170. **28.** *Петров В.П. К анализу исторического опыта решения проблемы рационального использования минеральных ресурсов Кольского полуострова // Кольский Север в XX – XXI вв.: культура, наука, история. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. С. 5–15. **29.** *Саморукова А.Г. Кольская база Академии наук СССР в первые послевоенные годы // Кольский Север в XX – XXI вв.: культура, наука, история. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2009. С. 15–21. **30.** *Макарова Е.И. и др. Деятельность академии наук на Кольском полуострове: к реконструкции истории промышленного освоения Евро-Арктического/Баренц-региона (1920–1940 гг.) / Е.И. Макарова, В.П. Петров // Труды Кольского научного центра РАН. 2/2010. Гуманитарные исследования. Вып. 1. С. 94–114. **31.** *Саморукова А.Г. и др. К вопросу об опыте взаимодействия партийно-советских региональных властных органов и академических научных учреждений: на примере работы Кольского филиала АН СССР в 1945-1965 годах / А.Г. Саморукова, В.П. Петров // Труды Кольского научного центра РАН. 2/2010. Гуманитарные исследования. Вып. 1. С. 115–126. **32.** *Саморукова А.Г. и др. К вопросу о роли местных органов власти в развитии науки на Кольском полуострове в период деятельности Мурманского совнархоза в 1957-1965 годах / А.Г. Саморукова, В.П. Петров // Труды Кольского научного центра РАН. 3/2011. Гуманитарные исследования. Вып. 2. С. 80–92. **33.** *Разумова И.А. «Север» – категория времени // Северяне: Проблемы социокультурной адаптации жителей Кольского полуострова. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006. С. 5–14. **34.** *Змеева О.В. Новый дом вдали от родины. Этнические мигранты на Кольском Севере. Апатиты: КНЦ РАН, 2011. 96 с. **35.** *Моисеев Н.Н. Универсальный эволюционизм // Вопросы философии. 1991. № 3. С. 3–18. **36.** *Мангасарян В.Н. Природа. Общество. Культура: Основания коэволюции. (Философско-методологический анализ). СПб.: Русская Христианская гуманитарная академия, 2011. 252 с.**********************

### Сведения об авторах

*Разумова Ирина Алексеевна* – д.и.н., гл. научный сотрудник;

e-mail: irinarazumova@isc.kolasc.net.ru

*Петров Валентин Петрович* – д.г.-м.н., зам. председателя КНЦ РАН, директор ЦГП КНЦ РАН;

e-mail: petrov@admksk.apatity.ru

УДК 061.6:69(470.21)

## ФЛАГМАН СТРОИТЕЛЬНОЙ НАУКИ НА КОЛЬСКОМ СЕВЕРЕ (к 60-летию отдела технологии строительных материалов ИХТРЭМС КНЦ РАН)

**Н.Н. Гришин, О.Н. Крашенинников, О.В. Суворова**

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья  
им. И.В.Тананаева КНЦ РАН

### Аннотация

Дан краткий обзор 60-летней деятельности лаборатории строительных материалов, в дальнейшем отдела технологии строительных материалов (ОТСМ) ИХТРЭМС КНЦ РАН. По научным разработкам ОТСМ было организовано в Мурманской области производство рядового и цветного силикатного кирпича, шлаковидных плит, облицовочных каменных изделий, закладочных смесей из граншлаков комбината «Печенганикель», бадделеитового концентрата высокотемпературной изоляции из вермикулита Ковдорского месторождения, глазурованных панелей. Выполненными исследованиями установлены возможности получения на основе природного и техногенного сырья Кольского п-ова гидравлических и воздушных вяжущих веществ, бетонов (тяжелых, легких, ячеистых, мелкозернистых, декоративных, радиационнозащитных, огне- и жаростойких), керамических, огнеупорных и стеклокристаллических материалов. Результаты исследований представлены в 2000 опубликованных работах, в т.ч. в 21 монографии, 110 авторских свидетельствах и патентах. Разработки отмечены 22 медалями на международных и всероссийских выставках. Сотрудники ОТСМ принимают активное участие в подготовке инженерных кадров для строительной отрасли.

### Ключевые слова:

*отдел технологии строительных материалов ИХТРЭМС КНЦ РАН, основные результаты деятельности.*



12 декабря 1952 г. постановлением № 656 Президиума АН СССР в Кольском филиале (КФ) АН СССР была создана лаборатория строительных материалов (далее – Лаборатория). Вначале она входила в состав Геологического института, с января 1961 г. была включена в состав создаваемого Горно-металлургического института, а в апреле

1966 г. переведена в ИХТРЭМС. По настоящее время подразделение такой направленности является единственным в системе отечественной академии наук.

Создание Лаборатории связано с необходимостью освоения богатейших минерально-сырьевых ресурсов Мурманской области, и в первую очередь на начальном этапе – решением задач по изучению возможностей использования побочных продуктов медно-никелевого производства комбината «Североникель» и отходов обогащения железорудного сырья Оленегорского ГОКа для получения строительных материалов.

Территориально Лаборатория размещалась в г. Мончегорске на освобожденных комбинатом «Североникель» производственных площадях. Первым заведующим Лаборатории был специалист в области нерудных полезных ископаемых к.г.-м.н. Дмитрий Дмитриевич Теннер, бессменно руководивший лабораторией около 20 лет.

В этот период были достигнуты следующие основные результаты деятельности Лаборатории, с 1966 г. преобразованной в Мончегорскую группу лабораторий (МГЛ):

■ установлена возможность использования в производстве силикатных строительных материалов отходов обогащения оленегорских железных руд. На основании научных разработок

Лаборатории была внедрена технология получения силикатного кирпича из этих отходов и местных карбонатитов Ена-Ковдорского месторождения и построен завод в г. Оленегорске. За счет этого кирпича, объемы производства которого в годы интенсивного строительства в Мурманской области достигли почти 100 млн шт. в год, полностью обеспечивалась потребность региона в стеновых материалах;

■ доказана возможность применения огненно-жидких шлаков комбината «Североникель» для получения ряда строительных материалов: минеральной ваты, литого и пористого шлакового щебня, шлаколитых блоков и вяжущих материалов. Комбинатом «Североникель» на практике реализована разработка Лаборатории по организации промышленного производства минеральной ваты и минераловатных изделий, обеспечивающих многие годы потребность народного хозяйства Мурманской области;

■ изучен ряд перспективных месторождений облицовочного камня Кольского региона и заложены основы создания камнедобывающей и камнеобрабатывающей промышленности Мурманской области. Результаты исследований способствовали созданию нескольких предприятий по добыче и переработке облицовочного камня;

■ выполнен комплекс физико-химических исследований вермикулита и слюд Ковдорского месторождения. Постановлением Совета Министров РСФСР (№ 1293 от 25.09.1962) на КФ АН СССР была возложена координация исследований по проблеме вермикулита в целом по стране, основные задачи которой выполнялись коллективом Лаборатории;

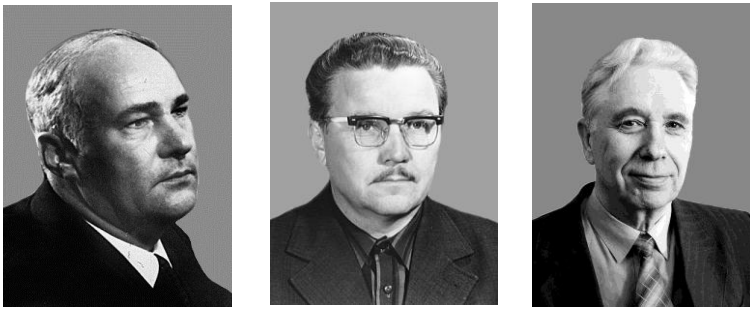
■ установлена возможность использования гранулированных шлаков комбината «Печенганикель» для получения различных вяжущих: шлакощелочного, известково-шлакового цемента, шлакопортландцемента и бетонов на их основе. Совместно с Горным институтом КФ АН СССР была реализована технология закладки выработанных рудничных пространств смесями с использованием граншлаков комбината «Печенганикель».

К 1970 г. в состав МГЛ входили три лаборатории: синтеза силикатов (зав. лаб. к.г.-м.н. Д.Д. Теннер), физико-химических исследований вермикулита и слюд (зав.лаб. к.т.н. С.И. Хвостенков), природного камня (зав. лаб. А.Ф. Туркин); сотрудниками последней был создан Музей цветного камня (ст. инженер В.Н. Дав). Общая численность сотрудников МГЛ достигла 90 чел. Неоценим вклад ее ведущих сотрудников в развитие научных направлений и реализацию вышеуказанных разработок: с.н.с., к.т.н. Е.Е. Россинского, с.н.с., к.т.н. Л.А. Гудович, с.н.с., к.т.н. Б.А. Брянцева, с.н.с., к.т.н. Н.Ф. Брянцевой, с.н.с., к.т.н. Б.И. Гуревич, с.н.с., к.т.н. А.П. Зосина, зав. лаб.



*Рис. 1. Д.Д. Теннер, Е.Е. Россинский, С.И. Хвостенков, Л.А. Гудович, А.П. Зосин, А.Ф. Туркин*

В феврале 1973 г. на базе МГЛ в структуре ИХТРЭМС был создан отдел технологии строительных материалов (ОТСМ) в составе лабораторий: технологии керамических материалов (зав. лаб., к.т.н. Б.А. Брянцев), технологии стеновых и облицовочных материалов (зав. лаб., к.т.н. О.Н. Крашенинников), технических и вяжущих материалов (зав.лаб., к.т.н. Маковчук, позднее к.т.н. А.П. Зосин), экспериментальных мастерских и группы оформления. Отдел занимал 2 лабораторных корпуса с технологическим отделением, здание камнерезно-шлифовальной мастерской и стендовых работ. Основной задачей ОТСМ являлась разработка эффективных технологий комплексного использования природного и техногенного сырья Кольского п-ова с целью создания эффективных строительных и ряда технических материалов и развития строительной индустрии Мурманской области.



*Рис. 2. Б.А. Брянцев, А.П. Афанасьев, В.Н. Макаров*

В ноябре 1975 г. было принято постановление Президиума КФ АН СССР о перебазировании Отдела из г. Мончегорска в г. Апатиты, где ему передавался лабораторный корпус.

К 1978 г. был завершен окончательный перевод в г. Апатиты ОТСМ, руководимого в тот период (с 1973 г. по 1980 г.) к.т.н. Б.А. Брянцевым. В дальнейшем заведование Отделом осуществлялось: д.г.-м.н. А.П. Афанасьевым (1980–1990 гг.), д.т.н.

В.Н. Макаровым (1990–2004 гг.) (рис. 2), д.х.н. Н.Н. Гришиным (с 2004 г. по настоящее время).

Основные результаты деятельности ОТСМ в «послемончегорский» период (в скобках указаны ответственные исполнители работ):

- разработана технология керамических связей с использованием местного сырья для абразивного инструмента, запатентованная в 8 странах мира; разработка внедрена на ряде предприятий металло- и камнеобрабатывающей промышленности (к.т.н. Б.А. Брянцев, к.т.н. В.С. Кабанов);

- разработана технология цветного силикатного кирпича с органосиликатным покрытием, внедренная на Оленегорском заводе силикатного кирпича (к.т.н. Н.Ф. Брянцева) (рис. 3);

- исследовано ковдорское бадделеитсодержащее сырье и разработана технология производства сталеразливочных стаканов из обожженного материала для промежуточных ковшей непрерывной разливки стали, а также плавнелитых блоков для печей выплавки кобальта; разработка реализована на Ковдорском ГОКе, освоившем выпуск бадделеитового концентрата. На основе кейвских и хизоваарских кианитов разработаны муллитсодержащие огнеупоры и порошки для точного литья по выплавляемым моделям, внедренные на предприятиях авиапрома. Разработаны форстеритсодержащие огнеупоры из оливинитов Хабозера и Ковдора; на ОАО «Северсталь» выплавлено 1 млн т стали при испытании промышленных партий (к.т.н. М.Е. Кононов и к.т.н. О.А. Белогурова (рис. 4), д.х.н. Н.Н. Гришин);



*Рис. 3. С.н.с., к.т.н. Н.Ф. Брянцева за исследованием хвостов обогащения Оленегорского ГОКа*



*Рис. 4. С.н.с., к.т.н. М.Е. Кононов, с.н.с., к.т.н. О.А. Белогурова – разработчики огнеупорных материалов*



- усовершенствована технология однослойных стеновых панелей из легкобетонных смесей с использованием синтетического пенообразователя, реализованная в ПКПО «Апатитстройиндустрия», а также технология стеновых легкобетонных камней при полной утилизации пылей-уноса Мурманского завода шунгизитового гравия (к.т.н. О.Н. Крашенинников, М.А. Меос);

- изучено глинистое сырье месторождений Мурманской области и показаны возможности использования его для получения керамических изделий; технология глазурованных стеновых

панелей внедрена на Мурманском домостроительном комбинате (П.А. Кособокова, к.т.н. Б.И. Гуревич, Н.Ф. Щербина) (рис. 5);

- разработаны эффективные виды композиционных газобетонных изделий на основе техногенного сырья Кольского п-ова (к.т.н. А.А. Пак, Р.Н. Сухорукова (рис. 6);



*Рис. 5. Н.с. Н.Ф. Щербина  
за обжигом керамических изделий*



*Рис. 6. С.н.с., к.т.н. А.А. Пак,  
н.с. Р.Н. Сухорукова – разработчики  
композиционного полистиролгазозолобетона*

- разработаны эффективные виды вермикулитсодержащих композиционных поропластов, негорючих кровельных покрытий, жаростойких бетонов, огнезащитных покрытий и заделок проходов электрических кабелей через строительные конструкции; внедрена технология тепловой изоляции вермикулитсодержащими смесями промышленных водогрейных котлов в ОАО «Апатит» (д.т.н. О.Н. Крашенинников, Г.В. Журбенко, к.т.н. С.В. Бастрыгина);

- для основных видов огнеупорного сырья Кольского п-ова теоретически обоснованы технологические решения получения высококачественных огнеупоров и разработаны высокотермостойкие огнеупоры нового поколения форстеритового и муллитового составов (д.х.н. Н.Н. Гришин, к.т.н. О.А. Белогурова);

- исследован ряд новых видов облицовочного камня Мурманской области и на основании рекомендаций группы камня создано несколько камнедобывающих и камнеобрабатывающих предприятий. Проведена геолого-экономическая оценка индустрии облицовочного камня (А.Ф. Туркин, Б.И. Бибииков, к.т.н. В.В. Лащук);

- изучены вскрышные породы горнодобывающих предприятий Мурманской области и установлены возможности их использования в строительстве (д.т.н. В.Н. Макаров, д.т.н. О.Н. Крашенинников, к.т.н. Т.П. Белогурова, к.т.н. В.В. Лащук) (рис. 7);

- систематизированы данные о влиянии геохимических процессов на состав и структуру серпентинов, определены области применения различных типов серпентинсодержащих материалов, в т.ч. для иммобилизации тяжелых металлов с перспективой утилизации токсичных остатков в составе вяжущих композиций (д.т.н. В.Н. Макаров, к.т.н. И.П. Кременецкая) (рис. 8);

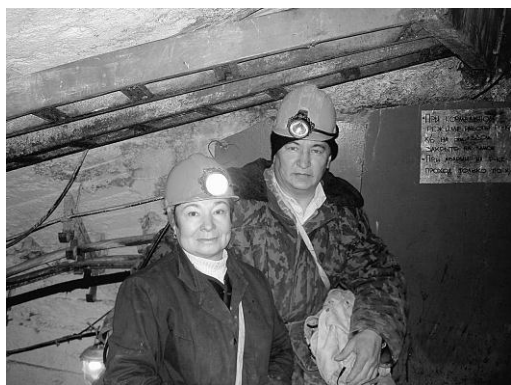
- на основе изучения диаграмм состояния в системах: пироксены – полевые шпаты – кварц, пироксены – полевые шпаты и пироксены – полевые шпаты – оливины разработаны декоративные стекла, а также получены стеклокристаллические и керамические материалы с повышенными физико-химическими характеристиками на основе горнопромышленных отходов (д.т.н. В.Н. Макаров, к.т.н. Е.К. Назимова, к.т.н. О.В. Суворова);

- выполнен комплекс геоэкологических исследований, направленных на решение проблем комплексного использования минерального сырья Кольского п-ова, а также охраны окружающей среды. Дана классификация горнопромышленных отходов по степени их экологической опасности (д.т.н. Макаров В.Н.);

- разработаны гидравлические (портландцемент, шлакопортландцемент, шлакощелочное) и воздушные (известковые и гипсосодержащие) вяжущие на основе кольского природного сырья и горно-промышленных отходов (вед.н.с., к.т.н. Б.И. Гуревич, с.н.с., к.т.н. В.В. Тюкавкина) (рис. 9).



• методами механоактивации в присутствии  $\text{CO}_2$  разработан ряд смешанных цементов и геополимеров на основе природного техногенного сырья Кольского п-ова (д.х.н. А.М. Калинин, к.т.н. Е.В. Калинкина, к.т.н. Б.И. Гуревич).



*Рис. 7. С.н.с., к.т.н. Т.П. Белогурова и техник С.Н. Мельников при проведении испытаний бетона на руднике Кировский ОАО «Апатит»*



*Рис. 8. С.н.с., к.т.н. И.П. Кременецкая, с.н.с., к.т.н. В.В. Лащук, аспирант В.А. Кумарова отбирают пробы на Оленегорском хвостохранилище*

К настоящему времени коллектив ОТСМ численно сократился за годы реформирования Российской академии наук и составляет 40 чел. (в т.ч. 2 доктора наук и 10 кандидатов наук), структурно представлен лабораторией бетонов (зав. лаб., д.т.н. О.Н. Крашенинников), сектором огнеупоров (зав. ОТСМ, д.х.н. Н.Н. Гришин), лабораторией минерального сырья и силикатного синтеза (зав. лаб., к.т.н. О.В. Суворова), экспериментальным участком и шлифовальной мастерской (рис. 10).



*Рис. 9. Вед.н.с., к.т.н. Б.И. Гуревич, с.н.с., к.т.н. В.В. Тюкавкина – разработчики вяжущих материалов на основе местного сырья*



*Рис. 10. В.В. Степанов в шлифовальной мастерской*

С 1977 г. на базе ОТСМ функционирует Кольский испытательный центр строительных материалов и изделий, осуществляющий деятельность в области технологического и строительного инжиниринга, оказывая помощь предприятиям Мурманской области в оценке качества местного минерального сырья и строительной продукции, а также в обследовании технического состояния зданий и сооружений (рук. центра д.т.н. О.Н. Крашенинников, зам. к.т.н. А.А. Пак).



*Рис. 11. Участники международной научной конференции «Фундаментальные проблемы комплексного использования природного и техногенного сырья Баренцева-региона в технологии строительных материалов», приуроченной к 50-летию ОТСМ (ИХТРЭМС, апрель 2003 г.)*

первого областного конкурса монографий, направленных на социально-экономическое и инновационное развитие Мурманской области. В связи с 50-летием ОТСМ, по инициативе коллектива Отдела в 2003 г. в г. Апатиты была проведена международная научная конференция «Фундаментальные проблемы комплексного использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных материалов» (рис. 11), ставшая первоосновой следующих конференций этой направленности: в Республике Карелия (Петрозаводск, 2005 г.), Республике Коми (Сыктывкар, 2007 г.) и Архангельской области (Архангельск, 2010 г.). В 2013 г. проведение подобной конференции, приуроченной к 60-летию ОТСМ, вновь планируется в Апатитах.



*Рис. 12. У экспозиции «Инновационные разработки ИХТРЭМС КНЦ РАН для получения строительных материалов из природного и техногенного сырья Мурманской области» на VII Международной строительной выставке «ЭКСПО Дом 2009» (Мурманск, май 2009 г.)*

Разработки Отдела экспонировались: на ВДНХ и награждены 10 медалями (1 золотая, 3 серебряных и 6 бронзовых); на 5 международных выставках в области высоких технологий в 2001–2006 гг. (Москва, Санкт-Петербург) и награждены 8 медалями (1 золотой, 5 серебряными и 2 бронзовыми); на Всероссийском научно-промышленном форуме «Россия единая – 2003» (Н. Новгород) и награждены серебряной и бронзовой медалями; на международной выставке «Недра 2005» (Москва) и награждены медалью; на международном строительном форуме «Интерстройэкспо 2005» (Санкт-Петербург) и награждены медалью «За выдающиеся технологии и качество продукции»; на VII и VIII международных форумах «Высокие технологии XXI века» (Москва, 2006 и 2007 гг.) и награждены медалью и Дипломом; на международной торговой ярмарке технологических инноваций (Брюссель, 2007 г.) и награждены бронзовой медалью; на специализированных выставках «Экспо Дом» (Мурманск, с 2004 г. по 2012 г.) и отмечены Дипломами за активное участие в выставке (рис. 12).

Общее количество опубликованных научных трудов сотрудниками ОТСМ за годы его деятельности составляет около 2 тыс. ед. Изданы 34 тематических сборника статей (в том числе 21 сборник в изд-ве «Наука»), 21 монография; получено 110 авторских свидетельств и патентов. Коллективная монографическая работа Отдела «Строительные и технические материалы из минерального сырья Кольского полуострова», ч. 1.2 (2003 г., 430 с.) признана победителем

Думы. В 2011 г. Крашенинникову О.Н. присвоено Почетное звание «Заслуженный строитель Российской Федерации».

Актуальность выполняемых в настоящее время в ОТСМ работ в первую очередь определяется задачами, поставленными «Стратегией социально-экономического развития Мурманской области до 2025 года» (постановление правительства Мурманской области от 26.08.2010 № 338-ПП). Среди конкретных задач, связанных с обеспечением рационального использования местных природных ресурсов и вовлечением в производство техногенных отходов различных отраслей промышленности для получения эффективных видов строительных материалов, на выполнение которых направлены исследования Отдела, следует отметить:

- организацию производства керамических материалов (кирпич, облицовочная плитка) из местного глиняного и техногенного сырья;
- освоение выпуска в регионе портландцемента (шлакопортландцемента);
- развитие местной минерально-сырьевой базы для увеличения производства щебня для строительных работ и организацию выпуска декоративных заполнителей бетонов;
- освоение производства пористых заполнителей для легких бетонов из местных вспучивающихся сланцев проявления Цыпнаволок п-ова Рыбачий;
- выпуск высококачественных огнеупоров из местного сырья;
- производство огне- и жаростойких материалов на основе ковдорского вермикулита;
- освоение технологии получения высокоэффективных теплоизоляционных, стеновых, и отделочных материалов из промышленных отходов местных производств.



*Рис. 13. Научные сотрудники ОТСМ – доценты кафедры химии и строительного материаловедения Апатитского филиала МГТУ со студентами 3 курса специальности «Промышленное и гражданское строительство» (ОТСМ, июнь 2008 г.)*

Начиная с 2008 г., научные сотрудники Отдела принимают непосредственное участие в подготовке инженерных кадров для строительной отрасли региона по новой специальности «Промышленное и гражданское строительство» в Мурманском Государственном техническом университете и его Апатитском филиале (рис. 13). Ими подготовлено несколько методических указаний по выполнению студентами лабораторных работ (составители: кандидаты наук, доценты С.В. Бастрыгина, О.А. Белогунова, Т.П. Белогунова, В.В. Лашук, А.А. Пак, О.В. Суворова, В.В. Тюкавкина). Издано учебное пособие «Краткий курс строительного материаловедения и технологии строительных материалов» (автор д.т.н., проф. О.Н. Крашенинников).

Коллектив ОТСМ, понимая важность задач, стоящих перед ним как в плане результатов научных исследований и разработки эффективных видов строительных материалов и изделий на основе местных видов природного и техногенного сырья, так и в направлении педагогической деятельности по подготовке столь необходимых региону квалифицированных строительных кадров, готов и в дальнейшем прикладывать свои знания и опыт для выполнения этих ответственных задач.

#### **Сведения об авторах**

*Гришин Николай Никитович* – д.х.н., зав. отделом технологии строительных материалов, зав. сектором огнеупоров; e-mail: grishin@chemy.kolasc.net.ru

*Крашенинников Олег Николаевич* – д.т.н., зав. лабораторией бетонов, рук. Кольского испытательного центра строительных материалов и изделий, заслуженный строитель РФ; e-mail: [krash@chemy.kolasc.net.ru](mailto:krash@chemy.kolasc.net.ru)

*Суворова Ольга Васильевна* – к.т.н., зав. лабораторией минерального сырья и силикатного синтеза; e-mail: [suvorova@chemy.kolasc.net.ru](mailto:suvorova@chemy.kolasc.net.ru)

## ИНСТИТУТУ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ – 55 ЛЕТ

**П.Б. Громов, В.П. Ковалевский, Г.Б. Куншина**

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья  
им. И.В. Тананаева КНЦ РАН

### Аннотация

Рассказано об истории создания в Кольском научном центре Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья, о формировании структуры, состава коллектива и тематике исследований. Представлены материалы о наиболее значимых результатах, достигнутых коллективом института за его 55-летнюю историю.

### Ключевые слова:

*ИХТРЭМС КНЦ РАН, история, сотрудники, достижения.*



История создания Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья берет начало с 1950-х гг., с тех пор как в структуре Кольского филиала Академии наук СССР (КФАН СССР) появился первенец – Геологический институт (1951 г.), и в нем был создан химико-технологический сектор (отдел) с группой обогащения (1952 г.).

Еще раньше, в конце 1940-х гг., в тематике лаборатории геохимии и аналитической химии, входящей в состав КФАН СССР, появились работы, имеющие химико-технологическую направленность. Они проводились под руководством известных ученых к.г.-м.н. Бориса Николаевича Мелентьева и к.х.н. Якова Гавриловича Горощенко.



*Рис. 1. К.г.-м.н. Б.Н. Мелентьев, к.х.н. Я.Г. Горощенко, к.х.н. Е.А. Боом*

Первым заведующим химико-технологического сектора был к.х.н. Евгений Альфредович Боом (1953–1956 гг.). Он сделал первые шаги по организации и созданию материально-технического оснащения сектора и положил начало технологическим исследованиям. В химико-технологическом секторе работали 16 чел., из них 10 научных сотрудников. Сектор занимал примерно 200 м<sup>2</sup> производственной площади.

В дальнейшем (1956–1958 гг.) сектором руководил Я.Г. Горощенко, способствуя его преобразованию в Лабораторию химии и химической технологии тугоплавких элементов, создав базу для организации Института химии и воспитав ядро будущего коллектива института из молодых выпускников московских и ленинградских вузов: Д.Л. Мотова, В.И. Белокоскова, Е.Б. Колыш-киной (Панасенко), М.М. Год-невой, Д.Л. Рогачева, В.П. Изотова, Г.В. Трофимова, А.Г. Бабкина, В.А. Рой, М.И. Андреевой (рис. 2).

**У истоков института стояли молодые учёные,  
впоследствии его ведущие специалисты.  
Четверо из них работают в институте до сих пор**



В

непосредственной близости от комбината «Североникель» в г. Мончегорске. Первым руководителем лаборатории, а позднее Мончегорской группы лабораторий, был Дмитрий Дмитриевич Теннер, возглавлявший ее 1972 г. С 1973 г. эта группа была преобразована в отдел технологии строительных материалов (информация о деятельности отдела приведена в статье О.Н. Крашенинникова, Н.Н. Гришина, О.В. Суворовой «Флагман строительной науки на Кольском Севере» настоящего сборника).

Впервые вопрос о создании Института химии был поднят на заседании Президиума КФАН СССР 5 ноября 1954 г., где с таким предложением выступил заведующий химико-технологическим сектором Е.А. Боом: «В системе Кольского филиала, мне кажется, должен быть организован Институт химии и металлургии. Организация Института должна пройти через следующие стадии:

1. Химико-технологический сектор при Геологическом институте (то, что мы имеем сейчас).
2. Химико-технологический сектор с группами обогащения и металлургии (это структурное изменение можно провести уже в текущем году, например, в декабре 1954 г.).
3. Выделение химико-технологического сектора из Геологического института с организацией на его основе отдела при Президиуме со следующими секторами: технологии, обогащения полезных ископаемых, металлургии (это мероприятие возможно провести в начале 1955 г.).
4. Преобразование отдела в институт со следующими секторами (в 1956–1957 гг.):
  - а) обогащения полезных ископаемых;
  - б) химической технологии;
  - в) металлургии;
  - г) лаборатории химии редких элементов;
  - д) лаборатории органической химии;
  - е) химической технологии стройматериалов».

В октябре 1957 г. на заседании Президиума Кольского филиала АН СССР под председательством А.В. Сидоренко обсуждался вопрос об организации в составе КФАН СССР Института химии. В обсуждении участвовали: заместитель председателя Президиума Г.И. Горбунов, заместитель директора Геологического института Е.К. Козлов, директор Полярно-альпийского ботанического сада Н.А. Аврорин, ученый секретарь Президиума М.Д. Фугзан. Был принят проект структуры и штатного расписания института и одобрены основные направления научной деятельности.

Следующим значимым событием в становлении Института явилось Постановление Президиума АН СССР № 849 от 27.12.1957 г., которое юридически закрепило факт создания Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья (ИХТРЭМС). К основным задачам Института были отнесены: изучение свойств редких элементов и их соединений и выявление возможных областей их применения; разработка методов химической технологии переработки руд редких элементов Кольского п-ова; исследования в области металлургии редких элементов; разработка проблем комплексной добычи и обогащения руд

Группу обогащения, а позднее лабораторию обогащения полезных ископаемых, в Геологическом институте возглавлял д.т.н., проф. Фока Никифорович Белаш (1955–1958 гг.). Затем, после его ухода в 1958 г., ее возглавил Н.А. Алейников, который успешно руководил лабораторией вплоть до организации Горного института (1961 г.), в состав которого вошла лаборатория.

В декабре 1952 г. Постановлением № 656 Президиума АН СССР в составе Геологического института организована лаборатория строительных материалов, которая с апреля 1966 г. была включена в состав ИХТРЭМС. До переезда в г. Апатиты в конце 1970-х гг. лаборатория располагалась в





Рис. 3.

Акад. И.В. Тананаев

редких элементов; экономическая оценка эффективности применения в народном хозяйстве редких элементов и методов их получения.

Большую роль в создании и становлении научной тематики института сыграл академик, доктор химических наук Иван Владимирович Тананаев, который горячо поддержал идею создания нового института на Кольском п-ове (в 1997 г., в канун 40-летнего юбилея Институту было присвоено имя акад. И.В. Тананаева (рис. 3).

14 марта 1958 г. Президиум Кольского филиала АН СССР утвердил структуру Института:

- Лаборатория химии и химической технологии тугоплавких элементов (1958 г., рук. Я.Г. Горощенко, с 1962 г. – В.И. Белокосков, с 1964 г. – А.Г. Бабкин);
- Лаборатория химии и химической технологии редких щелочных и рассеянных элементов (1959 г., О.С. Игнатъев)\*;
- Лаборатория металлургии редких элементов (1965г., В.И. Константинов);
- Химико-аналитическая лаборатория (1962 г., Н.К. Пыряев);
- Лаборатория физических методов исследования (1962 г., Е.В. Хамский);
- Лаборатория горного дела (М.Д. Фугзан);
- Лаборатория обогащения редкометалльного сырья (Ф.Н. Белаш);
- Лаборатория экономики редкометалльного сырья (М.К. Мазуров);
- Опытный цех с экспериментальными мастерскими (В.П. Рогачев).



Рис. 4. Лаборатория физических методов исследования (1982 г.)

Первым директором был назначен к.т.н. М.Д. Фугзан, исполнение обязанностей заместителя директора было возложено на к.х.н. Я.Г. Горощенко, а учёным секретарем стала к.э.н. Т.Г. Бегунова. Этим же постановлением определялось «обязать Кольский филиал представить в Центральное управление капитального строительства АН СССР к 1 января 1958 г. задание на проектирование 2-й очереди Кольского филиала». Имелось в виду современное здание ИХТРЭМС – ПГИ КНЦ РАН, которое было введено в строй в 1967 г.).

Был рассмотрен и утвержден состав учёного совета ИХТРЭМС в количестве 21 чел. В него вошли: чл.-корр. АН СССР А.В. Сидоренко, к.т.н. М.Д. Фугзан, к.х.н. Я.Г. Горощенко, к.г.-м.н. А.М. Заседателев, к.э.н. М.К. Мазуров, к.х.н. М.И. Волкова, к.т.н. С.П. Алехичев, к.э.н. Т.Г. Бегунова, к.т.н. Н.А. Воронков, к.э.н. В.М. Клисенок, к.х.н. Д.Л. Мотов, к.т.н. Н.А. Алейников, мл.н.с. В.И. Белокосков, мл.н.с. В.К. Задорожный, гл. инженер комбината «Североникель» В.Я. Поздняков, гл. инженер АНОФ комбината «Апатит» Н.А. Горбунов и представители других производственных предприятий.

В 1958 г. в штате Института 71 чел., в том числе 27 научных сотрудников, из них 4 кандидата наук. Химики, работавшие в ИХТРЭМС с 1958 г.: Н.Б. Воскобойников, А.А. Горячев, Т.В. Горячева, Л.А. Каменская, В.Г. Майоров, В.М. Орлов, М.П. Риттер, Т.П. Спасибенко, Э.О. Удэ, С.А. Филатова. Кроме научных сотрудников институт пополнялся и техническим персоналом: М.Н. Богданов, А. Ивченко, Н.М. Кондратович, П.М. Мартынова, Л.В. Удэ и др.

В последующие годы в ряды сотрудников влились: А.Т. Беляевский, С.М. Бондин, А.И. Косяков, Э.П. Локшин, В.Г. Морозов, Е.А. Подозерская, А.П. Процюк, В.В. Ртвеладзе, В.А. Сидельников, Г.И. Скабичевская, Р.Я. Соколов, В.И. Ткачев.

\* Курсивом выделены подразделения, формирование которых было завершено в последующие годы.

Несколько изменилась и структура ИХТРЭМС: две лаборатории выделились и стали базой для организации Горно-металлургического института, одна – для организации Отдела экономических исследований КФАН СССР. И наоборот, из Горно-металлургического института в 1966 г. в Институт химии была переведена лаборатория строительных материалов.

Поскольку и.о. директора ИХТРЭМС М.Д. Фугзан по решению Президиума был направлен на организацию Горного института КФАН СССР, руководителем ИХТРЭМС стал Олег Семенович Игнатъев (1959–1972 гг.). За его плечами была учеба на металлургическом факультете Московского института цветных металлов и золота им. М.И. Калинина, после окончания которого он некоторое время работал на промышленном предприятии в должности зам. начальника цеха, затем в Министерстве госконтроля СССР в должности контролера по редкометалльной промышленности (1957–1958 гг.) и главного специалиста по редким металлам при Госплане Казахской ССР (1958–1959 гг.). После защиты в 1959 г. кандидатской диссертации, он получил новое назначение – на должность директора ИХТРЭМС. О.С. Игнатъев активно включился в научно-организационную деятельность Института. Он не только умело решал сложные вопросы повседневной жизни НИИ, но и инициировал научные эксперименты на базе организованной и возглавляемой им лаборатории химии и технологии редких щелочных и рассеянных элементов.

При нем выросла целая плеяда перспективных ученых, ставших во время его руководства кандидатами наук (Н.Б. Воскобойников, О.Г. Громов, А.А. Горячев, Э.П. Локшин, В.Г. Морозов, В.А. Рой, В.В. Ртвеладзе, В.И. Ткачев, Л.И. Склокин, Б.М. Фрейдин и др.). При О.С. Игнатъеве в 1961 г. начался переезд института из поселка Кукисвумчорр, где он до этого размещался, в г. Апатиты. В 1964 г. для Института было построено здание опытного цеха, а в 1967 г. введено в строй здание главного лабораторного корпуса (рис. 5). Были организованы и новые научные подразделения: лаборатория изотопов (Х.Б. Авсарагов), лаборатория оптических методов анализа (В.С. Басков) и лаборатория проблем комплексной переработки руд легких и цветных металлов (С.М. Бондин). Опытный цех возглавил Л.И. Склокин.



*Рис. 5. Академгородок в 1950-е и 1960-е гг.*

На начало 1969 г. численность сотрудников Института составила 318 чел. К этому времени Институт имел в своем составе 10 лабораторий, конструкторский отдел и отдел модельных испытаний специальных технологических процессов. В этот период было успешно внедрено 11 разработок. К наиболее значимым относятся:

- сернокислотная технология переработки лопарита, реализованная в г. Силламяэ ЭССР (1972), что позволило решить в стране проблему обеспечения танталом, ниобием, редкоземельными элементами и титановым дубителем (В.И. Константинов, А.Г. Бабкин, В.И. Белокосков, Д.Л. Мотов, В.Г. Майоров, Э.О. Удэ, Л.И. Склокин);

- технологии получения высокочистых щелочных металлов с внедрением производства рубидия, цезия, натрия, калия и их соединений в г. Красноярске, пос. Ревда Мурманской обл. и в г. Харькове (О.С. Игнатъев, Э.П. Локшин, О.Г. Громов, В.П. Изотов, В.И. Ткачев).

Подтверждением значимости работ института в щелочной тематике стало проведение в г. Апатиты IV Всесоюзного совещания по редким щелочным элементам (1971, рис. 6) и VII Всесоюзной конференции по химии и технологии редких щелочных элементов (1988).



*Рис. 6. Участники IV Всесоюзного совещания по редким щелочным элементам (1971 г.)*

В 1973 г. директором Института стал Валентин Иванович Белокосков, который руководил Институтом до 1981 г. К моменту назначения В.И. Белокосков прошел трудовой путь от старшего лаборанта (сразу после окончания в 1952 г. химфака ЛГУ) до заведующего лабораторией химии и технологии редкоземельных элементов и кандидата химических наук (рис. 7).

На 01.11.1974 г. численный состав ИХТРЭМС составил 452 сотрудника, из них научного персонала – 134 (в т.ч. 38 кандидатов наук). Разработки ученых Института активно внедрялись в народное хозяйство Мурманской области. За 1971–1974 гг. было получено 35 актов внедрения научных рекомендаций, экономический эффект от их использования составил 27 млн руб. Лаборатории института оснащались уникальным на тот период отечественным и импортным оборудованием. На замену морально устаревшего оборудования, в частности, для лаборатории физико-химических исследований, ежегодно выделялось от 25 до 80 тыс. руб. (при курсе доллара США – 0.9 руб.). Опытному цеху только в 1975 г. было выделено 110 тыс. руб., в основном за счет перевыполнения плана хоздоговорных работ Института. Задачи, стоящие перед Институтом, требовали новых подходов к их решению, и уже в это время директором института В.И. Белокосковым поднимался вопрос о необходимости создания новых научных подразделений на базе ИХТРЭМС – лаборатории процессов и аппаратов, лаборатории химии и технологии титана, лаборатории физических и структурных методов исследований, лаборатории сорбентов и катализаторов.



*Рис. 7. Лаборатория химии и химической технологии тугоплавких элементов (1964 г.)*

Под руководством А.Г. Бабкина, который в 1974 г. был назначен зам. директора по научной работе, в институте были проведены исследования по экстракции ниобия и тантала. Реализация на Сланцехимическом заводе экстракционной технологии выделения редких металлов и очистки их от примесей способствовала еще большему обеспечению потребности страны в тантало-ниобиевой продукции.

Высокие научные и практические результаты были достигнуты сотрудниками лаборатории металлургии редких элементов под рук. В.И. Константинова (рис. 8), который создал Кольскую научную школу по исследованию электрохимии ионных расплавов тугоплавких редких металлов. В течение 1975–1980 гг. на базе Института были проведены 3 всесоюзных

семинара по электрохимии тугоплавких редких металлов (1976, 1978, 1980 гг.). В 1978 г. В.И. Константиновым была защищена первая в истории института докторская диссертация, а затем

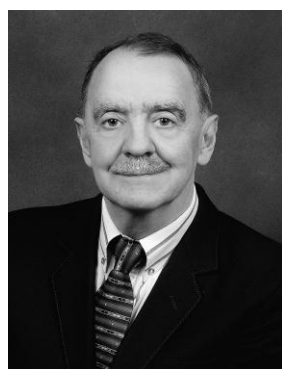
последовала целая череда защит его учеников: П.Т.Стангрит (1991), Е.Г.Поляков (1991), С.А.Кузнецов (1993), В.М.Орлов (2000), а затем учеников его учеников: В.Н.Колосов (2006), А.А.Шевырёв (2012).



*Рис. 8. В.И. Константинов*

Институт приобретал всё большую известность в стране и активно сотрудничал с более чем 60 институтами и предприятиями страны, министерствами цветных металлов, легкой промышленности, электронной промышленности и др. Было внедрено 69 разработок с высоким экономическим эффектом. За 1971–1979 гг. издано 8 монографий и 43 сборника, вышло 175 статей, получено 183 авторских свидетельства и 31 патент в 10 странах мира.

21 мая 1981 г. Постановлением Президиума АН СССР № 720 директором ИХТРЭМС был назначен д.х.н. Владимир Трофимович Калинин. В.И. Белокосков был освобожден от занимаемой должности по состоянию здоровья, заняв должность заведующего лабораторией химии и технологии редкоземельных элементов, которой и руководил до 1984 г.



*Рис. 9.  
В.Т. Калинин*

В.Т. Калинин (рис. 9), имея богатый опыт работы в Институте металлургии им. А.А.Байкова АН СССР (1959–1962 гг.), Московском физико-техническом институте (1962–1968 гг.), Институте общей и неорганической химии АН СССР (1968–1981 гг.), за сравнительно короткий период на посту директора заложил основы для создания базовой школы химиков-технологов и материаловедов, получившей в дальнейшем высокое признание в стране и за рубежом.

В 1980-е гг. ИХТРЭМС проводил широкий спектр фундаментальных исследований в области материаловедения, что явилось базой для разработки новых методов синтеза перспективных материалов функциональной акусто- и оптоэлектроники. На основе технологических разработок по кислотной переработке нефелиновых «хвостов» коллективом авторов (д.т.н. В.И.Захаров, к.т.н. В.А.Матвеев, к.т.н. Д.В.Майоров) было создано производство коагулянтов для очистки производственных и коммунальных сточных вод. Технология реализована на ОАО «Апатит», где организовано производство мощностью 90 тыс. т реагента в год.



*Рис. 10.  
А.Н. Штейнберг*

Под непосредственным руководством В.Т. Калинникова была разработана и реализована в промышленном масштабе высокоэффективная технология материалов для опто- и акустоэлектроники на основе ниобата и танталата лития, выявлены новые перспективные классы соединений с нелинейными свойствами; разработаны методы синтеза кристаллов с заданными техническими параметрами для магнитоуправляемых модуляторов лазерного излучения, монолитных интегральных микроволновых и полупроводниковых схем на едином кристалле, устройств оптической памяти. За эти разработки В.Т. Калинин был удостоен премии АН СССР им. С.Н. Курнакова за 1988 г., а практическим результатом фундаментальных исследований стало строительство в Апатитах завода специальных материалов радиоэлектроники – ООО «Северные кристаллы».

Несмотря на трудности 1990-х гг. из-за происшедшего в стране ускоренного перехода с плановой экономики на рыночную систему и снижения финансирования науки, Институт под руководством В.Т. Калинникова не только сохранил научное ядро, но и продолжил развитие основных направлений научной деятельности. В период 1991–1994 гг. было издано 6 монографий, 7 тематических сборников, защищено 4 докторских и 6 кандидатских диссертаций, получено 40 авторских свидетельств и 7 патентов РФ на изобретения. В институте появился заслуженный изобретатель РФ (д.т.н. Д.Л. Мотов, 1990 г.).



*Рис. 11.  
В.Н. Макаров*

Еще одно новое направление, появившееся в тематике работ института, связано с именем д.т.н. А.Н. Штейнберга (рис. 10). В 1982 г. по его инициативе в институте была создана лаборатория проблем порошковой металлургии, а в 1986 г. введено в строй здание Инженерного центра, которое стало опытной базой для проверки новых металлургических технологий.

В 1987 г. в Институт пришел к.г.-м.н. Виктор Николаевич Макаров (рис. 11), который в 1993 г. успешно защитил докторскую диссертацию. В последующие годы он поставил и активно развивал геозоологическое направление в исследованиях ИХТРЭМС. Под его руководством в период 1997–2004 гг. было защищено 9 кандидатских диссертаций по специальностям «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» и «Геозоология» (В.В. Лашук, О.В. Суворова, Т.Н. Васильева, В.В. Тюкавкина, Н.А. Мельник, С.В. Бастрыгина, И.П. Кременецкая, А.Н. Захарченко, Н.К. Манаква). В 2008 г. (к сожалению, уже посмертно) он был удостоен премии РАН им. В.А. Коптюга за цикл работ «Научные основы снижения экологической опасности горно-промышленных отходов и разработка эффективных технологий их утилизации» в составе коллектива авторов, в который входили академики В.Т. Калинин и В.А. Чантурия (Институт проблем комплексного освоения недр РАН).

В 1998 г. за работу «Разработка и внедрение технологии ведения горных работ с использованием взрывчатых веществ на основе продуктов комплексной переработки минерального сырья» В.Т. Калинин, В.И. Захарову, В.А. Матвееву и А.Р. Алишкину была присуждена премия Правительства России. В промышленном масштабе эта разработка освоена на горнодобывающих предприятиях Мурманской области и Карелии.

Почетными званиями «Заслуженный деятель науки РФ» были удостоены В.Т. Калинин (1986), Е.Г. Поляков (1999), А.И. Николаев (2007).

Ряд созданных в Институте технологий получил практическое применение на ОАО «Апатит», на Химико-металлургическом заводе в г. Силламяэ (Эстония), на Ловозерском ГОКе. Были апробированы такие технологии, как гидрометаллургическая переработка хибинских нефелинов, экстракционное получение высокочистого оксида железа из травильных растворов сталепрокатных производств, получение электролитической меди из отходов пирометаллургии. Созданы основы гидрометаллургических методов переработки комплексных руд титана, ниобия, циркония, иттрия и редкоземельных элементов, открывающие возможности освоения уникальных месторождений, необходимых для удовлетворения потребности страны в стратегических металлах.

В 1999 г. на ОАО «Комбинат Североникель» по патентной лицензии ИХТРЭМС было организовано производство высокочистых солей кобальта (к.х.н. А.Г. Касиков). Здесь же активно продолжается освоение экологически чистых гидрометаллургических технологий производства меди, высокочистого кобальта, регенерации серной кислоты, извлечения осмия, рения и др. На основе выполненного ИХТРЭМС совместно с Кольской ГМК технологического регламента РАО «Норильский никель» приняло решение о создании в г. Мончегорске производства металлического кобальта методом электроэкстракции мощностью 2.5 т в год.



Рис. 12. Ю.В. Ракитин

Начало XXI в. было отмечено получением институтом высоких государственных наград. Государственная премия РФ в области науки и техники, 2000 г. за разработку теоретических основ комплексной переработки нетрадиционного титано-редкометалльного и алюмосиликатного сырья была присуждена В.Т. Калинин, А.И. Николаеву, В.И. Захарову. Государственную премию РФ в области науки и техники за 2002 г. получил д.х.н. Ракитин (рис. 12) в составе авторского коллектива Ю.В. за работу «Полиядерные соединения: молекулярные магнетики и катализ». За цикл работ, обобщенных в монографиях «Современная магнетохимия» и «Модель углового перекрытия в теории строения соединений переходных металлов», В.Т. Калинин и Ю.В. Ракитин были удостоены в 2000 г. премии РАН им. Л.А. Чугаева.

В эти же годы на ОАО «Ковдорский ГОК» внедрена высокоэффективная технология и аппаратура по производству химически очищенного бадделеитового концентрата, являющегося единственным доступным в России источником циркониевого сырья (Э.П. Локшин, В.Н. Лебедев). На



производственном объединении «Маяк» организовано производство порошка циркония, соответствующего отраслевым ТУ и предназначенного для использования в военной технике (В.М. Орлов).

В канун 50-летнего юбилея Института Указом Президента РФ за достигнутые трудовые успехи и многолетнюю работу д.т.н. В.М. Орлову и к.х.н. Б.М. Фрейдину было присвоено почетное звание «Заслуженный металлург РФ», д.т.н. В.И. Захарову и к.х.н. А.Г. Касикову – почетное звание «Заслуженный химик РФ», д.т.н. Л.Г. Герасимовой и д.т.н. Э.П. Локшину – почетное звание «Заслуженный изобретатель РФ».

В целом весь комплекс технологических исследований, выполненных в Институте за более чем 50-летнюю историю, был положен в основу научно-технического обоснования стратегии создания Кольского химико-технологического комплекса, предназначенного для обеспечения потребностей страны в титане, редких металлах и стратегических материалах на их основе. В 2008 г. д.т.н. А.И. Николаев, являющийся активным инициатором этой концепции, решением Общего собрания Академии наук был избран чл.-корр. РАН.

ИХТРЭМС сегодня – это коллектив высококвалифицированных специалистов и мощная аналитическая и экспериментальная база, новые перспективные материалы, десятки подготовленных к применению новейших технологий. Особое внимание в последние годы уделяется фундаментальным и прикладным исследованиям, актуальным для высокотехнологичных отраслей промышленности.

В соответствии с целями и задачами исследований в структуре института сегодня 12 лабораторий и 7 секторов. Институт имеет комплекс оборудования по выращиванию монокристаллов и контролю их качества, инженерный центр порошковой металлургии, пилотные установки для крупномасштабных испытаний гидromеталлургических технологий и нанесения защитных и барьерных покрытий, уникальное экстракционное и аналитическое оборудование.

В прикладных исследованиях институт ориентируется на использование существующего промышленного потенциала, на повышение его эффективности. Тесное сотрудничество в выполнении совместных проектов связывает ИХТРЭМС с ОАО «Апатит», ОАО «Комбинат Североникель» Кольской ГМК, ОАО «Ковдорский ГОК» и многими другими.

Институт обладает высоким инновационным потенциалом, который включает 503 авторских свидетельства СССР и 242 патента РФ, 21 изобретение защищено в 29 странах 118 зарубежными заявками и патентами. Это отражает успешную работу патентного отдела, возглавлявшегося в разные годы И.С. Игнатьевой (1965–1972), к.т.н. Н.П. Тузовым (1972–1994), В.П. Ковалевским (1995–наст. вр.). По оценке Роспатента и Счетной палаты РФ в 2003 г. патентный отдел Института входил в десятку лидеров среди 140 научных организаций РАН.

Ряд технологических разработок ИХТРЭМС приобретен на лицензионно-договорной основе и освоен фирмами Австралии, Австрии, Германии, США, Италии, Японии и других стран. Всего институтом заключено 10 лицензионных соглашений на общую сумму около 3.7 млн долл. США (д.т.н. Д.Л. Мотов, н.с. Л.П. Тюркина, к.х.н. В.И. Белокосков, д.т.н. Л.Г. Герасимова, к.т.н. Ю.И. Балабанов, к.т.н. Б.А. Брянцев, н.с. Н.В. Куценко, к.т.н. Л.И. Склокин, н.с. Ю.М. Седнев д.т.н. В.И. Захаров, д.х.н. Е.Г. Поляков, д.т.н. В.М. Орлов, к.х.н. А.Г. Касиков, к.т.н. И.П. Кременецкая).

Институт активно сотрудничает со многими вузами страны, выполняет совместные программы и имеет хозяйственные договоры с десятками организаций. В частности, ИХТРЭМС имеет прочные связи и проводит совместные исследования с такими научными учреждениями и организациями, как Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова, Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова, а также с институтами Уральского отделения РАН, с СПбГУ, с государственными институтами редких металлов, Высокотехнологическим научно-исследовательским институтом неорганических материалов, с ООО «Институт Гипроникель», со Всероссийским институтом авиационных материалов, с ФГУП «Прометей», с НПО «Позитрон» и др., а также с зарубежными организациями: университетами Дании, Норвегии, Франции, Финляндии, Швеции, Венгрии, с Институтом низких температур и структурных исследований Польской академии наук (г. Вроцлав), с Институтом неорганической химии Словацкой академии наук (г. Братислава) и др.

В Институте действует система подготовки научных кадров – работает аспирантура по 7 специальностям. С 1997 г. в ИХТРЭМС организован диссертационный совет по защите кандидатских и докторских диссертаций в области технических наук по специальностям «Металлургия черных,



цветных и редких металлов» и «Технология неорганических веществ». За время действия совета рассмотрено 50 работ на соискание ученой степени кандидата и 4 – ученой степени доктора наук.

Под рук. В.Т.Калинникова сформирована Кольская химическая школа, поддерживаемая с 2000 г. грантами Правительства и Президента России. Ядро школы составляют его ученики, защитившие 35 кандидатских и 5 докторских диссертаций. Школа получила мировое признание, ее представители приглашаются для выполнения совместных исследований в ведущие организации развитых стран, а научный лидер школы В.Т.Калинников избран в 2000 г. действительным членом РАН.

В 2001 г. на базе ИХТРЭМС была создана кафедра химических технологий (в настоящее время – кафедра химии и строительного материаловедения) в Апатитском филиале Мурманского государственного технического университета, где в распоряжении студентов-химиков находятся не только учебные аудитории и специализированные кабинеты, но и современная научная аппаратура исследовательских лабораторий ИХТРЭМС (рис. 13). Ежегодно под руководством В.Т.Калинникова проводится научная школа для молодых ученых «Комплексность использования минерально-сырьевых ресурсов – основа повышения экологической безопасности региона».



Рис. 13. Сотрудники кафедры химической технологии

Г.В. Трофимов (1980–1982 гг.), Е.Г. Поляков (1982–1987 гг.), А.А. Шевырев (1988–1993 гг.), П.Б. Громов (1993–2001 гг.), Т.Н. Васильева (с 2002 по настоящее время).

В год 55-летия Института коллеги с благодарностью вспоминают имена тех ученых и работников, трудами которых ИХТРЭМС превратился в одно из ведущих научно-исследовательских учреждений на Северо-Западе России. Это д.т.н. Х.Б. Авсарагов, к.х.н. А.Г. Бабкин, к.т.н. Ю.И. Балабанов, к.х.н. В.И. Белокосков, к.т.н. В.И. Бородин, к.ф.-м.н. В.С. Басков, д.т.н. Н.Б. Воскобойников, к.х.н. Я.Г. Горощенко, д.т.н. В.И. Захаров, д.т.н. В.И. Константинов, д.т.н. В.Н. Макаров, д.т.н. Д.Л. Мотов, д.х.н. Ю.В. Ракитин, к.т.н. Л.И. Склокин, д.т.н. П.Т. Стангрит, к.г.-м.н. Д.Д. Теннер, д.т.н. А.Н. Штейнберг и многие другие.

#### Сведения об авторах

Громов Пётр Борисович – к.т.н., зам. директора по научной работе;  
e-mail: gromov@chemy.kolasc.net.ru

Ковалевский Владимир Павлович – зав. патентным отделом; e-mail: koval\_vp@chemy.kolasc.net.ru

Кунишина Галина Борисовна – к.т.н., старший научный сотрудник;  
e-mail: kunshina@chemy.kolasc.net.ru

Более 30 лет (это самый продолжительный период в истории существования института) успешно руководит коллективом акад. В.Т.Калинников. В этой трудной работе его надежными помощниками были заместители директора: А.Г. Бабкин (1974–1984 гг.), В.А. Маслобоев (1984–1995 гг., 1999–2000 гг.), Е.Г. Поляков (1987–2001 гг.), В.Н. Макаров (1995–2004 гг.), П.Б. Громов (с 2001 по настоящее время), А.И. Николаев (с 2004 по настоящее время); ученые секретари:

УДК 92+551.465.4

## МОРСКИЕ БИОЛОГИ – ФИЗИКЕ ОКЕАНА

**Н.М. Адров**

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

### Аннотация

Дан краткий исторический очерк биоокеанологических исследований XIX–XX вв. в контексте построения схем-моделей движения и трансформации водных масс океана. Представлены образцы физико-географических разработок схем циркуляции океанских вод на примере Баренцева моря как наиболее показательного этапа взаимодействия Атлантики и Арктики. Догадки морских биологов о природе циркуляции вод, миграции живых обитателей и дрейфе плавучего льда используются для разработанной в Мурманском морском биологическом институте Кольского научного центра РАН климатологической схемы адвективной (горизонтальной) составляющей трансформации водных масс.

### Ключевые слова:

*миграция, биоиндикация, водные массы, термогалинная трансформация, стратификация, энергоблагодарен, адвекция, конвекция, рециркуляция.*



Последние десятилетия XIX в. и первые – XX в. стали переломными в морских исследованиях на Севере. Это был период окончательных географических открытий на всей нашей планете, закрывший «белые пятна» Северной Земли и Земли Франца-Иосифа, неожиданных открытий глубин Арктического океана в экспедиции норвежского «Фрама» и открытия богатейших рыбных промыслов российским «Андреем Первозванным» – первым в мире научно-промысловым экспедиционным судном. Главными действующими лицами этих событий стали биологи-ровесники, рожденные в 60-х гг. XIX в.: наш Николай Михайлович Книпович и норвежский Фритъоф Нансен, предоставившие две принципиально

разные физические модели течений на примере Баренцева моря [1], к которым мы обратимся, как к основополагающим для дальнейших разработок схем циркуляции на том же Баренцевом море, поскольку этот район Мирового океана, площадью 1.4 млн км<sup>2</sup>, представляет собой универсальный пример сочетания всех физических механизмов взаимодействия полного набора геосфер от самой океаносферы, до атмо-, крио-, гидро-, лито- и биосферы, а во второй половине XX в. – и ноосферы.

Глобальные представления физических процессов имеют довольно длительную историю, связанную с дальними плаваниями парусного килевого флота и плоскодонных ледовых судов – поморских лодий, шедевров архангельского судостроения. «Физические» задачи северных промысловиков решались подобно аналогичным задачам их просвещенных потомков, знанием биологии морских объектов добычи и сопутствующими наблюдениями за сухопутными и «воздухопутными» живыми обитателями. К физике океанологических явлений более всего имели отношение морские млекопитающие и птицы, мигрирующие на очень большие расстояния. Именно эти биоиндикаторы океанских и атмосферных систем циркуляции стали самыми очевидными трассерами течений и циклонов системы Гольфстрима, начиная от тропических и умеренных широт и заканчивая северной оконечностью Шпицбергена. Они же зачастую подводили самых великих и вдумчивых исследователей естественной природы, особенно загадочной в заполярных широтах Северного Ледовитого океана.

Там полдень в севере, ина в магните сила.  
Бездонный Океан травой как луг покрыт;  
Погибель в ночь и в день со всех сторон грозит.  
Сам лед, что кажется толь грозен и ужасен,

От оных лютых бед даст ход вам безопасен.  
Колумбы росские, презрев угрюмый рок,  
Меж льдами новый путь отворят на восток,  
И наша досягнет в Америку держава ...

М.В. Ломоносов.

Как свидетельствовал Михаил Васильевич: «С северной стороны Шпицбергена перелетают гуси через высокие льдом покрытые горы: из сего явствует, что далее к полюсу довольно есть пресной воды для плавания и травы для корму\*». Взвесив практически все «за» и «против» существования безледного режима морской Арктики, он сделал следующее теоретическое заключение: «Рассудив о Северном океане, на который солнце хотя и косвенными лучами целые полгода сияет почти беспрестанно, подумать невозможно, чтобы от них не согревался чувствительно; подлинно, что зимою для долговременного отсутствия теплоты солнечной должен он мало прохлаждаться, но прохлаждение зимнее летнего нагревания превысить не может». Главным физическим свойством вод, интересующим первого русского профессора химии (1745) и создателя первой химической лаборатории (1748), была солёность. «Разная солёность воды, – замечает Ломоносов, – показывает прибавляясь отдаление от берегов и льдов, убывая – значит к ним приближение, внезапно чувствительная воды пресность значит в близости великой реки устья». Здесь проявилась поразительная интуиция Ломоносова в отношении правильного выбора принципа решения научной проблемы. В данном случае, такой проблемой явилась классификация вод: морских, прибрежных и ледовых. Вызывает удивление вовсе не логичность выше приведенного утверждения о влиянии речного стока и таяния плавучих арктических льдов на морские воды, а глубокая осмысленность избранного параметра морской воды, научное значение которого до сих пор остается на самом высоком уровне.

Но одно дело предлагать суждения, а другое – создавать на основе выявленных природных связей практические расчетные методы, что станет самой тяжкой и насущной заботой специалистов нашего времени. Собственно говоря, на создание способов перевоплощения правильных качественных описаний в конкретные количественные выражения и направлены все наши предшествующие и последующие рассуждения и приводимые примеры из истории исследований Баренцева моря, а заодно и всего Мирового, но сначала наиболее близкого и загадочного Северного Ледовитого океана, который обратил на себя такое пристальное внимание морских держав в «золотом» XVIII, «серебряном» XIX и «стальном», «жестоком» XX в. [2].

Проблемы представлений адвекции как горизонтального и конвекции – как вертикального перемещения частиц воды вместе с растворенными солями, взвесями и живыми планктонными организмами, за которыми следовали активные пловцы нектона, требовали совмещения наблюдений за поведением живых организмов и измерений физических свойств вод. Догадки о связях физической и биологической природы водных масс [3] давали богатые возможности построения моделей, главным инструментарием которых были знания особенностей поведения и миграции живых организмов. Все географы далекого прошлого опирались на биологические данные, потому что физических приборов было крайне мало, да и глобальные масштабы не давали возможностей охватить даже незначительные части Мирового океана, занимающего, как известно, 71% площади земного шара.

Наиболее изученным объектом Мирового океана послужила система Гольфстрима, название которой так же условно, как и все физические и математические понятия естественной среды нашего обитания на Земле. Изначально правильно угаданное родство дальнего субтропического течения, начинающего свой путь в Саргассовом море и в своем великом шествии достигшего самых северных пределов мореплавания, напоминает угаданную когда-то связь приливо-отливных колебаний уровня моря с фазами Луны. В первую половину XIX в. только-только появились точные навигационные приборы, еще не было надежных, морских инструментов для измерения физических и химических свойств воды, а масштабы гидрографических съемок были недостаточно обширными для того, чтобы связать воедино

---

\* Здесь и далее сохраняется оригинальная орфография, пунктуация и стиль цитируемых источников.

фрагменты наблюдаемых отклонений дрейфа парусных судов от истинного курса – достоверных показателей стационарных морских течений – в единую глобальную систему циркуляции, по которой путешествовали самые крупные на Земле млекопитающие.

В 1513 г. появилось первое описание Гольфстрима, выполненное бывшим помощником Христофора Колумба, губернатором Пуэрто-Рико (с 1509 г.) Понсом де Леоном, который отправился в «биологическое» плавание в поисках «источника молодости» и «реки жизни», которые должны были исцелить стареющего конкистадора от приобретенных в бесконечных морских скитаниях недугов. В 1575 г. Андре Теве объяснял зарождение Гольфстрима потоком воды через Флоридский пролив, подпитываемым крупными реками (как, например, Миссисипи), впадающими в Мексиканский залив (на самом деле, поток Гольфстрима в десятки раз превосходит сумму расходов всех рек на земном шаре). Почти через 100 лет молодой нидерландский географ Бернард Варениус, творец бессмертной «Всеобщей географии», английское издание которой дважды выходило под редакцией самого Ньютона, а в России было издано по указу Петра I, и автор первого расчленения Мирового океана на Атлантический, Индийский, Тихий, Южный и Гиперборейский, опубликовал описания всех известных в то время поверхностных течений. А первой схемой течений, на которой показан Гольфстрим, была карта Атанасиуса Кирхера (1602–1680), вычерченная им в 1665 г. Автор этой замечательной модели циркуляции океана – немецкий ученый монах-иезуит, в то же время естествоиспытатель, математик и физик, теоретик вулканизма и циркуляции воды внутри тела Земли, – направил поток системы Гольфстрима вглубь нашей планеты через огромное жерло на северном ее полюсе и тем самым вернул ушедшие в Арктику атлантические воды на «круги своя». Как всегда в истории, самые фантастические и вздорные донаучные модели имеют рациональные научные составляющие. В данном случае это правильно понятый источник движений водных масс – тепло, который был помещен в глубине преисподней, потому что по тогдашнему расхожему мнению солнечного тепла было недостаточно для нагрева глобальных «рек в океане», а о переходе тепловой энергии в механическую тогда не имели ни малейшего представления. К тому же, вольно или невольно, не чуждым теологии Кирхером была поставлена проблема рециркуляции (противоположных компенсационных течений) водных масс в глобальном масштабе, а заодно и конвекции, по причине которой должен существовать вертикальный круговорот веществ в океане. Это если смотреть с позиции гидромеханики, а с точки зрения гидрогеологии схема Кирхера близка к современной картине выделения ювенильных вод твердой корой Земли, что еще раз ненавязчиво свидетельствует о том, что неправильные и наивные «ненаучные» схемы ученых прошлого являются хотя и незрелыми, но реальными плодами настоящей научно-исследовательской деятельности, и для их созревания нужно всего лишь некоторое время и большое желание освободиться от мифов.

Суждения биологов-естествоиспытателей XIX в. о водах Арктики были противоречивыми и раскололи лагерь интересующихся на две части, одна из которых преувеличивала роль гольфстримовских вод и считала Северный Ледовитый океан проницаемым для них, а другая, более осторожно мыслящая, преуменьшала возможности могучего атлантического течения и скептически относилась к возможности обильного заселения «ледяного погребца» живыми обитателями.

Экспедиции К.М. Бэра, считающего заполярные воды «ледяным погребом», открыли этап высокопрофессиональных научных исследований северных вод и земель благодаря исключительной одаренности и огромной эрудиции этого выдающегося ученого – основателя эмбриологии. Он заполнил пробел в деле изучения растительного и животного мира Северного Ледовитого океана и впервые дал его научное описание как части биосферы, идея которой была им предвосхищена понятием "экономики природы". Анализ метеорологических и геологических данных Новой Земли привел Бэра к выводу о существовании замкнутого ледового массива и повышенной ледовитости Карского моря по сравнению с Баренцевым. Дружный союз с адмиралом Ф.П. Литке – тоже ярким противником штурма севморпути – непробиваемой стеной стал поперек дороги жаждущих прорыва через арктические льды, несмотря на беспрекословное признание могущества и дальнего действия «Гольфштрёма».

В 60-е годы XIX в. предположения о влиянии Гольфстрима на воды Мурмана высказывались русскими естествоиспытателями А. Миддендорфом, Ф. Яржинским, Н. Данилевским и М. Сидоровым. На заседании Русского географического общества под председательством П.П. Семёнова-Тян-Шанского 17 марта 1870 г. консерватор Зоологического музея при Санкт-Петербургском университете Фёдор Фаддеевич Яржинский объявил об открытии у Мурманского берега «ветви Гольфштрёма», которую он обнаружил еще в 1869 г. по данным температуры морских вод. Особенно большое значение имело участие авторитетного ученого, известного независимостью взглядов и бескомпромиссностью, акад. А.Ф. Миддендорфа, принявшего активное участие в проверке гипотезы неудержимой проницаемости Гольфстрима. Уже 29 сентября 1870 г. Миддендорф выступил в Петербурге с докладом, в котором поведал о главном теплом «атлантическом» течении Баренцева моря, впервые названным им Нордкапским, и о его огромной роли в смягчении климата заполярных широт. Другой наш соотечественник Николай Павлович Андреев, не допуская проницания теплых атлантических вод далее мыса Св. Нос, проследил сезонные и межгодовые колебания оси Нордкапского течения. Н.П. Андреев, судовой врач с «Бакана», в 1880 г. был награжден медалью Русского географического общества за гидрологические работы в Белом море. Во время подхода вод Нордкапского течения к Варангер-фиорду, как отмечал Андреев, там наблюдался интенсивный промысел рыбы. Если же течение обходило п-ов Рыбачий стороной, промысел перемещался к берегам Мурмана. Таким образом, используя биологическую и гидрометеорологическую информацию, он выработал одно из первых прогностических правил, которое утверждало: чем больше юго-западных ветров наблюдается в Норвегии зимой и весной, тем хуже летний промысел рыбы у берегов Норвегии и лучше – у берегов Мурмана, и наоборот.

Начиная с XVIII в., но главным образом в XIX в. четко обозначились интересы рыбопромысловой эксплуатации морей. Связанные с ними гидробиологические исследования стали требовать учреждения научных стационаров. Во второй половине XIX столетия создаются морские биологические станции в Британии, Франции, Нидерландах и Дании. А первая биологическая станция была организована Антоном Дорном в Неаполе в 1870 г. Почти одновременно с ней в 1871 г. в России по инициативе съезда русских естествоиспытателей была основана Севастопольская биологическая станция, которая в 1892 г. перешла в ведение Императорской академии наук. Морская биологическая станция на Русском Севере, организованная Петербургским обществом естествоиспытателей в 1881 г., располагалась на Соловецких островах и проводила свои первые исследования на Белом море. В 1899 г. станция переехала в Екатерининскую гавань Кольского залива в только что отстроенный и освященный город Александровск-на-Мурмане. Именно здесь, у самого выхода из Кольского залива, появился первый государственный форпост науки на Баренцевом море – родоначальник всех морских научных учреждений Мурмана.

Прибрежные биологические наблюдения на Мурмане давали не меньшую, чем плавания в открытом море, информацию о проникновении атлантических вод и приносимых ими тепловодных организмов. Приток вод из далеких субтропиков не оставлял равнодушными ни географов, ни физиков, ни биологов. Животворная магистраль, проложенная Гольфстримом, стала стержнем изучения не только Баренцева моря, но и всего Северного Ледовитого океана. Разновидности обнаруженных здесь мельчайших планктонных животных и микроскопических растений подтверждали исправную работу теплопроводных атлантических трасс в Арктике. В 1893–1894 гг. шведские ученые Х. Петтерсон, П.Т. Клеве и В.В. Экман установили приверженность морского планктона к водам с определенной соленостью и температурой. Результаты анализа биологических и гидрологических проб бесспорно указывали на то, что живые организмы могут служить индикаторами водных масс, а стало быть, и показателями безледных путей в замерзающих большей частью морских просторах Арктики.

Старая идея свободной ото льда воды получала новую, биологическую прописку. Теперь она имела более веские, гидробиологические обоснования. Да и в результате географических обобщений высокоширотных материалов наблюдений выходило, что теплые воды Гольфстрима могут растопить любые льды – это подтверждали дальние экспедиции известных мореплавателей

к берегам Гренландии, Исландии, Скандинавии, где мощные струи продолжений Гольфстрима – Северо-Атлантического, Ирмингера и Норвежского течений не только не замерзали сами, но и отепляли климат материков. Как выяснилось чуть позже, атлантические водные массы действительно почти полностью занимают глубокие впадины и крутые склоны Северного Ледовитого океана, оставляя верхний опресненный слой воды и мелководные прибрежные районы беззащитными перед арктическими морозами. Ледовый покров, составляющий по вертикали едва ли тысячную долю водной толщи, надежно изолирует глубинные водные массы от глобального охлаждения, а заодно создает непреодолимую преграду судам, не защищенным бронированной обшивкой.

Практически вся наземная жизнь (в виде птичьих базаров и лежбищ морского зверя), представляющая в заполярных районах ледовую пустыню, существует за счет биоресурсов моря. Снижение биоценологических показателей с запада на восток, начиная с момента вторжения вод системы Гольфстрима в Северный Ледовитый океан, еще раз подтверждает огромную созидательную биологическую роль Атлантического океана и угнетающее действие студеного дыхания Арктики на живые организмы. Но поскольку окончательной победы ни Атлантика, ни Арктика друг над другом одержать не могут, экосистемы Арктики постоянно бросает то в жар, то в холод. Поэтому, в отличие от стабильной антарктической биоты, которой исполнилось более 40 млн лет, они очень неустойчивы, и история арктических обитателей намного короче и мобильней, чем у их собратьев из южного полушария.

Первые исследователи Арктики не могли не догадываться о том, что такие типичные представители Арктики, как белые медведи и арктические ластоногие, не обещали безледных дорог на север и восток от кромки плавучих льдов. Правда, была надежда на китов, которые, не будучи способными к жизни в паковых льдах, все-таки достигали самых высоких широт. По-видимому, морские гиганты служили главными застрельщиками оптимистических прорывов людей к полюсу, к тому же именно китобойные суда были основными посетителями северных границ Баренцева и Гренландского морей.

Полная непроходимость северных вод для кораблей была принята международным сообществом исследователей высоких широт как свидетельство того, что источником льдов являются острова, расположенные севернее пределов плавания судов. Считалось, что поставщиком льда в Северном Ледовитом океане служит суша. Это означало, что Арктический океан не слишком глубок. Поэтому зоолог Фритъоф Нансен, более известный как арктический первопроходец и нобелевский лауреат, отправляясь в знаменитый дрейф на «Фраме», был настолько убежден в мелководности арктических вод, что не захватил с собой достаточного количества троса для измерения глубин. На борту было лишь шесть тысяч футов (1800 м) стального троса, который фрамовцы расплели и изготовили линь вдвое большей длины. Вытавив его до самого конца, они всё же не достали дна. Открытие Нансеном больших глубин вместе с гидрологическими и гидробиологическими наблюдениями стало первым серьезным фактическим материалом, заложенным в фундамент Полярной океанологии. Эта неожиданная новость предписывала Баренцеву морю роль глобального мелководного посредника между двумя океанами – Атлантическим и Северным Ледовитым. Предельно охлажденные атлантические воды, обладая максимальными величинами плотности, сползают вниз по северным склонам Баренцева моря и растекаются, заполняя подогретой начинкой необъятный, покрытый ледяной глазурью, океанский "пирог" Центрального Полярного бассейна. Первым, кто снимет с него пробу, будет Ф. Нансен, затем до "начинки" доберутся советские дрейфующие станции, гидробиологические наблюдения на которых начинал знаменитый советский полярник, академик П.П. Ширшов.

Баренцево море представляло интерес не только как промежуточный этап освоения ледовых пространств, но и как неизведанный источник рыбных богатств. Следующий, более стремительный и не менее противоречивый XX в. определил две главные проблемы изучения Баренцева моря, которые в настоящее время назвали бы экологическими, но без учета губительного, тогда еще не родившегося, антропогенного вредоносного вклада – это динамика атлантических вод и эксплуатация промысловых «банок» открытой части Баренцева моря.



Известный знаток рыбных промыслов проф. Н.Я. Данилевский (1822–1885) в VI томе «Исследований о состоянии рыболовства в России», на основе обследования рыбных и зверобойных промыслов в 1859–1860 гг. по заданию Министерства государственных имуществ, недооценил масштабность животворного влияния Гольфстрима. Мнение профессора было общепризнанным не только в научных, но и правительственных кругах. Тем не менее, по официальному указанию правительства, теперь уже не Академия наук, а Департамент земледелия поручил доценту Петербургского университета Николаю Книповичу заново обследовать состояние рыболовства на Мурмане. В своем отчете Н. М. Книпович опроверг преждевременные выводы о недееспособности Гольфстрима и предложил провести экспедиции для углубленного изучения промысловых рыб и условий их обитания в теплых «Гольфштрёмовых» струях, и в мае 1899 г. начинаются работы по исследованию морских прибрежных вод Мурмана, которые совершили переворот в Полярной океанологии и стали основополагающими в построении схем физических процессов формирования водных и ледовых масс.

Для морских биологов конца XIX в. большое значение имели предшествующие плавания «Челленджера» (1872–1876), британского корабля науки, бывшего военного корвета, превращенного в большую научную лабораторию с помещениями для хранения коллекций, научной библиотекой, аквариумами и пр. Результаты исследований экспедиции для изучения «всего, что имеет отношение к океану», возглавленной эдинбургским профессором физики Чарльзом Уайвиллом Томсоном (1830–1882) и прославившей имена химика Дж.И. Бухэнэна, биологов Г.Н. Мозли и Вилменса Зума, геолога Джона Мёррея и других членов академической команды «Челленджера», окончательно разрушили надуманные, фантастические представления о жизни в океанских глубинах. В числе 76 авторов пятидесятитомника научных работ, написанных по материалам рейса, были ведущие ученые того времени: английский зоолог Томас Г. Гексли, немецкий биолог Эрнст Геккель, Александер Агассис, сын известного швейцарского зоолога и геолога Жана Луи Рудольфа Агассиса, конструктор двухстороннего трала и оснащенной замыкателем на заданной глубине сети для лова планктона, автор двух томов «Трудов Челленджера», который впервые применил стальной трос для спуска приборов под воду. После возвращения судна домой не только экипаж, но и всё человечество узнало глубины всех океанов (кроме самого близкого нам, Северного Ледовитого) и смогло явственно представить себе грандиозные объемы древней колыбели жизни на своей планете. О внутреннем физическом устройстве океаносферы тоже были получены важные физические, химические и биологические данные. Родилась новая морская наука – океанография, которая в отличие от своей строгой матери – гидрографии (на отцовство претендовали все естественные науки) позволяла себе многие вольности и фантазии. Долгожданная и считающаяся обильной океанографическая информация, обросшая массой выдуманных и почти бытовых деталей физики океана, завоевала большой авторитет в среде ученых, хотя на самом деле она была лишь каплей в море последующих массивированных научно-исследовательских съемок океана и грандиозных схем циркуляции водных масс. Прославленный в научных и государственных кругах рейс английского корвета, подобно любому крупному мероприятию сильной державы, стимулировал более активное отношение к научным изысканиям у стран-соперниц. В 1886–1889 гг. Россия провела подобную экспедицию на "Витязе", а в конце века эстафету комплексных наблюдений пионеров океанографии приняли главные наши герои – баренцевоморские исследовательские суда.

Проясняющиеся особенности биологии Баренцева моря дали не менее богатую, чем океанографические данные, информацию о динамике водных масс различного происхождения. Особенно это касалось тех организмов-индикаторов, которые могут существовать только в узких океанических пределах температуры и солености. Обнаружив те или иные формы фито- или зоопланктона, использующиеся в качестве экологических показателей водных масс, можно было сказать, откуда они прибыли в Баренцево море. Обоюдная подпитка информацией о том, как движутся атлантические и арктические воды и обитающие в них виды растительных и животных организмов, конечно, обогащала океанологический образ Баренцева моря, но была недостаточной. Более того, создавалось впечатление, что простые вопросы о том, что куда течет,

успешнее решаются на основе биологической, а не гидрологической информации. Недаром первые схемы циркуляции были предложены исследователями биологической ориентации – Книповичем, Гёбелем, Дерюгиным, Аверинцевым.

О влиянии Гольфстрима на рыбный промысел писал один из первых заведующих Мурманской биологической станцией, доктор биологических наук Сергей Васильевич Аверинцев (1875–1957). Его материалы были опубликованы в «Известиях Архангельского общества изучения Русского Севера». Он заведовал МБС и проводил зоологические работы в Мурманских морских водах с 1904 г. по 1908 г., а впоследствии руководил экспедициями на траулерах «Дельфин» и «Кумжа». Занимаясь проблемами миграций донных рыб, Аверинцев уловил связь между распределением трески и придонной температурой вод Баренцева моря.

Другой выдающийся морской биолог, Константин Михайлович Дерюгин (1878–1938), был автором обширных научно-исследовательских работ в Кольском заливе на шхуне «Александр Ковалевский» в 1908–1909 гг. Одаренность Дерюгина и его «географическое чутье» распространились на 12 посещенных им морей Союза, на которые ему удалось снарядить 50 научных экспедиций. Годы плодотворных морских исследований с 1920 г. по 1937 г. даже называли «дерюгинским периодом». Именно баренцевоморские воды помогли ученому использовать его блестящие знания экологии организмов для районирования Баренцева моря. В своем монументальном труде «Фауна Кольского залива», который А.П. Семенов-Тянь-Шанский характеризовал как «истинный праздник», Дерюгин не только описал морских обитателей, но сделал подробнейший анализ геологического, океанографического и метеорологического материала. Привлекая многочисленные отечественные и зарубежные публикации и наблюдения Мурманской биологической станции, Дерюгин поднимает проблемы качественной оценки адвективных (горизонтальных) и конвективных (вертикальных) перемещений вод с помощью данных температуры и солености. Большое внимание уделяется связям изменчивости термогалинной структуры водной толщи с периодическими приливо-отливными колебаниями уровня моря, сезонными расходами пресного стока и непериодическими колебаниями интенсивности течений в системе Гольфстрима: «При дальнейших, более детальных гидрологических исследованиях Кольского залива, было бы в высокой степени желательно, путем тщательных и непрерывных наблюдений за целый ряд лет, учесть степень влияния этих колебаний в напоре гольфштримных вод, так как только в этом случае некоторые местные гидробиологические явления получают правильное объяснение». К.М. Дерюгин в работах 1924 г. и последующих лет, используя данные разреза по Кольскому меридиану, пересекающему Мурманское, продолжающее Нордкапское течение, на фактическом материале измерений температуры воды пришел к убеждению в том, что положение струй теплых течений в Баренцевом море не определяется рельефом дна. Им же была обнаружена сопряженность интенсивности течений северной и южной ветвей Нордкапского течения.

С 1899 г. по 1902 г. Мурманской биологической станцией заведовал еще один очень талантливый биолог А.К. Линко. Он первый указал на характер строения губ Кольского залива, представляющих собой ямы, отгороженные барьерами, в своих фундаментальных работах 1906–1913 гг. он поднял массу проблем, которые могли быть разрешены только в будущем, а главное – осуществил первую попытку создания специальной количественной шкалы для оценки биопродуктивности водоема. Александр Кельсиевич Линко (1872–1912) – автор первой в России монографии, посвященной морскому планктону, считается основателем планктонологии Баренцева моря и, несмотря на короткую 40-летнюю жизнь, стал классиком для морских биологов. Он выяснил, что наиболее распространенный в водах Баренцева моря вид зоопланктона *Calanus finmarchicus*, известный всем рыбакам, промышляющим сельдь, как ее главный пищевой объект – мелкий рачок «калянус», является биологическим индикатором вод атлантического происхождения. После смерти Линко его исследования продолжили Л.Л. Брейтфус и К.М. Дерюгин, а *C. finmarchicus*, после того как получил развитие обширный сбор проб планктона, начавшийся в конце 20-х гг., был признан самым распространенным видом зоопланктона Баренцева моря и даже биологическим символом его вод.

Леонид Львович (Людвигович) Брейтфус (1864–1950) – доктор естественных наук Берлинского университета, – одновременно с руководством Мурманской научно-промысловой экспедиции был уполномоченным «Российского общества спасения на водах» на Мурмане.

Впоследствии работал в Главном гидрографическом управлении и международном обществе «Аэроарктик». Действительный статский советник Л. Л. Брейтфус за заслуги в изучении Русского Севера был награжден орденами Св. Анны 3-й степени, Св. Станислава 4-й степени и медалью Имп. Русского географического общества им. графа Литке. Главным соавтором научно-экспедиционной деятельности Брейтфуса в 1902–1906 гг. был его старший товарищ, активный деятель и исследователь Кольского Севера – Герман Фёдорович Гёбель (1844–1910) – орнитолог, собравший сведения о 198 видах птиц, с 1883 г. по 1890 г. возглавлявший «Первое Мурманское китобойное и иных промыслов товарищество». По данным отчета по Мурманской экспедиции за 1904 г. он в 1906 г. издал Карту разветвлений Нордкапского рукава Гольфштрёма в Баренцевом море в масштабе 1 : 6000000.

В работах Г. Гёбеля и Л. Брейтфуса 1903–1908 гг. говорилось о значительной изменчивости положений и интенсивности Нордкапского течения: «Нордкапское теплое течение, под влиянием вращательного движения земли, входит сплошной струей в Баренцево море и стремится через его водные массы сравнительно низкой температуры в восточном направлении, отделяя при вступлении в него рукав УІ и минуя Медвежий о-в пятый рукав, направляющийся от этого острова к цифре ІХ нашей карты (рукав этот у нас не обозначен). Достигнув приблизительно 30 меридиана, эта грандиозная струя, постоянно расширяясь в северо-восточном и юго-восточном направлениях, начинает разделяться на три части, а именно: южную, в состав которой входит Мурманское течение (І) и ІІ рукав, среднюю (рукава ІІІ-а, ІІІ-б) и северную, или течение Франца Иосифа (ІУ). Это деление обуславливается стремящимися навстречу теплым водам холодными водами, которые, врезываясь в виде бухт в теплое атлантическое течение между ІІІ и ІV рукавами, характеризуются отрицательными температурами под Кольским меридианом, между тем, как между ІІІ и ІІ рукавами под этим меридианом замечается лишь понижение положительной температуры, которая только изредка в самых нижних слоях становится отрицательной...». Так представляли тогда фрагмент циркуляционной машины Баренцева моря биолог Гёбель и географ Брейтфус. В итоге дана «Карта разветвлений Нордкапского рукава Гольфштрёма в Баренцевом море» Г.Ф. Гёбеля, которая в принципе согласуется с картой главного автора циркуляции Баренцева моря Н.М. Книповича, отличаясь более широким распространением теплых течений Гольфстрима и попыткой отразить сложную структуру толщи с помощью набора штриховок, изображающих «следы Гольфстрима», а также его воды, расположенные в одном случае над, а в другом – под холодной водой. Фантазии биологов пошли разными направлениями, что, естественно, объясняется отсутствием фактических данных, ограничивающих возможности фантазировать.

Фантазии норвежских морских биологов и физиков – коллег по изучению Баренцева моря – значительно сдерживались строгими представлениями Бергенской школы о геострофической циркуляции воздушных и водных масс. Норвежские ученые стали авторами целого ряда классических работ по исследованию биологии, промысла и физико-химических условий, наблюдаемых в водах Баренцева моря. Исследования биологии и промысла трески начал Георг Оссиан Сарс, сын знаменитого зоолога Михаэля Сарса. Дополнительно к биологии трески он выяснил, что эта предпочитающая придонные слои рыба вымётывает огромное количество пелагических, всплывающих икринок и, не задерживаясь долго в местах нереста, идет на откорм в открытое море. Созревая до состояния «скрей», она возвращается на нерест к берегам Норвегии, в район Лофотенских островов. Икринки и личинки трески распространяются течениями по огромной акватории полярных вод и, развиваясь до состояния сеголеток (первого года своей активной жизни), «оседают» на мелководьях береговых склонов и подводных возвышенностей открытого моря, решив теперь окончательно свой «квартирный вопрос». В дальнейшем, нанесенные на карту миграционные пути тресковых способствовали пониманию общей схемы адвективных перемещений атлантических вод в Баренцевом море.

Норвежским основоположником океанографического анализа структуры водных масс с помощью термогалограмм, то есть графиков вертикального распределения сочетаний температуры и солености воды от поверхности моря до максимальных глубин, стал соавтор Фритьофа Нансена по изучению полярных вод и его же оппонент по атеистическим воззрениям на природу, будущий ученый с мировым именем Бьёрн Гелланд-Ганзен (1877–1957). В

молодости Бьёрн, воспитанный на христианском учении, занимался медициной и собирался стать хирургом, но после жестокого обморожения, полученного в экспедиции по изучению полярных сияний, прооперированные кисти рук не могли орудовать скальпелем, и он переквалифицировался в океанографы. Фритъоф Нансен заинтересовался ассистентом профессора Кристиана Биркелана, в экспедиции которого с будущим несостоявшимся хирургом случилась беда, наблюдая за четкой работой искалеченных рук на точных приборах. Сотрудничество на почве океанографии сдружило исследователей, несмотря на разницу темпераментов и противоположность взглядов на христианство и дарвинизм. Научный симбиоз двух исследователей основывался на гармоничном сочетании формальных, математических подходов Ганзена и неформальных, «идеологических» посылов Нансена, основанных на замеченных им физических закономерностях изменений водных, воздушных и ледовых масс по материалам собственных экспедиционных наблюдений и данным коллег-океанографов. Именно такое сочетание позволило их научному содружеству создать классический труд по Норвежскому морю (1909) и крупную работу «Колебание температуры моря и атмосферы в Северной Атлантике» (1920).

Сотрудничество качественных биологических и количественных физико-математических подходов в построении горизонтальных и вертикальных схем распространения вод, тепла, ледовых масс, живых организмов предоставили последователям в деле изучения океана достаточно убедительные упрощения в виде карт океанологических характеристик, плоскостей вертикальных разрезов и графиков внутригодовой изменчивости физических параметров, определяющих характеристики энергообмена водных и воздушных масс.

Совместными усилиями специалистов с биологическим и физико-математическим уклоном в исследовании океана были созданы две разные модели циркуляции: 1) экзогенная, основанная на гидродинамическом подходе, в котором Баренцево море питается энергией системы Гольфстрима, зависит от внешних факторов переноса вод из Атлантики и Арктики; 2) эндогенная, опирающаяся на термодинамические представления «местного» взаимодействия океана и атмосферы.

Следует заметить, что взгляды биологов на движение и трансформацию водных масс оказывались более объективными, чем у физиков, исключительно потому, что поведенческие реакции живых организмов гораздо более точно и объективно отражают «поведение» вод, чем следует из субъективных физических расчетов, основанных на неокеанических представлениях. Механизмы эволюционных приспособлений пассивных миграций планктона и активных миграций nekтона, можно сказать, выработали реалистичную теоретическую схему реакций на изменения окружающей среды, подобно всем остальным живым организмам, биологические циклы которых зависят от синоптической, сезонной и климатической изменчивости биохимических условий существования и сосуществования. В качестве наиболее обобщающего примера исторического вклада биологии в физику океана можно привести использование принципа эволюции Чарлза Дарвина в теории приливо-отливных колебаний его сыном – Джорджем Говардом.

Биологические работы, основанные на различных способах распознавания и классификации природных явлений, давали возможность выделения главных структурных подразделений, разделяющих адвективные и конвективные перемещения частиц в водных массах, определяемых параметрами  $T$ ,  $S$ ,  $\rho$  – температуры, солёности и плотности. После получения типов  $T$ ,  $S$ ,  $\rho$ -распределения стало ясным, что океан обладает определенной структурой, которая в отдельных слоях, значительно удаленных от поверхности раздела океан-атмосфера (глубинные воды), неизменна в течение очень большого периода времени, скажем, в пределах многих лет, в других частях – чрезвычайно изменчива (поверхностные воды), «обновляющаяся» буквально в течение нескольких дней (можно выделить верхний тонкий слой, в котором отмечается суточный ход температуры или концентрации биогенных элементов). Все остальные воды, расположенные между глубинными и поверхностными слоями, «обновляются» в течение периодов времени, занимающих промежуточное положение между сутками и годами. С адвективно-конвективным переносом связан процесс микро-, мезо- и макромасштабной рециркуляции, который в зависимости от интенсивности обменов теплом, влагой и движением

между водными и воздушными массами, определяющими термогалинную трансформацию, формирует подповерхностную стратификацию водной толщи. Микромасштабная рециркуляция характеризует синоптическую изменчивость, мезомасштабная – сезонную, макромасштабная – климатическую. В соответствии с принятым законом трансформации вод океаносферы [4]:  $T_1 > T_2 > T_3$ ;  $S_1 = S_3 > S_2$ ;  $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3$  для изопикнической и  $T_1 > T_2 > T_3$ ;  $S_1 = S_3 > S_2$ ;  $\rho_1 < \rho_2 = \rho_3$  – для диапикнической адвекции.

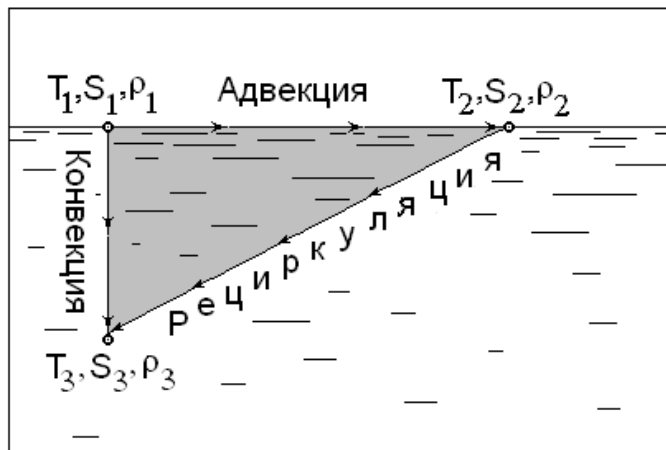


Рис. 1. Термогалинный треугольник адвективно-конвективной трансформации водных масс

Термогалинный треугольник (рис. 1) служит моделью формирования водной толщи в виде составляющих адвекции, конвекции и рециркуляции, которую в первородной форме можно назвать синоптической, потому что ее изменчивость имеет масштабы, сходные с естественными синоптическими периодами, принятыми в метеорологии.

Гидрометеорологические исследования Баренцева моря позволили на основе простой визуализации построить еще одну важную схему генеральных круговоротов (рис. 2), подтверждающих квазигеострофические принципы циркуляции в системе океан-атмосфера, реальность которых далека от чисто геострофической океанской, а является следствием принятой геострофичности атмосферы. Антициклонические переносы компенсационной природы, наблюдаемые в прибрежной полосе материка и архипелагов, являются следствием активной циклонической деятельности атмосферы над открытой частью Баренцева моря. На границе с Норвежским и Гренландским морями наблюдается восточная (меридиональный перенос) часть циклонического круговорота (Норвежская и Шпицбергенская ветви). Внутригодовой поворот векторов весной и осенью происходит в результате перестройки барической системы от активного зимнего переноса атлантических вод к летнему уравниванию расходов водных масс (восточная и северо-восточная составляющие) и от инерционного «пассивного» летнего переноса – к зимнему (юго-западная и западная составляющие).

Противоборство арктической циркумполярной системы переноса водных, ледовых и воздушных масс с широтно-меридиональным (междуширотным) переносом системы Гольфстрима (рис. 3) на значительном ее участке перед опусканием высокосоленных атлантических вод под ледовый покров Арктики можно проследить по оперативным гидрометеорологическим картам. Наиболее яркой особенностью этого взаимодействия является баланс северо-восточного переноса водных масс (соответственно, юго-западного атмосферного переноса) в период наиболее активного ее взаимодействия зимой, и обратного переноса – летом.

Самым показательным параметром энерго- и влагообмена служит стратификация термогалинных свойств и условной плотности, поскольку период максимальной активности взаимодействия океана и атмосферы выражается в отсутствии слоя скачка, а минимальной – в наличии высоких градиентов плотности. Подобно ледовому покрову, который тоже препятствует обмену всей водной толщи с ее глубинными резервами тепла (в Центральном Арктическом бассейне – это подповерхностный и промежуточный слои с положительными величинами температуры воды), слой скачка, если и не препятствует теплообмену, то служит сдерживающим

фактором обмена тепла верхней и нижней части слоев. Под энерго- и влагообменом имеются в виду составляющие режимов обмена потенциальной и кинетической энергией водных и воздушных масс на основе измерений температуры – главной характеристики энергообмена – и солености – главного параметра влагообмена между океаном и атмосферой.

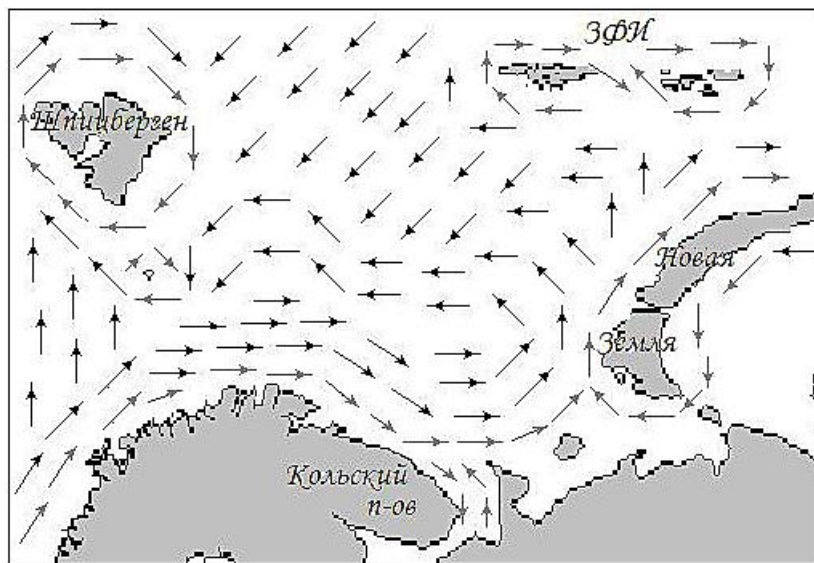


Рис. 2. Схема циклонических (открытое море) и антициклонических (прибрежные зоны материка, архипелагов и островов) движений в системе океан-атмосфера

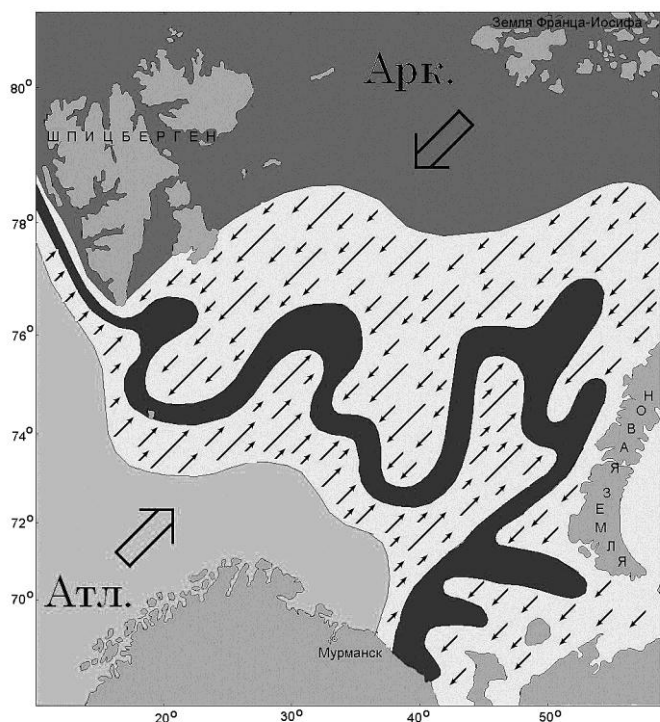


Рис. 3. Положение фронтальной зоны Баренцева моря в осенне-зимний (извилистая полоса) и весенне-летний период года: пространство, заполненное противоположно направленными векторами переноса из Атлантики и Арктики

Плотностная классификация горизонтальных подразделений водной толщи используется здесь для иного вида классификации – вертикального разделения водных масс как показателей внутригодового режима общей циркуляции вод Баренцева моря по среднестатистическим данным температуры и солености и рассчитанным по ним величинами плотности. По результатам исследований суммарных течений Баренцева моря в соответствии со сменой сезонов в верхнем слое, выделяются 4 генеральных направления адвекции в соответствии со сменой барических образований атмосферы: северо-восточное летнее направление, юго-западное – зимнее и соответственно восточное и западное направления весной и осенью (верхняя часть рис. 4).



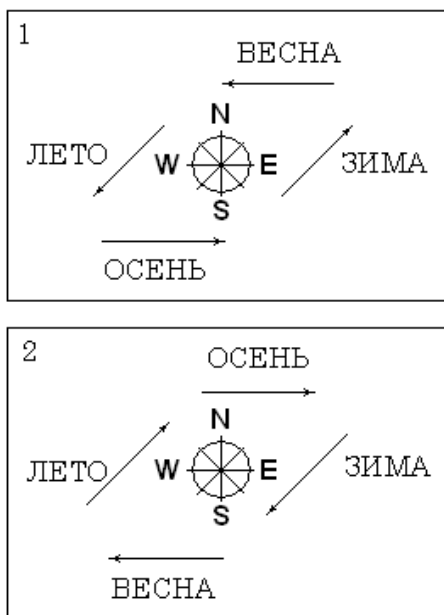


Рис. 4. Годовой компенсационный цикл адвекции в верхней (1) и глубинной (2) части водной толщи Баренцева моря

В связи с концепцией рециркуляции, в нижней части водной толщи существует компенсационный перенос вод в обратном направлении (рис. 4, нижняя часть). Поворот векторов верхнего и нижнего слоев от сезона к сезону резко отличается тем, что вверху плавный переход от весны к лету и от осени к зиме сменяется резким переходом от зимы к весне и от лета к осени, поэтому говорят об осенне-зимнем и весенне-летнем полугодических периодах. В глубинной части, наоборот, летне-осеннее полугодие сменяется зимне-весенним. Энергичный осенне-зимний период верхнего слоя определяет аномальный, то есть быстрее обычного, поворот векторов «ОСЕНЬ»–«ЗИМА» нижнего слоя, обуславливая традиционное, замеченное еще в начале XX в. Н.М. Книповичем, запаздывание передачи тепла с поверхности моря в глубь, время которого оценивается продолжительностью, соответствующей сезону. Многоликое понятие сезона имеет важнейшую биологическую составляющую годовой цикличности физико-химических условий существования и сосуществования растительных и животных организмов. В качестве физического параметра оценки сезонов в океане используется стратификация плотности фотического слоя, максимальная летом, минимальная зимой и промежуточная

– в переходные сезоны: весной и осенью.

Далее представлены ежемесячные карты сезонов среднестатистического года (рис. 5), рассчитанные по вековым данным Климатического атласа Баренцева моря, изданного ММБИ совместно с NODC.

Почти всё море находится в зимнем состоянии с декабря по апрель, то же самое для летнего периода отмечается с июля по сентябрь. В мае по окраинам моря возникают довольно обширные районы с весенним распределением плотностной стратификации, в июне они сменяются областями с летним вертикальным распределением плотности, при этом почти всё море можно назвать весенним. Самым резким переходным периодом времени между сезонами служит ноябрь, когда вся атлантическая водная масса переходит полностью на зимний режим, оставляя неатлантическим водам возможность продлить осенний период на окраинах Баренцева моря и в северной его половине. Наиболее интересным и необычным представляется октябрь, потому что южная половина моря полностью переходит к осеннему сезону, а северная – сохраняет летние условия. В итоге получается, что на зиму приходится 5 месяцев, на лето – 3, а на «промежуточные» весну и осень – по 2 месяца. Двухмесячный переходный период является тем промежуточным, можно сказать, «фронтальным» временем, в течение которого происходит общий горизонтальный, в масштабе всего моря, рециркуляционный поворот генеральных течений и наблюдается 2-месячный сдвиг сезонов (глубинное запаздывание летнего пика максимума температуры воды от поверхностного к 200-метровому горизонту).

В результате построения схем циркуляции были выявлены главные черты двухслойного строения водной толщи Баренцева моря, разделяемой термогалоупикноклином, и двух водных масс, отделяемых друг от друга фронтальной зоной – водными массами, традиционно понимаемыми как «местные» или «баренцевоморские» воды.

Обширная информация о внутригодовом распределении температуры и солености легла в основу схемы рисунка, на котором изображены термогалинные адвективные циклы верхнего и нижнего слоев Баренцева моря в пределах температуры и солености атлантических вод с учетом циклонической формы циркуляции в верхнем слое и антициклонической – в глубинном (рис. 6, 7).

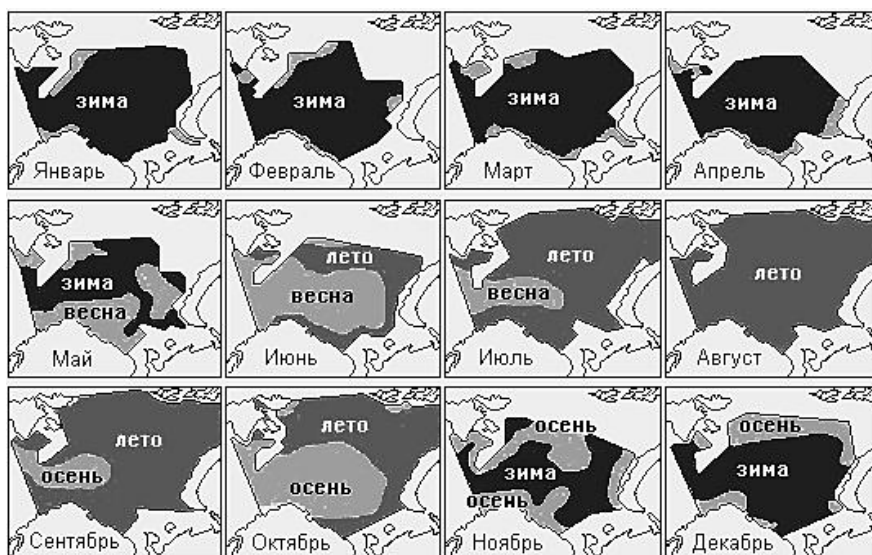


Рис. 5. Ежемесячные карты сезонов Баренцева моря, рассчитанные по данным разностей плотности воды  $D_0-D_H$

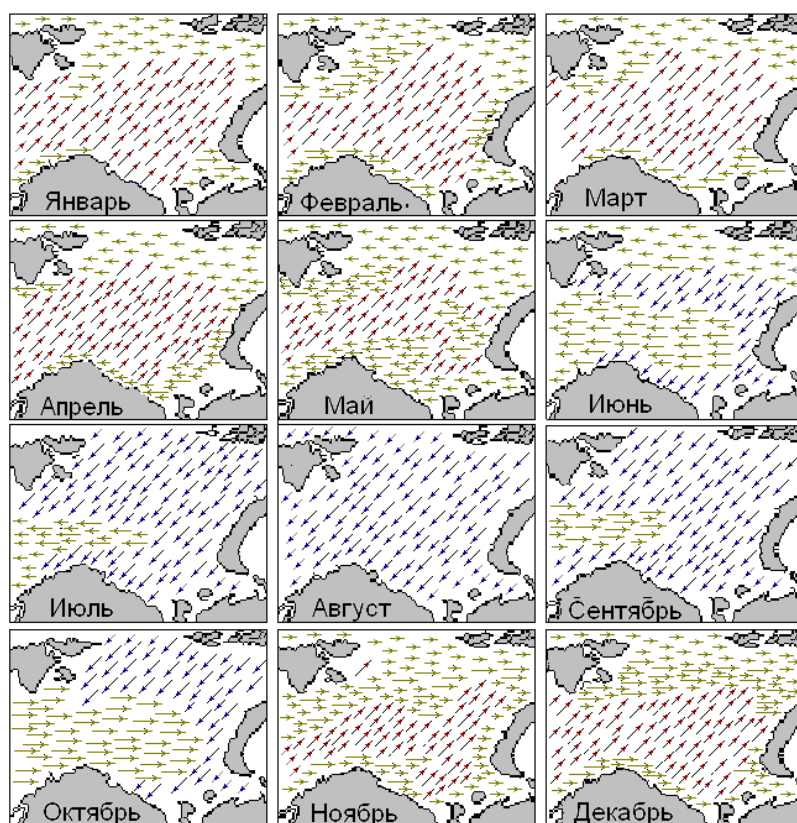


Рис. 6. Среднеголетние ежемесячные схемы адвекции (юго-западная, западная, северо-восточная и восточная) в верхнем слое Баренцева моря по расчетам стратификации плотности [6] на основании данных Климатического атласа Баренцева моря [33]

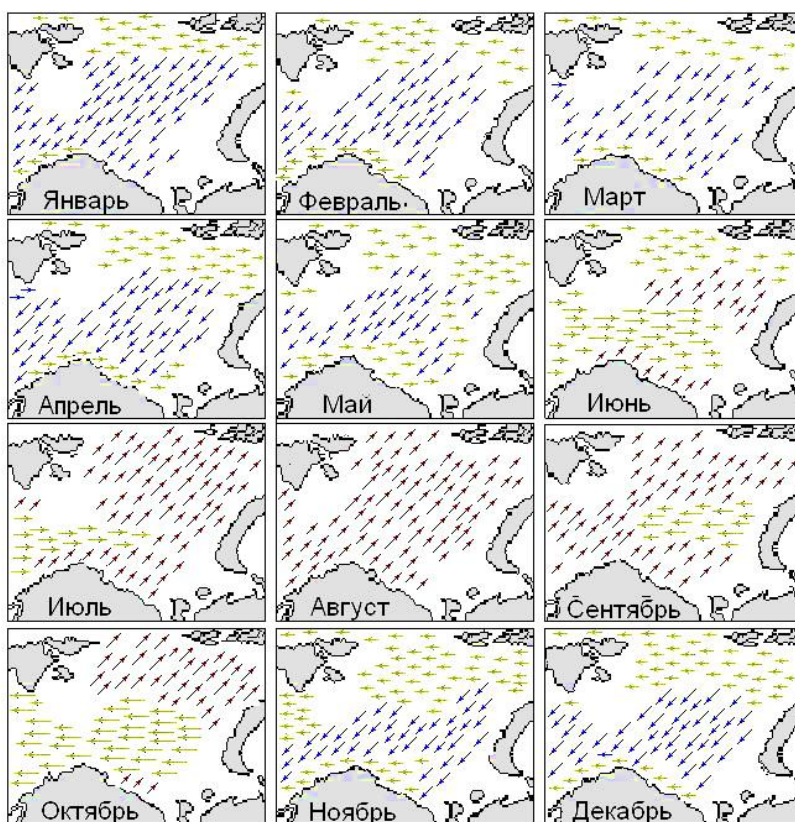


Рис. 7. Среднегодовое ежемесячные схемы адвекции в глубинном слое Баренцева моря

Известные температурные изменения водных масс дополняются закономерными изменениями солености, которые в верхнем слое имеют минимальные значения осенью и максимальные – весной; в глубинном слое эти экстремумы меняются местами (рис. 8). Важно отметить, что продолжительность сезонов в глубинном слое отличается обратным соотношением главных (зима, лето) и переходных (весна, осень) периодов. Термогалинные циклы в верхнем и глубинном слое характеризуют внутрigoдовую межсезонную циркуляцию и рециркуляцию, которые в силу их разнонаправленности (циклонический в верхней и антициклональный в нижней части водной толщи) служат фактором стационарности энерговолагообмена водных и воздушных масс.

Представленные схемы, разработанные в стенах Мурманского морского биологического института КНЦ РАН, значительно отличаются от предшествующих результатов моделирования морских биологов и физиков океана, принявших гидродинамические концепции адвективных и термодинамические – конвективных переносов вод, прямое объединение которых в гидротермодинамическое заменено здесь на косвенное физико-географическое.

О неразрывной связи между адвекцией и конвекцией догадывались морские биологи прошлого, реально представляющие соотношения масштабов океаносферных физических и биологических объектов исследования, и эти догадки использовались нами для построения климатологического сценария термогалинной трансформации водных масс. Все биологи и специалисты, разгадывающие тайны живой материи, используют далекие от науки, скорее присущие религии метафорические образы природных явлений, потому – дождь идет, река бежит, ветер дует, а наш океан в прошлом называли «Дышащим». Если использовать образы «рек в океане» и «очагов взаимодействия» океана и атмосферы, да еще поменять их местами, что нередко придает особую эффективность научным разработкам, то представленные выше на рисунках 6 и 7 схемы циркуляции можно трактовать следующим образом. Магистраль переноса вод в океане обладают определенной географической привязкой вследствие стабильности атмосферных барических образований, имеющих более активную составляющую над поверхностью океанов и морей и менее активную – над материками, архипелагами и островами,

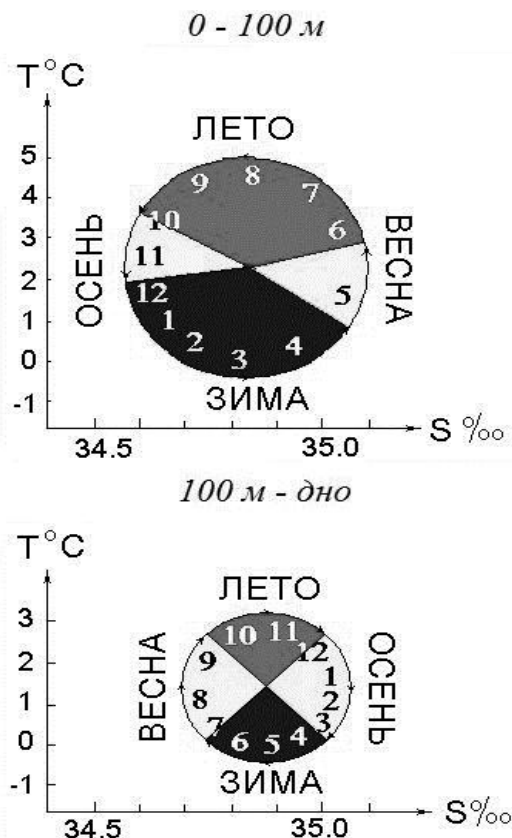


Рис. 8. Внутригодовая ротация атлантических водных масс Баренцева моря: термогалинные циклы трансформации вод верхней и глубинной части водной толщи

причем максимальной активностью характеризуются холодные периоды года, когда атмосфера получает от морских вод наибольшее количество тепла и влаги в «очагах» наиболее интенсивного взаимодействия океана и атмосферы. Очаги взаимодействия необычайно мобильны, зафиксировать их можно лишь условно, придав движениям частиц в них генеральные внутрисезонные направления поперек фронтов, ограничивающих фронтальную зону между встречающимися водными и ледовыми массами. Суммарными показателями интенсивности взаимодействия водных, воздушных и ледовых масс служит температурная, соленостная и плотностная стратификация водной толщи как результат адвективно-конвективных перемещений – различных в зависимости от сезона. Термогалинный цикл верхнего слоя в силу более высоких диапазонов температуры и солености в верхнем слое по сравнению с глубинным, характеризует более высокие затраты энергии, определяемые площадью круга верхней части рисунка, по сравнению с нижним кругом, характеризующим термогалинный цикл слоя 100 м – дно, из-за более непосредственного взаимодействия верхнего слоя водных масс океана с воздушными массами атмосферы (рис. 8).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Адров Н.М. Природа энергообмена водных и воздушных масс Баренцева моря. Мурманск: Изд. МГТУ, 2012. 64 с. 2. Адров Н.М. Исследования Баренцева моря за 1000 лет. Мурманск: Изд-во «Север», 2002. 520 с. 3. Адров Н.М. Учение о биосфере: уч. пособие. Мурманск: Изд. МГТУ, 2010. 284 с. 4. Адров Н.М. Теория водных масс океана. Мурманск: Изд-во «Север», 2006. 480 с.

#### Сведения об авторе

Адров Николай Михайлович – ведущий научный сотрудник ММБИ, профессор Мурманского гос. технического университета и Мурманского филиала СПб. гос. ун-та водных коммуникаций;  
e-mail: AdrovNikolay6661@yandex.ru



## К 100-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ Т.В. АРИСТОВСКОЙ (к началу исследований по почвенной микробиологии на Кольском полуострове)

**Г.А. Евдокимова**

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН



2 октября 2012 года исполнилось 100 лет со дня рождения доктора биологических наук Татьяны Вячеславовны Аристовской – выдающегося микробиолога и почвоведа, стоящего у истоков микробиологических исследований на Кольском п-ове. Татьяна Вячеславовна родилась в Казани в семье видного ученого Вячеслава Михайловича Аристовского, д.б.н., профессора, действительного члена Академии медицинских наук, заведующего кафедрой микробиологии сначала Казанского университета, а затем Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. Мать Александра Ивановна была человеком с большими музыкальными способностями, что позволяло уроками игры на фортепиано поддерживать семью в трудное послереволюционное время.

В 1930 г. Т.В. Аристовская становится студенткой биологического факультета Казанского университета. В 1932 г. в связи с переездом семьи в Ленинград она переводится в Ленинградский университет. В 1933 г. появляется на свет сын Борис (Борис Васильевич Громов) – будущий профессор и заведующий кафедрой микробиологии Ленинградского государственного университета. В дальнейшем, в 50-х годах прошлого столетия, именно им были выполнены исследования почвенных водорослей скальных пород и примитивных почв горно-тундрового пояса Хибинских гор.

Первое самостоятельное исследование Татьяны Вячеславовны было по гидробиологии, но после прочтения книг Поля де Кюри «Охотники за микробами» и И.И. Мечникова «Этюды оптимизма» она твердо решила стать микробиологом и начала посещать курс общей микробиологии проф. Н.Н. Иванова. Летнюю практику проходила под руководством профессора Б.В. Перфильева – автора техники капиллярной микроскопии, получившей всемирную известность и признание.

После окончания университета Т.В. Аристовская поступила в аспирантуру Естественного института им. П.Ф. Лесгафта, директором которого был в то время почетный член Академии наук СССР, бывший узник Шлиссельбургской крепости Н.А. Морозов. В Институте в то время работали известные академики и профессора: Л.А. Орбели, Г.Л. Селибер и др. Научным руководителем аспирантки по проблеме усвоения углекислоты гетеротрофами был разносторонний ученый с энциклопедическими знаниями Г.Л. Селибер. В дальнейшем в память об учителе Татьяна Вячеславовна назвала его именем новый микроорганизм, похожий на лучистую звезду – *Seliberia stellata*.

В 1944 г. Татьяна Вячеславовна с мужем – известным энтомологом Самуилом Григорьевичем Гребильским – переезжает на Кольский п-ов, где на Кольской базе Академии наук начинает работу в новом направлении – изучение состава и свойств микробиоты основных типов почв Кольского п-ова и физиологических механизмов адаптации микроорганизмов к низким температурам. Исследовались почвы не только западных районов Кольского п-ова, но и труднодоступных восточных. Осенью 1948 г. Татьяна Вячеславовна приводит научные материалы в порядок, сдает их в архив под грифом «секретно». Семья, пополненная рожденным на Севере сыном Сашей, возвращается в Ленинград.

Начинается работа в лаборатории Г.Л. Селибера в Институте физиологии им. И.П. Павлова, возглавляемом акад. Л.А. Орбели. Однако после Павловской сессии Академии наук Институт был разгромлен, а лаборатория Г.Л. Селибера ликвидирована.

Работа была продолжена в Институте вакцин и сывороток в должности заведующего лабораторией. Здесь ее разыскивает Б.В. Перфильев и предлагает перейти в Музей почвоведения им. В.В. Докучаева, находившийся в то время в системе Академии наук. Директором Музея была

Зинаида Юльевна Шокальская – правнучка воспетой А.С. Пушкиным Анны Керн. Беспартийная женщина дворянского происхождения хорошо справлялась со своими обязанностями, и научная жизнь в Музее кипела ключом. З.Ю. Шокальская привлекала к работе ученого совета Музея крупных деятелей науки из Москвы и Ленинграда: академиков И.В. Тюрина и И.П. Герасимова, профессоров А.А. Роде и Н.Н. Розова, Б.В. Перфильева и др. Переход в Музей почвоведения, в котором Т.В. Аристовская организовала лабораторию почвенной микробиологии, явился важной вехой в ее научной биографии. Здесь ею было заложено новое генетическое направление в почвенной микробиологии. С того времени в течение трех с половиной десятилетий проводились исследования в области почвенной микробиологии и генетического почвоведения совместно с О.М. Паринкиной, В.В. Пономаревой, Ю.А. Худяковой, А.Ю. Дараган, Т.А. Рожновой, Р.С. Кутузовой.



*Т.В. Аристовская*  
02.10.1912 – 29.05.2004 гг.

Освоение и модификация техники капиллярной микроскопии, разработанной Б.В. Перфильевым и предназначенной для воспроизведения микробных пейзажей почвы, позволило выявить представителей еще не известных науке родов и видов микроорганизмов, вошедших во все издания существующих в мире определителей бактерий. Новый метод позволил также наглядно оценить внутриценоотические взаимоотношения между компонентами микрофлоры и микрофауны.

После опубликования этих исследований в лабораторию Т.В. Аристовской началось полонничество коллег со всех концов Советского Союза и зарубежья, посыпались приглашения из-за рубежа для чтения лекций и проведения практических занятий. Эти работы явились начальным этапом исследований по раскрытию микробиологических механизмов развития отдельных слагаемых почвообразовательного процесса и, в первую очередь, процесса подзолообразования. Построена концепция о биогенном механизме формирования подзолистых горизонтов. Так было положено начало новому почвенно-генетическому направлению в микробиологии. В 1965 г. вышла монография «Микробиология

подзолистых почв», ставшая библиографической редкостью. За эту книгу Татьяна Вячеславовна была удостоена премии им. В.В. Докучаева (1970 г).

Успешно проводились исследования геохимической деятельности микроорганизмов как важнейшего фактора почвообразования, процессов биогенного разложения и новообразования минералов почвообразующих пород, процессов глееобразования и ортштейнообразования.

За очередную монографию «Микробиология процессов почвообразования» (1980 г.) Т.В. Аристовская снова стала лауреатом. Ей присудили первую премию имени академика В.Р. Вильямса (1982 г.).

В конце 1960-х гг. во многих странах мира начались исследования по Международной биологической программе (МБП), в рамках которой проводился количественный учет биомассы и продуктивности всех населяющих планету организмов, включая и микроорганизмы. Татьяна Вячеславовна возглавила подсекцию почвенной микробиологии Советского Национального Комитета по МБП. География проводимых работ была огромная: п-ов Таймыр, Кольский п-ов, Ленинградская обл., Литва, Белоруссия, Украина, пустыни Прикаспия, Восточная Сибирь, Приморский край и Сахалин. Путем сопоставления полученных по единой методике в разных широтах данных были выявлены географические закономерности продукционного процесса, ежедневные и даже внутрисуточные изменения численности почвенных бактерий. Высокой интенсивностью, но в сжатые сроки, отличался продукционный процесс в почвах Крайнего Севера. По мере продвижения к югу он растягивался во времени и становился более равномерным. По этим материалам в журнале «Почвоведение» была опубликована статья Г.А. Евдокимовой (1976 г.) – ученицы Т.В. Аристовской – о периодичности размножения ризосферных бактерий и функциональных связях их развития с фотосинтетической и экссудативной активностью растений в условиях Кольского Севера.



Итоги работ по МБП в Советском Союзе были опубликованы в 2 томах. Т.В. Аристовская, прекрасно владеющая английским и немецким языками, доложила о микробиологических исследованиях по МБП на Международном экологическом конгрессе в Гааге в 1974 г.

С 1983 г. интересы Т.В. Аристовской были направлены на анализ некоторых аспектов почвенного плодородия. Рассмотрена геохимическая деятельность микроорганизмов как фактор плодородия в условиях разных экосистем. Дан критический анализ современных приемов определения уровня плодородия по микробиологическим показателям. В результате была построена теоретическая модель микробиологических механизмов формирования эффективного и потенциального плодородия.

Последние теоретические публикации, вызвавшие большой интерес со стороны геологов, были посвящены вопросам эволюции почв, в них показана связь изменений почвенного покрова Земли с эволюцией биогеоценозов в соответствующие геологические эпохи, оценена роль микроорганизмов как трансформаторов и стабилизаторов биосферы.

Разработка практических аспектов в этом направлении проводилась в дальнейшем учениками Т.В. Аристовской в разных уголках нашей страны, в том числе в лаборатории экологии микроорганизмов Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. Нами была разработана эколого-микробиологическая концепция охраны почв; обоснованы микробиологические и биохимические критерии оценки состояния почв и определены критические нагрузки на почвенную биоту; выявлена роль микробиоты в снижении металлотоксикоза почв; оценена значимость микробиологического фактора в системе добычи, переработки и трансформации полезных ископаемых и хранении производственных отходов. Совместно с известным почвоведом профессором В.Н. Переверзевым составлена карта биогенности почв Кольского п-ова, характеризующая почвенное плодородие, устойчивость почв к загрязнению и их самоочищающую способность. Многолетние комплексные исследования современных почвенно-биохимических процессов, выполненные В.Н. Переверзевым, вскрыли закономерности динамики состава и свойства почв Северной Фенноскандии, водной миграции химических элементов, трансформации органического вещества и формирования гумусового комплекса почв.

Из краткого описания научного пути Т.В. Аристовской видно, как разнообразны были ее интересы и значителен вклад в область почвенной микробиологии и генетического почвоведения. Последние годы жизни Т.В. Аристовской прошли в Израиле, куда семья переехала в 1989 г.

Мне запомнились научные семинары, проводимые Татьяной Вячеславовной, и постоянные посетители ее лаборатории, включая аспирантов со всей нашей страны и зарубежных коллег, которые так удивлялись непрезентабельным условиям работы ученого с мировым именем. После всего увиденного и услышанного один из них в задумчивости произнес: «Да, здесь не оборудоване нужно, а голова». Т.В. Аристовская была интеллигентным, трудолюбивым и очень скромным человеком со светлой головой, населенной творческими мыслями. Хорошо помню, как Татьяна Вячеславовна, переселенная из лаборатории по случаю ремонта, сидела в большом зале Музея почвоведения рядом с почвенными монолитами. Стол ее стоял у окна, из которого было видно «Невы державное течение», набережную с ростральными колоннами, но ничто не могло отвлечь внимание женщины, склонившейся над рукописью очередной статьи и размышляющей над проблемами микробиологических аспектов формирования плодородия почв и эволюции почвенного покрова.

### **Сведения об авторе**

*Евдокимова Галина Андреевна* – д.б.н., профессор, зав. лабораторией; e-mail: galina@inep.ksc.ru

## ЭВОЛЮЦИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ КНЦ РАН В ПЕРИОД 1961-2011 гг.

**А.А. Козырев, В.И. Панин**  
Горный институт КНЦ РАН

### Аннотация

Показано формирование геомеханики как самостоятельной фундаментальной части горной науки и основные ее достижения в Горном институте КНЦ РАН за 50-летний период. Развитие геомеханики определяется запросами горнотехнической практики и логикой эволюции научного знания.

### Ключевые слова:

*геомеханика, горнотехнические системы, горные породы, горные удары, геодинамический риск.*



С первых дней образования Горного института в составе Кольского филиала АН СССР – ныне Кольского научного центра РАН – вопросам развития геомеханических исследований уделялось большое внимание вследствие актуальности соответствующих задач на горнорудных предприятиях Мурманской области, что в значительной мере определило преобладающие научные интересы одного из первых его директоров члена-корреспондента АН СССР И.А. Турчанинова.

В начале 1960-х гг. на апатитовых рудниках стали проявляться признаки аномальной напряженности Хибинского массива [1], обусловленной его интенсивным современным поднятием относительно примыкающих к нему участков земной коры [2]. В этот же период завершалась отработка Мончегорских жильных медноникелевых месторождений и начиналась частичная выемка охранных околоствольных целиков. Эти вопросы требовали научного обоснования и геомеханического обеспечения безопасного ведения горных работ.

Для решения этих вопросов были проведены исследования, результаты которых изложены в монографии И.А. Турчанинова [3], рассматривающей ряд вопросов методики и организации исследования процессов сдвижения горных пород и горного давления при разработке свиты крутопадающих жил. Проанализировано влияние трещинной тектоники массива на характер и формы проявления процессов механики горных пород. Освещены мероприятия по уменьшению вредного влияния проявлений горного давления и деформаций пород при ведении горных работ.

В этот же период ведутся исследования по развитию методики и техники определения показателей физических свойств горных пород и параметров их состояния в массиве. В монографии [4] изложены основы комплексного определения физических и горнотехнологических свойств горных пород применительно к задачам горного давления и разрушения породных массивов различными методами, а также к некоторым задачам геологии и разведочной геофизики. Приведена классификация основных свойств горных пород, описаны принципы их комплексного определения, основанные на унификации типоразмеров образцов и рациональной последовательности испытаний. Рассмотрена физическая сущность определяемых свойств, обоснованы и описаны рекомендуемые методы их определения, а также рекомендуемые принципы математической обработки и систематизации экспериментальных данных, что необходимо для изучения корреляционных зависимостей между различными свойствами пород, а также их связей с минералогическим составом и строением.

В монографии И.А. Турчанинова и В.И. Панина [5] изложены основы геофизических методов определения напряженного состояния горных пород в массиве: ультразвукового, звукометрического, радиометрического (гамма-гамма-метода), электрометрического. Приведена классификация методов и предложены принципы их комплексирования для оценки напряженно-

деформированного состояния массивов пород. Описана аппаратура, применяемая для измерений, методика лабораторных испытаний и тарирования, методика и техника шахтных измерений. Приведены примеры использования геофизических методов для оценки величин действующих напряжений в различных горно-геологических условиях, а также для определения степени нарушенности пород в окрестности горных выработок.

В мае 1970 г. на IV Всесоюзной конференции по механике горных пород акад. Н.В. Мельников дал исчерпывающее определение механики горных пород: «Механика горных пород – фундаментальная часть горной науки, изучающая свойства и состояние горных пород и массивов с учетом твердой, жидкой и газообразной фазы и естественного напряженного состояния для создания целесообразных методов разрушения горных пород, управления горным давлением и сдвижением, а также устойчивости обнаженных поверхностей».

Механика горных пород, опираясь на достижения физики твердого тела, теории пластичности, фильтрации, реологии, цикла геологических, геохимических и других наук, разрабатывает классификацию горных пород, методы количественной оценки свойств и состояния пород и горных массивов и дает основания для создания инженерных методов расчета горной технологии и первичной переработки минерального сырья» [6, с. 6]. С этого времени, по мнению некоторых наших коллег [7, 8], начинается современная геомеханика.

В 1977 г. опубликована обобщающая монография И.А. Турчанинова и др. [9], в которой приведено систематизированное изложение основ механики горных пород, отражающее историческое развитие и современное состояние теоретических и методических исследований по определению свойств и напряженно-деформированного состояния массива пород, по расчету элементов систем разработки месторождений полезных ископаемых и параметров горных выработок. В монографии рассмотрены предмет, метод и основные задачи механики горных пород. Описаны наиболее употребительные методы определения свойств горных пород на образцах и в массиве, освещены вопросы определения напряженно-деформированного состояния массива вокруг горных выработок экспериментальными и аналитическими методами. Представлены основные результаты изучения напряженного состояния пород вокруг капитальных, подготовительных и очистных выработок. Детально рассмотрены вопросы сдвига горных пород под влиянием разработки полезных ископаемых, а также условия и причины возникновения горных ударов и внезапных выбросов пород и газа на рудниках и шахтах. Описаны меры предотвращения и локализации горных ударов и внезапных выбросов. Вскоре эта книга была переведена на английский язык.

Сотрудники лаборатории геомеханики активно сотрудничали с коллегами из ведущих научно-исследовательских организаций Союза, а также со специалистами из смежных областей наук о Земле: геологами, геофизиками, сейсмологами. Результаты этого сотрудничества отражены в сборнике [10], в котором обсуждались методические подходы и приемы по определению взаимосвязи современного напряженного состояния и свойств горных пород. Приведены экспериментальные результаты и физическое толкование взаимосвязи напряженного состояния массивов со свойствами пород и их трещиноватостью. Дано приложение результатов изучения полей напряжений и свойств пород к решению практических задач при строительстве, эксплуатации инженерных сооружений и при разработке месторождений полезных ископаемых.

В монографии Г.А. Маркова [11] рассмотрены особенности проявлений горного давления на апатитовых рудниках при действии в массиве тектонических напряжений. Для определения структуры и параметров поля напряжений в пределах отдельного месторождения или группы месторождений предложена методика последовательных приближений с использованием качественной поисково-диагностической информации и с применением количественных инструментальных измерений методом разгрузки и ультразвука. Получены данные о взаимосвязи величины тектонических напряжений со свойствами и строением массива. Определены статистические характеристики модели напряженного состояния массива с учетом гравитационной и тектонической составляющей во взаимосвязи с изменчивостью упругих свойств пород. Установлены экспериментально-аналитические критерии прочности пород на контуре выработок. Разработан графоаналитический метод оценки состояния прочности и опасности разрушений в условиях многофакторной модели поля напряжений при выбранной надежности. Теоретические выводы и практические рекомендации проиллюстрированы

экспериментальными данными по определению напряжений и примерами проявлений горного давления в рудниках Хибинского массива.

Развитие модели гравитационно-тектонического напряженного состояния пород в массиве получило в монографии 1978 г. [12], в которой изложены современные представления о напряженном состоянии верхней части земной коры по геотектоническим данным и результаты непосредственных натурных определений компонент тензоров напряжений в массивах при подземной разработке месторождений. Описаны способы определения напряжений в массиве и методы контроля напряженно-деформированного состояния пород вокруг горных выработок. Установлены аналитическим методом закономерности распределения напряжений вокруг одиночных выработок и очистных пространств с учетом граничных условий по данным непосредственных измерений в нетронутым массиве. Детально исследованы основные горно-геологические и технологические факторы, определяющие устойчивость выработок. Сформулированы основные принципы охраны горных выработок, определены рациональные виды крепи и методы расчета их параметров, намечены пути совершенствования систем разработки на месторождениях с активными проявлениями горного давления тектонической природы.

Не прекращались работы по развитию методики и техники лабораторного и натурального геомеханического эксперимента, уровень которых в лаборатории позволил ей возглавить соответствующие исследования по актуальной тематике стран-членов СЭВ. Результаты этого сотрудничества отражены в коллективной монографии [13] о достижениях научно-исследовательских организаций ГДР, ПНР, СССР и ЧССР по созданию комплекса приборов для горной геофизики, которое проводилось по плану координации научных и технических исследований СЭВ. Приборы и оборудование предназначены для определения свойств и напряженно-деформированного состояния пород в массиве. Приведены результаты совместных разработок по созданию унифицированных комплектов аппаратуры и оборудования для определения напряжений методом разгрузки в вариантах торцевых измерений и соосных скважин. Описан ряд оригинальных разработок немецких, польских, советских и чехословацких специалистов для исследования и контроля напряжений и деформаций пород в массиве и кратко отражен опыт использования соответствующей аппаратуры и оборудования в горнотехнических исследованиях.

Очередным свидетельством прочных позиций лаборатории геомеханики в области изучения напряженного состояния пород в массиве было проведение в Апатитах в мае 1980 г. Всесоюзной школы-семинара по измерению напряжений и их приложению в прогнозе землетрясений, результаты которого приведены в двух сборниках [14–15]. Рассмотрены вопросы природы и механизма возникновения тектонических напряжений в верхней части земной коры. Особое внимание уделено методологии определения и картирования региональных и локальных полей напряжений в различных районах, намечен общий подход к проблеме инструментальных определений напряжений в глубоких геологоразведочных скважинах. Приведены результаты непосредственных измерений напряжений на отдельных месторождениях и интерпретация полученных данных. Рассмотрены теоретические и экспериментальные вопросы связи предвестников разрушения с изменением напряженно-деформированного состояния пород. Приведены данные о результатах определения напряжений в верхних слоях земной коры на сеймопрогностических полигонах, методические вопросы контроля изменений напряжений и деформаций в очаговой зоне возможных землетрясений. Детально рассмотрены предложения об использовании высоконапряженных тектонических зон в качестве информативных участков для оборудования комплексных долговременных станций слежения за изменением состояния массива в процессе подготовки землетрясений.

В июле 1980 г. после тяжелой непродолжительной болезни безвременно ушел из жизни член-корреспондент И.А. Турчанинов. Памяти этого видного ученого и организатора науки посвящен сборник [16], в который включены новейшие материалы по развитию механики горных пород, а также по проблемам крупномасштабного подземного строительства и освоения месторождений полезных ископаемых на больших глубинах. Уделено внимание новым представлениям о напряженно-деформированном состоянии пород в верхней части земной коры и развитию научного приборостроения в связи с задачами прогноза горного давления.

После И.А. Турчанинова исследования по геомеханике возглавил Г.А. Марков, который руководил лабораторией с 1976 г. по 1984 г. Им совместно с С.Н. Савченко опубликована монография [17], в которой приведены новые экспериментально обоснованные представления о формировании естественного напряженного состояния пород в массиве под влиянием тектонических процессов в верхней части земной коры и его изменчивости в зависимости от структуры тектонических блоков, гористого строения рельефа и изменения свойств слагающих массивы пород. Даны теоретические решения и описания напряженного состояния для ряда задач и условий естественного залегания пород при гористом строении рельефа и его изменений за счет образования выемок при извлечении полезных ископаемых. Изложены результаты изучения и примеры учета напряженного состояния пород при обосновании мер предотвращения и локализации разрушений в рудниках.

В 1984 г. в связи с отъездом Г.А. Маркова в Москву лабораторию возглавил А.А. Козырев.

В 1985 г. опубликована монография Э.В. Каспарьяна [18], в которой приведено систематизированное изложение современных представлений по вопросам устойчивости горных выработок в скальных породах. Рассмотрены основные факторы, определяющие состояние выработок в массивах скальных пород, изложен метод оценки устойчивости выработок, учитывающий воздействие полей статических напряжений, реальную структуру и деформационно-прочностные характеристики массива. Приведены примеры решения конкретных практических задач для условий горнорудных предприятий Кольского п-ова и Северной Карелии.

Продолжается активное сотрудничество со специалистами научно-исследовательских и учебных институтов горного и геолого-геофизического профилей по изучению напряженно-деформированного состояния массивов пород, его взаимосвязей с геолого-тектоническим строением и свойствами пород и приложению их результатов в горном деле и инженерной геологии, результаты которого отражены в сборниках [19–21], в которых:

- рассмотрены вопросы формирования избыточных горизонтальных напряжений в верхней части земной коры. Особое внимание уделено принципам дифференциации тектонических полей напряжений в зависимости от геолого-тектонического строения, интенсивности современных движений, свойств и структурных особенностей пород в различных регионах. Приведены результаты непосредственных измерений напряжений на отдельных месторождениях и интерпретация полученных данных.

- рассмотрены вопросы перераспределения напряжений и изменения свойств пород в массиве, прилегающем к очистному пространству, а также в конструктивных элементах систем разработок различного назначения. Особое внимание уделено выявлению деформаций земной коры при выемке и перемещении больших породных масс горными работами.

- освещены вопросы влияния тектонических полей напряжений на особенности инженерно-геологических условий массивов горных пород и проявлений горного давления в них в процессе отработки месторождений и строительства подземных сооружений различного назначения. Отмечены специфические свойства тектонически напряженных массивов. Приведены рекомендации по оптимальным параметрам конструкций выработок, способам их поддержания в тектонически напряженных массивах.

Значительным вкладом в методику натуральных геомеханических исследований явилась разработка совместно с Московским государственным университетом и Всесоюзным научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом геологических и геохимических информационных систем (ВНИИ геоинформсистем) методических рекомендаций по изучению напряженно-деформированного состояния горных пород на разных стадиях геологоразведочного процесса под научной редакцией акад. Е.И. Шемякина [22]. В рекомендациях дано системное изложение методики прогноза напряженного состояния пород на различных стадиях геологоразведочного процесса и инженерно-геологических изысканий. Изложены теоретические основы и наиболее характерные примеры изучения напряженно-деформированного состояния геологической среды.

В 1989 г. в память об И.А. Турчанинове подготовлен сборник статей сотрудников лаборатории геомеханики по геомеханическому обеспечению разработки месторождений Кольского п-ова [23]. В сборнике рассмотрены состояние и задачи решения проблем

геомеханики при разработке месторождений Кольского п-ова, описаны методические подходы к реконструкции полей палеонапряжений по тектонофизическим данным и оценки напряженного состояния пород по материалам геологоразведочного бурения, приведены результаты геомеханического обоснования параметров систем разработки Хибинских апатитовых и Ловозерских редкометалльных месторождений.

В том же году совместно с сотрудниками лаборатории подземной разработки недр подготовлена монография по развитию технологии подземной разработки маломощных рудных месторождений Кольского п-ова [24].

Книга посвящена проблеме изыскания более прогрессивных технологий и систем разработки рудных месторождений малой мощности. Обобщен отечественный и зарубежный опыт разработки пологих маломощных месторождений, исследованы горно-геологические условия и особенности разработки рудных залежей Ловозерского месторождения; дана оценка напряженно-деформированного состояния массива и удароопасности горных пород; приведены методологические принципы выбора эффективных вариантов систем разработки; обоснована целесообразность использования хвостов обогащения для закладки выработанного пространства.

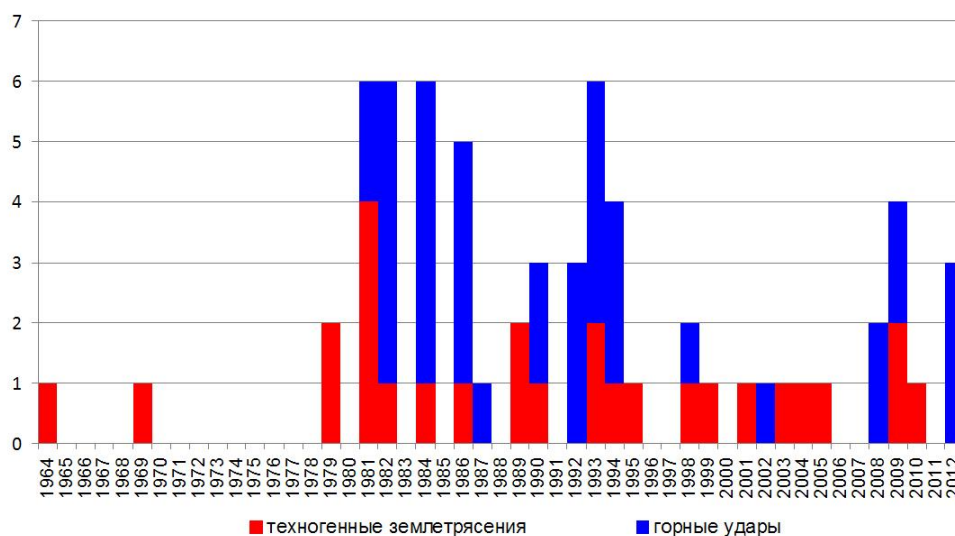


Рис. 1. Показатели геодинамической ситуации на апатитовых рудниках

С начала 1980-х гг. на апатитовых рудниках обострилась проблема горных ударов (рис. 1), которая стала весьма актуальной для многих горнорудных районов СНГ и других стран. На рудниках стали проявляться наиболее опасные горно-тектонические удары и техногенные землетрясения, прогноз и предупреждение которых требует принципиально новых методологических подходов и организации обширных комплексных систем контроля геофизической среды, позволяющих отслеживать изменения состояния массивов пород вследствие современных тектонических процессов в верхней части земной коры и техногенного воздействия при разработке месторождений.

Исследования по проблеме горных ударов проводились институтами Российской академии наук, учебными и отраслевыми институтами при постоянном содействии горнорудных предприятий при координации Госгортехнадзора России и методическом руководстве Всесоюзного научно-исследовательского института горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ).

В 1991 г. на базе ОАО «Апатит» и Горного института КНЦ РАН было проведено VIII Координационное совещание по решению проблемы горных ударов при разработке рудных и нерудных месторождений и строительстве подземных сооружений, по материалам которого опубликован сборник [25], где обобщены результаты исследований ведущих ученых и специалистов институтов, рудников и организаций: Госгортехнадзора РСФСР, ВНИМИ, Горного института и Кольского регионального сейсмологического центра КНЦ РАН, Института физики и



механики горных пород АН Республики Кыргызстан, Кузнецкого политехнического института, Института горного дела министерства металлургии Уральского филиала ВНИМИ, Института геофизики Уральского отделения Российской АН, научно-производственного объединения «Сибруда», производственного объединения «Севуралбокситруда». В сборнике приведены и новейшие результаты исследований по разработке научных основ теории горных ударов, обоснованию критериев и методов прогноза удароопасности, обоснованию способов профилактики горных ударов, проведению горно-экспериментальных работ и изысканию ударобезопасных технологий применительно к отдельным обрабатываемым месторождениям. Представленные статьи позволили оценить состояние разработки основных научных задач по проблеме и направлений научно-технического прогресса на рудниках при обработке удароопасных месторождений.

Исследования по проблеме горных ударов активно велись в Горном институте КНЦ РАН, что нашло отражение в двухтомной монографии [26], где приведены результаты исследований тектонических напряжений в массивах горных пород на различных стадиях разведки и освоения месторождений, вокруг одиночных выработок, очистных пространств, в том числе при обработке сближенных пластов, а также смежных месторождений. Определены условия динамических проявлений горного давления в капитальных и подготовительных выработках. Описаны практические рекомендации по управлению горным давлением и удароопасностью пород как в одиночных выработках, так и в пределах отдельных горизонтов. Даны конкретные примеры управления горным давлением при обработке месторождений в тектонически напряженных Хибинском и Ловозерском массивах, а также инструментального мониторинга массива пород с целью повышения безопасности работ.

В 1997 г. совместно с ВНИМИ по проблеме горных ударов в Академии горных наук был опубликован сборник [27], в котором отражено современное состояние и перспективы решения проблемы горных ударов. Приведены результаты теоретических, лабораторных, горно-экспериментальных работ по изучению природы горных ударов, их прогнозу и предотвращению в специфических условиях разработки рудных и нерудных месторождений. Описан опыт разработки удароопасных апатитовых, бокситовых, полиметаллических, железо- и золоторудных месторождений. Намечены первоочередные меры, способствующие успешному решению проблемы предотвращения горных ударов и внедрению профилактических мероприятий на стадиях проектирования и строительства новых рудников и новых горизонтов действующих рудников.

В том же 1997 г. была опубликована коллективная монография по одной из актуальных проблем разработки нагорных месторождений – о глубоких рудоспусках [28], в которой изложены материалы, освещающие прогрессивные методы и способы проходки глубоких выработок (стволов рудоспусков) в различных горно-геологических условиях. Детально рассмотрены методы проходки стволов снизу вверх с использованием комплекса «Алимак». Рассмотрены методические положения по обоснованию геомеханических условий безопасной проходки и эксплуатации глубоких выработок, сооружаемых в различных массивах пород при действии полей тектонических напряжений, обоснован рациональный комплекс методов контроля соответствующей аппаратурой устойчивости забоя и стенок рудоспусков при определении удароопасности тех или иных участков массива пород.

Развитие и применение информационных технологий в геомеханике нашли отражение в двухтомной монографии Горного института [29], в которой рассмотрен широкий круг вопросов, связанных с разработкой и применением информационных технологий и компьютерного моделирования горнопромышленных объектов и процессов для научного обоснования освоения минерально-сырьевых ресурсов Кольского п-ова. Рассмотрены научно-методические вопросы создания автоматизированных информационных систем горнодобывающих и перерабатывающих предприятий.

К 70-летию со дня рождения И.А. Турчанинова в 1998 г. опубликован сборник [30], в который включены новейшие материалы по результатам модельных исследований напряженно-деформированного состояния пород вблизи различного рода геологических нарушений, а также процессов развития и реализации мощных динамических явлений в массивах пород; изложены новые методические подходы к оценке напряженно-деформированного состояния пород в

массиве и прогнозу горных ударов и техногенных землетрясений. Показаны принципы геомеханического обеспечения горных работ при разработке месторождений полезных ископаемых и подземном строительстве. Приведены результаты геодинамического мониторинга геологической среды при крупномасштабных горных работах.

Сотрудники лаборатории приняли активное участие в организации и подготовке материалов международной научной конференции (март 1999 г.), посвященной 275-летию образования Российской академии наук [31], в которых рассмотрены состояние и проблемы развития горнопромышленного комплекса Северо-Запада России, вопросы физико-технического и инженерно-геологического обеспечения возведения подземных сооружений различного назначения, комплексного освоения и сохранения недр, управления геомеханическими процессами, а также опыт использования научных разработок в практических целях при освоении недр и подземного пространства.

Между тем проблема техногенной сейсмичности при разработке месторождений полезных ископаемых продолжала обостряться и стала актуальной для многих стран с развитой горнодобывающей промышленностью, о чем свидетельствуют материалы нескольких международных конференций. При этом стало очевидным, что наиболее продуктивным методом исследования этой проблемы является метод системного синергетического анализа эволюции сложных открытых нелинейных систем, а следовательно, развития опасных природных и техноприродных процессов. Результаты такого изучения техногенной сейсмичности в горнорудной природно-технической системе (ПТС) приведены в опубликованной в 2002 г. под редакцией акад. Н.Н. Мельникова монографии [32].

С позиций синергетики рассмотрены общие закономерности эволюции ПТС. На основе изучения процессов энергообмена в геологической среде предложена модель реализации катастрофы в ПТС при горных работах. Разработаны методические положения прогноза критических состояний в геологической среде ПТС, чреватых мощными динамическими явлениями в рудниках.

По данным численного моделирования и экспериментальных определений напряжений в массиве пород построена карта напряжений на территории Кольского п-ова, на которой выделены наиболее энергонасыщенные зоны, удовлетворительно согласующиеся с палео- и современной сейсмичностью. По результатам геодинамического мониторинга геофизической среды в ПТС установлены взаимосвязи некоторых параметров сейсмичности и деформирования пород в массиве с процессами подготовки и реализации сильных динамических явлений в рудниках.

Показано влияние мощных технологических взрывов на процессы деформирования блочной геологической среды и сейсмический режим в рудниках. Определены предвестники сильных геодинамических явлений, инициированных массовыми взрывами, а также предложены способы оптимизации параметров взрывной отбойки для снижения сейсмической опасности.

Численным моделированием и экспериментальными исследованиями в рудниках выполнена оценка напряженно-деформированного состояния стыковочных зон между подземными и открытыми горными работами, на основе которой разработаны методические рекомендации по оптимальному порядку отработки стыковочных зон между подземными рудниками и карьерами, устраняющие или существенно снижающие вероятность реализации мощных динамических явлений типа горных ударов или техногенных землетрясений.

И всё-таки решение проблемы техногенной сейсмичности при разработке месторождений полезных ископаемых остается незавершенным, что подтверждается материалами XII Межотраслевого координационного совещания в январе 2002 г. в г. Кировске [33] (2003 г.) и Международного совещания по техногенной сейсмичности в апреле 2004 г. в г. Кировске [34] (2004 г.), а также очередного VI Международного симпозиума по горным ударам и шахтной сейсмичности в марте 2005 г. в Австралии [35].

Необходимо отметить, что состояние проблемы техногенной сейсмичности теснейшим образом связано с состоянием проблемы сейсмичности природной (тектонической), где в последние годы четко обозначился кризис, обусловленный нерешенностью вопросов средне- и краткосрочного прогноза землетрясений. Трудности надежного краткосрочного прогноза землетрясений объясняются крайне сложной природой сейсмического процесса [36]. «Число

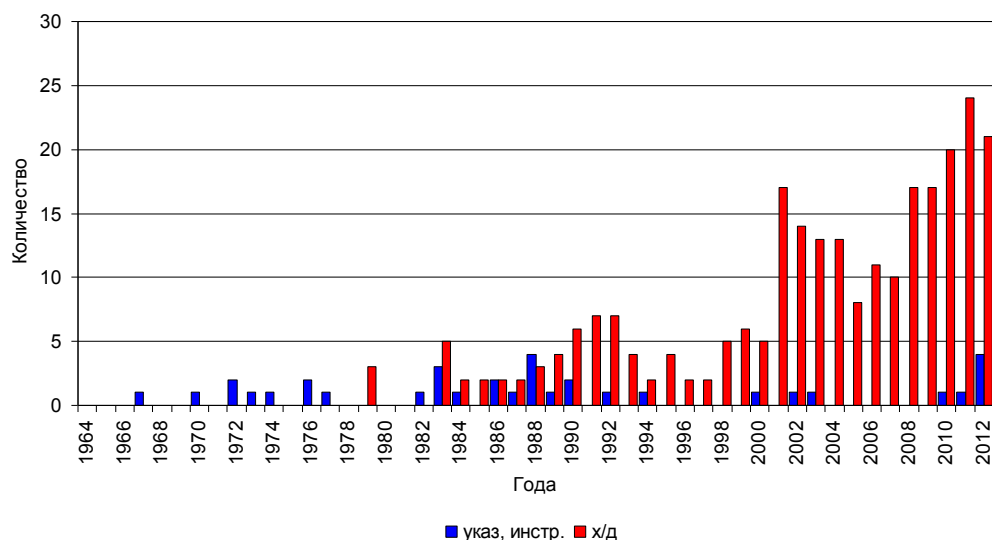
опробованных предвестников уже перевалило за 1 тыс. Из них более 140 зарегистрированы как открытия, а примеров удачного оперативного прогноза землетрясений фактически нет» [37, с. 149]. Поэтому «постепенно во всем мире работы по прогнозу землетрясений свертываются, прекращается финансирование как теоретических исследований, так и наблюдений на геодинамических полигонах, а высвобождающиеся научные силы переключаются на более надежные работы по оценке сейсмического риска и сейсмического районирования, что ставит своей конечной целью определение, с каким запасом прочности надо строить сооружения в сейсмоактивных районах» [38, с. 78]. Апогеем этого кризиса можно считать признание международной группы в составе 10 экспертов из разных стран, созданной по просьбе и поддержке Правительства Италии после разрушительного землетрясения в L'Aquila 6 апреля 2009 г., в том «...что из-за сложности самого процесса подготовки землетрясения и недостаточности наших знаний об этом процессе высоконадежный прогноз (будет землетрясение или не будет) в обозримом времени недостижим» [39]. Комиссия разработала ряд рекомендаций по развитию вероятностных методов прогноза землетрясений и по практическому использованию их результатов. Аналогичная ситуация складывается и в решении проблемы горных ударов и техногенных землетрясений. Кстати, материалы упомянутого Австралийского симпозиума вышли под общим названием «Управление сейсмическим риском» (Controlling Seismic Risk).

Подобные подходы к оценке геодинамической опасности в рудниках разрабатываются в Горном институте КНЦ РАН. На основе моделей эволюции сложных нелинейных систем предлагается сосредоточить основное внимание не на пространственно-временном прогнозе каждого горного удара, а на оценке пороговых значений параметров эволюции напряженно-деформированного состояния геологической среды в ПТС, определяющих адаптационные возможности среды и уровень геодинамической опасности [32, 40]. На основе результатов многолетних исследований вопросов прогноза и профилактики горных ударов предложена 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 существенно повысить безопасность горных работ [41]. Этой методологии будет посвящена очередная монография, которая должна быть логическим продолжением монографии [32], и работа над которой завершается в настоящее время.

В последние годы в связи с обострением ситуации на открытых горных работах, обусловленной, главным образом, достижением предельных глубин карьеров и необходимостью перехода на более дорогостоящие подземные работы, стал актуальным пересмотр прежней концепции определения оптимальных углов наклона бортов. Эффективной реакцией на эту ситуацию явилось развитие в лаборатории нового научного направления – обоснование существенного увеличения углов наклона бортов карьеров в высоконапряженных прочных скальных массивах, что позволяет значительно продлить срок эксплуатации работающих предприятий и обеспечить высокую экономическую эффективность открытых горных работ на вновь вводимых в разработку и на перспективных месторождениях за счет существенного уменьшения коэффициента вскрыши.

Решение этой задачи потребовало создания новой методологии геомеханического мониторинга геологической среды горнотехнических систем. Такая методология создана и впервые в России реализована в полном объеме на карьере «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК».

За этот период сотрудниками лаборатории подготовлены и изданы 28 методических руководств, указаний и технологических инструкций по методике и технике изучения напряженно-деформированного состояния пород в массиве, креплению горных выработок, управлению обрушением подрабатываемых пород, ведению горных работ в удароопасных условиях и другим актуальным вопросам горнорудного производства, а также выполнено большое количество хозяйственных работ (рис. 2).



*Рис. 2. Динамика подготовки методических указаний, инструктивных материалов и выполнения хозяйственных договоров*

В 1989 г. Г.А. Маркову, А.А. Козыреву за цикл работ по исследованию напряженного состояния пород и управлению горным давлением в составе авторского коллектива присуждена Государственная премия СССР в области науки и техники.

В 2000 г. за разработку и внедрение комплекса мер борьбы с горными ударами на рудниках России в составе авторского коллектива А.А. Козыреву присуждена Премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

Все эти годы вплоть до настоящего времени сотрудники лаборатории регулярно выступают с докладами на всесоюзных – ныне всероссийских совещаниях и на международных мероприятиях. С первых дней своего существования лаборатория поддерживала тесные деловые отношения с ведущими научно-исследовательскими организациями и учебными институтами Советского Союза и России, которые сохраняются и поныне. И, конечно, выполнение большого количества полевых измерений и натурных экспериментов было бы невозможным без плодотворного взаимодействия с проектными организациями и производственными предприятиями, среди которых следует особо упомянуть ОАО «Апатит», ОАО «Ковдорский ГОК», ОАО «Ловозерский ГОК», ЗАО «Северо-Западная фосфорная компания».

Необходимо подчеркнуть, что значимую роль в развитии геомеханики в Горном институте КНЦ РАН сыграло наличие уникальной природной лаборатории – природно-технической системы «Хибины», заметно эволюционирующей под влиянием как природных факторов – современных тектонических процессов, так и техногенных – крупномасштабных горных работ, меняющих не только внешний облик Хибин, но и активно влияющих на геодинамический режим геологической среды. Всё это дает возможность находить адекватные модели основных геомеханических процессов и верифицировать их в реальных условиях формирования техногенной среды, находить оптимальные технологические решения и проверять их эффективность в процессе ведения горных работ.

Следует отметить, что сотрудники лаборатории активно участвуют в учебном процессе Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета и Кольского филиала Петрозаводского государственного университета. Убедительной иллюстрацией этого участия является подготовка и издание (совместно со специалистами Института проблем комплексного освоения недр РАН и Московского геологоразведочного университета) учебного пособия по геомеханике [42], в котором описаны наиболее распространенные методы определения свойств горных пород на образцах и в массиве, освещены вопросы определения напряженно-деформированного состояния массива вокруг горных выработок экспериментальными и аналитическими методами. Изложены основные закономерности напряженного состояния массива вокруг капитальных, подготовительных и очистных выработок,

детально рассмотрен процесс сдвижения горных пород при разработке полезных ископаемых, проанализированы причины возникновения на рудниках и в шахтах горных ударов и внезапных выбросов пород и газа, методы их прогнозирования и предотвращения.

Таким образом, непрерывное поступательное развитие геомеханических исследований в Горном институте КНЦ РАН в течение 50 лет (рис. 3), объясняется самой логикой эволюции научного знания, основанного на современных научных тенденциях и запросах практики. Важным условием этого развития являются внимание и помощь руководства института и его директора академика Н.Н. Мельникова, который глубоко понимает роль геомеханики в развитии горной науки и активно содействует выполнению этих исследований [43, 44].

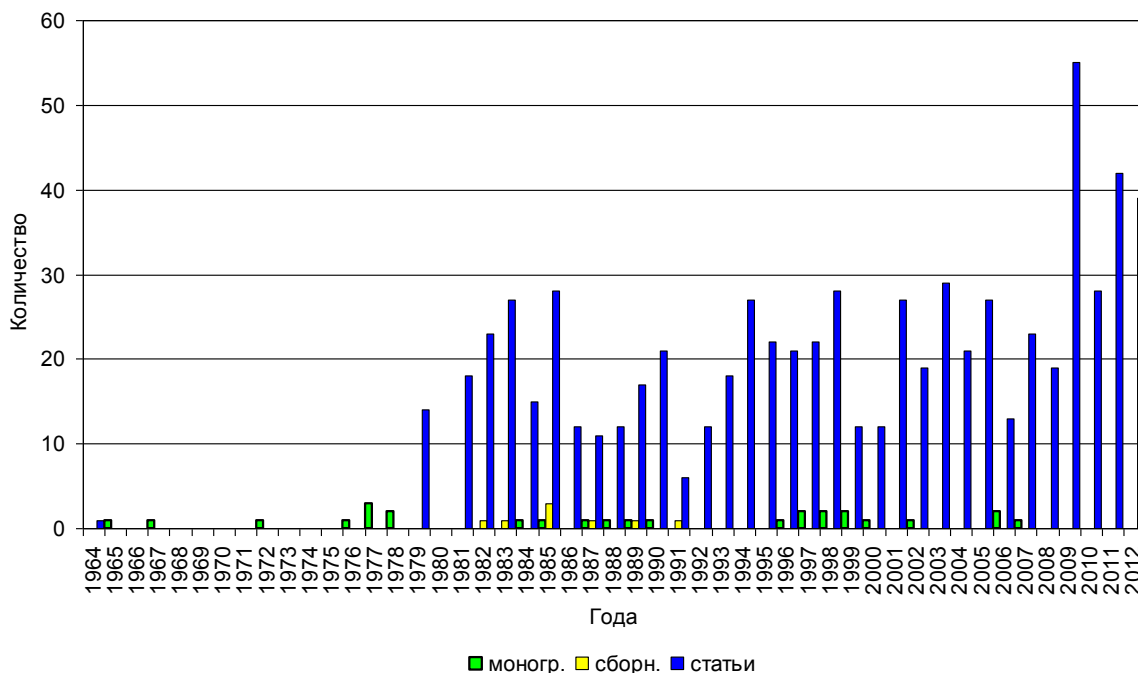


Рис. 3. Динамика издательской деятельности лаборатории

Необходимо подчеркнуть, что эволюция геомеханических исследований в нашем институте выражается не только количеством публикаций различного уровня, но и расширением и углублением научно-методических возможностей получения новых знаний, на основе которых разрабатываются перспективные технологии ведения горных работ: от лабораторных определений параметров свойств горных пород на образцах и дискретных натурных оценок состояния пород в массиве до современных автоматизированных комплексных систем геодинамического мониторинга природно-технических и горно-технических систем; от построения паспортов прочности горных пород и соответствующих расчётов на их основе до построения математических и численных геомеханических моделей в масштабном диапазоне от горнорудных провинций до отдельной горной выработки; от решения статических задач до системных исследований эволюции напряженно-деформированного состояния геологической среды с учетом ее нелинейных свойств и разработки на этой основе методологии управления геодинамическими рисками.

Эволюции геомеханических исследований в Горном институте КНЦ РАН содействовало и то, что в лаборатории было создано работоспособное креативное ядро, которое продолжает функционировать и в настоящее время. Хотя за этот период структура института претерпевала неоднократные изменения в связи с угасанием одних направлений и лабораторий и появлением других, что является естественным процессом развития любой сложной системы. Перспективы лаборатории связаны с притоком способной креативной молодежи. Можно сказать, что в судьбе лаборатории геомеханики нашего института как в капле воды отражается состояние дел во всей Российской академии наук, перспективы которой возможны лишь при условии мощного притока

молодежи. Остается надеяться на здоровое понимание целей науки и логику поступательного цивилизационного развития страны.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Турчанинов И.А. и др. О проявлениях горного давления в капитальных и подготовительных выработках на апатитовом руднике Расвумчорр / И.А. Турчанинов, Г.А. Марков, В.И. Иванов // Технология разработки рудных месторождений Заполярья. М.; Л.: Наука, 1964. С. 71–74.
2. Панасенко Г.Д. Землетрясения на Кольском полуострове 2 и 9. II. 1960. // Известия АН СССР. Сер. Геофизическая. 1961. № 4. С. 567–573.
3. Турчанинов И.А. Сдвигение и давление горных пород при разработке крутопадающих жил. М.; Л.: Наука, 1965. 95 с.
4. Турчанинов И.А. и др. Современные методы комплексного определения физических свойств горных пород / И.А. Турчанинов, Р.В. Медведев, В.И. Панин. Л.: Недра, 1967. 200 с.
5. Турчанинов И.А. и др. Геофизические методы определения и контроля напряжений в массиве / И.А. Турчанинов, В.И. Панин. Л.: Наука, 1976. – 164 с.
6. Современные проблемы механики горных пород // IV Всесоюзная конференция по механике горных пород: сб. науч. тр. Л.: ЛО Наука, 1972. 335 с.
7. Булычев Н.С. и др. Влияние академика Н.В. Мельникова на развитие механики горных пород и механики подземных сооружений / Н.С. Булычев, Н.Н. Фотиева // Развитие идей Н.В. Мельникова в области комплексного освоения недр (к 100-летию со дня рождения академика Н.В. Мельникова): сб. науч. тр. М.: УПАН ИПКОН РАН, 2009. С. 53–54.
8. Одинцов В.Н. Академик Н.В. Мельников и развитие горной геомеханики // Развитие идей Н.В. Мельникова в области комплексного освоения недр (к 100-летию со дня рождения академика Н.В. Мельникова): сб. науч. тр. М.: УПАН ИПКОН РАН, 2009. С. 57–60.
9. Турчанинов И.А. и др. Основы механики горных пород / И.А. Турчанинов, М.А. Иофис, Э.В. Каспарьян. Л.: Недра, 1977. 503 с.
10. Отражение современных полей напряжений и свойств пород в состоянии скальных массивов: сб. науч. трудов. Апатиты: КФАН СССР, 1977. 156 с.
11. Марков Г.А. Тектонические напряжения и горное давление в рудниках Хибинского массива. Л.: Наука, 1977. 213 с.
12. Тектонические напряжения в земной коре и устойчивость горных выработок / И.А. Турчанинов, Г.А. Марков, В.И. Иванов, А.А. Козырев. Л.: Наука, 1978. 256 с.
13. Техника контроля напряжений и деформаций в горных породах. Л.: Наука, 1978. 232 с.
14. Модели изменения напряженно-деформированного состояния массивов пород в приложении к прогнозу землетрясений // Измерение напряжений и их приложение в прогнозе землетрясений: сб. науч. тр. Апатиты: КФАН СССР, 1982. 152 с.
15. Природа и методология определения тектонических напряжений в верхней части земной коры. Апатиты: КФАН СССР, 1982.
16. Механика горных пород при подземном строительстве и освоении месторождений на больших глубинах. Л.: Наука, 1983. 200 с.
17. Марков Г.А. и др. Напряженное состояние пород и горное давление в структурах гористого рельефа / Г.А. Марков, С.Н. Савченко. Л.: Наука, 1984. 140 с.
18. Каспарьян Э.В. Устойчивость горных выработок в скальных породах. Л.: Наука, 1985. 184 с.
19. Взаимосвязь геолого-тектонического строения, свойств и структурных особенностей пород и проявлений избыточной напряженности: сб. науч. тр. Апатиты: КФАН СССР, 1985. 169 с.
20. Изменение напряженно-деформированного состояния и свойств пород в массиве при отработке месторождений полезных ископаемых: сб. науч. тр. Апатиты: КФАН СССР, 1985. 142 с.
21. Приложение результатов исследований полей напряжений к решению задач горного дела и инженерной геологии: сб. науч. тр. Апатиты: КФАН СССР, 1985. 121 с.
22. Методические рекомендации по изучению напряженно-деформированного состояния горных пород на различных стадиях геологоразведочного процесса (МР 41-06-079-86). М.: ВНИИгеоинформсистем, 1987. – 117 с.
23. Геомеханическое обеспечение разработки месторождений Кольского полуострова: сб. науч. тр. Апатиты: КФАН СССР, 1989. 98 с.
24. Совершенствование технологии подземной разработки маломощных рудных месторождений Кольского полуострова / И.И. Бессонов, В.Н. Боборыкин, А.И. Калашник, А.А. Козырев, А.Н. Любин, В.П. Гуменников. Апатиты: КНЦ АН СССР, 1989. 166 с.
25. Прогноз и предотвращение горных ударов на рудных месторождениях: сб. науч. трудов. (VIII координационное совещание по решению проблемы горных ударов при разработке рудных и нерудных месторождений и строительстве подземных сооружений, 1991). Апатиты: КНЦ РАН, 1993. 111 с.
26. Управление горным давлением в тектонически напряженных массивах: в 2-х ч. / А.А. Козырев, В.И. Панин, В.И. Иванов и др. Апатиты, 1996. Ч. 1. – 159 с.; Ч. 2. – 162 с.
27. Прогноз и предотвращение горных ударов на рудниках. М.: АГН, 1997. 376 с.
28. Глубокие рудоспуски / В.В. Гуцин, Ю.А. Епимахов, А.А. Козырев, В.А. Мальцев, В.А. Усынин, Г.М. Еремин. Апатиты: КНЦ РАН, 1997. 195 с.
29. Информационные технологии в горном деле в 2-х частях. Коллектив авторов. Апатиты: КНЦ РАН, 1998. Ч. 1 – 188 с.; Ч. 2 – 173 с.
30. Геомеханика при ведении горных работ в высоконапряженных массивах: сб. науч. тр. Апатиты: КНЦ РАН, 1998. 259 с.
31. Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых и освоения подземного пространства Северо-Запада России. Материалы Международной научной конференции, посвященной 275-летию образования Российской академии наук, 23–25 марта 1999 г.: сб. науч. докл. в 3-х ч. Апатиты: КНЦ РАН, 2001. Ч. 1 – 186 с.; Ч. 2 – 163 с.; Ч. 3. – 203 с.
32. Сейсмичность при горных работах / коллектив авторов; под ред. акад. Н.Н. Мельникова. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 325 с.
33. Геодинамическая безопасность при освоении недр и земной поверхности: сб. науч. тр. Апатиты: КНЦ РАН, 2003. 207 с.
34. Техногенная сейсмичность при горных работах: модели очагов, прогноз, профилактика: сб. докл. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. Ч. 1. – 225 с.; Ч. 2 – 197 с.
35. Controlling Seismic Risk // Sixth International Symposium on Rockbursts and Seismicity in Mines Proceedings (9–11 march 2006, Australia) – Australia: Australia Centre of Geomechanics, 2006.
36. Hiroo Kanamori Earthquake Prediction: Overview // International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology. London: Academic Press, 2003. Part B. – P. 1205-1216.
37. Кондратьев О.К. Прогноз землетрясений. Причины неудач и пути решения проблемы // Оценка и управление природными рисками «Риск-2003». М.: РУДН, 2003. Т. 1. С. 148–152.
38. Любушин А.А. Геодинамический мониторинг: шумы, сигналы, предвестники // Проблемы геофизики XXI века. М.: Наука, 2003. Кн. 2. С. 70–94.
39. Соболев Г.А. Концепция предсказуемости землетрясений на основе динамики сейсмичности при триггерном воздействии. М.: ИФЗ РАН, 2011.
40. Панин В.И. К прогнозу сейсмической опасности при разработке удароопасных месторождений // Геомеханика при ведении горных работ в высоконапряженных массивах. Апатиты: КНЦ РАН, 1998. С. 66–73.
41. Управление геодинамическими рисками в высоконапряженных



массивах скальных пород / А.А. Козырев, В.И. Панин, В.А. Мальцев, Ю.В. Федотова // Горное дело в Арктике. СПб.: Типография Иван Федоров, 2005. С. 62–69. 42. Геомеханика: уч. пособие. М.: Высш. шк., 2006. 503 с. 43. Прогноз и профилактика техногенных землетрясений с позиций нелинейной геодинамики / Н.Н. Мельников, А.А. Козырев, С.Н. Савченко, В.И. Панин, В.А. Мальцев // ФТПРПИ, 2001. № 4. С. 17–31. 44. Мельников Н.Н. и др. Техногенная сейсмичность как отражение эволюции напряженно-деформированного состояния геологической среды в горнорудной природно-технической системе / Н.Н. Мельников, А.А. Козырев, В.И. Панин // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле. М.: ИФЗ, 2009. Т. 2. С. 366–377.

*Методические руководства и инструктивные материалы, подготовленные лабораторией геомеханики за период 1960–2012 гг.*

1. Временная инструкция по контурному взрыванию при проходке горных выработок в скальных породах (АН СССР, КФАН СССР, ГМИ, Лаборатория механики горных пород). Мурманск: МКИ, 1967. 64 с.
2. Руководство по определению напряженного состояния горных пород в массиве ультразвуковым методом. Апатиты: КФ АН СССР, 1970. 73 с.
3. Рекомендации по отработке участков Хибинских апатитовых месторождений в условиях высокого горного давления. Апатиты: КФ АН СССР, 1972. 28 с.
4. Руководство по креплению горных выработок железобетонной штанговой крепью на рудниках комбината «Апатит». Апатиты: КФ АН СССР, 1972. 33 с.
5. Экспериментальное определение полного тензора напряжений в массиве горных пород (методическое руководство). Апатиты: КФ АН СССР, 1973. 37 с.
6. Оптимизация параметров и технологических процессов систем подземной разработки недр. Апатиты: КФ АН СССР, 1974. 176 с.
7. Методические указания по численному расчету динамических воздействий на породный массив и выработки. Апатиты: КФ АН СССР, 1976. 35 с.
8. Инструкция № 112 по креплению горных выработок на рудниках производственного объединения «Апатит». Кировск: Кировский рабочий, 1976. 52 с.
9. Методические указания по прогнозу устойчивости и поддержанию выработок на глубинных горизонтах Хибинских рудников. Апатиты: КФ АН СССР, 1977. 71 с.
10. Проходка сверхглубоких рудоспусков на Центральном руднике производственного объединения «Апатит» (информационно-методические материалы). Кировск: КФ АН СССР, 1982. 40 с.
11. Методические указания по сооружению протяженных вертикальных выработок способом снизу вверх в высоконапряженных породах. Апатиты: КФ АН СССР, 1983. 86 с.
12. Указания по безопасному ведению горных работ на Хибинских апатитонэфелиновых месторождениях склонных к горным ударам. Апатиты; Кировск: КФ АН СССР, 1985. 85 с.
13. Методика расчета и выбора крепи очистных блоков для условий рудника «Карнасурт». Апатиты: КФ АН СССР, 1986. 25 с.
14. Технологическая инструкция по креплению выработок на рудниках производственного объединения «Апатит» им. С.М.Кирова. Кировск: Кировский рабочий, 1988. 86 с.
15. Инструкция по креплению выработок на рудниках производственного объединения «Апатит» им. С.М. Кирова. Апатиты; Кировск: КФ АН СССР, 1988. 67 с.
16. Указания по безопасному ведению горных работ на Ловозерском месторождении, склонном к горным ударам. – Апатиты: КНЦ РАН, 1988. 68 с.
17. Указания по управлению обрушением покрывающих пород на подземных рудниках производственного объединения «Апатит» им.С.М. Кирова. Апатиты: КНЦ РАН, 1988. 25 с.
18. Временные указания по приведению выработок в неудароопасное состояние методом бурения разгрузочных скважин и шпуров на рудниках производственного объединения «Апатит». Апатиты; Кировск: КНЦ РАН, 1989. 20 с.
19. Указания по безопасному ведению горных работ на Хибинских апатитонэфелиновых месторождениях, склонных к горным ударам. Апатиты: КНЦ РАН, 1992. 66 с.
20. Разработка методических принципов диагностики тектонических напряжений в верхней части земной коры с целью управления динамическими проявлениями горного давления. Апатиты: КНЦ РАН, 1994. 66 с.

21. Проект опытно-промышленного участка с вертикальными откосами уступов на II очереди рудного РДКК (карьер рудника «Железный» АО «Ковдорский ГОК») / *В.А. Александров, А.Н. Быховец, Б.В. Славский, Г.Е. Тарасов (ОАО «Ковдорский ГОК»), А.А. Козырев, Э.В. Каспарьян, С.П. Решетняк, В.В. Рыбин* (Горный ин-т КНЦ РАН), 1999–2000 г. 107 с. (включая приложения и дополнительные материалы).
22. Указания по управлению обрушением покрывающих пород, охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на рудниках открытого акционерного общества «Апатит. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 51 с.
23. Геомеханическое и техническое обоснование возможности укрупнения бортов карьера рудника «Железный» в конечном положении / Регламент (по х/д № 22101); Горный ин-т КНЦ РАН; ФГУП ВИОГЕМ; Апатиты, 2002 г. 320 с.
24. Инструкция по креплению горных выработок на рудниках открытого акционерного общества «Апатит. Апатиты; Кировск: КНЦ РАН, 2003. 73 с.
25. Переработка «Указаний по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам (Хибинские апатит-нефелиновые месторождения). 2010.
26. Инструкция по креплению горных выработок на рудниках открытого акционерного общества «Апатит». 2011.
27. Экспертная система: Исследование закономерностей перераспределения полей напряжений при отработке глубоких горизонтов подземных рудников ОАО «Апатит» для обоснования технических решений по повышению безопасности и эффективности горных работ, 2011.
28. Инструкция по креплению горных выработок на месторождении апатит-нефелиновой руды Олений ручей. 2012.
29. Методические указания по безопасному ведению горных работ в удароопасных условиях месторождения апатит-нефелиновой руды Олений ручей. 2012.
30. Технологический регламент «Отработка запасов месторождения «Плато Расвумчорр» рудником «Центральный». 2012.
31. Регламент на укрупнение бортов карьера месторождения апатит-нефелиновой руды Олений ручей». 2012.

#### **Сведения об авторах**

*Козырев Анатолий Александрович* – д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ, зам. директора Института по научной работе; e-mail: kozar@goi.kolasc.net.ru

*Панин Виктор Иванович* – к.т.н.; с.н.с., вед. научный сотрудник; e-mail: panin@goi.kolasc.net.ru

## К ИСТОРИИ ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СУПРАКРУСТАЛЬНЫХ ТОЛЩ ДОКЕМБРИЯ В КАРЕЛО-КОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

**А.А. Предовский**

Геологический институт КНЦ РАН

### Аннотация

Статья содержит краткий исторический обзор геолого-петрогеохимических исследований супракрустальных комплексов Карело-Кольского региона в формационном аспекте. Предположительно прогнозируются возможные направления будущих работ.

### Ключевые слова:

*петрогеохимические исследования, супракрустальные комплексы докембрия, геологическая история.*

*«Но есть в сердце Земли иное, неизмеримое  
могущество...» М.В. Ломоносов, 1763 г.*



Это началось в Карелии в 1961 г., когда я, молодой, но уже «оперившийся» геолог вернулся из почти 5-летней заграничной командировки в Китайскую народную республику (после окончания аспирантуры в Ленинградском госуниверситете на кафедре месторождений радиоактивных элементов). В КНР мы все быстро росли профессионально в связи с напряженностью и ответственностью работы. Я и моя молодая советская команда были не советниками, а вместе с китайскими коллегами прямыми исполнителями на территории бассейна р. Хуанхэ (это четверть территории КНР, т.е. около 2.5 млн кв. км). В этом объединении я был главным геологом, готовившим попутно китайского напарника, а в последний год участвовал в организации учебного отделения в Пекинском геологическом институте, где для будущих преподавателей читал свой курс лекций «Основы металлогении урана», изданный институтом в 1960 г. на китайском языке. И это была моя первая и единственная публикация в связи со спецификой работы, в которой публикации вообще не практиковались.

Понятно, что из-за имевшихся сложностей научного общения по возвращении я, несмотря на заманчивые предложения в Мингео СССР, пошел (по приглашению Н.Г. Судовикова) в родной Ленинградский госуниверситет на должность ассистента (а позже – доцента) и читал два профилирующих курса на кафедре по геологии и поискам месторождений всё тех же элементов.

Вот тогда и родилась как дополнение к учебным планам идея комплексного геолого-петрогеохимического изучения метаморфических толщ докембрия (прежде всего как супракрустальных образований) с надеждой на разрешение вечно модного вопроса о возможных источниках рудного вещества эндогенных месторождений. Идея была поддержана такими исследователями, как Н.Г. Судовиков, Л.Я. Харитонов, Н.М. Сеницын, В.И. Лебедев, а также производственными организациями Северо-западного территориального геологического управления (СЗТГУ). С этой стороны мы (позволю себе далее писать везде «мы», чтобы избежать портящего текст «якания») с особой благодарностью вспоминаем Меера Соломоновича Зискинда, изначально идейно и мощно, в том числе и финансами, поддержавшего нас на первых этапах работы. Он был начальником Комплексной тематической экспедиции СЗТГУ. Здесь самое время подчеркнуть, что хотя на первых порах развития рассматриваемого направления исследований мы не ссылались на источники формационного плана, да и не осознавали в должной мере того, что по существу мы работали в рамках формационного подхода Н.С. Шатского, мы с самого начала видели необходимость максимального привлечения количественных характеристик пород и процессов породообразования для повышения достоверности и информативности конечных выводов, что выразилось в применении массового опробования и использовании в разных аспектах петрогеохимических методов и является актуальным для современного развития формационного подхода. Обоснование сказанному можно видеть в одной из новых публикаций [1].

В качестве первой области для постановки региональных петрогеохимических исследований метаморфических комплексов докембрия было избрано Северное Приладожье, с одной стороны,

достаточно хорошо изученное отечественными и зарубежными исследователями, а с другой стороны, отличавшееся спорами и противоречиями между многими из них. Наша работа проходила в 1961-1964 гг. Мы в северном Приладожье – это автор данной статьи, а также В.П. Петров и О.А. Беляев, аспиранты Н.Г. Судовикова. Периодически в полевых работах принимали участие О.Л. Сняtkова, А.С. Сергеев, Г.А. Митенков, В.А. Безукладнов, Н.А. Каримув.

Как и в других районах, изучавшихся в последующие годы, наша работа в Северном Приладожье вначале заключалась в рекогносцировках и в выборе наиболее достоверной модели строения и истории развития территории, а при необходимости и в дополнительных маршрутных и картировочных исследованиях. Подробнее содержание начального и других этапов рассмотрено в специальных «Методических указаниях» [2]. В ходе начального этапа мы однозначно убедились в том, что наиболее достоверной для Северного Приладожья является геологическая модель замечательного геолога-съёмщика Л.Н. Потрубович, в принципе принявшей схему финских геологов, по которой Северное Приладожье – раннепротерозойская подвижная область, переходная к свекофеннидам, в связи с чем многие осадочные и вулканогенно-осадочные толщи в её пределах есть стратиграфические аналоги сариолия, ятулия и калевия Карелии, но дислоцированные и метаморфизованные в условиях более интенсивного регионального метаморфизма. Последнее, т.е. метаморфизм, рядом грозных отечественных оппонентов Л.Н. Потрубович принималось за критерий возраста, а гнейсовые толщи Приладожья – за архей.

Наши работы и работы других исследователей подтвердили правоту Л.Н. Потрубович. Итоги по Сев. Приладожью изложены в монографии [3], которая содержит выводы об условиях седиментогенеза и вулканизма раннего протерозоя и обобщенные данные по петрогеохимии и метаморфизму пород. Можно вспомнить, что уже для Сев. Приладожья мы пытались разобраться и в первичной природе метаморфитов, что делалось нами в подобных случаях и позже на основе более совершенных методов, о чем говорится ниже.

Совершенно необходимо назвать имя исследователя докембрия Балтийского щита Ахти Симонена [4], впервые применившего петрохимический подход для разделения пород свекофеннид Финляндии на первично осадочные и вулканические. Составленная им диаграмма обладала низким разрешением из-за использования магматических параметров П. Ниггла, но это был пионерский шаг. Нам привелось позже познакомиться с ним на одном из международных совещаний по докембрию. Он оказался симпатичным дедом, высоко ценившим армянский коньяк, что нужно отметить в силу исторической правды. Второй областью региональных петрогеохимических исследований (в пределах Кольского региона) стал Печенгский синклиниорий, 1965–1970 гг. Основные исполнители – А.А. Предовский, Ж.А. Федотов, А.М. Ахмедов. В ходе полевых и камеральных работ на отдельных этапах принимали участие А.С. Воинов, А.А. Жангуров, Ю.И. Ильин. Геологической и стратиграфической основой для нас была капитальная работа [5], а также фондовые материалы Печенгской геолого-разведочной партии. В ходе исследования уточнялись принципы планирования и отбора петрогеохимических проб [2].

Итоги изучения печенгского комплекса изложены в ряде статей и в монографии [6]. Был исследован состав метаосадков и метавулканитов, выявлены важные тенденции: эволюции седиментогенеза и вулканизма, охарактеризована классификация метаосадков и метавулканитов по их первичному, дометаморфическому составу и распределение рудогенных элементов. Одним из самых интересных результатов петрогеохимического изучения печенгского синклинория, о чем многие уже забыли, было выявление в супракрустальном комплексе огромного суммарного объема пикритовых метатуфов, метатуфобрекчий и туфогенно-осадочных пород, прямо связанных с пикритовым вулканизмом. Оказалось, что пикритовые продукты присутствуют во всём разрезе печенгского супракрустального комплекса и эволюционируют в направлении повышения меланократовости и щелочности. Стало ясно, что супракрустальные пикритовые породы и никеленосные интрузивы Печенги образуют единую вулканоплутоническую ассоциацию. Это впервые обсуждалось нами в специальной статье [7]. Прямой причиной появления этой принципиально важной для Печенги новости было последовательно выдержанное применение принципа непрерывности опробования супракрустального разреза. Необходимо пояснить, что невнимание предшественников к пикритовым туфобрекчиям в разрезах связано с тем, что в обнажениях это обычно самые «некрасивые» породы, что обусловлено высокой эксплозивностью процесса и часто подводным характером их накопления.

Особенности петрогеохимии пикритовых метавулканитов уже тогда привели нас к важному выводу о разной глубинности очагов магмообразования для метабазальтов и метапикритов Печенги, что и подтверждается новыми исследованиями Ж.А. Федотова, показавшего, что возможная глубина родоначальных пикритовых очагов Печенги составляет около 400 км.

Вероятно, стоит отдельно упомянуть об одном существенном шаге в развитии рассматриваемого направления. Это изучение возможностей распознавания или реконструкции первичной природы региональных метаморфитов. В свое время появилась серия работ различных авторов на эту тему, но мы здесь говорим о развитии петрогеохимических исследований в Геологическом институте КНЦ РАН. Впервые систематическое исследование на названную тему появилось в 1970 г. [8]. На титуле указано, что это издание Кольского филиала АН СССР, но поскольку исторический характер настоящей статьи требует писать правду, сообщая читателю, что из-за административно-научных сложностей работа была издана на собственные деньги автора и не в издательстве КФАН СССР, а в типографии газеты «Кировский рабочий», где к автору, хотя и человеку с улицы, отнеслись доброжелательно, по-рабочему.

Позже разработка способов распознавания первичной природы метаморфитов продолжалась и привела к появлению более глубокого обоснования проблемы и методов ее решения, в чем автор получал поддержку и помощь со стороны коллег, как близких (Е.В. Мартынова, О.А. Беляева), так и весьма высокопоставленных, первым из которых был акад. А.В. Сидоренко, при его поддержке в 1980 г. в рамках проекта 91 «Металлогения докембрия» Международной программы геологической корреляции вышла работа «Реконструкция условий седиментогенеза и вулканизма раннего докембрия» [9]. Упомянутые монографии [8, 9], а также ряд статей на ту же тему составили основу докторской диссертации, в которой проблема реконструкции первичного состава региональных метаморфитов и первичных условий их формирования была рассмотрена по возможности полно [10].

В 1970–1980-е гг. названной проблеме уделялось значительное внимание в геологической литературе как в СССР, так и за рубежом. И разработки автора настоящей статьи получили распространение и использовались при геологическом картировании и решении специальных задач. Это было связано с простотой предлагаемых методов и их хорошей разрешающей способностью. Уместно определить причину этого. Дело в том, что к настоящему времени, благодаря большому объему накопленных прямых фактических данных, можно утверждать, что региональный метаморфизм как процесс, связанный главным образом с определенным этапом развития крупных подвижных поясов, именуемых в классической континентальной геологии геосинклинальными системами, вызывается опережающей волной мощного водородного теплоносителя на стадии общей инверсии [1], в связи с чем супракrustальные толщи подвижных поясов подвергаются перекристаллизации, пластическому течению и появлению новых минеральных фаз, но сохраняют главные черты исходного химического состава. Это и обеспечивает простоту и надежность подхода к распознаванию первичной природы региональных метаморфитов способами их сопоставления с неметаморфизованными аналогами и гомологами.

Для преодоления существующих разногласий по поводу «изохимичности» регионального метаморфизма, по-видимому, крайне необходимо более четко сформулировать понятия о метаморфизме, а вернее о региональном метаморфизме и метасоматизме. Во многих современных публикациях даже серьезных авторов они смешиваются. Но граница обсуждаемых понятий существует как раз на уровне определения «изохимичности» рассматриваемых процессов. Если процесс преобразования пород (или система преобразования) открыт для воды, углекислоты и некоторых малых компонентов, но закрыт для всех остальных породообразующих, то это вариант регионального метаморфизма, а если открыт, то это метасоматизм. Решение о применении такого подхода исключительно важно для ряда вопросов формационного анализа и минерагенических представлений. Например, Ю.Н. Половинкина давно показала, что метаморфических формаций не существует. Автор настоящей статьи глубоко убежден в том же по причинам, изложенным выше. Дело в том, что региональный метаморфизм не создает нового вещества метаморфических толщ, а преобразует его на фазовом (минеральном) уровне. Поэтому корректно говорить не о метаморфических формациях, а о метаморфизованных геологических формациях. Но и сегодня пишутся и публикуются работы о метаморфических формациях, что обедняет наше общее геологическое знание в области взаимодействия геосистем.

После геолого-петрогеохимического исследования раннепротерозойского Печенгского комплекса подобные работы были осуществлены как сотрудниками нашей лаборатории литологии и геохимии метаморфических комплексов, так и совместно с другими лабораториями Геологического института и даже с геологами производственных организаций. В числе таких районов – Имандра-Варзугская зона карелид (совместная работа с группой В.Г. Загородного, 1975–1979 гг., итоги отражены в коллективной монографии [11], и в ряде др. статей); позднеархейская зона Колмозеро-Воронья и отчасти кейвский блок (под рук. А.П. Белолипецкого 1975–1980 гг. [12]), юго-восточная часть раннепротерозойского Куоло-Выгозёрского пояса (под рук. В.А. Мележика [13–15]), гранулитовый архейско-протерозойский пояс (под рук. Н.Е. Козлова [16]).

Общие итоги первого, начального этапа исследований по рассматриваемому направлению были подведены в монографии А.А. Предовского и др. «Вулканизм и седиментогенез докембрия северо-востока Балтийского щита» [14]. В работе, кроме обобщенных петрогеохимических характеристик исследованных комплексов докембрия, содержатся выводы о закономерностях их развития, эволюции седиментогенеза и вулканизма и базирующиеся на большом фактическом материале представления о периодизации и корреляции геологических событий и металлогенических перспективах метаморфических комплексов докембрия региона. У данной публикации, сохраняющей в определенной мере свое значение в области теоретических и минерагенических перспектив и содержащей результаты почти 20-летней работы большой группы исследователей Геологического института КНЦ РАН, есть свои драматические моменты в истории создания и издания, но они не умещаются в рамки краткого исторического очерка.

Наши общие усилия не прошли даром в еще одном направлении. В результате полевых и камеральных работ по многим районам Кольского региона сформировался базовый банк петрогеохимических данных, получивший в память о первом геохимике региона А.Е. Ферсмана название «Тиетта». Сейчас (усилиями Е.В. Мартынова) он реорганизуется и возрождается, поддерживаемый вновь возникшими возможностями информационного обеспечения и обмена.

Поскольку исследования, весьма кратко охарактеризованные в данном очерке, продолжаются, имеет смысл обозначить их место в развитии формационного анализа супракрустальных толщ и не только применительно к докембрию, но и к геологической истории Земли в целом.

Сейчас наблюдается некоторое снижение интереса к формационному анализу в геологии, причем это происходит на фоне явно наметившегося в геологических науках перехода от классического этапа к постклассическому. В более развитых и точных науках (например, в физике) он уже произошел, и философы анализируют принципиальные различия классического и постклассического состояния наук. Попробуем схематически обозначить подобные различия для формационного анализа супракрустальных толщ, сохраняя доброжелательное отношение к предшественникам, к которым в данном случае относится Н.С. Шатский, сформулировавший базовые понятия и представления о геологических формациях и их ассоциациях (вертикальных и горизонтальных рядах). Главным в его подходе было то, что сами формации есть парагенетические совокупности горных пород (т.е. генетически неродственных), имеющих общую пространственно-временную привязку. Иначе это геоисторические совокупности пород, имеющих в общем случае различное происхождение, отражающие особенности остановок и режимов на определенных этапах развития крупных структурных ансамблей.

Подходя к супракрустальным толщам с этой точки зрения, мы можем сказать, что вся геологическая история Земли, начавшаяся после возникновения сиалической протокры (немногим менее 4 млрд лет назад), так или иначе достаточно полно записана в стратифере Земли, составляющей большую часть земной коры. Низы стратиферы ложатся на сиалическую протокры, которая является догеологическим образованием (доархейского или хадейского времени), т.е. фундаментом стратиферы. Сиалическая протокры ограничена снизу поверхностью Конрада, о чем давно писали геофизики, а далее внизу, вероятнее всего, необходимо выделять переходную зону кора – мантия, в которой располагается фазовая граница Мохо (не геоисторическая, а физическая, которая может смещаться, дробиться и даже исчезать на участках тектонической активизации, что можно видеть на многих глубинных геофизических профилях). Переходная зона кора – мантия, что заявлено в ряде геофизических публикаций, может иметь мощность до многих километров.

Совокупность супракрустальных толщ стратиферы от древнейших до современных и есть главная книга геологической истории Земли. Подчеркнем – главная и единственная, поскольку



породившие ее глубинные зоны Земли с тех пор эволюционировали, а следы бывшего остались в слоях стратисферы.

В нижних частях стратисферы супракрустальные толщи многократно подвергались деформациям и метаморфизму разных фаций и степеней, в связи с чем выделение формационных единиц (формаций) часто, в принципе, невозможно. Поэтому и для всей стратисферы при общем анализе минимальной единицей следует принять вертикальный ряд формаций, если нужен геоисторический аспект. Этот принцип автоматически распространяется на весь разрез стратисферы из-за необходимости достоверных результатов геоисторических сопоставлений. Отметим, например, что общее количество вертикальных формационных рядов для коры Кольского региона и его шельфового обрамления составляет около 15. Такой учет условий и данных по докембрию неизбежен, т.к. докембрий составляет не менее 6/7 общего геологического времени.

По причине всего изложенного вскрытие информации о геологической истории Земли, записанной в составе супракрустальных и сопровождающих плутонических пород стратисферы, – одна из важнейших задач геологической науки. И путь ее решения – формационный анализ. Но не классический, который был нацелен на узнавание априорно выделенных региональных и континентальных структур и режимов их формирования, а постклассический, построенный на множественных количественных показателях и нацеленный не на узнавание известного, а на открытие новых эмпирических закономерностей и факторов образования, развития и эволюции структурных ансамблей и формационных совокупностей экзогенных и эндогенных пород и сопровождающих их минерогенических проявлений.

В наше время нередко говорят и пишут, что «формационный анализ устарел, а ... мы будем изучать структурно-вещественные комплексы...». За этим ясно видна попытка «перевесить вывески» и под шум «революционных перемен» присвоить важную российскую по крови идею формационного подхода в геологии. В настоящей публикации автор пытался показать, что петрогеохимические исследования в Геологическом институте КНИЦ РАН уже давно были направлены не только на преемственность, но и на активное совершенствование отечественного формационного подхода к изучению супракрустальных толщ докембрия и фанерозоя для превращения его в эффективный инструмент выявления новых эмпирических закономерностей структуро- и пороодообразования, а также минерогенического анализа и прогноза, в частности, открывая путь математическому моделированию геологических объектов, процессов и тенденций их эволюции.

Завершая краткий и, конечно, не претендующий на полноту обзор развития в Кольском регионе петрогеохимических исследований супракрустальных толщ докембрия, хочется осторожно и в предположительной форме заглянуть вперед и представить себе, какие могут возникнуть в будущем обобщения при продолжении подобных работ в формационном плане и применительно не только к докембрию, но и фанерозою. Добавим, что это должно быть сделано исключительно на основе эмпирических обобщений, т.е. на фактической основе. Сейчас эти намётки только пунктирно проявляются в огромной мировой базе опубликованных материалов, не только петрогеохимических, но и геофизических, геоисторических, палеотектонических и общегеологических. Представим себе эти моменты как предложения для размышлений и поисков в виде хотя бы нескольких пунктов, но написанных в решительной форме:

- геологическая история Земли, записанная в стратисфере, в основном заключается в истории «строительства» континентов. Это «строительство» обеспечивалось периодическим радиальным транспортом из мантии в протокору и на поверхность магмы базальтового состава, продукты которой вовлекались в кругооборот эндогенных и экзогенных преобразований и наращивали кору преимущественно в зонах максимально интенсивного радиального транспорта базальтов, где и сформировались постепенно протократоны, а затем и их группы, образовавшие континентальные массивы. Начальные стадии формирования коры континентов запечатлены в составе и строении щитовых структур континентов. Последние, по мнению ряда авторов, являются не просто выступами древнего фундамента, а древнейшими ядрами континентов, что делает их весьма ценными объектами формационного геолого-петрогеохимического изучения;

- процессы зарождения и роста континентов определялись и управлялись рядом космических факторов, прежде всего нарушениями режима вращения Земли в системе Луна-Земля, а также высокой изначальной неоднородностью строения Земли, описываемой концепцией ее гетерогенной полихронной аккреции.

Отмеченные факторы определили неравномерность распределения на Земле континентальных масс, постоянство их размещения относительно мантии в целом и постепенное развитие (синхронно с континентами) глобальной системы долгоживущих глубинных линеаментных зон повышенной неоднородности (разломных структур высшего порядка), которые и являются каналами транспорта глубинных теплоносителей в верхнюю мантию, кору и атмосферу (что нередко обозначается как «дегазация Земли»). Долгоживущие глубинные линеаментные зоны как каналы радиального транспорта теплоносителей и сопровождающих веществ из глубин мантии и внешнего ядра определяют историю и характер основных эндогенных процессов – магматизма, метаморфизма, метасоматизма, эндогенной минерализации, а также особенности коро-мантийного взаимодействия, т.е. гравитационный контроль тектоносферы. Энергетически всё это (как показано Ю.Н. Авсюком [17–19]) поддерживается в основном теплом приливных сил – единственным возобновляемым источником эндогенного тепла Земли. Конечно, долгоживущие линеаментные зоны эволюционируют, меняется их рисунок, но неизменно одно – они связывают глобальной сетью глубинные и внешние геосферы Земли в долговременных процессах;

- объем базальтового вещества, потраченного как изначальный материал на строительство континентов и их шельфов, огромен и составляет приблизительно около 6 млрд куб. км. Если учесть еще и нарастающий подъем континентальных масс, в целом начавшийся в рифее (что подтверждается документально), то становится ясно, почему «провалились» океаны в мезокайнозой, что видно простым глазом на картах рельефа континентов и дна океанов (без воды). Этап «океанизации Земли» в мезокайнозой как-то связан с горизонтальным пластичным перетеканием вещества мантии под всплывающие континенты под действием гравитационных сил. «Океанизация» закономерно завершает известную нам геологическую историю Земли, которая отличается исключительно мощной необратимой эволюцией. Это сказалось и на истории биосферы;

- и всё это, так или иначе, записано в стратифере. А «читать» эти записи, по глубокому убеждению автора, можно только с помощью обновленного формационного исследования, на хорошей количественной фактологической (эмпирической по В.И. Вернадскому) основе. Это следует из рассмотрения опыта петрогеохимических исследований докембрия. Так нам кажется.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Предовский А.А.* Формационный анализ супракрустальных толщ (введение в проблему стратиферы Земли. Мурманск: МГТУ, 2011. 190 с.
2. *Предовский А.А.* Методические указания по процедуре геолого-геохимической реконструкции первичной природы регионально метаморфизованных горных пород. Мурманск: МГТУ, 2008. 39 с.
3. *Предовский А.А. и др.* Геохимия рудных элементов метаморфических серий докембрия (на примере Северного Приладожья) / *А.А. Предовский, В.П. Петров, О.А. Беляев.* Л.: Наука, 1967. 139 с.
4. *Simonen F.* Stratigraphy and Sedimentation of the Svecofenidic early archaean supracrustal Rocks in South Western Finland // *Bull. comm. geol. Finl.* 1953. № 160.
5. *Загородный В.Г., Мирская Д.Д., Сулова С.Н.* Геологическое строение печенгской осадочно-вулканогенной серии. М.–Л.: Наука, 1964, 208 с.
6. *Предовский А.А. и др.* Геохимия Печенгского комплекса / *А.А. Предовский, Ж.А. Федотов, А.М. Ахмедов.* Л.: Наука, 1974.
7. *Предовский А.А. и др.* Эволюция состава базит-гипербазитовых пород и ее роль в формировании медно-никелевого оруденения Печенги / *А.А. Предовский, А.А. Жангуров, Ж.А. Федотов* // Проблемы магматизма Балтийского щита. Л.: Наука, 1971. С. 166–176.
8. *Предовский А.А.* Геохимическая реконструкция первичного состава метаморфизованных вулканогенно-осадочных образований докембрия. Апатиты: КФАН СССР, 1970. 115 с.
9. *Предовский А.А.* Реконструкция условий седиментогенеза и вулканизма раннего докембрия. Л.: Наука, 1980. 152 с.
10. *Предовский А.А.* Проблема распознавания протоприроды метаморфитов и эволюция седиментогенеза и вулканизма докембрия: дис. ... д.г.-м.н. Апатиты: КНЦ РАН, 1987. 457 с.
11. *Загородный В.Г., Предовский А.А. и др.* Имандра-Варзугская зона карелид (геология, геохимия, история развития). Л.: Наука, 1982. 280 с.
12. Геология и геохимия метаморфических комплексов раннего докембрия Кольского полуострова / *А.П. Белолипецкий, В.Г. Гаскельберг и др.* Л.: Наука, 1980. 240 с.
13. *Мележик В.А. и др.* Геохимия раннепротерозойского литогенеза (на примере северо-востока Балтийского щита) / *В.А. Мележик, А.А. Предовский.* Л.: Наука, 1982. 208 с.
14. Вулканизм и седиментогенез докембрия северо-востока Балтийского щита / *А.А. Предовский, В.А. Мележик и др.* Л.: Наука, 1987. 185 с.
15. *Мележик В.А.* Седиментационные и осадочно-породные бассейны раннего протерозоя Балтийского щита (к проблеме реконструкции постседиментационных преобразований). СПб.: Наука, 1992. С. 256.
16. *Козлов Н.Е. и др.* Лапландский гранулитовый пояс – первичная природа и развитие / *Н.Е. Козлов, А.А. Иванов, Л.И. Нерович.* Апатиты: КНЦ РАН, 1990. 166 с.
17. *Авсюк Ю.Н.* Приливные силы и природные процессы. М.: ОНФЗ РАН, 1996. 186 с.
18. *Авсюк Ю.Н.* Внеземные факторы, воздействующие на тектогенез / *Фундаментальные проблемы общей тектоники.* М., Научный мир, 2001. С. 425–443.
19. *Авсюк Ю.Н.* Диссипативный разогрев недр Земли, Луны приливными силами, формирующими соизмеримость их орбитально-вращательного движения // *Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ.* М.: ГЕОС, 2002, С. 78–79.

#### Сведения об авторе

*Предовский Александр Александрович* – д.г.-м.н., профессор, ведущий научный сотрудник,  
e-mail: kafgeol@afmgtu.apatity.ru

## ВОСПОМИНАНИЯ ПРОФЕССОРА Б.Е. БРЮНЕЛЛИ О РАБОТЕ НА КАФЕДРЕ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ЛЕНИНГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Публикация подготовлена **Е.Д. Терещенко** и **В.В. Сафаргалеевым**  
Полярный геофизический институт КНЦ РАН

### Аннотация

В начале следующего года исполнится сто лет со дня рождения выдающегося советского геофизика, профессора Бориса Евгеньевича Брюнелли, заместителя директора Полярного геофизического института КФАН с 1967 по 1985 г. Отдавая дань памяти выдающемуся ученому, приложившему немало сил к формированию сегодняшнего научного лица ПГИ, мы публикуем ниже воспоминания Бориса Евгеньевича о малоизвестном широкой общественности периоде становления отечественной геофизики.

### Ключевые слова:

*электроразведка, полезные ископаемые, планетарная геофизика, магнитометр.*



### Вступительное слово

В начале следующего года исполнится сто лет со дня рождения выдающегося советского геофизика, проф. Бориса Евгеньевича Брюнелли (рис.). В течение нескольких лет, начиная с 1967 г., Борис Евгеньевич, будучи заместителем директора института, осуществлял научное руководство Полярным геофизическим институтом (ПГИ) КФАН СССР. Основными направлениями научной работы Б.Е. Брюнелли являлись исследования геомагнитных возмущений и совершенствование техники магнитных измерений. Б.Е. Брюнелли создал серию магнитометрических приборов, позволивших существенно расширить область геофизических исследований и решить ряд фундаментальных и народно-хозяйственных проблем. Созданный еще в предвоенные годы градиентометр позволил впервые в мировой практике определять местоположение затонувшего корабля, а также проводить поиск магнитных аномалий с движущихся объектов. Разработанная Б.Е. Брюнелли портативная магнитовариационная станция позволила перенести измерения переменного геомагнитного поля в Арктику и Антарктику и в течение многих лет являлась в нашей стране основным прибором экспедиционных наблюдений. Созданный Б.Е. Брюнелли высокочувствительный магнитометр позволил (опять же впервые в мировой практике) реализовать магнитотеллурические методы электроразведки. В связи с этим уместно привести ниже мнение профессора МГУ, д.т.н. М.Н. Бердичевского, много лет участвовавшего вместе с Б.Е. Брюнелли в разработке этого нового метода полевой разведки полезных ископаемых.



*Рис. Б.Е. Брюнелли*

«Работы проф. Брюнелли в области разведочной и планетарной геофизики имеют важное научное и народно-хозяйственное значение. Метод магнитотеллурического профилирования возник в процессе практической реализации идей, высказанных в 1950 г. акад. А.Н. Тихоновым в СССР и в 1958 г. Л. Каньяром во Франции. В работах этих ученых была показана возможность использования вариаций естественного электромагнитного поля Земли для изучения ее геологического строения в широком интервале глубин. Эти идеи намного опередили технические возможности времени. Достаточно сказать, что для наблюдений требовались магнитометры с чувствительностью на полтора-два порядка выше существующей. Успех был

достигнут благодаря работе Б.Е. Брюнелли, которая привела к созданию магнитометра нового типа, явившегося родоначальником целого класса магнитометров с обратной связью. Проведенные с помощью этого магнитометра эксперименты дали обширный материал, который лег в основу метода магнитотеллурического профилирования (авторское свидетельство на изобретение № 118916, 1957 г., авторы М.Н. Бердичевский и Б.Е. Брюнелли). «Магнитометр Брюнелли» стал составной частью полевой аппаратуры «Магнитотеллурическая лаборатория», выпускаемой приборостроительным заводом. Создание этой аппаратуры также закреплено авторским свидетельством. Промышленное применение магнитотеллурического профилирования началось в 1960-е гг. Этот метод превратился в один из ведущих геофизических методов нефтепоискового комплекса. С его помощью были построены тектонические карты многих районов Западной Сибири, Иркутского амфитеатра, Вилюйской синеклизы, Русской платформы. Наиболее ярким результатом работ, выполненных этим методом, является открытие крупнейшего в мире Уренгойского газового месторождения, которое дает сегодня около половины всего российского газа. Приоритет советских ученых в разработке магнитотеллурического профилирования признан во всем мире».

Свою научную деятельность Борис Евгеньевич начал в Ленинградском государственном университете, которому отдал более 30 лет жизни, и где ему было присвоено звание профессора. Он стоял у истоков создания геофизического отдела физического факультета ЛГУ. Впоследствии отдел трансформировался в кафедру физики Земли и дал путевку в жизнь более чем половине научных сотрудников ПГИ.

Отдавая дань памяти выдающемуся ученому, одному из руководителей ПГИ, приложившему немало сил к формированию его сегодняшнего научного лица, мы публикуем ниже воспоминания Бориса Евгеньевича о малоизвестном широкой общественности периоде становления отечественной геофизики. Воспоминания были написаны Борисом Евгеньевичем к празднованию юбилея кафедры физики Земли. Мы приводим их с небольшими сокращениями.

### **Тридцатые годы. Геофизическое отделение факультета**

В 1930 г. я окончил ленинградскую среднюю школу № 15, бывшее Тенишевское училище. Со школой мне повезло в жизни – по-видимому, школа дала хорошую начальную подготовку и привила любовь к учебе. В школьные годы мечтал стать физиком, читал популярную литературу о драматической борьбе за новые знания, развернувшейся в начале века, и это, конечно, усилило любовь к физике. Окончив школу, я сделал попытку поступить на физический факультет Ленинградского университета. В приеме, однако, мне было отказано. Не помню, был ли отказ чем-либо мотивирован и, честно говоря, не знаю, чем руководствовалась приемная комиссия. Вступительных экзаменов, насколько я помню, не было. Точнее — существовали курсы по подготовке в вузы, но не при университете, а в районе, где находилась школа. Курсы закончились экзаменом, где учащимся был предложен длинный список задач для решения. Помню, я решал эти задачи в 2-3 раза быстрее среднего темпа и поэтому провалившимся на экзамене я себя не считал.

Как бы то ни было, получив отказ, я отправился на тогда еще существовавшую биржу труда и, должным образом зарегистрировавшись, стал в очередь как безработный. В те времена безработица еще существовала. Примерно через пару месяцев, уже поздней осенью, я был вызван в Университет, где мне сообщили, что при физическом факультете открывается геофизическое отделение, и я могу быть на него зачислен.

Из приема 1930 г. были образованы 2 студенческие группы, соответствующие двум специальностям, курируемые двумя кафедрами: электроразведки, руководимой проф. Виктором Робертовичем Бурсианом, и магнитометрии, руководимой проф. Николаем Владимировичем Розе. На кафедре электроразведки уже существовала довольно большая, около 15 человек, группа студентов предыдущего приема. Обе группы приема 1930 г. были примерно одинаковой численности.

На отделении были группы и более ранних приемов, но маленькие, в среднем по 4 чел. на курс и не имеющие к тому же общей специальности. Каждый студент специальность выбирал сам.

Помню некоторых студентов более старших курсов. Так, уже при мне оканчивал университетский курс Алексей Петрович Никольский. Он привлек к себе внимание тем, что учился очень долго, был как бы иллюстрацией к известному из литературы типу «вечного студента». Продолжительность учебы в данном случае была связана с тем, что А.П. Никольский несколько лет провел на арктических станциях, в частности, на самой северной станции «Земля Франца Иосифа». Собранный им за время зимовок материал о поведении геомагнитного поля на очень высоких широтах позволил ему, первому из исследователей, систематизировать и описать поведение высокоширотных геомагнитных возмущений, предложив известную схему «спирали», принесшую ему мировую известность.

Среди выпускников 1928 г. хорошо запомнился Евгений Константинович Федоров – будущий папанинец, академик и руководитель Гидрометслужбы страны. В группе приема 1929 г. учился Александр Павлович Краев, возглавивший специальность «Геоэлектрика» после ареста (в 1936 или 1937 г.) проф. В.Р. Бурсиана. Об этой группе упоминалось и в интервью известной киноактрисы Ирины Печерниковой, заявившей, что ее родители были первыми геофизиками в стране. Печерниковы учились в этой же группе, и так как группа была первым сравнительно многочисленным выпуском геофизиков, ее выпускники действительно сыграли большую роль в становлении отечественной геофизической разведки и могли считать себя первыми геофизиками страны.

Название специальности и кафедры, на которую я был зачислен: «Магнитометрия» в наше время звучит несколько странно. Надо учесть, однако, что описываемое время – это время становления специальности, и всякая дисциплина профиля естественных наук начиналась с накопления данных, с измерений и наблюдений, опирающихся на измерения. Название кафедры означало, что ее выпускники владеют техникой измерений магнитного поля Земли и готовы участвовать в работах, где требуются такие измерения.

Думаю, что и организация или открытие геофизического отделения на физическом факультете ЛГУ было вызвано отчетливо ощущаемой потребностью в специалистах-геофизиках. Напомню, что 1920-е гг. – это период становления в стране физики как науки – как сказали бы сейчас, на уровне, соответствующем мировым стандартам. С небольшим запозданием развивается и геофизика, перед которой уже тогда стояли важные для страны задачи, такие как изучение природы Арктики, важное для освоения Северного Морского Пути, изучение Курской магнитной аномалии (КМА) и другие. Среди этих других можно отметить как развитие прикладной геофизики – разведки полезных ископаемых, для которой успех работ на КМА явился хорошим и многообещающим началом, так и намеченное на 1930 г. проведение генеральной магнитной съемки страны, которая должна была явиться основой для изучения региональной геологии страны. Думаю, что потребность в кадрах для проведения последней из упомянутых задач – генеральной магнитной съемки – явилась одной из основных причин организации нашей, магнитометрической, специальности на геофизическом отделении, а возможно, и самого отделения.

Можно здесь упомянуть, что зимой с 1930 на 1931 г. был проведен еще один прием на геофизическое отделение. В группе, принятой между 1930 и 1931 гг., учились В.И. Почтарев – впоследствии директор Ленинградского отделения Института земного магнетизма, ионосферы и распределения радиоволн (ИЗМИРАН) АН СССР и П.К. Сенько – впоследствии известный полярник, судьба которого определилась тем, что, отправившись на арктическую зимовку перед войною, он должен был остаться на ней до конца войны, поскольку Ледовитый океан оказался заблокированным немецкими подводными лодками.

Направленность работы кафедры того времени и главный потребительготавливаемых ею кадров хорошо видны из характера работы студентов нашей группы. У нас была принята нормальная учеба в Университете в зимний сезон и работа в экспедициях летом. Лето 1931 г. мужская часть нашей группы провела на военных сборах и магнитной съемке северной части КМА, лето 1932 г. – на военных сборах. Женщины нашей группы оба лета провели на магнитной съемке Башкирии – территории, перспективной на нефть, в те времена называемой «вторым Баку». Материалы магнитной съемки Башкирии впоследствии попали на кафедру и использовались при всевозможных пробных расчетах причин и характера обнаруженных съемкой магнитных аномалий.

Одной из первых задач, порученных Российской Академии наук правительством сразу после революции, было воссоздание сведений о КМА, построение карт КМА и исследование возможностей и путей освоения железорудных богатств района. Работы велись при государственной поддержке и широким фронтом, включая как создание специальной и оптимальной для данной задачи аппаратуры, так и разработку методов интерпретации результатов измерений. Наряду с основным – магнитометрическим методом для решения задачи были привлечены и другие методы исследований. Впечатляет состав участников Особой комиссии по изучению КМА. В нее вошли крупнейшие ученые того времени: П.П. Лазарев, математик О.Ю. Шмидт, кораблестроитель А.Н. Крылов, физик М.А. Леонтович, геолог А.Д. Архангельский, Б.М. Яновский. Наличие высококвалифицированного коллектива, решающего важную народно-хозяйственную задачу, не могло не сказаться на общем уровне геофизики как науки.

Думаю, что триумфальное решение задачи о КМА заметно ускорило развитие отечественной геофизики, что в свою очередь сказалось и на работе кафедры. Учебную программу кафедры того времени можно представить как состоящую из дисциплин физико-математического цикла (математика, включая математическую физику, теорию потенциала и вариационное исчисление, физику, включая статистическую физику и электродинамику), дисциплины геологического цикла, а также геофизическую разведку. В 1934 или 1935 г. был введен и курс «Физическая природа временных вариаций геомагнитного поля Земли». Его прочел Н.В. Пушков, в то время аспирант при Главной геофизической обсерватории, впоследствии организатор и директор ИЗМИРАН. Вопрос о физической природе и физических процессах, приводящих к временным вариациям магнитного поля, в то время только начинал исследоваться, хотя первые и существенные работы С. Чепмена и Ю. Бартельса уже появились, и даже появилась первая монография С. Чепмена. Наука, представленная в ЛГУ по этому направлению, в то время несколько отставала от жизни: в 1932–1933 гг. был проведен Второй Международный Полярный Год (II МПГ), одной из задач которого как раз и ставилось собрать материалы о поведении переменного магнитного поля в высоких широтах с целью облегчить понимание протекающих там физических процессов, однако влияние II МПГ на работу кафедры в период подготовки к нему и его проведения было малозаметным. Позднее, когда начал поступать в Ленинград, а точнее, в Павловскую обсерваторию, материал о выполненных в течение года наблюдениях, студенты нашей группы были привлечены к его обработке.

Кафедра работала в тесном контакте с соседними геофизическими учреждениями, прежде всего с Главной геофизической обсерваторией (ГГО), одним из подразделений которой было Бюро генеральной магнитной съемки Советского Союза, преобразованное впоследствии в самостоятельный Институт земного магнетизма – ИЗМИР, далее – ИЗМИРАН. Научным семинаром кафедры по существу были ежегодные сессии ГГО, в работе которых всегда принимали участие и сотрудники магнитной лаборатории Института метрологии, руководимой Б.М. Яновским.

### **Предвоенные и военные годы**

За время моей учебы продолжительность университетского курса была увеличена с 4-х до 5 с половиной лет, и наша группа подошла к выпуску лишь в конце 1935 – начале 1936 года. Темой дипломной работы я выбрал конструирование прибора электрического Z-магнитометра. За время учебы мне пришлось участвовать в ряде работ по магнитной съемке и узнать при этом, что в стране, а возможно, и за ее пределами, практически отсутствовали приборы, с помощью которых можно было бы измерить вертикальную составляющую земного магнитного поля Z с должной точностью, хотя острая потребность в этом ощущалась. При работах по генеральной съемке, например, вертикальная компонента магнитного поля определялась по измеренным горизонтальной компоненте и наклонению, и точность такого определения Z была очень низка.

Мне удалось построить магнитометр, который измерял непосредственно вертикальную компоненту с вполне удовлетворительной точностью. Прибор использовался при магнитометрических наблюдениях во время солнечного затмения 1936 г. и на арктических станциях.



Закончив университетский курс к концу 1935 г., я был оставлен в аспирантуре, моим научным руководителем согласился быть проф. Н.В. Розе. В группу аспирантов, руководимых проф. Н.В. Розе, было одновременно принято двое – Е.К. Федоров и я. Впоследствии о Федорове узнала вся страна из сообщения о высадке на полюсе папанинской четверки.

При поступлении в аспирантуру формулировки темы не требовалось. В те годы обстановка в стране была очень тревожной, малая война бушевала в Испании, чувствовалось приближение большой войны. Представлялось, что наиболее актуальными в ближайшее время будут работы, направленные на укрепление обороноспособности страны. Одним из громких, получивших широкую огласку происшествий того времени была гибель в Финском заливе советской подводной лодки, которую можно было бы спасти, если бы ее сразу обнаружили. Но искали ее слишком долго. Команда не могла выдержать столь долгого лежания лодки на грунте и погибла. Среди погибших были и родственники моих знакомых. Мне представлялось, что магнитная разведка, которую я считал своей специальностью, должна использоваться и для поисков и спасения затонувших кораблей, возможно, и для решения других сходных задач на море.

Летом 1936 г. ожидалась возможность наблюдения на территории Советского Союза полного солнечного затмения, и в этой связи ИЗМИРАНом (тогда он назывался как-то иначе) была поставлена задача отнаблюдать реакцию на затмение земного магнитного поля. Предполагалось, что резкое изменение освещенности ионосферы повлияет на ее проводимость, а следовательно, и на ионосферные токи и на создаваемое ими магнитное поле. Было решено поставить вдоль пути тени целый ряд временных магнитных обсерваторий. Мне было поручено организовать станцию и провести наблюдения в Оренбургской области.

Для записи вариаций предполагалось использовать магнитограф походного типа, незадолго до этого сконструированный Б.М. Яновским. Общее руководство работами осуществлялось молодым сотрудником ИЗМИРАН Н.П. Беньковой.

Эксперимент в задуманном виде провести не удалось: в день затмения возникла интенсивная магнитная буря, полностью затушевывая ожидаемое слабое изменение суточного хода. Вместо этого была получена подробная информация о поле интенсивной магнитной бури, существенно прояснившая понимание ее природы. Для меня работа в экспедиции была важна еще и тем, что заставила задуматься над проблемой записи вариаций и возможностью вариационной разведки, которая, как тогда представлялось, должна была дать возможность разделения аномалий на остаточную и индукционную части. Последнее едва ли правильно, но в целом к мысли о возможности и целесообразности вариационной разведки вновь вернулись через много лет.

Мое пребывание в аспирантуре оказалось недолгим: уже в конце 1936 г. мои родители были репрессированы, в 1937 г. отец был арестован и погиб, а я – отчислен из аспирантуры. На этом моя связь с кафедрой прервалась на несколько лет, в течение которых я преподавал в различных учебных заведениях Ленинграда.

В 1939 г., то есть через пару лет после описанных событий, началась война с Финляндией. В ходе военных действий, особенно при форсировании минных полей, Красная армия несла огромные потери. Возможно, что в связи с этим ленинградские власти обратились к исследовательским организациям с призывом как-то помочь армии. Как бы то ни было, в самом конце 1939 г. ученый секретарь физического факультета ЛГУ Федор Дмитриевич Клемент (впоследствии – ректор Тартусского университета) разыскал меня и предложил работу в своей лаборатории над созданием миноискателя, выделив в помощники своего лаборанта Агеева, впоследствии погибшего во время Отечественной войны. В результате напряженной работы мы за два или три месяца изготовили действующий макет магнитного градиентометра, прибора, измеряющего, или, во всяком случае, фиксирующего разность магнитного поля на концах 2-метрового стержня. В однородном поле прибор выдавал показание "0" при любом направлении стержня, а потому не нуждался в ориентировании и мог работать в движении.

В начале 1940 г. прибор был испытан соответствующей комиссией и признан непригодным для армии, поскольку уже были предложены более легкие и удобные в работе индукционные приборы. Комиссия вместе с тем выразила пожелание, чтобы предлагаемый прибор был бы рассмотрен представителями флота для использования в интересах последнего.

В связи с окончанием работ по теме я был в начале 1940 г. уволен из ЛГУ, но уже летом или осенью того же года получил повторное предложение поступить, уже ассистентом, на кафедру физики Земли. На кафедре тогда работали: зав. кафедрой Н.В. Райко, сейсмологию и гравиметрию представлял Б.Л. Огаповский, земной магнетизм – Б.М. Яновский, электроразведку — А.П. Краев. Проф. Н.В. Розе и В.Р. Бурсиан к тому времени были арестованы и погибли: Н.В. Розе – вскоре после ареста, В.Р. Бурсиан – позднее; в официально изданной его биографии годом смерти указан 1945 г. Мне было поручено заведовать геомагнитной лабораторией, в которую я перенес макет градиентометра для продолжения работы над ним. В самом конце 1940 г. или в начале 1941 г. я был приглашен на беседу к начальнику Краснознаменной экспедиции подводных работ особого назначения (его фамилию я не помню, а может быть, и не знал), получившему сообщение о постройке мною оригинального миноискателя. По его приказу в марте 1941 г. небольшая группа моряков, прихватив с собою мой миноискатель – градиентометр, пошла по льду Финского залива к предполагаемому месту нахождения на дне залива одного из затонувших военных кораблей. Прибор, молчавший в течение всего пути, подал сигнал при приближении к месту предполагаемого затопления, и тем самым была экспериментально подтверждена возможность поисков затонувших кораблей путем измерения градиентов магнитного поля. Было принято решение о построении в Минно-торпедном институте улучшенной модели градиентометра, однако уже через 3 месяца началась война, и в первый же ее день я был мобилизован в действующую армию.

### **Первые послевоенные годы. Восстановление кафедры**

После ранения и длительного пребывания в госпитале, весной 1944 г. я был демобилизован и вернулся в ЛГУ, который в то время находился в эвакуации в г. Саратове. Кафедры как таковой в то время не было, и я оказался первым и, как мне кажется, единственным ее сотрудником. В середине 1944 г. в Саратов приехал Б.М. Яновский, и кафедра начала воссоздаваться. В начале 1945 г. та часть сотрудников университета, которая была в Саратове, вернулась в Ленинград, и началось восстановление Ленинградского университета в его прежних, довоенных помещениях. Кафедра физики Земли с ее геомагнитной и сейсмической лабораториями размещалась на территории математико-механического факультета на 10-й линии Васильевского острова. Кроме учебной работы, я принимал участие в напряженной конструкторской работе. Перед самой войной Арктический НИИ провел экспедицию в Центральную Арктику, в район так называемого Полюса недоступности – в район Ледовитого океана, максимально удаленный от берегов и населенных пунктов. Одной из задач экспедиции было изучение геомагнитных вариаций в приполюсной области. Экспедиция планировалась как первая из серии подобных, нацеленных на комплексное и всестороннее исследование природы Центральной Арктики. Война прервала работу, но после Победы о ней вспомнили, и решено было ее продолжить в расширенном объеме, с привлечением военной авиации. Работа вылилась в организацию серии дрейфующих станций, продолживших работу двух первых экспедиций: экспедиции к полюсу Папанина и его сотрудников и экспедиции к Полюсу недоступности. Решено было также обновить исследовательские средства, и в этой связи мне, как представителю и сотруднику университета, а также – разработчику хорошо зарекомендовавшего себя электрического Z-магнитометра, было поручено разработать и конструкцию удобного в работе и достаточно точного походного магнитографа. Работа велась в крайне напряженном темпе и была завершена к 1947 г. Говоря точнее, к тому времени был создан первый из приборов, который после испытаний и улучшений вошел в серию, выпускавшуюся экспериментальными мастерскими Научно-исследовательского физического института ЛГУ и Арктического и антарктического научно-исследовательского института. Приборы, названные магнитной вариационной станцией, себя хорошо зарекомендовали и широко использовались как при исследовании геомагнитных вариаций в Арктике, а впоследствии и в Антарктике, так и при проведении полевых работ.

По окончании войны из-за рубежа начала поступать информация о выполненных там работах по созданию новых измерительных средств, таких, например, как феррозондовые аэромагнитометры, использовавшиеся во время войны для поисков подводных лодок, как магнитометры, работавшие по принципу протонного резонанса и наконец – как

высокочувствительные астатические магнитометры, возникшие в связи с работой по космическому магнетизму известного ученого, президента АН Великобритании П.М. Блекетта. Блекетт обратил внимание на то, что для двух небесных тел, для которых удалось определить магнитный момент и момент количества движения, отношение этих величин оказалось одного порядка. В связи с этим было высказано предположение о существовании некоторого еще неизвестного фундаментального закона физики, связывающего магнитное и гравитационное поля тел с характером движения последних. Гипотеза в дальнейшем не была подтверждена, но для ее проверки потребовалось построить магнитометр, по чувствительности намного превосходящий все существующие. С помощью такого сверхчувствительного астатического магнитометра была измерена остаточная намагниченность горных пород различного возраста и по ним воссоздана история магнитного поля Земли, содержащая новую неожиданную информацию, например, о многократном изменении в прошлом не только величины, но и направления, точнее – знака магнитного поля Земли. Это открытие послужило толчком к развитию нового направления исследований, получившего название – палеомагнитные исследования. Они позволили уточнить методы геохронологии и объяснить, например, возникновение считавшихся загадочными отрицательных магнитных аномалий. Был объяснен не только механизм их возникновения, но и найдено время, когда такой механизм мог действовать.

Палеомагнитные исследования вошли и в круг интересов кафедры. Успешно работал в этом направлении выпускник кафедры А.Н. Храмов, написавший монографию, преследующую цель как ознакомить российских исследователей с этим новым научным направлением, так и продемонстрировать новые результаты, полученные по палеомагнитным данным на отечественном материале.

### **Пятидесятые годы. Развитие кафедры**

Еще в конце войны, когда основной состав ЛГУ находился в эвакуации в г. Саратове, но уже готовился к возвращению в Ленинград, к нам, в Саратов, пришло извещение, что правительство рассмотрело вопрос о состоянии работ по геофизике в стране и о подготовке кадров. В принятом Постановлении университеты, имеющие в своем составе геологические факультеты, обязывались открыть на этих факультетах кафедры геофизики. Основной задачей этих вновь открываемых кафедр была, разумеется, работа в области геофизической разведки. Что касается нашей кафедры и других подобных, входящих в физические факультеты университетов, то о них в Постановлении ничего не было сказано, и это означало, что кафедры продолжают существовать, как и ранее, но их профиль может быть изменен, поскольку рядом возникают новые, берущие на себя заботу о развитии геофизической разведки.

Постановление по существу закрепляло ту мысль, что геофизика, понимаемая в смысле геофизической разведки, но возникшая на стыке наук физического и геологического профилей, будет лучше развиваться, если основной дисциплиной для нее станет геология, а не физика, как это исторически сложилось на раннем этапе развития. Вместе с тем было ясно, что имеет право на существование и продолжает быть актуальной и геофизика в смысле физика Земли, наука физического профиля, рассматривающая физические процессы как в теле Земли, так и в пространстве, окружающем Землю, чем, в сущности, и занималась уже существовавшая на физическом факультете наша кафедра. Постановление, таким образом, предписывало существенную перестройку геологическому факультету, где должна была образоваться новая специальность, и незначительную – физическому, где круг интересов и обязанностей геофизической кафедры мог быть слегка сужен. Могло быть при этом слегка изменено и название кафедры: вместо слишком общего "кафедра геофизики" решено было принять за название "кафедра физики Земли", понимая под этим физику процессов в недрах и вокруг Земли с учетом возможности использования получаемых при этом результатов в прикладных целях.

После возвращения в Ленинград в 1944–1945 гг. кафедра постепенно начала пополняться новыми сотрудниками. В то время, впрочем, как и в последующие годы, бюджет кафедры и связанная с ним возможность привлекать к работе дополнительных сотрудников ставилась в зависимость от способности кафедры решать прикладные задачи по заказу различных исследовательских и производственных организаций, оформляемых хозяйственными договорами. Кафедра вела активный поиск тем для хозяйственной работы, и в этом направлении

ей сопутствовал определенный успех. Широко использовалась и возможность кооперации с другими подразделениями ЛГУ. Так, предложение о сотрудничестве поступило от проф. А.И. Лебединского, астрофизика, работавшего на математико-механическом факультете университета. Сейчас уже трудно сказать, что послужило толчком к перемене его интересов от проблем, нормальных для астрофизики того времени, к процессам в околоземном пространстве. Знаю лишь, что он был знаком с сетованием Мурманского областного управления связи (МОУПС) на то, что когда в небе над Мурманском вспыхивает полярное сияние, аппаратура связи перестает работать, а если ее начинают ремонтировать, то работоспособность аппаратуры не восстанавливается и после прекращения сияний. Знал он и о том, что МОУПС согласно оплачивает исследование природы и причин этого явления, ибо остро нуждается в рекомендациях по его преодолению или нейтрализации.

Заручившись финансовой поддержкой МОУПС и воспользовавшись близостью Кольского п-ова от Ленинграда, А.И. Лебединский предложил нашей кафедре организовать экспедицию в Мурманскую область для изучения закономерностей, управляющих полярными сияниями, и процессов, сопровождающих их появление.

Надо сказать, что в годы, когда проводилась эта экспедиция (1949–1950), общие представления о физической природе процессов в верхней атмосфере Земли были еще весьма туманны, и экспедиция университета не внесла в них существенных прояснений. Тем не менее, косвенная польза от экспедиции была заметной: степень понимания проблемы была доведена до мирового уровня, усилены работы кафедры в направлении космической физики, и, что может быть наиболее важно, положено начало использования Кольского п-ова как базы для исследования процессов в верхней атмосфере. Экспедиция проработала два "темных" сезона, т.е. в общей сложности около года. Выбранные ею методика и места наблюдений были использованы при организации в рамках уже существовавшего Кольского филиала Академии наук нового Полярного геофизического института с задачей комплексного исследования процессов в верхней атмосфере высоких широт и в околоземном космическом пространстве. Была использована и аппаратура, подготовленная А.И. Лебединским для наблюдения и регистрации полярных сияний – камера С-180, являвшаяся по существу советским вариантом камеры всего неба (all-sky), использующейся за рубежом, а также спектральная камера С-180-С, дающая возможность получать спектр светящейся полосы неба, вытянутой от горизонта до горизонта через зенит.

Сотрудничество с Лебединским, к сожалению, оказалось недолгим – вскоре после завершения работ экспедиции он перешел на работу в Московский университет, при котором им был организован Центр по хранению данных по наблюдению полярных сияний. Впоследствии этот Центр стал частью Центра по хранению данных, получаемых в ходе выполнения программ международных геофизических проектов, и осуществлял методическое руководство по выполнению этих программ в части исследования полярных сияний.

Кроме А.И. Лебединского, с предложением о сотрудничестве к кафедре обратился и другой сотрудник математико-механического факультета ЛГУ – проф. Г.И. Петрашень. Им решалась и была решена задача о распространении в различных средах упругих волн. Было предложено совместно работать над экспериментальной проверкой следствий из полученных решений. Предполагалось расширить возможности сейсмических методов исследований, дополнив данные, получаемые из анализа времени пробега волны, данными, получаемыми из динамических, амплитудных характеристик. Кафедрой совместно с группой сотрудников Г.И. Петрашень был организован и проведен ряд экспериментов на площадках в пригородах Ленинграда, затем в большем масштабе в удаленном районе Ленинградской области (вблизи железнодорожной станции Пестово) и наконец – по заказу проектной организации "Гидропроект" – на Енисее, в районе предполагаемого строительства гидроэлектростанции. В последнем случае предполагалось исследовать с помощью поперечных сейсмических волн скалу, которую планировалось использовать как фундамент под строящуюся электростанцию. По заданию Гидропроекта было выполнено исследование возможности возникновения опасных вибраций в фундаменте Мингечаурской гидроэлектростанции (на р. Куре) в случае сброса излишков воды.

Кафедра физики Земли (физфак ЛГУ) сотрудничала и с вновь организованной кафедрой геофизики геологического факультета: сотрудники первой получали и выполняли

педагогические поручения, участвовали в работе научного семинара и в производственной работе кафедры геологического факультета. Так, в конце сороковых годов мне довелось участвовать в экспедиции (геологического факультета) по поиску геофизическими методами никеленосных жил на никелевом месторождении вблизи г. Мончегорска.

Как видно, круг задач, решавшихся кафедрой, был достаточно широким. Проблемы, связанные с постановкой и решением задач, обсуждались на научном семинаре кафедры. Заинтересованность в решении этих и других, сходных с ними задач, привели к тому, что регулярно работавший научный семинар кафедры постепенно приобрел характер общегородского, поскольку в его работе принимали активное участие представители исследовательских и производственных организаций Ленинграда, сталкивающихся с использованием методов геофизики, и таких организаций в городе оказалось довольно много.

Увеличение объема работы кафедры и успехи в хозяйственной деятельности позволили ей в начале 1950-х гг. увеличить штат сотрудников за счет выпускников кафедры. В частности, в аспирантуру был принят О.А. Бурдо. Я был назначен его научным руководителем, и поскольку я сам в то время работал над конструированием высокочувствительного магнитометра для работы по магнитотеллурическим методам, Олег Александрович включился в эту работу, участвовал как в лабораторных, так и в полевых испытаниях прибора. Основной, однако, для него была работа над кандидатской диссертацией на тему о закономерностях магнитных возмущений в высоких широтах. С сожалением должен отметить, что Олег Александрович пробыл на кафедре очень недолго: после тяжелой и продолжительной болезни он ушел из жизни в 1957 г.

Исследование закономерностей магнитных возмущений должно опираться на результаты наблюдений. Наиболее полный наблюдательный материал к рассматриваемому времени был собран при проведении II МПГ, и он-то и был положен в основу исследования О.А. Бурдо. Однако на пути его использования возникли характерные для того времени трудности. По окончании МПГ (в 1933 г.) полученный в ходе выполнения материал попал на хранение в Метеорологический институт Голландии и в нашу Центральную магнитную обсерваторию в Павловске. Во время войны Павловск был оккупирован, и материалы магнитных наблюдений в числе особо ценных документов были вывезены в Германию. Даже сравнительно небольших денег, требуемых для копирования материалов, сохранившихся в Голландии, не нашлось, и после долгих переговоров удалось бесплатно получить лишь копии наблюдений, выполненных в Советском Союзе, так что материал, легший в основу исследования, оказался весьма неполным.

Полученный в ходе исследования результат современному читателю может показаться естественным и хорошо знакомым, поскольку в последующие годы он был многократно подтвержден или получен заново и стал общеизвестным. Хочется здесь отметить, что О.А. Бурдо был первым, кто получил этот результат, а общеизвестным он стал потому, что важен для геофизики и правилен. Исследователи, работавшие после О.А. Бурдо и подтвердившие правильность результата, располагали более богатым наблюдательным материалом и использовали более совершенную методику анализа.

По существу в работе О.А. Бурдо найдено следующее:

- 1) характер высокоширотного магнитного поля соответствует полю линейного тока, точнее, токовой струи;
- 2) широта токовой струи, точнее - ее расстояние до зоны Фритце, почти линейно меняется в зависимости от местного времени, то есть на карте токовые струи имеют форму спиралей;
- 3) этих спиралей несколько. Наиболее интенсивная струя протекает с утреннего временного сектора через ночной на вечерний, причем широта струи минимальна в ночном секторе и возрастает по мере удаления от него в утреннем и вечернем секторах;
- 4) вдоль этой, наиболее интенсивной струи, ток протекает к западу. В вечернем секторе имеется еще одна спираль с более слабым током, протекающим на большем расстоянии от полюса, чем первая, более интенсивная струя.

Этими четырьмя положениями, хорошо видными на приводимых в работе картах, в сущности, решается вопрос об основных особенностях поведения магнитного поля в высоких широтах, и проблема переносится в плоскость поисков причин найденных токовых струй. Работа, однако, не получила отклика, соответствующего ее значимости. Полагаю, что это было определено по крайней мере двумя причинами. Прежде всего, работа была опубликована на

русском языке в советских изданиях. Публикация в зарубежных изданиях в то время не поощрялась. Тем не менее, в послевоенные годы в американской печати появилась серия статей, содержащих обзоры результатов, полученных во время войны и в первые послевоенные годы советскими исследователями. В одном из обзоров рассматривалась и работа О.А. Бурдо, и сведения о ней, таким образом, попали и в зарубежную печать. На кафедру пришли письма из Австралии и Новой Зеландии с сообщением о том, что построенная там картина распределения радиоавроры, или (как ее тогда называли) радиоотражений от полярных сияний прекрасно согласуется со схемой распределения возмущений, построенной О.А. Бурдо.

Второй причиной недооценки работы О.А. Бурдо могло послужить то, что ее тема была ограничена рассмотрением магнитных возмущений. Не было сделано попытки рассмотреть связь с другими проявлениями геофизической активности и в конечном счете с вторжениями частиц. Имеющийся в распоряжении О.А. Бурдо материал и общий уровень понимания проблемы в то время не позволили сделать это. Решение проблемы состоялось через несколько лет, когда Я.И. Фельдштейн в ИЗМИРАН и Г.В. Старков в ПГИ проанализировали результаты наблюдений полярных сияний, выполненных во время МГГ и собранных в Центре, руководимом А.И. Лебединским. Проведение МГГ позволило собрать наблюдательный материал, значительно более богатый, чем тот, что был доступен О.А. Бурдо. Сыграло свою роль, разумеется, и общее повышение уровня понимания природы космических процессов, связанное с целенаправленной деятельностью значительно возросшего коллектива ученых и с получением данных об измерениях, выполненных в космическом пространстве с помощью спутников и ракет.

Сам О.А. Бурдо не дождался появления работы Фельдштейна-Старкова, окончательно решившей вопрос о геофизических возмущениях в высоких широтах и утвердивших термин "овал полярных сияний", хорошо совпавший с системой спиралей или токовой системой, введенной О.А. Бурдо.

На самой кафедре между тем продолжалась работа по совершенствованию средств регистрации колебаний не только магнитного поля, но и механических, на чем настаивал проф. Г.И. Петрашень. Был построен сейсмоприемник с негативной обратной связью, позволяющий, за счет некоторой потери чувствительности, правильно измерять ускорение. Внимательное рассмотрение характера движения в системах, содержащих как механические, так и электромагнитные блоки, привело к установлению возможности резкого повышения чувствительности магнитостатических магнитометров и к созданию магнитометров, способных регистрировать колебания магнитного поля, весьма малые как по амплитуде, так и по периоду. В то время было известно, что такие колебания, называемые пульсациями, существуют, но с помощью аппаратуры, используемой в то время, изучить их свойства было еще невозможно.

Здесь, пожалуй, уместно следующее отступление. В 1950 г. акад. А.Н. Тихоновым была опубликована работа «Определение электрических характеристик глубоких слоев земной коры», в которой показывалась возможность определения электропроводности слоев на глубине отражения электромагнитной волны по ее характеристикам, измеренным на поверхности Земли. Несколько позднее, в 1953 г. Л. Каньяром эта работа была развита и показана возможность осуществления глубинного зондирования, то есть изменения проводимости с глубиной по измеренному спектру волнового сопротивления, определяемого по отношению электрической компоненты поля волны к магнитной. Предлагаемый метод определения глубинного профиля проводимости (или сопротивления) был назван Каньяром методом магнитотеллурической разведки. В Советском Союзе он получил название Магнитотеллурического зондирования (МТЗ).

Группой сотрудников Всесоюзного НИИ геофизики, руководимой Марком Наумовичем Бердичевским, было показано, что из работ Тихонова-Каньяра вытекает возможность упрощенного, но весьма продуктивного метода Магнитотеллурического профилирования (МТП), позволяющего в схеме «проводящие осадочные породы на непроводящем (или плохо проводящем) кристаллическом фундаменте» определять по отношению амплитуд электрической компоненты волны к магнитной полное (интегральное) сопротивление пород осадочного чехла. При этом, если известно их среднее удельное сопротивление, то метод МТП сразу давал суммарную мощность осадочного чехла, то есть глубину до кристаллического фундамента.



Последняя величина играет важную роль в нефтегазовой разведке, что придает методу особую ценность.

В начале 1950-х гг., когда создавалась теория магнитотеллурической разведки, методика измерения электрического поля в Земле была хорошо разработана и использовалась в электроразведке, велось и регулярное наблюдение (регистрация) земных токов, так что измерение амплитуды электрической компоненты волны, в данном случае определяемой как амплитуда вариации земных токов, не вызывала затруднений. Что касается измерений магнитной компоненты волны, то есть геомагнитных пульсаций, сопровождающих вариации земных токов, то аппаратура для таких измерений отсутствовала. Высокочувствительный магнитометр, построенный мною, впервые дал возможность регистрировать геомагнитные пульсации, исследовать их природу и практически реализовать возможности магнитотеллурических исследований, до этого предсказанные теоретически.

Работая в сотрудничестве с ВНИИ Геофизика, кафедра (в работе, кроме меня, активное участие принимал О.А. Бурдо) произвела опробование МТП в ряде совместных экспедиций, что позволило к концу 1950-х гг. заявить о его практическом освоении, опубликовав результаты его применения на территории Латвии и в Тюменской области. В дальнейшем метод МТЗ широко использовался кафедрой при исследовании строения земной коры и верхней мантии на северо-западе Восточно-Европейской платформы, выполненном под руководством А.А. Ковтун.

Метод МТП широко использовался в работах, проводимых при участии и под руководством ВНИИ Геофизика. Широкое промышленное внедрение метода стало возможным благодаря освоению производства Мытищинским приборостроительным заводом изделия под названием «Магнитотеллурическая лаборатория», включающего высокочувствительный магнитометр.

Реализация магнитотеллурических методов натолкнулась на трудность, вызванную тем, что первоначальное теоретическое рассмотрение, проведенное А.Н. Тихоновым и Л. Каньяром, предполагало падение плоской электромагнитной волны на плоскостойкую Землю, что переупрощает ситуацию, встречающуюся на практике. Было выполнено много теоретических работ с целью учета реально встречающихся неоднородностей. На кафедре была собрана установка, позволяющая моделировать процесс прохождения электромагнитной волны через неоднородную структуру и учесть усложняющее влияние неоднородностей.

К концу 1950-х гг. моя связь с кафедрой стала ослабевать: весь 1959 г. я провел в Антарктике, работая начальником геофизического отряда IV Континентальной Советской антарктической экспедиции. Поездка в Антарктику, с учетом подготовительного периода организации и последующих отчетных периодов и отпуска, оторвала меня от кафедры более чем на два года, а изменившаяся направленность работы, в которой основное место заняли проблемы, связанные с физикой процессов в ионосфере и космическом пространстве, подтолкнула меня к смене места работы: к переходу сначала на кафедру радиофизики физического факультета ЛГУ, а затем – в Полярный геофизический институт Кольского филиала Академии наук СССР.

## КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И СТАНОВЛЕНИЯ ГОРНОГО ИНСТИТУТА КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

**О.Е. Чуркин**

Горный институт КНЦ РАН

### **Аннотация**

Дан краткий обзор истории организации и становления Горного института Кольского научного центра РАН. Показан вклад ученых института в развитие горной науки и производства за 50-летний период.

### **Ключевые слова:**

*исследования, разработки, научные направления, научные школы, полезные ископаемые, горные работы, обогащение.*



Сложные, многоаспектные научные проблемы, встававшие на пути к познанию и хозяйственному использованию природных ресурсов Мурманской области, вызывали необходимость создания и развития на определенных этапах истории исследования края в рамках Кольского филиала (КФ) АН СССР различных творческих групп, лабораторий, отделов, институтов, которые, дополняя друг друга, образовывали комплексное научное учреждение, способное с достаточной полнотой разрешать возникавшие задачи. Среди больших и малых задач широкого промышленного освоения природных богатств Кольского Севера акад. А.Е. Ферсман отмечал значение технологии добычи и переработки руд. Особое внимание обращал А.Е. Ферсман на комплексный многокомпонентный состав большинства руд Кольского п-ова и на задачу полного использования всех компонентов.

Таким образом, создание горно-технологического подразделения было объективно неизбежным, но условия его образования появились не сразу.

Еще в довоенные годы в результате работ кольских геологов была серьезно увеличена сырьевая база всех без исключения предприятий по добыче руд цветных и черных металлов, апатитового и огнеупорного сырья. Это предопределило значительный рост производства на предприятиях горнодобывающей промышленности области в первые послевоенные годы и поставило на очередь вопрос о ее комплексном развитии. В связи с этим возникла объективная потребность организации и развития в КФАН СССР исследований по вопросам добычи и обогащения рудного сырья. В 1955 г. в Геологическом институте была создана группа обогащения руд, а в 1956 г. – группа горного дела, вскоре преобразованная в лабораторию. Первые исследования в области обогащения руд и горного дела связаны с именами проф. Ф.Н. Белаша, Н.А. Алейникова, проф., д.т.н. М.Д. Фугзана, проф. д.т.н. Л.И. Барона – первого научного консультанта горной исследовательской группы. За короткий срок под руководством этих ученых были выполнены десятки работ, среди них:

1) изучение физико-механических свойств руд и пород важнейших месторождений Кольского п-ова, выполненное под руководством М.Д. Фугзана;

2) исследования в области вентиляции рудников и разработки рациональных методов проветривания, проведенные группой С.П. Алехичева;

3) анализ трудовых затрат при разработке апатитовых месторождений, выполненный В.М. Бусыревым;

4) исследование сдвижения горных пород и проявлений горного давления, проведенное И.А. Турчаниновым на руднике Ниттис-Кумужье;

5) труды Ф.Н. Белаша о состоянии и задачах в области обогащения полезных ископаемых Кольского п-ова;

6) исследования группы Н.А. Алейникова по изысканию эффективных реагентов для обогащения апатитонепелиновых руд и железистых кварцитов Оленегорска.

Все эти работы подготовили научную базу главных направлений будущих исследований.

Дальнейшее развитие горнодобывающей промышленности на Кольском п-ове потребовало усиления внимания к исследованиям технического и технологического характера, в первую очередь к проблемам добычи, технологии переработки и использования минерального сырья. Коллективу горняков, обогатителей, технологов и химиков предстояло провести очень большую работу. Названные исследования были наиболее близки к запросам промышленности, и научным сотрудникам этих направлений предстояло работать с производством.

В связи с разработкой генеральной перспективы развития всех областей науки на 1959–1975 гг. Президиум КФАН СССР разработал предложения по развитию исследований по важнейшим направлениям, утвержденным общим собранием АН СССР, в том числе по направлению «Создание новых и интенсификация существующих технологических процессов в ведущих областях горно-металлургической промышленности (горное дело, обогащение, металлургия)». По вопросам усовершенствования методов подземной разработки рудных месторождений предполагалось внедрить на апатитовых рудниках систему этажного принудительного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами; усовершенствовать режим выпуска руды при системах этажного принудительного обрушения с выемкой непрерывным фронтом и определить целесообразный размер кондиционного куска для апатитовых рудников; разработать новые схемы доставки крупнокусковой руды с помощью погрузочных машин и конвейеров; изыскать рациональные системы разработки для новых медно-никелевых рудников; определить оптимальные условия применения скважин для отбойки руды в условиях разработки маломощных пологопадающих жил Ловозерского массива; установить рациональные параметры буровзрывных работ на слюдяных месторождениях Кольского п-ова; предложить способы проходки выработок малого сечения с минимальным нарушением приконтурного массива пород; разработать режим, обеспечивающий улучшение проветривания подготовительных и очистных работ и санитарно-гигиенических условий труда на апатитовых рудниках; определить методы расчета параметров проветривания рудников с весьма малой общешахтной депрессией.

На 1959–1965 гг. намечался ввод в эксплуатацию новых крупных рудников открытых работ: Ковдорского, Ждановского, Центрального на плато Расвумчорр. Значительно увеличивалась мощность Оленегорского карьера. Однако на карьерах Кольского п-ова, особенно создаваемых вновь, отсутствовал достаточный опыт ведения открытых работ. Поэтому в перспективном плане КФ предусматривались исследования по усовершенствованию методов разработки месторождений открытым способом. В результате предполагалось установить целесообразные параметры буровзрывных работ для карьеров Кольского п-ова, обеспечивающие снижение выхода негабарита, и разработать теоретические методы определения параметров буровзрывных работ при отработке мощных месторождений открытым способом.

Развитие подземных и открытых работ зависит от совершенства технологии отбойки и вторичного дробления руды. Существовавшие в 1950-х гг. средства и методы разрушения горных пород обладали рядом недостатков и не могли быть универсальными для разработки руд и пород с различными физико-механическими свойствами. В связи с этим важной задачей в совершенствовании горных работ становилось изыскание новых методов разрушения пород на основе изучения их физико-механических свойств. В итоге проведения намечавшихся научных работ предполагалось исследовать физико-механические свойства руд и пород апатитовых, медно-никелевых и других месторождений Кольского п-ова; установить комплексное влияние физико-механических свойств горных пород на их разрушение различными видами бурения и определить оптимальные области применения различных способов бурения для рудных месторождений Кольского п-ова; исследовать процессы отделения горных пород, обладающих различными физико-механическими свойствами, от массива ударом, резанием и крупным сколом; исследовать возможность и целесообразность разрушения горных пород термическими, термомеханическими и электрофизическими способами.

В целях ускорения механизации и автоматизации горных работ намечались исследования по дальнейшему усовершенствованию буровой, погрузочной и транспортной техники, автоматизации подъемных устройств, водоотлива, средств вентиляции, внедрение сигнализации, централизации и блокировки в подземном транспорте.

Интересы народного хозяйства страны требовали быстрого разрешения проблемы использования богатейших ресурсов полезных ископаемых и решения в первую очередь проблемы комплексного обогащения руд как освоенных, так и вновь открытых месторождений. Этим обуславливалась необходимость постановки в КФАН СССР исследований по проблеме обогащения

руд. Проведение исследований намечалось в направлениях изыскания новых технологических процессов обогащения железных, полиметаллических и других руд, разработки и внедрения в практику обогащения более экономичных гидрометаллургических процессов как процессов высокоэффективных и легко поддающихся автоматизации в производственных условиях. Намечалось также проведение физико-химических исследований по изучению взаимодействия флотационных реагентов с поверхностью минералов с целью изыскания и внедрения в практику обогащения новых дешевых и нетоксичных реагентов.

В связи с разработкой новой крупной программы исследовательских работ в области горного дела и обогащения на перспективу к концу 1950-х гг. вплотную встал вопрос о необходимости создания на Кольском п-ове специального института, задачей которого явилось бы решение вопросов, с которыми связано дальнейшее развитие производительных сил нашего заполярного края.

Президиум КФАН СССР в своем постановлении от 30 октября 1959 г. признал целесообразным организацию в составе Кольского филиала горно-технологического института для проведения в Мурманской области планомерных и систематических горно-технологических исследований. М.Д. Фугзану было поручено согласовать вопросы о создании института с областными руководящими органами. Председатель Мурманского совнархоза К.Д. Васин весьма активно помогал Филиалу в создании нового института, который рекомендовалось назвать Горно-металлургическим и поручить ему ведение исследований не только по горному делу и обогащению, но и по металлургии и использованию отходов производства для создания стройматериалов. Совнархоз в декабре 1959 г. принял специальное постановление об оказании помощи КФАН СССР по организации Горно-металлургического института, которым предусматривалось продление аренды производственных и жилых помещений, выделение средств для финансирования научно-исследовательских работ, оказание помощи в изготовлении оборудования на предприятиях совнархоза, долевое участие совнархоза в строительстве корпуса опытных работ.

В апреле 1960 г. (во время посещения КФАН СССР главным ученым секретарем Президиума АН СССР акад. Е.К. Федоровым) вновь подробно обсуждался вопрос о создании Горно-металлургического института, и предложение Филиала получило одобрение.

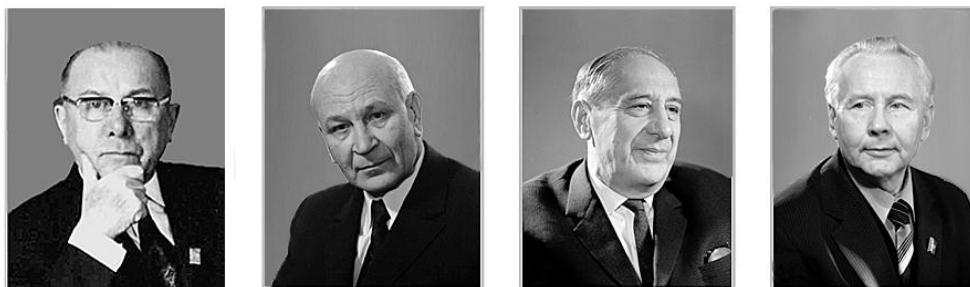
Осенью 1960 г. Президиум АН СССР постановлением от 14 октября организовал в составе Кольского филиала Горно-металлургический институт с целью развития научно-исследовательских работ по горному делу в условиях Заполярья, обогащению комплексных руд и цветной металлургии Кольского п-ова. Базой для его создания были лаборатории горного дела, обогащения, строительных материалов, энергетики и группа металлургии легких металлов, получившие первоначальное развитие в других институтах Филиала.

Президиум АН СССР определил главные задачи института, была утверждена его структура, причем большое значение придавалось созданию опытного цеха с экспериментальными мастерскими. Штат института был установлен в количестве 125 чел. На момент создания работали 80 чел. Институтам Академии наук были даны поручения оказать научно-методическую помощь в организации научно-исследовательских работ нового института. Управлению кадров поручалось помочь в подборе специалистов. Соответствующие указания были даны и другим управлениям Академии наук.

Президиум КФАН СССР, который в то время возглавлял чл.-корр. АН СССР (впоследствии академик, вице-президент АН СССР) А.В. Сидоренко, исполняя постановление Президиума АН СССР от 14.10.1960 г., рассмотрел на заседании 13 января 1961 г. вопрос об организации Горно-металлургического института (ГМИ). Президиум утвердил структуру на 1961 г. и сделал соответствующие назначения. Исполняющим обязанности директора института и заведующим лабораторией подземной разработки рудных месторождений был назначен к.т.н. Н.А. Воронков, ученым секретарем – Ю.А. Шашмурин. Заведующим лабораторией разрушения горных пород был утвержден к.т.н. И.А. Турчанинов. Лабораторию вентиляции и борьбы с пылью возглавил к.т.н. С.П. Алехичев. Заведующим лабораторией обогащения утвердили А.Г. Ефремова. Н.А. Алейников стал заведующим лабораторией флотационных реагентов; к.т.н. В.Т. Мусиенко назначили заведующим лабораторией металлургии; к.г.-м.н. Д.Д. Теннер возглавил лабораторию искусственного камня, а А.П. Панин – лабораторию энергетики. Заведующей химико-аналитической лабораторией была назначена С.И. Смирнова (Рыбина).

Был утвержден ученый совет института, причем в его состав наряду с ведущими сотрудниками ГМИ вошли опытные производственники: главный инженер комбината «Апатит» В.В. Гуцин, начальник ЦЗЛ комбината «Североникель» В.Л. Кошурников, главный инженер рудника им. С.М. Кирова Г.Ю. Власов, главный инженер АНОФ-1 Н.А. Горбунов. Участие этих специалистов в работе Совета приносило большую пользу в развитии деятельности молодого института. ГМИ был размещен в приспособленных для работы помещениях в пос. Кукисвумчорр, в Академгородке (г. Апатиты) и в г. Мончегорске на площадях, предоставленных институту комбинатами «Апатит» и «Североникель».

Организация Горно-металлургического (с 1973 – Горного) института, формирование и становление его научных направлений были связаны с активной помощью таких видных деятелей отечественной науки, как академики Н.В. Мельников, А.В. Сидоренко, члены-корреспонденты И.Н. Плаксин, Г.И. Горбунов (рис. 1). Их участие в период формирования коллектива и организации первых научных исследований было особенно ценным и содействовало успешному развитию института.



**Н.В. Мельников**

**А.В. Сидоренко**

**И.Н. Плаксин**

**Г.И. Горбунов**

*Рис. 1. Деятели отечественной науки, оказавшие активную помощь в формировании и становлении научных направлений Горно-металлургического (с 1973 г. – Горного) института*

Формирование структуры и штата Горно-металлургического института в начальный период связаны с деятельностью Н.А. Воронкова (годы жизни 1921–1989 гг.). Исполняя обязанности директора ГМИ, он стоял у истоков организации основных направлений исследований института. В начале 1962 г. Н.А. Воронков был назначен на должность заместителя председателя Президиума КФАН СССР и уже на этом посту поддерживал организационное развитие Института. В то же время он возглавлял одно из основных научных направлений, заведя лабораторией подземной разработки рудных месторождений ГМИ, а затем лабораторией взрывного разрушения горных пород ГоИ КФАН СССР до ухода на пенсию в 1986 г.

В 1962 г. Институт возглавил И.А. Турчанинов, впоследствии чл.-корр. АН СССР (годы жизни: 1928–1980), приехавший в 1959 г. на Кольский п-ов по приглашению председателя Президиума КФАН СССР А.В. Сидоренко. Под руководством И.А. Турчанинова получили развитие такие важные для горной науки направления, как механика горных пород, технология подземной и открытой разработки рудных месторождений, рудничная аэрология, разрушение горных пород взрывом и новыми физическими методами, строительство ответственных подземных сооружений, комплексное обогащение многокомпонентных руд, создание новых комбинированных схем и аппаратов для интенсификации обогащения минерального сырья. В рамках научных исследований по проблемам механики горных пород в разные периоды он возглавлял лабораторию механики горных пород (1960–1977), лабораторию физико-технических и инженерно-геологических проблем возведения подземных сооружений (1977–1980). Под руководством И.А. Турчанинова в Институте были организованы новые научные направления на стыке основных наук о Земле – геомеханики, тектоники, сейсмологии и горного дела, получившие свое успешное развитие в дальнейшем на базе научных учреждений Кольского научного центра. В период его руководства Институтом численность штата выросла со 125 чел. в 1962 г. до 411 человек в 1980 г. (в т.ч. 57 кандидатов наук и 2 доктора наук). Ежегодно в Институте выполнялось не менее 25 научно-исследовательских тем по широкому кругу вопросов горного дела, обогащения полезных ископаемых, энергетики; поддерживалась тесная взаимосвязь с промышленными предприятиями области, такими как комбинат «Апатит», комбинат

«Печенганикель», Ковдорский ГОК, Ловозерский ГОК. Под его руководством положено начало исследованиям ученых Института на Кольской сверхглубокой скважине, а также в других регионах страны по изучению и прогнозам землетрясений.



*Рис. 2. Н.Н. Мельников,  
директор Горного института*

В 1980 г. директором института стал д.т.н., проф. Н.Н. Мельников (с 1990 г. – чл.-корр. АН СССР, с 1997 г. – академик РАН) (рис. 2).

В это сложное для страны время институт не только выстоял, но и получил дальнейшее развитие, международное признание, стал лидирующим в ряде направлений горных наук. Научными школами, сформировавшимися под рук. Н.Н. Мельникова, созданы фундаментальные работы по использованию подземного пространства страны для объектов ядерной энергетики и захоронения радиоактивных отходов, для строительства специальных объектов государственного назначения, по комплексному освоению рудных месторождений в сложных горно-геологических условиях. Уделяя большое внимание интеграции фундаментальных и прикладных исследований, Н.Н. Мельников выступил инициатором и

организатором исследований в актуальном для горной промышленности направлении – создании основ строительства глубоких карьеров с крутыми откосами бортов в конечном положении, применении циклично-поточной технологии. Этот подход открыл перспективу повышения эффективности открытых горных работ. За более чем 30-летний период под руководством Н.Н. Мельникова институт стал признанным лидером в области горных наук. Ему принадлежит ведущая роль в развитии всех добывающих предприятий российской части Европейского Севера.

Большое внимание уделяет директор Института и подготовке кадров высшей квалификации. Под его руководством в институте создан диссертационный совет по защите кандидатских (1990 г.), а с 2001 г. – и докторских диссертаций по двум специальностям: «Геомеханика, разрушение пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»; «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

В структуре ГоИ КНЦ РАН 11 научных подразделений: лаборатория проблем освоения и рационального использования подземного пространства (зав. лаб. д.т.н. В.П. Конухин); лаборатория геозкотехнологий (зав. лаб. С.П. Месяц); лаборатория теории комплексного освоения и сохранения недр (зав. лаб. д.т.н. С.В. Лукичев); лаборатория технологических процессов при добыче полезных ископаемых (зав. лаб. д.т.н. С.А. Козырев); лаборатория системного моделирования горного производства (зав. лаб. к.т.н. О.Е. Чуркин); лаборатория геомеханики (зав. лаб. д.т.н. А.А. Козырев); лаборатория геофлюидомеханики (зав. лаб. к.т.н. А.И. Калашник); лаборатория теории и технологии подземного строительства (зав. лаб. д.т.н. Ю.А. Епимахов); лаборатория флотационных реагентов и обогащения комплексных руд (зав. лаб. к.т.н. В.А. Иванова); лаборатория рудоподготовки и обогащения руд цветных и редких металлов (зав. лаб. д.т.н. А.И. Ракаев); лаборатория № 32 – новых технологических процессов и аппаратов (зав. лаб. д.т.н. В.Ф. Скороходов), а также Инженерный центр (нач. центра М.В. Шкрибеев).

В настоящее время институт проводит исследования по следующим научным направлениям:

- совершенствование технологии добычи с целью повышения эффективности и безопасности разработки месторождений полезных ископаемых;
- изучение свойств и напряженного состояния массивов горных пород, геодинамической безопасности при ведении горных работ, а также добычи и транспортирования углеводородного сырья;
- изучение физико-технических и инженерно-геологических проблем возведения подземных сооружений и рационального использования подземного пространства страны, в том числе для объектов ядерной энергетики и подземного захоронения РАО;
- повышение эффективности использования и комплексной переработки минерального сырья с учетом охраны окружающей среды;
- разработка научных основ решения экологических, физико-технических проблем промышленных технологий горного производства.



ГоИ КНЦ РАН занимает передовые позиции в ряде приоритетных фундаментальных направлений горных наук, таких как разработка рудных месторождений в сложных горно-геологических условиях; применение современных информационных и компьютерных технологий в горном деле; 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; технологии подземного строительства специальных объектов государственного назначения; использование подземного пространства для экологически безопасного обращения с ядерными материалами, в т.ч. долгосрочного захоронения радиоактивных отходов; восстановление техногенно-нарушенных объектов природной среды; сохранение и разработка техногенных месторождений.

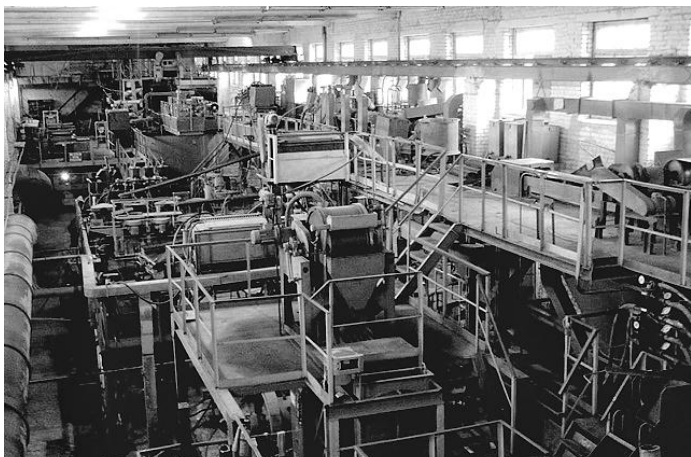


Рис. 3. Опытно-промышленная установка

По этим направлениям на основе фундаментальных и прикладных исследований за последние годы внедрены крупные инновационные разработки на многих горнодобывающих предприятиях. Подтверждением востребованности результатов деятельности института является ежегодное выполнение 50–60 договоров с производственными предприятиями. Проведению фундаментальных и прикладных исследований способствует развитая опытно-экспериментальная база. Институт располагает уникальными геодинамическим и взрывным полигонами, опытно-промышленной обогатительной установкой (рис. 3), современным оборудованием для

исследования свойств пород. На обогатительной установке проводятся исследования на обогатимость апатитонефелиновых, медно-никелевых, кианитовых, хромовых, титансодержащих, редкоземельных и других руд, а также нерудных полезных ископаемых, в частности слюд и пегматитов месторождений Мурманской области и других регионов страны.

В штате института 200 сотрудников, в том числе 14 докторов наук и 28 кандидатов наук.

За период с 1980 г. по 2012 г. защищено 20 докторских и 55 кандидатских диссертаций. Государственными премиями и премиями Правительства отмечены 16 сотрудников, 11 – награждены орденами, 6 – отмечены почетными званиями «Заслуженный деятель науки РФ», «Заслуженный изобретатель», «Заслуженный строитель», «Заслуженный химик».

Институт поддерживает тесные связи со многими научными и учебными учреждениями России, а также с международными организациями Норвегии, Швеции, Финляндии, Бельгии, Франции, Германии, Великобритании, США, Канады, Китая, Японии и др.

Институт является инициатором и организатором создания базовых кафедр вузов: «Горное дело» в АФ Мурманского государственного технического университета и «Горное дело и обогащение» в КФ Петрозаводского государственного университета (зав. кафедрами – Н.Н. Мельников). Более 30 сотрудников читают 60 курсов лекций. По программе Президиума РАН «Поддержка молодых ученых» Раздел 1: «Поддержка деятельности институтов РАН по привлечению талантливой молодежи к научной работе» в институте организован научно-образовательный центр.

Сегодня ученые института продолжают активно работать над решением вопросов комплексного освоения недр, в т.ч. актуальных проблем, связанных с совершенствованием техники и технологии горно-обогатительного производства; обеспечением безопасности страны по стратегическим видам минерального сырья; экологических проблем горного производства, задач подземного строительства; проблем, связанных с безопасностью при обращении с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами.

### Сведения об авторе

Чуркин Олег Елиферович – к.т.н., ученый секретарь Института; e-mail: oleg@goi.kolasc.net.ru

## ОБ ИСТОРИИ НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПОВ ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КОЛЬСКОМ СЕВЕРЕ

В.А. Яковлев<sup>1</sup>, Н.А. Кашулин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казанский государственный университет

<sup>2</sup>Институт проблем промышленной экологии Севера

### Аннотация

Рассмотрены некоторые аспекты истории лимнологических исследований на Кольском Севере. Выделены основные их этапы, связанные с периодами развития региона. Приводится библиография первых гидробиологических работ. Представляет интерес для историков науки и гидробиологов.

### Ключевые слова:

*Кольский Север, лимнология, гидробиология, история.*

В истории гидробиологических исследований водоемов Кольского Севера можно выделить несколько этапов исследований, отличающихся глубиной и методическими подходами. На первом этапе, особенно в XIX столетии, исследования ограничивались описанием и выяснением видового состава флоры и фауны наиболее доступных водоемов Русской Лапландии. Названия и местоположение их в работах чаще всего не указывается. Сборы биологических материалов производились путешественниками-натуралистами во время кратковременных остановок. Старинная систематика водных организмов, трудности в определении местонахождения того или иного водоема затрудняют использование сведений из опубликованных в тот период работ. Однако они позволяют узнать естественное состояние водных объектов в далеком прошлом.



*Рис. 1. Первый исследователь животного и растительного мира водоемов Кольского Севера Г. Валенберг*

По всей вероятности, первые сведения о животном и растительном мире водоемов Кольского Севера (отдельные данные о флоре и фауне Русской Лапландии) содержатся в работе Г. Валенберга (Wahlenberg) (рис. 1) *Flora lapponica* [1], опубликованной в Берлине. Г. Валенберг (Göran Wahlenberg (October 1, 1780 – March 22, 1851) в 1792 г. поступил в университет Упсалы, где в 1806 г. получил степень доктора медицины, в 1814 г. был назначен ассистентом профессора ботаники, а в 1829 г. получил должность профессора медицины и ботаники, сменив Карла Петера Тунберга. Главные исследования Г. Валенберга были выполнены в области географии растений. Им изданы работы по изучению мира растений самой северной Швеции. В 1808 г. он был избран членом Королевской шведской Академии наук. Общепринято стандартное сокращение имени этого автора Wahlenb. в названиях видов растений, которые он

описал. Умер Г. Валенберг в Упсале.

Большое внимание изучению Лапландии и Кольского Севера уделяли финские исследователи (рис. 2). Этому способствовало включение Финляндии в состав Российской Империи в качестве автономного Великого княжества, и Россия всячески приветствовала научные исследования и картографические работы своих северных окраин. Первое научное общество Финляндии *Societas pro Fauna et Flora Fennica*, основанное в 1821 г., проводило весьма активные комплексные исследования растительного и животного мира Лапландии. Первым исследователем Кольского п-ова можно назвать викария Джейкоба Феллмана (Jakob Fellmann), который изучал разнообразие природы Лапландии и саамскую культуру. Он был, пожалуй, первым исследователем Кольской Лапландии, совершившим в 1829 г. поездку от Кандалакши по

всему Кольскому п-ову. Им описаны около 400 видов растений и сделаны другие важные наблюдения.

Рис. 2. Финские и шведские ученые, принимавшие участие в исследованиях водоемов Кольского Севера в XIX – начале XX вв.



*Вильям Нюландер (фин. William Nylander, 3 января 1822, Оулу – 29 марта 1899, Париж) – финский ученый, врач и естествоиспытатель, профессор ботаники Хельсинкского университета, исследователь лишайников и грибов, первооткрыватель химического метода исследования этих организмов.*



*Wilhelm Lilljeborg (1816–1908), шведский зоолог. Он особенно известен своими работами по Cladocera Швеции. Избран членом Шведской королевской Академии наук с 1861 г.*



*Fredrik Elfvig, (1854–1942) финский ботаник, 1892–1926 профессор ботаники и директор ботанического сада в Хельсинки. Был вице-президентом Societas pro fauna et flora fennica 1892–1911*



*Per Teodor Cleve (10 Февраля 1840 – 18 июня 1905), шведский химик и геолог. В 1858 г. поступил в Университет Упсалы, где в 1863 г. он получил докторскую степень. После работы в университете в Упсале и путешествия по Европе и Северной Америке, в 1874 году получил должность*

*профессора Общей и сельскохозяйственной химии в*

*Упсале. Он был избран членом Королевской шведской академии наук в 1871 г., и получил медаль Дэви из Королевского общества в 1894 году «за исследования в области химии редких земель»*

В 1842–1844 гг. д-р Нюландер совершил три ботанические экспедиции в Кольскую Лапландию. Большая Кольская экспедиция состоялась в 1887 г., тогда впервые были обследованы значительные территории (рис. 3, 4). Одним из результатов этих экспедиций стало более полное описание некоторых групп водорослей и зоопланктона водоемов этого региона в последующих работах [2–8]). В них имеются небольшие списки обнаруженных в тех или иных водоемах видов флоры и фауны (часто их названия и географическое положение не указываются). Изучению диатомовых водорослей посвящена обстоятельная работа «*The Diatoms of Finland*» П.Т. Клеве [9]. В ней приводится список из 125 форм диатомей, обнаруженных в оз. Имандра, р. Туломе и ряде других водных объектов.

Первой работой, касающейся непосредственно планктона оз. Имандра, является статья Ж. Рихарда [10]. Материалом для нее послужили пробы планктона, собранные в 1885 г. французским натуралистом М. Рабо. Наряду с одним видом водорослей *Ceratium longicorne* (*C. Hirundinella*), названы четыре вида веслоногих рачков – *Cyclops scutifer*, *Cyclops viridis*, *Diatomus gracilis* и *Heterocope appendiculata*, а также ветвистоусых – *Holopedium sp.*, *Daphnia longiremis*, *Bosmina longirostris*, *Polyphemus pediculus*, *Bythotrephes longimanus*, *Leptodora kindtii*.

Результаты исследований водорослей водоемов Финляндии, а также обработки коллекции водорослей, собранных А.О. Кильманом (Kihlmann) (рис. 5) в 1889 и 1892 гг. и В. Бротерузом (Viktor Ferdinand Brotherus) в 1892 г. в оз. Умбозеро, р. Умба и в некоторых других водоемах Кольского п-ова, представлены в двух работах К.Е. Хирна ([11–12] и работе Фредерика Элфвинга. В них содержится список из 12 видов сем. *Oedogoniaceae* и 8 видов – *Zygnemaceae*. В них содержится список из 12 видов сем. *Oedogoniaceae* и 8 видов – *Zygnemaceae* (рис. 6).



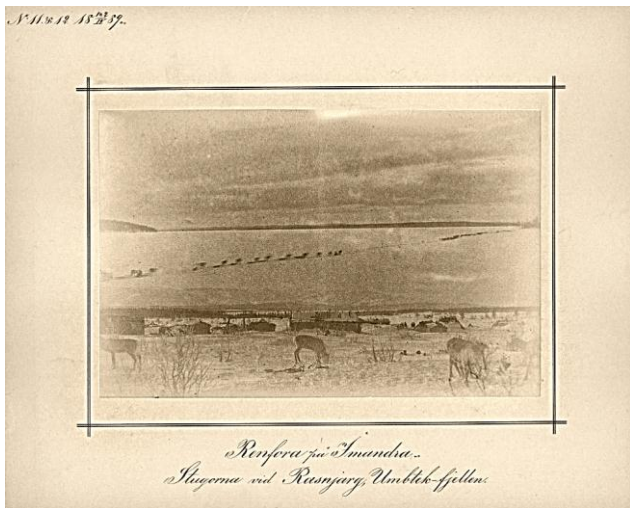


Рис. 3. Фото из коллекции Первой финской экспедиции 1887 г. Саамский погост и олений обоз, пересекающий оз. Имандра

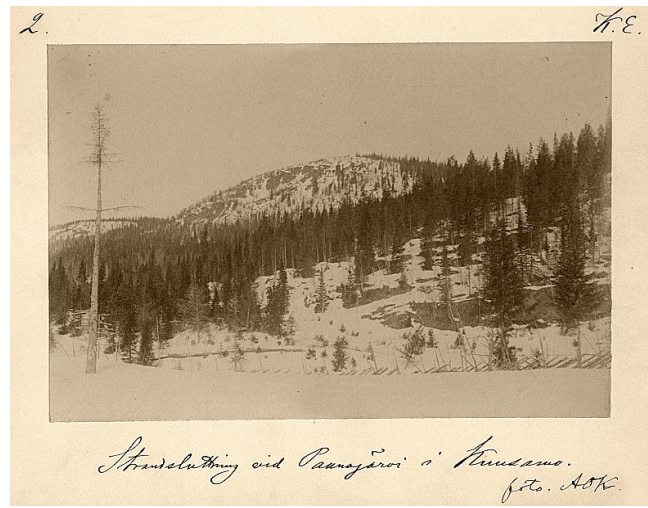


Рис. 4. Фото А.О. Кильман (позже Kairamo) из коллекции Кольской экспедиции 1889 г.



Рис. 5. А.О. Кильман – участник Великой Кольской экспедиции в 1887 г. и Кольской экспедиции 1889 г.

Альфред Освальд Кильман (Alfred Oswald Kihlman) (1858–1938), куратор музея Хельсинкского университета, с 1897 по 1903 г. профессор ботаники. Провел большое количество исследований растений Арктики. Ему было 28 лет, когда он принял участие в Первой финской экспедиции на Кольский п-ов. В 1887 г. по результатам этой экспедиции он написал *Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland*, до сих пор считающуюся основополагающей работой в области изучения северных лесов. Кильман был на Кольском п-ове еще дважды, в 1889 и 1892 годах. В 1906 г. он изменил свое имя на финское Kairamo. Kairamo описал поездки на Кольский п-ов в памятном выпуске Финского географического общества в 1938 г.

Профессор Хельсинкского университета К.М. Левандер (Karl Mainio Levander, 1867–1943), обработав коллекцию Кильмана, опубликовал сводку видового состава водорослей некоторых озер Русской Лапландии, в том числе озера Умбозеро и р. Умба [13].



Рис. 6. Титульные страницы двух работ Карла Е. Хирна (1872–1907), в которых он приводит списки видов сем. *Oedogoniaceae* и *Zygnemataceae* водоемов Кольского п-ова

Всего им названо 67 видов и форм водорослей и 14 видов ракообразных. Автор отмечает значительное богатство растительного и животного мира обследованных водоемов, наличие в них форм южного происхождения, преобладание в фитопланктоне десмидиевых водорослей. К числу обычных для водоемов таксонов отнесены из сине-зеленых – *Anabaena*

*flosaque* и *Coelospherium*, протококковых – *Botryococcus braunii* и диатомовых – *Tabellaria fenestrata*, *Tabellaria flocculosa*, *Asterionella gracillima*, *Fragilaria crotonensis*.

Российскими учеными также предпринимались попытки проведения исследований водоемов Кольского Севера. Д.А. Давыдов указывает, что в 1905–1906 гг. в окрестностях

современного города Полярный исследованием сине-зеленых водорослей занимался основатель российской школы, изучающей цианопрокариоты, Александр Александрович Еленкин. Им обнаружены *Rivularia atra* Roth ex Born. et Flah. и *Stigonema informe* Kütz. ex Born. et Flah. В тот же период изучение реликтового озера Могильного, расположенного на о-ве Кильдин, проводит Б.Л. Исаченко (1906), в ходе которого находит *Spirulina subsalsa* Oerstedt.

Работа В. Арнольди (рис. 7) и М. Алексеенко (1915) [14] содержит сведения о фитопланктоне рек и озер, обследованных авторами на маршруте пос. Кола – г. Кандалакша (р. Кола, озера Пулозеро и Имандра, р. Нива). Всего указаны 181 вид и форма водорослей из следующих систематических групп: *Desmidiaceae* (98 видов и форм), *Volvocales* (I), *Protococcales* (5), *Tetrasporaceae* (7), *Bacillariales* (59), *Flagellata* (5) и *Cyanophytes* (6). Подчеркнуто, что наибольший удельный вес по численности и биомассе имеют десмидиевые и диатомовые.



Арнольди Владимир Митрофанович – русский морфолог растений и альголог, чл.-корр. РАН (с 1923). Ученик И.Н. Горожанкина. Окончил Московский университет (1893); в котором и преподавал в период 1893–1902 гг. Профессор Харьковского (1909–1919 гг.), Кубанского (1919–1922 гг.) и Московского (1922–1924 гг.) университетов. Основные труды по эмбриологии и цитологии голосеменных растений, а также систематике и географии водорослей Европейской части СССР. Создал харьковскую школу альгологов. Автор первого русского руководства по альгологии "Введение в изучение низших организмов".

Рис. 7. В.М. Арнольди

Известный специалист по систематике и биологии зоопланктона В.М. Рылов (рис. 8) подробно описал фауну веслоногих и ветвистоусых оз. Имандра (1916, 1917). Список видового состава рачкового планктона включает 6 видов и форм ветвистоусых – *Daphnia longispina* v. *hyalina* f. *galeata*, *D. longiremis*, *Cephaloxus cristatus*, *Bosmina longiaripa*, *P. pediculus* и *L. kindtii*; *D. gracilis*, *Heterocope borealis* и *C. scutifer* – из веслоногих.



Вячеслав Михайлович Рылов родился 22 марта 1889 год г. в г. Кронштадте. В 1916 г. окончил Петербургский университет и со званием кандидата естественных науки остался при Университете для подготовки к профессорскому званию. Затем он приглашается на должность сверхштатного младшего зоолога Зоологического музея Академии наук, а в 1918 г. получает там место штатного младшего зоолога, на котором остается до 1929 г. (получает звание и должность старшего зоолога). В 1934 г. В.М. Рылову присваивается ученая степень доктора биологических наук без защиты диссертации, а в 1939 г. – ученое звание профессора. Принимал участие в экспедициях и совершил поездки во многие места Советского Союза. Скончался В.М. Рылов 22

Рис. 8. В.М. Рылов

марта 1942 г. после эвакуации из блокированного Ленинграда. Он оставил после себя около 120 печатных работ, среди которых ряд крупных монографий, несколько научно-популярных книг и множество статей по вопросам гидробиологии и зоогеографии.



Н.В. Насонов (рис. 9) изучил фауну плоских червей *Turbellaria* вблизи с. Кандалакша и г. Александровска [14, 15]. Им обнаружена довольно богатая фауна червей родов *Stenostomum*, *Prorhynchus*, *Macrostomum*, *Dalyellia*, *Castrella*, *Castrada*, *Mesostoma*, *Strongylostoma*, *Rhynchomesostoma*, *Typhloplanella*, *Tetracelis*, *Cyatrix*, *Bothrioplana*. Эта работа является пока единственной, посвященной изучению свободноживущих плоских червей Кольского Севера.

Николай Викторович Насонов (1855–1939) – зоолог. В 1874–1879 гг. учился на естественном отделении физико-математического факультета Московского университета и был утвержден ассистентом Зоологического музея (1878–1880 гг.). Был профессором Варшавского университета по кафедре зоологии. В 1906 г. избран ординарным академиком (чл.-



корр. с 1897). Был директором зоологического музея Императорской Академии Наук (1906—1921), лаборатории экспериментальной зоологии АН СССР (1921-1931) и лаборатории Института цитологии, гистологии и эмбриологии АН СССР (1934-1939). Научные труды Насонова касаются анатомии круглых червей, гистологии насекомых вообще, морфологии и систематики муравьев и веерокрылых и многих других. Инициатор издаваемого Академией Наук под его редакцией обширного труда «Фауна России и сопредельных стран, преимущественно по коллекциям зоологического музея Императорской Академии Наук» (впоследствии – «Фауна СССР»; под его редакцией вышли 25 книг). Инициатор комплексного изучения Байкала (1916).

Второй этап гидробиологических исследований на Кольском Севере начинается с середины 1920-х гг., когда целенаправленно организовывались экспедиции центральных научных учреждений страны для изучения ресурсного потенциала внутренних вод региона, связанные с его промышленным освоением и стремлением получить достоверные данные о биопродукционных и рыбохозяйственных возможностях водоемов. Исследования водоемов уже отличаются комплексностью: наряду с гидробиологическими работами одновременно проводились гидрологические, гидрохимические исследования. Описывались также водосборные бассейны озер. Большой вклад в изучение альгофлоры водоемов Кольского п-ова внесли участники Кольского альгологического отряда Главного ботанического сада СССР (Я.В. Ролл, Н.Н. Воронихин, Е.К. Косинская), Мончегорской экспедиции Ленинградского областного гидрометеорологического управления (А.Д. Зинова, А.А. Нагель) и Государственного гидрологического института (А.В. Каныгина).



Рис. 10. Я.В. Ролл

Основательные работы Я.В. Ролла (рис. 10) [16, 17] имели существенное значение для изучения флоры десмидиевых водорослей Лапландии и Олонецкой губернии. Через шесть лет вышла работа Ю.Д. Цинзерлинга [18], посвященная геоботаническому описанию водосборного бассейна оз. Имандра. Помещенный в ней список видового состава водорослей озера содержит 23 вида и формы *Desmidiaceae*, 3 – *Cyanophyceae*, 2 – *Zygnemales*, 3 – *Protococcales*, 1 – *Bacillariales* (*T. flocculosa*).

Я.В. Ролл – первый руководитель альгологического отдела (1934–1939 гг.) Института ботаники Академии наук Украинской ССР, воспитанник харьковской школы альгологов, ученик В.М. Арнольди.



Рис. 11. Мурманская биологическая станция в Александровске (ныне г. Полярный)

К вышеуказанным исследованиям добавилось изучение биопродукционных характеристик водоемов, оценивались запасы естественных популяций рыб. Однако все исследования выполнялись экспедициями, снаряжаемыми в основном центральными научными учреждениями страны, имели эпизодический характер и проводились обычно однократно и исключительно в летний период, поэтому не могли дать достаточно полную информацию о внутренних водоемах Кольского Севера. В 1924 г. первое научное учреждение на Русском Севере – Мурманская

биологическая станция (МБС) – начала комплексные лимнологические исследования крупных озер Кольского Севера (рис. 11) [19–21]. МБС как преемник Соловецкой станции была открыта в 1899 г. (официальная дата открытия – 1904 г.).

На Имандре работала экспедиция в составе Г.М. Крепса (рис. 12), Ф.Е. Беловой, Ф.В. Крогиус (рис. 13), М.Н. Михайлова и др. В 1925 г. выполнены морфологические и батиметрические работы на



оз. Имандра [22, 23], гидрологические исследования [24, 25], гидробиологические и ихтиологические работы [26]. Сотрудником Имандрской экспедиции Мурманской биологической станции Г.Д. Рихтером (рис. 14), при участии С.Ф. Егорова, в 1926 г. и 1928 г. была составлена карта оз. Имандра с указанием глубин (в масштабе 1:100 000). По словам самого Рихтера, «карта эта, составленная на основании глазомерной съемки, не может претендовать на большую точность, но для экскурсий по озеру является наиболее подходящей». Но с тех пор батиметрией озера никто не занимался. Два выпуска сборников «Работы Мурманской биологической станции» (1926, 1929) дают развернутую характеристику гидрологических, гидрохимических, гидробиологических и ихтиологических особенностей озер Имандра и Умбозера. В статьях Г.М. Крепса описывается околоводная и водная высшая растительность озера Имандра [27, 28].



Рис. 12. Г.М. Крепс

*Герман Михайлович Крепс (1896–1944). Родился в Петербурге в семье потомственных медиков. После окончания Тенишевского училища он поступает в Новоалександрійский сельхозинститут. Получив высшее образование, в 1920 г. Герман Михайлович отправляется под Мурманск, где с 1923 г. начинает работать в Мурманской биологической станции, стоит у истоков Общества изучения Мурманского края. В 1925 г. он поднимает вопрос о создании Лапландского заповедника, добивается взятия под охрану Мурманской биостанцией Большого Оленьего острова. 17 января 1930 г. решением Ленинградского облисполкома был организован Лапландский заповедник (тогда самый северный в СССР), первым директором которого стал Герман Михайлович. В 1937 г. он выпускает первую книгу об этом заповеднике, налаживает выпуск трудов заповедника, строит административные и хозяйственные помещения, налаживает научную работу и охрану территории. В 1937–1938 гг. Г.М. Крепс работает в Алтайском заповеднике, затем – в Центральном-Лесном. Будучи в эвакуации в Москве, ученый попал под бомбежку и получил серьезное ранение. В начале 1944 г. он назначается на должность директора Центрально-Лесного заповедника, однако 25 марта 1944 г. умирает после тяжелой болезни. Похоронен в Лапландском заповеднике.*



Рис. 13. Ф.В. Крогиус

*Фаина Владимировна Крогиус (1902–1989) – известный российский ихтиолог, доктор биологических наук, лауреат Государственной премии СССР. Родилась в Петрограде в дворянской семье. В 1922 г. Ф.В. Крогиус поступила в Ленинградский университет, который окончила в 1928 г. по специальности "Ихтиология". После окончания университета она вела научные исследования на оз. Имандра в Мурманской области, а затем почти три года работала на Байкальской лимнологической станции Академии наук. В январе 1932 г. получила приглашение от М.А. Фортунатова, одного из организаторов Камчатского отделения Тихоокеанского института рыбного хозяйства (в настоящее время – Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии) работать на Камчатке. В 1939 г. Фаина Владимировна успешно*

*защитила кандидатскую диссертацию по нерке Курильского озера. На основе полученных результатов ею была разработана методика прогнозирования подхода тихоокеанских лососей на нерестилища, значение которой для развивающейся рыбной промышленности трудно переоценить. В 1949 г. Ф.В. Крогиус защитила докторскую диссертацию по биологии и динамике численности камчатской нерки. Фаиной Владимировной впервые в нашей стране был разработан и апробирован аэровизуальный метод определения степени заполнения нерестилищ лососями, который в настоящее время широко используется на Дальнем Востоке. В честь Ф.В. Крогиус в 1993 г. назван узкоэндемичный вид гольца *Salvelinus krogiusae*, обитающий только в небольшом озере Дальнем, расположенном вблизи Авачинской бухты на юго-восточном побережье Камчатки, а также слизистый споровик *Leptotheca krogiusi*, паразитирующий на большинстве видов лососевых рыб Камчатки.*



Рис. 14. Г.Д. Рихтер

*Гавриил Дмитриевич Рихтер (1899–1980) учился в Географическом институте в Ленинграде на отделении страноведения (1919–1924), преподавал географию в средней школе. Был аспирантом ЛГУ у А.А. Григорьева (1925–1930), затем стал ученым специалистом Геомина. Степень к.г.н. присуждена без защиты в 1935 г. Проводил полевые исследования на Европейском Севере, в Западной и Восточной Сибири, участвовал в исследовании Антарктиды. Разрабатывал теорию комплексной физической географии – принципы и схемы природного районирования, изучал современные физико-географические процессы и роль адвекций тепла и влаги в структуре ландшафтной зональности. Создал ряд комплексных характеристик крупных природных регионов страны. Основатель нового направления – ландшафтное снеговедение. Докторская диссертация посвящена роли снежного покрова в физико-географическом процессе. Под его руководством составлены первая геоморфологическая карта Европейской части СССР, карты природного районирования СССР, снежного покрова СССР и земного шара. Участвовал в создании Большого советского атласа мира и Физико-географического атласа мира. Был автором и научным редактором многотомных серий трудов, содержащих региональные характеристики территории нашей страны. Вместе с А.А. Григорьевым руководил многотомной серией «Природа СССР», возглавлял серию монографий «Физическая география СССР», был одним из руководителей серии «Природные условия и естественные ресурсы СССР». Географическое Общество СССР отметило малой серебряной медалью его книги по оз. Имандра и Кольскому п-ову.*

На основании собранных в 1925–1926 гг. С.Ф. Егоровым лабораторных исследований проб донных отложений из оз. Имандра, впервые для Кольского п-ова В. Алабышев (1929) отметил нахождение сапропеля.

С начала 1930-х гг. идет интенсивное освоение природных ресурсов этого края. В 1930 г. началось строительство первой апатитонепелиновой обогатительной фабрики на берегу оз. Большой Вудъявр, которая вступила в строй уже в 1931 г. Население г. Хибиногорска (ныне г. Кировск) в то время насчитывало около 40 тыс. чел. На берегу губы Монче оз. Имандра в 1935 г. развернулось строительство медно-никелевого предприятия (в настоящее время комбинат "Североникель"). Первый товарный никель получен в 1939 г. С 1933 г. оз. Имандра стало водохранилищем (после перекрытия р. Нива – единственной реки, вытекающей из озера).

В это же время на водоемах развернулись обширные лимнологические работы, большое место в которых занимали гидробиологические исследования. В 1930 г. на озерах Имандра и Умбозеро начали работу экспедиции Колонизационного отдела Мурманской железной дороги и Ленинградского ихтиологического института. На следующий год работы продолжила Кольская комплексная экспедиция АН СССР и Государственного гидрогеологического института под руководством Л.О. Паллона [29–33].

Отряд Кольской экспедиции АН СССР под руководством Н.В. Полонского и Ловозерская экспедиция Ленинградского гидрометеорологического управления в 1931 и 1933 г. провели исследования в районе оз. Ловозера: составили карту озера, описали морфологию, состав и распределение грунтов в озере, химический состав воды, фауну и флору прибрежной зоны озера [33–37].

Растительный мир многочисленных водных объектов региона изучался Кольским альгологическим отрядом Главного ботанического сада [3, 8]. Систематический состав и количественное развитие диатомовых водорослей водоемов, а также вопросы формирования диатомовых илов озера были в центре внимания экспедиции Геоморфологического института [37–39]. Объектом комплексных исследований Мончегорской экспедиции Ленинградского областного Гидрометеорологического управления в 1933 г. были озера Монче- и Волчьей тундр [40]. На материалах метеорологических и гидрологических наблюдений на оз. Умбозеро с 26 августа по 11 ноября 1931 г. основана климатическая характеристика бассейна озера [41].

В работе Ф.В. Крогиус [28] кратко охарактеризован водосборный бассейн оз. Умбозеро, гидрологический и гидрохимический режимы водоема; описаны состав и количественное развитие зоопланктона, зообентоса и ихтиофауны озер Умбозеро и Имандра; впервые указано среднее значение биомассы зообентоса оз. Имандра – 1.4 г/м<sup>2</sup>. Кроме того, проанализирован групповой состав донного населения озер. Отмечены наиболее встречаемые в озерах группы зообентоса: хирономиды, бокоплавцы, моллюски, олигохеты и ручейники. Подчеркивается отсутствие в Умбозере реликтовой мизиды *Mysis oculata v. relicta*. Особый интерес представляют сведения об ихтиофауне озер и ведении промысла рыб местным населением. Исследования на водоемах с 1930-х гг. перестали быть только фаунистическими – в значительной мере они стали экологическими. Важное место в них уделяется биологии гидробионтов и их роли в питании рыб. Первые данные об ихтиологических исследованиях на Кольском п-ове относятся к 1920-м гг. (рис. 15). Материалам ихтиологических работ и исследований, касающихся систематики, питания, возраста и темпов роста рыб на крупных озерах Кольского п-ова (Имандре и Умбозере), посвящен ряд работ Г.М. Крепса и Ф.В. Крогиус, Г.Д. Рихтера [23], Ф.В. Крогиус [25, 28], Л.О. Паллона [32] и Г.Х. Шапошниковой [32]. В работах В.В. Петрова [42 и др.] есть данные о биологии рыб пресноводных водоемов центральной части Кольского п-ова. Одни из первых сведений о рыбах р. Поной можно найти у В.Р. Алеева, где наиболее полно описано исследование промысла и хода семги. Наиболее богатый материал по биологии и промыслу семги р. Поной был собран во время экспедиций ВНИОРХ в 1930–1934 гг. Результаты этих исследований освещены в статьях Л.С. Берга (1935), А.А. Световидовой (1935) и А.Г. Смирнова (1934).

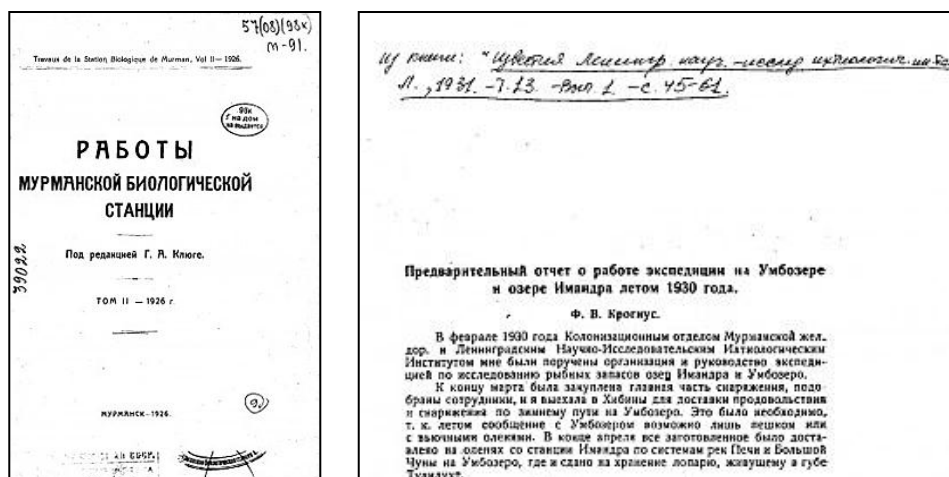


Рис. 15. Титульная страница первого сборника статей, посвященных изучению озер Кольского Севера, и первая научная публикация Ф.В. Крогиус

Следует отметить коллективную работу [38], выполненную по материалам экспедиций Геоморфологического института [43]. В ней содержатся сведения о фауне диатомовых водорослей трех крупных озер региона. В списке, содержащем 412 видов и форм диатомей, указана и ископаемая флора донных отложений. Анализ состава водорослей показал значительное богатство и разнообразие диатомовых в водоемах Кольского Севера, преобладание комплекса северо-альпийских форм, обычного для горных районов и северных широт.

Другая работа, посвященная водорослям оз. Имандра, принадлежит Н.Н. Воронихину [3], в ней приводятся 210 видов и форм водорослей (без диатомовых). Отмечается обилие десмидиевых, особенно представителей родов *Cosmarium* и *Straurastum*. Выделены наиболее распространенные в фитопланктоне виды: *C. hirundinella*, *Quadrigula closterioides*, *Oedogonium sp. ster. div.*, *Spongilosum planum*, *Stichogloea olivacea*, *B. braunii*, *Coelosphaerium naegelinum*, *A. lemmermanni*; в обрастаниях макрофитов: *Oocystis grandum*, *Spyrogira sp. ster.*, *Mougeotia sp. ster.*, *Chroococcus turgidus*, *Chroococcus minutus*, *Nostoc sp. juv.*, *Anabaena sp. ster. div.* В целом богатая флора оз. Имандра, по данным Н.Н. Воронихина, обнаруживает близкое сходство с составом фитопланктона водоемов Большеземельской тундры [44–46].

В статье Е.В. Косинской [8] рассматривается качественный состав флоры водоемов юго-восточной части Кольского п-ова. Подчеркивается первенствующее значение десмидиевых водорослей (диатомовые не изучались).

Комплексные исследования 11 небольших озер Монче- и Волчьей тундр показали преобладание в фитопланктоне их диатомовых водорослей [40]. Им несколько уступают десмидиевые. Зоопланктон озер не отличается большим разнообразием – обнаружено лишь 40 форм. Основу зообентоса составляют личинки хирономид (*Orthoclaadiinae* и *Chiroaominae*). Средняя биомасса зообентоса озер равна 1.43 г/м<sup>2</sup>.

Экспедиция Всесоюзного института озерного и речного рыбного хозяйства и Зоологического института АН СССР летом 1936 г. провела обследование рек Варзуга и Умба и их многочисленных притоков [47]. Описаны геологическое строение берегов рек, химический состав, характер донных отложений. Детально рассматривается донная фауна: видовой состав, особенности распределения и количественное развитие в зависимости от условий обитания. Подчеркивается значительное развитие в реках Кольского п-ова литореофильной фауны с невысокими значениями биомассы зообентоса – в среднем 0.225 г/м<sup>2</sup> при численности 287 экз/м<sup>2</sup>. В приводимом списке видового состава донной фауны обследованных рек – 94 вида и формы. Наибольшим разнообразием отличаются хирономиды, веснянки, водяные клещи и ручейники.

Первые работы, посвященные санитарному состоянию водоемов Кольского Севера, принадлежат профессору 2-го Ленинградского медицинского института С.В. Моисееву [48] и А.В. Каньгиной [49]. В них содержатся сведения о природных условиях озер Большой и Малый Вудъявр, а также сведения о влиянии на них загрязненных сточных вод апатитнефелиновой обогатительной фабрики треста «Апатит» и коммунально-бытовых сточных вод г. Кировска. Отмечаются процессы аккумуляции на дне Большого Вудъявра минеральных взвешенных частиц, значительное ухудшение химического и бактериологического режима на некоторых участках озера. Выявлено летнее цветение водорослей за счет массового развития *Chlamidomonas Ehr.* и *Lyngbia linnetica*, которые раньше там не встречались. Обнаружено сокращение численности и даже полное исчезновение ряда чувствительных к ухудшению качества воды видов в зоопланктоне и зообентосе. Например, А.В. Каньгина отмечает отсутствие в 1938 г. в оз. Большой Вудъявр *Bosmina coregoni gr. obtusirostris* и ряда других, ранее обычных для озера видов личинок хирономид и моллюсков. Такие структурные перестройки в животном и растительном мире, по мнению автора, свидетельствуют о значительном ухудшении санитарного состояния озера. С.В. Моисеевым подробно описываются физико-химический и бактериологический режим оз. Большой Вудъявр, дается санитарная оценка как источника питьевого, и технического водоснабжения. Им выявлено значительное загрязнение озера хозяйственно-фекальными сточными водами. Автор делает вывод, что вода оз. Большой Вудъявр в целом удовлетворяет требованиям к питьевым источникам по физико-химическим показателям, но не пригодна по количественному содержанию в ней кишечных палочек (титры кишечных палочек в озёрной воде находились в пределах 0.01–110 мл). Подчеркивается устойчивый рост по годам числа колоний из 1 мл воды, выращенных на агаре в течение 48 ч. при комнатной температуре: в 1935 г. – 168, в 1936 г. – 183, в 1937 г. – 598. Рекомендуются немедленно прекратить сброс в озеро загрязненных сточных вод. Эта проблема сохраняет свою актуальность и в настоящее время.

В 1940 г. Кольской базой АН СССР подготовлен сборник "Материалы к изучению вод Кольского полуострова" (под ред. Г.Ю. Верещагина). Изданию сборника, включающего результаты наиболее значительных исследований поверхностных вод Мурманской области, помешала Великая Отечественная война [50]. В настоящее время одна из рукописей сборника находится в фондах Кольского научного центра АН СССР. Из шестнадцати статей три посвящены растительности и беспозвоночным животным озер Имандра, Умбозера, Ловозера.

Работа Н.И. Семеновича [31] содержит сведения о гидрохимии, составе и развитии зоопланктона и зообентоса в Умбозере и некоторые данные по оз. Имандра. Всего для зоопланктона двух озер указывается 63 таксона. В Имандре ими выявлено 44 вида: простейших – 4, коловраток – 19, веслоногих – 6, ветвистоусых – 15; в Умбозере – 46 видов: простейших – 4, коловраток – 25, веслоногих – 7, ветвистоусых – 10. Руководящий комплекс организмов зоопланктона представлен видами *Notholca (Kellcottia) longispina*, *Polyarthra platiptera*, *Anurea*

(*Keratella cochlearis*, *Asplanchna priodonta*, *Conochilus unicornis* из коловраток и *C. scutifer*, *D. gracilis*, *Bosmina obtusirostris* – из ракообразных. По данным авторов, основу донной фауны Умбозера составляют хирономиды и олигохеты, биомасса всего бентоса колеблется в пределах 0.08–4.6 г/м<sup>2</sup>, в среднем для озера – 0.6 г/м<sup>2</sup>, что в 2–2.5 раза ниже, чем в Имандре. Такие низкие значения биомассы зообентоса наблюдаются лишь в сильно обедненных биогеоценозах олиготрофных водоемах Карелии и Кольского Севера, которые С.В. Герд выделил в группу ультраолиготрофных [51].

Особенности флоры и фауны Ловозера освещаются в работе П.А. Вельтищева [33]. Растительность и животный мир этого водоема, по данным автора, количественно значительно богаче, чем в Имандре и особенно в Умбозере. Автор считает отличительной особенностью Ловозера также совместное сосуществование вариететов одного вида. Например, в озере встречаются *Gammarus pulex*, вид, широко распространенный в пределах СССР, и его арктический вариетет *G. pulex v. scandinavica*. Совместное обитание вариететов отмечено и для ряда других видов. Такое явление П.А. Вельтищев объясняет переходным характером оз. Ловозера от водоемов Северо-Запада СССР к типичным арктическим, обусловленным его географическим положением и морфологической особенностью – мелководностью. В работе также отмечается обилие диатомовых водорослей, макрофитов, фитофильных форм личинок хирономид, моллюсков и личинок ручейников.

В неизданном сборнике «Материалы к изучению вод Кольского п-ова» имеются статьи, где детально описан систематический состав ихтиофауны и биология ряда видов рыб трех крупных озер и многочисленных водных объектов их бассейнов [30, 52]; отмечены особенности питания рыб озер Имандра и Умбозера [32], а также охарактеризованы богатые рыбные запасы и промысловый лов на озерах.

Заканчивая обзор сборника, представляющего собой итог более чем 10-летнего (1930–1940 гг.) комплексного изучения озер центральной части Мурманской области, отметим, что степень изученности всех сторон жизни внутренних водоемов региона и принятия научно обоснованных мер по их защите в тот период резко отставали (и отстают по сей день) от темпов роста антропогенной нагрузки на поверхностные воды, что ведет к их качественному истощению.

После Великой Отечественной войны лимнологические работы на Кольском Севере возобновлены Отделом гидрологии и гидроэнергетики Кольского филиала АН СССР. В 1956–1957 гг. организованы два экспедиционных отряда: первый – для исследования р. Умба и второй – для исследования оз. Умбозера. Последний, кто выполнил батиметрические, гидрологические, гидрохимические и гидробиологические работы в южной части Умбозера, был В.З. Богданов [50]. Гидробиологические исследования в 1956 г. произведены студенткой биолого-почвенного факультета Ленинградского государственного университета Г.Д. Клубницкой [53]. В ее дипломной работе отмечается качественная и количественная бедность флоры и фауны озера. Всего приводится 31 вид и форма фитопланктона (преимущественно диатомовые и десмидиевые), 18 видов зоопланктона (в основном, диаптомусы, циклопы и ветвистоусые) и 71 вид в зообентосе (главным образом личинки хирономид подсем. *Orthocladiinae*). Биомасса всего зообентоса южной мелководной части озера находится в пределах 0.4–16.5 г/м<sup>2</sup>.

Дальнейшее изучение водоемов Кольского п-ова связано с рыбохозяйственными исследованиями в 1959–1963 гг. экспедиций Государственного научно-исследовательского института озерного и речного хозяйства (ГосНИОРХ) и Полярного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО). Результаты работ представлены в книге «Рыбы Мурманской области» [54], где дается комплексное описание особенностей водных объектов региона, причем большое внимание уделено кормовой базе рыб, их составу и биологии, а также вопросам искусственного разведения и акклиматизации. Делается вывод о рыбохозяйственной ценности крупных озер, даются рекомендации по повышению их биопродуктивности, особенно фитопланктона, путем использования азотно-фосфорных удобрений [55–57]. Летний планктон оз. Имандра и его придаточных водоемов (Пиренгские озера, Охтозеро) в период исследований характеризовался обильным развитием водорослей родов *Diatoma*, *Tabellaria*, *Anabaena* и *Dynobryon*. В зоопланктоне преобладали коловратки – до 72% численности всех организмов. Наиболее часто встречающиеся виды – *N.longispina* и *Synchaeta sp.* Из рачкового планктона по частоте встречаемости выделялись лишь *Holopedium*



*glbberum* и *Bosmina sp.* Причем биомасса голопедиума достигала  $0.4 \text{ г/м}^3$ , что составляло более 80% общей биомассы ветвистоусых.

В планктоне Умбозера выявлен значительный удельный вес диатомовой водоросли *Melosira sp.* Зоопланктон озера автором отнесен к коловраточно-копеподитному типу, в котором развит комплекс: *N. longispina* и *Synchaeta ap* (коловратки), босмины и дафнии среди ветвистоусых, и, наконец, *H. borealis*, *D. gracilis* и *Cyclops streunus* из веслоногих. Низкие величины биомассы зоопланктона ( $0.31\text{--}0.51 \text{ г/м}^3$ ) характерны для олиготрофных озер региона и связаны главным образом со слабым развитием ракообразных. Поэтому исследованные озера имеют относительно малое кормовое значение для планктоноядных рыб.

Общие сведения о флоре и фауне оз. Ловозера даются в статье Н.А. Ксензова [58]. Отмечается сравнительно большое разнообразие беспозвоночных организмов, особенно фитофильных форм. Если в Умбозере и Имандре основу донной фауны составляли личинки хирономид [59], то в Ловозере широко представлены личинки ручейников, моллюски и другие группы. Сравнительный анализ состава фауны хирономид трех озер показывает, что в глубоководных олиготрофных озерах Умбозеро и Имандра более разнообразны личинки Orthoclaadiinae, Tanytarsini, в мелководном Ловозере, напротив, повсеместны (за исключением глубоководного южного плеса) *Chironomini*.

Комплексная экспедиция Института озераедения АН СССР провела в 1967–1970 гг. обследование ряда озер Кольского п-ова, расположенных в различных ландшафтных условиях, в том числе Имандры и Ловозера. Результаты исследований изложены в двухтомном сборнике «Озера различных ландшафтов Кольского п-ова» [60, 61] и в монографии «Большие озера Кольского п-ова» [62]. В этих работах озеро рассматривается как элемент ландшафта, составляющий единое целое с окружающим его природным комплексом. Выделено три типа ландшафтов со свойственными им типами озер: лесотундровый, северотаежный и Ловозерский горный. Озера различных ландшафтов имеют специфические черты в формировании химического состава вод, характере образования органического вещества и уровне биологической жизни. Различия ландшафтных условий определяют особенности структуры и количественного развития зоопланктона и донной фауны озер. Подчеркивается низкая биологическая продуктивность всех обследованных озер; почти все они отнесены к олиготрофному типу.

В книге «Большие озера Кольского п-ова» представлено лимнологическое описание четырех озер: Вялозеро, Ловозеро, Сейд-озеро и Имандра [62]. Наряду с подробной физико-географической и климатической характеристикой водосборных бассейнов озер, приводятся гидрологические, термические, радиационные, гидрохимические и биологические данные. Количественным развитием планктона и зообентоса заметно выделяется Вялозеро – в нем выявлен максимальный для всех обследованных озер уровень продуктивности фитопланктона ( $115 \text{ ккал/м}^2$  у поверхности за 1 мес.). Вялозеро занимает промежуточное положение между средне- и высококормным водоемом по значению зоопланктона для планктоноядных рыб. Биомасса зообентоса весьма высока –  $6.42 \text{ г/м}^2$ . Отмечается сильное загрязнение ряда участков плеса Большая Имандра отходами комбината "Североникель", ПО "Апатит", Оленегорского ГОКа, в результате этого во флоре и фауне организмы олиготрофного комплекса вытесняются формами, выносливыми к загрязнению среды обитания [63].

Летом 1970–1971 гг. на небольших озерах Зеленецкое и Акулькино в каменистой тундре на побережье Баренцева моря работала экспедиция Зоологического института АН СССР. Результаты исследований изложены в коллективной монографии «Биологическая продуктивность северных озер» [64]. В книге содержатся материалы о физико-географических условиях водосборных бассейнов, гидрологии и гидрохимии озер. Имея небольшие водосборные площади, конической формы котловины, тундровые озера характеризуются чрезвычайно низкой величиной первичной продукции фитопланктона ( $8\text{--}21 \text{ ккал/м}^2$  за вегетационный период), невысокой биомассой зоопланктона и зообентоса (соответственно до  $0.03\text{--}0.55 \text{ г/м}^3$  и  $2\text{--}3 \text{ г/м}^2$ ). Фауна и флора представлены холодолюбивыми и широко распространенными эвритопными формами.

Представляют большой интерес результаты комплексных исследований оз. Могильное на о-ве Кильдин, проведенных Мурманским морским биологическим институтом КФАН СССР



совместно с другими научными учреждениями страны в конце 1960-х – начале 1970-х гг. [65]. Это уникальное озеро морского происхождения характеризуется явно выраженной вертикальной стратификацией водной толщи по минерализации и другим параметрам. В поверхностных слоях развивается пресноводный комплекс гидробионтов, а у дна – типично морской. Фитопланктон озера представлен солоноватоводными и морскими диатомовыми водорослями. Пресноводные формы зоопланктона (*Keratella quadrate*, *Synchaeta* sp., *Daphnia pulex* и другие) обитают преимущественно в поверхностных слоях. Наибольшее количество солоноватоводных и морских форм приурочено к горизонту 3–6 м. Ихтиофауна оз. Могильное представлена тремя видами: треской *Gadua morhua kildinensis Derjugin*, маслюком *Pholis guimellus* (L.) и колюшкой *Gaeterosteus aculeatus* L. Сведений о донной фауне в книге практически нет, за исключением указания об обитании в озере личинок пресноводных хирономид, в частности *Atlabesmyia* sp., других морских беспозвоночных организмов. Озеро представляет собой уникальный образец экосистемы, функционирующей в специфических и резко экстремальных условиях среды обитания для биоты, которая, в свою очередь, эволюционно приспособлена к ним.

С 1978 г. исследования на водоемах региона начала проводить созданная в КФАН СССР лаборатория охраны природы, возглавляемая д.б.н. В.В. Крючковым. Одним из направлений работы коллектива стало изучение антропогенных преобразований водных экосистем, в том числе структуры и функции сообществ организмов в условиях интенсивного антропогенного воздействия. В изданиях лаборатории содержатся обширные сведения об экосистемах водоемов, подвергающихся загрязнению многочисленными добывающими и обогатительными предприятиями, материалы токсикологических исследований о влиянии сбросных подогретых вод Кольской АЭС, коммунально-бытовых сточных вод, зарегулировании уровня воды, лесосплава и других отрицательных факторов [66–68 и др.].

В 1989 г. на базе Лаборатории был создан Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра Российской академии наук. В его состав входит Лаборатория Водных экосистем, продолжающая комплексные исследования внутренних вод Кольского Севера. Но это уже другая история...

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Wahlenberg C.* Flora Lapponica. Berlin, 1812. 550 p.
2. *Nylander W., Saelan Th.* Hebarium musci Pennici. Helsingfors, 1859. 118 p.
3. *Воронихин Н.Н.* Водоросли и их группировки в озерах Имандра и Нотозеро (Кольский полуостров) // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 2. Споры растения. М.: Л., 1935. Вып. 2. С. 107–150.
4. *Lilljeborg W.* Bidrag till Norra Russlands och Noriges fauna, samlade under en ventenakplig resa i dessa lander, 1848 // Vet. Acad. Hand. 1850. P. 310–311.
5. *Lilljeborg W.* Description de deux especes nouvelles de Diaptomua du Nord de Europe // Bull. Zool. France. 1888. Vol. 13.
6. *Lilljeborg W.* Cladocera Sueciae // Nova Acta Reg. Soc. Scient. Uppsaliensis. 1900. Vol. 19.
7. *Lilljeborg W.* Synopsis specierum nucusque in Suecia observatci-i-um generis Cyclops // Kongl. Svenaka Vet. Acad. Hand. 1901. Vol. 35.
8. *Косинская Е.К.* Материалы к флоре водорослей Кольского полуострова // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 2. Споры растения. М.: Л., 1935. Вып. 2. С. 57–106.
9. *Cleve P.T.* The Diatoms of Finland // Acta Soc. Fauna et Flora Fenn. 1891. Vol. 8. P. 1–70.
10. *Richard J.* Note sur les peches effectuees par M. Ch. Rabot dans les lacs Enara, Imandra et dans le Kolozero // Bull. Soc. zool. Fr., 1889. Vol. 14. P. 100–104.
11. *Hirn E.K.* Verzeichnis Finnlandischer Oedogoniaceen // Acta Soc. Fauna et flora Fenn. 1895. Vol. 11. Hi. P. 1–24.
12. *Hirn E.K.* Die Finnlandischen Zygnemaceen // Acta Soc. Fauna et Flora Fenn. 1895. Vol. 11. № 10. P. 1–15.
13. *Levander K.M.* Zur Kenntniss des Planctons einiger Binnenseen in Russisch Lappland // Festachrift f. Palmen. Helsingfors. 1905. Vol. 1. № 11. P. 1–40.
14. *Арнольди В., Алексеенко М.* Материалы к флоре водорослей России // Тр. О-ва испыт. природы при Харьк. ун-те: Озера Лапландии. Харьков, 1915. Т. 43, вып. 2. 83 с.
15. *Насонов Н.В.* К фауне Turbellaria Кольского полуострова в окрестностях Кандалаки // ДАН. 1923.
16. *Насонов Н.В.* К фауне Turbellaria тундры Кольского полуострова в окрестностях г. Александровка // ДАН. 1923. С. 70–71.
17. *Ролл Я.В.* Десмидиевые водоросли, найденные в водоемах Лапландии, Олонецкой губернии. Вологда, 1923. С. 5–63.
18. *Ролл Я.В.* Десмидиевые водоросли, найденные в водоемах Лапландии, Олонецкой губернии, Вологодской области. Вологда, 1933.
19. *Цинзерлинг Ю.Д.* Результаты исследований болот и некоторых других геоботанических наблюдений в районе оз. Имандра // Очерк по фитоцитоологии и фитогеографии. М., 1929. С. 147–166.
20. *Зернов М.С.* Научно-исследовательская деятельность Мурманской биологической станции АК СССР за период с 1939 по 1949 гг. // Тр. Мурманской биол. ст. М.; Л., 1948. Т. I. С. 33–38.
21. *Токин И.Б., Хасанкаев З.Б.* Старейшее научное учреждение русского Севера (к 100-летию Мурманской биологической станции) // Природа и хозяйство Севера. 1981. Вып. 9. С. 3–9.
22. *Кошечкин Б.И.* Жемчужница в ладошках Лапландии. Л., 1985. 87 с.
23. *Рихтер Г.Д.* Очерк исследований оз. Имандры // Работы Мурманской биол. станции. Мурманск, 1926. Т. 2.
24. *Рихтер Г.Д.* Физико-геогрвф. очерк озера Имандра и его бассейны. Л., 1934. 144 с.
25. *Крогиус Ф.В.* Ихтиологические работы на Имандре // Работы Мурманской биол. станции. 1926. Т. 2.
26. *Крепс Г.М.* Краткая характеристика растительного покрова района Большой и Иокостровской Имандры // Работы Мурманской биол. станции. 1926. Т. 2.
27. *Крепс Г.М.* Материалы к растительности ландшафтов района оз. Имандра // Работы Мурманской биол.станции. 1929. Т. 3. С. 1–26.
28. *Крогиус Ф.В.* Предварительный отчет о работе экспедиции на

Умбозере и оз.Имандра летом 1930 г.// Изв. Ленингр. научн.-исслед. ихтиол. ин-та. 1931. Т. 13, вып. I. С. 45–61.

**29. Крохин Е.М., Семенович Н.И.** Материалы к познанию озера Умбозера (гидрохимическая характеристика, прозрачность, планктон и бентос) // Матер. к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 151–191. (Сборник № I. Рукопись. Фонды КНЦ АН СССР).

**30. Паллон Л.О.** Ихтиология озера Умбозера // Материалы по изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 192–207. (Сборник № I. Рукопись. Фонды КНЦ АН СССР).

**31. Семенович Н.Н.** Гидрологические исследования озера Имандра в 1930 году // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940 (Сборник № I. Рукопись. Фонды КНЦ АН СССР).

**32. Шапошникова Г.Х.** Материалы по питанию рыб озер Имандры и Умбозера // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 279–292 (Сборник № I. Рукопись. Фонды КНЦ АН СССР).

**33. Вельтищев П.А.** Фауна и флора литорали Ловозера в связи с питанием рыб озера // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 338–365 (Сборник № I. Рукопись. Фонды КНЦ АН СССР).

**34. Вельтищев П.А., Павлов Н.С.** Материалы к изучению глубин и грунтов озера Ловозера // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 298–313. (Сборник № I. Рукопись. Фонды КНЦ АН СССР).

**35. Грек Н.В.** К гидрохимии озера Ловозера // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 314–337 (Сборник № I. Рукопись. Фонды КНЦ АН СССР).

**36. Никитин А.П.** Топографические работы на озере Ловозере // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 293–297. (Сборник № I. Рукопись. Фонды КНЦ АН СССР).

**37. Полонский Н.В.** Материалы к вопросу о географическом распространении диатомовых отложений на Кольском полуострове // Тр. Геоморфол. ин-та АН СССР. Л., 1934. (Кольский диатомовый сборник. Вып. 8).

**38. Порецкий В.С. и др.** Диатомовые отложения Кольского полуострова в связи с микроскопическим составом Кольских диатомов / В.С. Порецкий, А.П. Жузе, В.С. Шешукова // Тр. Геоморфол. ин-та АН СССР. Л., 1934. С. 96–210.

**39. Птицын В.В.** Материалы к химической характеристике диатомитов Кольского полуострова // Тр. Геоморфол. ин-та АН СССР. 1934. Вып. 8.

**40. Зинова А.Д., Нагель А.А.** Сравнительная характеристика исследованных озерно-речных систем Монче- и Волчьей тундр // Тр. Отдел. гидрол. Ленингр. обл. гидрометеорол. упр. 1935. Т. I. С. 113–132.

**41. Алемасов З.** Климатические условия Умбозера. 1933. 28 с. (Фонды КНЦ АН СССР).

**42. Петров В.В.** Ихтиофауна озер Монче- и Волчьей тундры // Тр. отд. гидрол. Ленингр. обл. гидрол. упр. Л., 1935. Т. I.

**43. Кольский диатомовый сборник** // Тр. Геоморфол. ин-та. Л., 1934. Вып. 8. 214 с.

**44. Флора и фауна водоемов Европейского Севера.** Л., 1978. 192 с.

**45. Гецен М.В.** Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л., 1985, 165 с.

**46. Никулина В.Н.** Фитопланктон // Биологическая продуктивность северных озер: в 2-х ч. Ч. 2. Озера Зеленецкое и Акулькино. Л., 1975. Т. 57. С. 37–52.

**47. Жадин В.И.** Фауна рек и водохранилищ / Тр. Зоол. ин-та. М.; Л., 1940. Т. 5, вып. 3/4. 992 с.

**48. Моисеев С.В.** Физико-химический бактериологический режим оз. Большой Вудъявр и его санитарная оценка как источника центрального водоснабжения. 1937. 161 с. (Рукопись. Фонды КНЦ АН СССР).

**49. Каныгина А.З.** Биологические и химические исследования озер Большой и Малый Вудъявр // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 99–144. (Сборник № I. Рукопись. Фонды КНЦ АН СССР).

**50. Богданов В.З.** Итоги и задачи исследований озер Кольского полуострова // Тр. III Всесоюзн. гидролог. съезда. 1959. Т. 4. С. 274–280.

**51. Герд С.В.** Биоценозы бентоса больших озер Карелии. Петрозаводск, 1949. 198 с.

**52. Крозиус Ф.В.** Материалы по систематике и биологии некоторых рыб озер Имандры и Умбозера // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 232–278 (Сборник № I. Рукопись. Фонды КНЦ АН СССР).

**53. Клубничная Г.Д.** Гидробиологическая характеристика южной части Умбозера: дипл. работа. Ленингр. гос. ун-т. Л., 1957. 79 с. (Рукопись. Фонды КНЦ АН СССР).

**54. Рыбы Мурманской области.** Мурманск, 1966. 336 с.

**55. Баранов И.З.** Лимнологические типы озер СССР. Л., 1962. 276 с.

**56. Баранов И.В.** Природные особенности водохранилищ Мурманской области // Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. С. 24–36.

**57. Карташева Т.Н.** Гидрохимические особенности Канозера и Малого Пулозера // Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. С. 49–58.

**58. Ксензов Н.А.** Общие сведения о Ловозере // Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. С. 59–76.

**59. Петров В.В., Стругач М.Б.** Бентос некоторых озер и водохранилищ Мурманской области // Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. С. 95–104.

**60. Озера различных ландшафтов Кольского полуострова / И.Я. Дегоник, Л.А. Волкова, Г.И. Летанская и др.** Л., 1974. Ч. I. 275 с.

**61. Л.Ф. Форш и др.** Озера различных ландшафтов Кольского полуострова / Л.Ф. Форш, Г.В. Назаров. Л., 1974. Ч. 2. 235 с.

**62. Большие озера Кольского полуострова / К.Н. Купецкая, И.И. Великорецкая, Б.Г. Венус и др.:** Ин-т Озеровед. АН СССР. Л., 1976. 349 с.

**63. Дольник Т.В., Стальмакова Г.А.** Зоопланктон и зообентос // Большие озера Кольского полуострова. Л., 1976. С. 317–336.

**64. Биологическая продуктивность северных озер.** Т. I. Озера Кривое и Круглое // Тр. Зоол. ин-та АН СССР, 1975. Т. 56. 228 с.

**65. Гуревич В.И. и др.** Реликтовое озеро Могильное / В.И. Гуревич, Р.Я. Цееб. Л., 1975. 298 с.

**66. Состояние природной среды Кольского Севера и прогноз ее изменения.** Апатиты: Изд. КФАН СССР, 1982. 154 с.

**67. Яковлев В.А.** Современное состояние зообентоса больших озер Кольского Севера (Имандра, Умбозера, Ловозера) // Структура и функции наземных и водных экосистем Севера в условиях антропогенного воздействия. Апатиты, 1990. С. 97–105.

**68. Крючков В.В. и др.** Экология водоемов-охладителей в условиях Заполярья / В.В. Крючков, Т.И. Моисеенко, В.А. Яковлев. Апатиты, 1985. 132 с.

### *Библиография работ XIX–XX вв. по лимнологии Кольского Севера*

Алабышев В. Находка сапропеля (гиттии) на Кольском полуострове // Природа. 1929. С. 910.

Алеев В.Р. Поездка на реки Поной и Варзугу в 1912 г. // Материалы к созданию русского рыболовства. Петроград, 1914. Т.3, вып.9. С.15–78.

Алемасов З. Климатические условия Умбозера. 1933. 28 с. (Фонды Кольск. научн. центра АН СССР).

Алимов А.Ф., Никулина В.Н. Продуктивность сообществ обрастаний в оз. Зеленецком // Гидробиол. журн. 1974. Т. 10. 2. С. 29–35.

- Алимов А.Ф., Финогенова Н.П. Количественная оценка роли сообществ донных животных в процессах самоочищения пресноводных организмов // Гидробиологические основы самоочищения вод. Л., 1976. С. 5–14.
- Арнольди В., Алексеев М. Материалы к флоре водорослей России // Тр. О-ва испыт. природы при Харьк. ун-те: Озера Лапландии. Харьков, 1915. Т. 43, вып. 2. 83 с.
- Багрова Г.М. Радиационный баланс озер Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Л., 1974. Ч. I. С. 124–148.
- Баранов И.В. Классификация озер Карело-Кольской лимнологической области // Рыбное хозяйство Карелии. Петрозаводск, 1958. Вып. 7.
- Баранов И.З. Лимнологические типы озер СССР. Л., 1962. 276 с.
- Баранов Й.В. Природные особенности водохранилищ Мурманской области // Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. С. 24–36.
- Баранов Й.В., Сурков С.С. Краткая характеристика водоемов Мурманской области // Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. С. 7–23.
- Бартенев И. О русском жемчуге // Дневн. Отд. ихтиолог. Русск. о-ва акклиматиз. животн. и раст. 1902. Т. 10. С. 323–335.
- Беляева Г.В. Основные промысловые рыбы озера Имандра и распределение их в водоеме // Рыбохозяйственное изучение внутренних водоемов. 1975. Сб. 14. С. 42–49.
- Берг Л.С. Материалы по биологии семги. Обзор работ по исследованию семги, произведенных в 1930-1934 гг. Всесоюзным институтом озерного и речного хозяйства // ВНИОРХ. 1935. Т.10. С.130–173.
- Берг Л.С. Основные достижения в области исследований озер СССР // Тр. II Всесоюзн. гидролог. съезда. 1929. Ч. III. С. 205–215.
- Биологическая продуктивность северных озер. Т. 2. Озера Зеленецкое и Акулькино. // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Т. 57. 182 с. 34
- Биологическая продуктивность северных озер. Т. I. Озера Кривое и Круглое // Тр. Зоол. ин-та АН СССР, 1975. Т. 56. 228 с.
- Богданов В.З. Принципы зонально-лимнологического районирования (на примере Кольской лимнологической провинции): автореф. дис. ... д.б.н. Л., 1970. 20 с.
- Богданов В.В. Биологическая продуктивность и рыбы Умбозера // Комплексные исследования рек и озер Кольского полуострова. Апатиты, 1958. 178 с. (Рукопись. Фонды Кольск.научн.центра АН СССР).
- Богданов В.З. Итоги и задачи исследований озер Кольского полуострова // Тр. III Всес. гидролог. съезда. 1959. Т. 4. С. 274–280.
- Богданов В.З. Очерк исследования озер Кольского полуострова // Уч. зап. Ленингр. гос. ун-та. Сер. Географ. Л., 1960. Вып. 14.
- Большие озера Кольского полуострова / К.Г.Купецкая, И.И. Великорецкая, Б.Г. Зенус и др.: Ин-т Озеровед. АН СССР. Л., 1976. 349 с.
- Буянов Н.И. Концентрации  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в районе сброса теплых вод Кольской АЭС // Экология. 1981. № 3.
- Васильева Е.Д. Озерной голец *Salvelinua alpinus L.* из бассейна реки Зарубиха (к вопросу о гольцах и палиях Кольского полуострова) // Вопр.ихтиол. 1981, Т. 21, вып. 2. С. 232-247.
- Вельтищев П.А. Фауна и флора литорали озера Ловозера в связи с питанием рыб озера // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 338-365 (Сборник № I. Рукопись. Фонды Кольск.научн. центра АН СССР).
- Вельтищев П.А., Павлов Н.С. Материалы к изучению глубин и грунтов озера Ловозеро // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 298-313. (Сборник № I. Рукопись. Фонды Кольск. науч. центра АН СССР).
- Венус Б.Г. Генезис озерных котловин различных ландшафтов Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Л., 1974. Ч. I. С. 4–20.
- Верещагин Г.С. К вопросу о жемчужном промысле в Карело-Мурманском крае // Карело-Мурманский край. 1929. № 1-2. С. 33–36.
- Верещагин Г.Ю. Гидрохимия озера Имандра // Исследование озер СССР. Л., 1932. Вып. I. 35

- Верещагин Г.Ю. О добыче перламутра и жемчуга в Карелии и Мурманском крае // Озера Карелии: Изд. Бородинск. биол. станции. 1930. С. 145–155.
- Верещагин Г.Ю. Список литературы по жемчужному промыслу в Карелии и Мурманской губернии // Карело-Мурманский край. 1929. № 3. С. 35–36.
- Вехов Н.В. Влияние антропогенных факторов на фауну ракообразных тундровых водоемов // Влияние деятельности человека на природные экосистемы. М., 1979. С. 49–59.
- Вехов Н.В. Комплексный подход к созданию и обоснованию перспективной сети охраняемых акваторий в зоне тундр европейского сектора Субарктики // Вопросы обоснования размещения охраняемых природных территорий. М., 1985. С. 80–88.
- Вехов Н.В. Охраняемые территории европейского сектора Арктики и Субарктики и охрана водных экосистем в регионе // Исследования в области заповедного дела. 11., 1984. С. 91–97.
- Вехов Н.В. Современное состояние проблемы охраны водных экосистем Арктики и Субарктики // Проблемы охраны и рациональн. использ. природн. ресурсов в сев. регионах: тез. докл. Всесоюз. совещ. Архангельск, 1982. С. 146–147.
- Вехов Н.В. Современные формы охраны водных экосистем в районах с экстремальными природно-климатическими условиями // ВНИИ "Природа". 1983. 25 с. Деп. в ВИНТИ 10.05.83, № 2491-93.
- Винберг Г.Г. Биологическая продуктивность озер Дальне-Зеленецкое и Акулькино // Тезисы докл. отчетн. научн. сессии по итогам работы 1971 г. ЗИН АН СССР. Л., 1972.
- Виноградов Г.А., Клерман А.К., Комов В.Т., Хеминг Т.А. Регуляция кислотно-щелочного гомеостаза мантийной жабры у *Margaritana margaritifera* (Eulamellibranchiata, Margaritiferidae) при обсыхании и закислении внешней среды // Зоол. журн., 1987. Т. 66, вып. 7. С. 989–995.
- Владимирская М.И. Сиги бассейна оз. Имандра // Вопр. ихтиол. 1956. Вып. 6. С. 136–148.
- Владимирская М.И. Форели озерная (или кумка) и ручьевая в водоемах бассейна оз. Имандра // Бюлл. Моск. общ. испит. природы, отд. гидробиол. 1957. Т. 7, вып. 4.
- Владимирская М.И. Хариус из озер Северо-Западного участка бассейна оз. Имандра // Зоол. журн. 1957. Т. 36, вып. 5. С. 729–736.
- Властов Т.А. Биология жемчужницы (*Margaritana margaritifera* L.) и проблема использования ее раковин как перламутрового сырья // Тр. Бородинск. биол. ст. 1934. Т. 7. С. 5–36.
- Волхонская Н.И. Зоопланктон Ковдозерского водохранилища // Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. С. 91–94.
- Воробьева Д.Г. Натурные исследования водохранилища-охладителя Кольской АЭС // Развитие энергетического хозяйства Мурманской области. Апатиты, 1976.
- Воробьева Д.Г. Некоторые результаты исследования озера Большая Имандра // Вопросы энергетики Кольского полуострова. Апатиты, 1975. С. 126–132.
- Воробьева Д.Г., Иванова Е.А., Максимов В.А. О влиянии теплых циркуляционных вод Кольской атомной электростанции на температурный режим озера Имандра // Вопросы энергетики Кольского полуострова. Апатиты, 1957. С. 133–140.
- Воробьева Л.М., Исаченкова Л.Б. Влияние апатитового производства на развитие геоморфологических и ландшафтно-геохимических процессов в Хибинах // Уч. зап. Тартусского гос. ун-та. 1989. № 837. С. 113–117.
- Воронихин Н.Н. Водоросли и их группировки в озерах Имандра и Нотозеро (Кольский полуостров) // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 2. Споры растения. М.; Л., 1935. Вып. 2. С. 107–150.
- Воронихин Н.Н. Растительный мир континентальных водоемов. М.; Л., 1953.
- Гавриленко Б.В., Чижиков В.З. Распределение золота в донных осадках озера Имандра в связи с влиянием техногенных факторов на фациальные условия // Следы жизнедеятельности древнейших организмов и проблемы реконструкции палеографических обстановок прошлого. Апатиты, 1978. С. 108–114.
- Гарибова Л.З., Дундин Ю.К., Коптяева Т.С., Филин З.Р. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР. М., 1978. 365 с.
- Герд С.В. Биоценозы бентоса больших озер Карелии. Петрозаводск, 1949. 198 с.
- Гецен М.В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л., 1985. 165 с.

- Гидробиологическое изучение и рыбохозяйственное освоение озер Крайнего Севера. М., 1966. 170 с.
- Гиляров А.М. Классификация северных озер на основе данных по зоопланктону // Гидробиол. журн. 1972. Т. 8. № 2. С. 5–13.
- Гиляров А.М. Соотношение биомассы и видового разнообразия в планктонном сообществе // Зоол. журн. 1969. Т. 48. № 4. С. 485–493.
- Гладцин И.Н. Геоморфологические наблюдения в Хибинских тундрах // Несколько слов об озерах и реках Хибинского массива. М., 1928. Т. II. С. 70–75 (Тр. Ин-та по изучен. Севера).
- Гордеев О.Н. К вопросу о биологии и экологии реликтового рачка *Mysis oculata v. relicta* Lot. в озерах Карелии // Тр. Карело-Финск. отдел. ЗНИОРХ. 1951. Т. 3. С. 259–268.
- Горкин И.Н. Рыбы и бентос как индикаторы загрязнения речных и эстуарных экосистем лососевых рек тяжелыми металлами // Экологические аспекты химического и радиоактивного загрязнения водной среды. М., 1983. С. 66–79.
- Грезе В.Н. К лимнологии окрестности Кольского залива // Тр. II Всесоюзн. гидролог. съезда. 1930. Ч. II.
- Грезе В.Н. Основные черты гидробиологии озера Таймыр // Тр. Все-союзн. гидробиол. общ. 1957. Т. 8. С. 183–218.
- Грек Н.В. К гидрохимии озера Ловозера // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 314–337 (Сборник № I. Рукопись. Фонды Кольск. научн. центра АН СССР).
- Григорьев С.В. Обзор исследований внутренних вод Карело-Мурманского края по 1930 г. Л., 1934.
- Гуревич В.И. и др. Реликтовое озеро Могильное / В.И. Гуревич, Р.Я. Цееб. Л., 1975. 298 с.
- Гусев А.Г. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения. Т., 1975. 368 с.
- Гусев А.Г., Подоба З.П. Влияние сточных вод, содержащих тяжелые металлы, на водоемы и водные организмы // Матер. 16-й конференции по изучен. внутр. водоемов Прибалтики. Петрозаводск, 1971. Ч. I. С. 294–295.
- Долгий В.Н. Состав и распространение семейства *Pisididae* в западно-сибирской части Субарктики // Моллюски: систематика, экология и закономерности распространения. Л., 1983. Сб. 7. С. 44–46.
- Дольник Т.В., Стальмакова Г.А. Зоопланктон и зообентос // Большие озера Кольского полуострова. Л., 1976. С. 317–336.
- Драбкова В.Г. Зональное изменение интенсивности микробиологических процессов в озерах. Л., 1981. 212 с.
- Драбкова В.Г., Летанская Г.И. Первичная продукция фитопланктона и роль бактерий в деструкции органического вещества в оз. Вялозеро (Кольский полуостров) // Гидробиол. журн. Т. 6. № 3. 1970. 38.
- Драбкова В.Г., Сорокин И.Н. Озеро и его водосбор – единая природная система. Л., 1979. 195 с.
- Драбкова В.Г., Чеботарев Е.Н. Микрофлора воды и донных отложений некоторых озер Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Л., 1974. Ч. II. С. 120–142.
- Драгонов М.А., Мартынов В.Г., Лысенко Л.Ф. Условия естественного воспроизводства и популяционная структура Атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в бассейне реки Варзуга // Распределение Атлантического лосося на Европейском Севере СССР / Тр. Коми научн. центра УРО АН СССР. Сыктывкар, 1990. № 114. С. 5–30.
- Дудка И.А. Водные гифомицеты в реках и ручьях Кольско-Карельской северо-таежной провинции // Микология и фитопатология. 1972. Т. 6, вып. 3. С. 200–208.
- Дудка И.А. Водные гифомицеты рек и ручьев Кольско-Карельской северо-таежной провинции // Матер. I конф. по спорным растениям Украины. Киев, 1971. С. 151–153.
- Дудка И.А. К оценке численности конидий водных гифомицетов в реках и ручьях Терского берега Кольского полуострова // Гидробиол. журн. 1971. Т. 7. № I. С. 23–29.
- Евдокимова Г.А. Изменение интенсивности микробиологических процессов в озере Имандра в связи с его загрязнением // Природа и хозяйство Севера. 1988. Вып. 16. С. 59–66.

- Евдокимова Г.А., Маслова Н.П., Чижиков З.В. О микробиологических исследованиях озера Имандра // Микробиологические исследования на Кольском Севере. Апатиты, 1978. С. 46–57.
- Жадин В.И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. М.: Л., 1952. 376 с.
- Жадин В.И. Моллюски. М.: Л., 1938. 171 с. (Фауна СССР. Т. 4, вып. 1).
- Жадин В.И. Фауна рек и водохранилищ. М.: Л., 1940 / Тр. Зоол. ин-та. Т. 5, вып. 3-4. 992 с.
- Жадин В.И., Герд С.В. Реки, озера и водохранилища СССР, их фауна и флора. М., Госучпедиздат, 1961. 598 с.
- Задерина В.М. Гидробиологическая характеристика некоторых рек Кольского полуострова // Экология и воспроизводство проходных лососевых рыб в бассейне Белого моря. Мурманск, 1985. С. 138–148.
- Заллен М.Г. Материалы по зоопланктону озера Нельяр // Рыбы озер Кольского полуострова. Петрозаводск, 1977. С. 4–11.
- Заренцов Л.Н., Матренинская З.Д. Проникновение солнечной радиации в водную толщу некоторых озер Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Л., 1974. Ч. I. С. 149–155.
- Заррин М.П. К характеристике почвенного покрова водосборных участков системы озер Канентъявр-Колгиявр // Доклады отд. ЖОМИСС Географ. общ-ва. Л., 1969. Вып. 9. Озера Кольского полуострова. С. 19–27.
- Зенина Т.А., Крючков В.В. Динамика кремния в озере Имандра // Состояние природной среды Кольского Севера и прогноз ее изменения. Апатиты, 1982. С. 59–69.
- Зернов М.С. Научно-исследовательская деятельность Мурманской биологической станции АК СССР за период с 1939 по 1949 гг. // Тр. Мурманск, биол. ст. М.: Л., 1948. Т. I. С. 33–38.
- Зинова А.Д. Питание рыб из озер Монче- и Волчьей тундр // Материалы Мончезерской лимнологической экспедиции. 1933.
- Зинова А.Д., Нагель А.А. Сравнительная характеристика исследованных озерно-речных систем Монче- и Волчьей тундр // Тр. Отдел. гидрол. Ленингр. обл. гидрометеорол. упр. 1935. Т. I. С. 113–132.
- Зинова А.Д., Нагель А.А., Петров В.В., Цветков В.Н. Описание исследований озер Монче- и Волчьей тундр // Тр. Отд. гидрол. Ленингр. обл. гидрометеорол. упр. Л., 1935. Т. I.
- Икаров В.В. Опыт акклиматизации жемчужницы (*Margaritana margaritifera* L.) // Тр. Бородин. биол. ст. 1934. Т. 7. С. 37–45.
- Каган Л.Я., Лебедева Р.М., Стрелков С.А., Чижиков В.В. Основные черты истории озера Имандра // Природа и хозяйство Севера. 1980. Вып. 7. С. 21–26.
- Казакова О.Н. Ландшафтное районирование Мурманской области // Северо-Запад Европейской части СССР. Л., 1972. Вып. 8. С. 134–157.
- Каныгина А.З. Биологические и химические исследования озер Большой и Малый Вудъявр // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 99–144. (Сборник № I. Рукопись. Фонды Кольск. научн. центра АН СССР).
- Карасева Т.А., Уланенков В.С. Некоторые особенности экосистемы Пиренгского водохранилища // Трофические связи и продуктивность водных сообществ: Оператив. инф. матер. к 3 симп. Чита, 1989. С. 54–56.
- Карташева Т.Н. Гидрохимические особенности Канозера и Малого Пулозера // Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. С. 49–58.
- Каталог озер Мурманской области / В.В. Богданов, Т.И. Белокоскова, Е.И. Коваленкова. М.: Л., 1962. 145 с.
- Каталог рек Мурманской области / В.В. Богданов, Т.И. Белокоскова, Е.И. Коваленкова. М.: Л., 1962. 211 с.
- Клубничная Г.Д. Гидробиологическая характеристика южной части Умбозера: дипл. работа. Ленингр. гос. ун-т. Л., 1957. 79 с. (Рукопись. Фонды КНЦ АН СССР).
- Кожин Н.И. О рыбоходе на Туломстрое // Инф. бюлл. консулт. бюро ВНИОРХ. 1939. № 2. Кольский диатомовый сборник // Тр. Геоморфол. ин-та. Л., 1934. Вып. 8. 214 с.
- Коршикова А.А. Материалы к флоре Кольского полуострова // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. 1941. Т. 4. С. 53–76.
- Косинская Е.К. Десмидиевые водоросли // Флора споровых растений СССР. М.: Л., 1960. Т. 5.



- Косинская Е.К. Материалы к флоре водорослей Кольского полуострова // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. Сер. 2. Споровые растения. М.; Л., 1935. Вып. 2. С. 57–106.
- Кошечкин Б.И. Жемчужница в ладошках Лапландии. Л., 1985, 87 с.
- Кравцова В.И. Дешифрирование последствий техногенного воздействия на природу по космическим снимкам (на примере Хибин) // Аэрокосмические методы в географических исследованиях Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1981. С. 57–65.
- Красовская Т.М., Тикунов В.С. Эколого-географическая характеристика территории Кольского полуострова для целей организации фоновых наблюдений // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Л., Гидрометеиздат, 1990. С. 203–210.
- Крепс Г.М. Краткая характеристика растительного покрова района Большой и Иокостровской Имандры // Работы Мурманской биол. станции. 1926. Т. 2.
- Крепс Г.М. Материалы к растительности ландшафтов оз.Имандра // Работы Мурманской биол.станции. 1929. Т. 3. С. 1–26.
- Крепс Г.М., Крогиус Ф.В. Краткая характеристика рыбных промыслов на оз. Имандра. Л., 1924.
- Крогиус Ф.В. Предварительный отчет о работе экспедиции на Умбозере и оз. Имандра летом 1930 г. // Изв. Ленингр. научн.-исслед. ихтиол. ин-та. 1931. Т. 13, вып. I. С. 45–61.
- Крогиус Ф.В. Гидрологические исследования оз. Умбозера // Хибинские апатиты. Л., 1932. Ст.2.
- Крогиус Ф.В. Ихтиологические работы на Имандре // Работы Мурманской биол. станции. 1926. Т. 2.
- Крогиус Ф.В. Материалы по систематике и биологии некоторых рыб озер Имандры и Умбозера // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 232–278 (Сборник № I. Рукопись. Фонды Кольск. науч. центра АН СССР).
- Крохин Е.М. Материалы к познанию озера Умбозера // Изв. Географ. об-ва. 1936. Т. 68, вып. 2.
- Крохин Е.М., Семенович Н.И. Материалы к познанию озера Умбозера (гидрохимическая характеристика, прозрачность, планктон и бентос) // Матер. к изуч. вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 151-191. (Сборник № I. Рукопись. Фонды Кольск.научн.центра АН СССР).
- Круглова А.Н. Зоопланктон малых рек Кольского полуострова // Гид-робиол. журн. 1983. Т. 19, № 5. С. 56–58.
- Крючков В.В., Кондратович И.Н., Андреев Г.Н. Красная книга экосистем Кольского Севера. Апатиты, 1988. 102 с.
- Крючков В.В., Макарова Т.Д. Аэротехногенное воздействие на экосистемы Кольского Севера. Апатиты, 1989. 96 с.
- Крючков В.В., Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Экология водоемов-охладителей в условиях Заполярья. Апатиты, 1985. 132 с.
- Крючков В.В., Моисеенко Т.Н., Яковлев В.А., Лукин А.А. Экологическое обоснование замкнутого водооборота при обогащении минерального сырья // Теория и практике интенсификации флотации руд в условиях водооборота. Апатиты, 1989. С. 8–12.
- Крючкова Н.М. Структура сообществ зоопланктона в водоемах разного типа // Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем. Д., 1987. С. 184–198.
- Ксензов Н.А. Общие сведения о Ловозере // Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. С. 59–76.
- Кудерский Л.А. О происхождении реликтовой фауны в озерах Северо-Запада Европейской части СССР// Изв. ГосНИОРХ. 1971. Т. 76. С. 113–124.
- Купецкая К.Н. Климатическая характеристика отдельных районов Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Л., 1974. Ч. I. С. 111–125.
- Лакрушин А.В. Аршаница Н.М., Мосиенко Т.К. и др. Сопоставление результатов применения разных методов биологического анализа качества вод // Сб.науч. тр. Гос. НИОРХ. 1989. № 291. С. 117–123.
- Летанская Г. И. Фитопланктон и первичная продукция озер Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Л., 1974. Ч. 2. С. 78–119.
- Летанская Г.И. Фитопланктон и первичная продукция озер системы Канентъявр-Колгиявр // Докл. Отд. и комис. Гидробиол. общ-ва СССР. 1969. Вып. 9. С. 85–91.
- Либмвн Э.П. Край жемчужных рек // Природа. 1967. № 4. С. 102–105.

- Ломаева Т.А., Свирская Н.А. Зоопланктон Серебрянского водохранилища // Рыбы озер Кольского полуострова. Петрозаводск, 1977. С. 31–44.
- Ломакина Н.Б. Систематика родов *Gammaracanthus Bate* и *Pontoporeia affinis Kroer* в связи с происхождением ледниковых реликтов фауны СССР: дис. ... к.б.н. Л., 1950.
- Методы биоиндикации и биотестирования природных вод // Гидрохим. ин-т: Ред. В.А. Брызгалов, Т.А. Хоружая. Л., Гидрометеиздат, 1989. 227 с.
- Миорова Н.Я. Летний температурный режим озер Кольского полуострова // Накопление веществ в озерах. Л., 1964. С. 47–58.
- Моисеев С.В. Физико-химический бактериологический режим оз. Большой Вудъявр и его санитарная оценка как источника центрального водоснабжения. 1937. 161 с. (Рукопись. Фонды Кольск. научн. центра АН СССР).
- Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера. Л., Наука, 1990. 221 с.
- Моисеенко Т.Н., Яковлев В.А., Лукин А.А. Экологические аспекты использования подогретых вод АЭС в интересах рыбного хозяйства Севера // Антропогенное воздействие на экосистемы Кольского Севера. Апатиты, 1988. С. 71–79.
- Мосевич М.В., Логинова В.А. Бактериальный планктон оз. Имандра и его изменения под влиянием загрязнения // Вопр. гидробиол.: тез. докл. I Съезда ВГБО. М., 1965. С. 304.
- Мосевич Н.А., Соколов А.В. Гидрохимическая характеристика некоторых озер Кольского полуострова с учетом геологии их бассейнов // Изв. ВНИОРХ. 1939. Т. 21.
- Нагель А.А. К исследованию озер Монче-тундры // Тр. отдела гидрол. ГУГМС. Л., 1935. Т. I.
- Насонов Н.В. К фауне Turbellaria Кольского полуострова в окрестностях Кандалакши // ДАН. 1923.
- Насонов Н.В. К фауне Turbellaria тундры Кольского полуострова в окрестностях г.Александровка // ДАН. 1923. С. 70–71.
- Насонов Н.В. Фауна Turbellaria Кольского полуострова // Изв. РАН. 1925. С. 53–74.
- Нежданова Н.К., Суэтин Ю.П., Свешникова Г.Е. Загрязнение окружающей среды канцерогенными элементами никелем и кобальтом в результате деятельности горнорудных предприятий // Растения и химические канцерогены. Л., 1979. С. 181–183.
- Никитин А.П. Топографические работы на озере Ловозере // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 293-297. (Сборник № I. Рукопись. Фонды Кольск. научн. центра АН СССР).
- Никулина В.Н. Фитопланктон северных озер и его взаимоотношения с зоопланктоном: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1977. 23 с.
- Никулина В.Н. Фитопланктон // Биологическая продуктивность северных озер. 2. Озера Зеленецкое и Акулькино. Л., 1975. Т. 57. С. 37–52.
- Нилова О.И. Гидробиологическая характеристика реки Поной и ее притоков // Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. С. 105–111.
- Озера различных ландшафтов Кольского полуострова / И.Я. Дегопик, Л.А. Волкова, Г.И. Летанская и др. Л., 1974. Ч. I. 275 с.
- Павловский С.А. Донная фауна Серебрянского водохранилища в первые годы его существования // Рыбы озер Кольского полуострова. Петрозаводск 1977. С. 45–55.
- Паллон Л.О. Гидрологические исследования оз. Большой Вудъявр // Хибинские апатиты. Л., 1932. № 2.
- Паллон Л.О. Ихтиология озера Умбозеро // Материалы по изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 192-207. (Сборник № I. Рукопись. Фонды Кольского науч. центра АН СССР).
- Панин А.П. Влияние энергетического хозяйства Мурманской области на окружающую среду и меры по его ограничению // Вопросы охраны природы и рационального использования природных ресурсов Мурманской области. Апатиты, 1975. С. 37–45.
- Петров В.В., Стругач М.Б. Бентос некоторых озер и водохранилищ Мурманской области // Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. С. 95–104.
- Петров В.З. Ихтиофауна озер Монче- и Волчьей тундры // Тр. отд. гидрол. Ленингр. обл. гидрол. упр. Л., 1935. Т. I.

- Петровская М.В. Характеристика зоопланктона озер Мурманской области // Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. С. 84–90.
- Петряшев В.В. Мизиды (*Crustacea, Mysidaceae*) бассейна Белого моря // Тр. Зоол. ин-га АН СССР. 1989. Т. 192. С. 73–85.
- Петухов З.А., Далолохин С.Я. К фауне нематода Северо-Запада СССР // Тр. Зоол. ин-га АН СССР. 1986. Т. 152. С. 68–76.
- Пидгайко М.Л. Зоопланктон водоемов Европейской части СССР. М., 1964. 208 с.
- Плотицина Н.Ф. Антропогенное эвтрофирование субарктического олиготрофного озера // ПИНРО. 1988, 10 с. Деп.в ВИНТИ 08.08.88, № 6354–388.
- Плотицина Н.Ф. Внешний водообмен и формирование качества воды в озере Имандра// Охрана окруж. среды и рацион. использование природных ресурс.: тез. докл. I Обл. науч.-произв. шк.-конф. Мурманск, 1986. С. 56–57.
- Плотицина Н.Ф. Изменение концентрации неконсервативного вещества в водоеме при искусственном воздействии на приток на примере озера Имандра // Охрана окруж. среды и рацион. использ. прир. ресурс.: Тез.докл. I Обл. науч.-произв. шк.-конф. Мурманск, 1986. С. 58–59.
- Плотицина Н.Ф., Голубева Т.А. Характеристика и основные факторы формирования химического состава вод озера Имандра // Состояние и перспектив. разв. методол. основ хим. и биол. мониторинга пов. вод суши: Тез. докл. XXIX Всесоюз. гидрохим. совещ. Ростов-на-Дону, 1987, С. 262–263.
- Покровская Т.Н. Первичная продукция фитопланктона в озерах Кольского полуострова // Тр. ЗГБО. 1962. Т. 12. С. 359–374.
- Полканов А.А. Геологический очерк Кольского полуострова // Тр. Аркт. ин-та. Д., 1936. Т. 53. 171 с.
- Полонский Н.В. К изучению диатомитов за Полярным кругом // Работы АН СССР на Кольском полуострове за годы Советской власти 1920-1932 гг.: Тр. СОПС. Л., 1932.
- Полонский Н.В. материалы к вопросу о географическом распространении диатомовых отложений на Кольском полуострове // Тр. Геоморфол. ин-та АН СССР. Д., 1934. (Кольский диатомовый сборник. Вып. 8).
- Попченко В.И. Олигохеты водоемов Карелии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 1972. 26 с.
- Порецкий В.С., Жузе А.П., Шешукова В.С. Диатомовые отложения Кольского полуострова в связи с микроскопическим составом Кольских диатомов // Тр. Геоморфол. ин-та АН СССР. Л., 1934. С. 96-210. (Кольский диатомовый сборник. Вып. 6).
- Правдин И.Ф. Об ихтиофауне Кольского полуострова // Вопросы гидробиологии водоемов Карелии. Петрозаводск, 1964.
- Предварительный отчет о работах Имандровской экспедиции / Г.Д. Рихтер, С.Ф. Егоров, Г.М. Крепе, Е.Н. Вукотич, Ф.В. Крогиус // Работы Мурманской биол. станции. Мурманск, 1926. Т. 2.
- Птицын В.В. Материалы к химической характеристике диатомитов Кольского полуострова// Тр. Геоморфол. ин-та АН СССР. 1934. Вып. 8.
- Ретовский Л.О. К планктону Мурманских озер// Тр. Арктич. и Антарк-тич. ин-та. 1933. Т. 3 (12), вып. 2.
- Решетников Ю.С. Питание разных внутривидовых форм сига из ряда озер Лапландского заповедника // Вопр. ихтиол. 1964. Т.,4, вып. 4 (33).
- Рихтер Г.Д. Физико-географ. очерк озера Имандра и его бассейны. Д., 1934. 144 с.
- Рихтер Г.Д. К батиметрической карте Йокостровской и Бабинской Имандры // Работы Мурманской биол.станции. Мурманск, 1929. Т. 3.
- Рихтер Г.Д. Очерк исследований оз. Имандры // Работы Мурманской биол. станции. Мурманск, 1926. Т. 2.
- Рихтер Г.Д. Физико-географическое описание // Геология СССР. М., 1958. Т. 27 (Мурманская обл.). Ч. I. С. 20–41.
- Родина А.Г. О роли отдельных групп бактерий в продуктивности водоемов // Тр. проблемных и тематич. совещ. ЗИН АН СССР. Л., 1951. С. 23-33.
- Ролл Я.В. Десмидиевые водоросли, найденные в водоемах Лапландии, Олонецкой губернии. Вологда, 1923. С. 5–63.

- Ролл Я.В. Десмидиевые водоросли, найденные в водоемах Лапландии, Олонецкой губернии, Вологодской области. Вологда, 1933.
- Россолимо Д.Д. Основы типизации озер и лимнологического районирования // Накопление вещества в озерах. Д., 1964. С. 5–46.
- Рыбы Мурманской области. Мурманск, 1966. 336 с.
- Рылов В.М. К сведениям о пресноводной фауне озера Могильное (Мурман, о.Кильдин) // Тр. Сиб. общ-ва естествоиспыт. Петроград, 1915, Т. 46, зып. I. №7, 8.
- Рылов В.М. К фауне *Cladocera* русской Лапландии // Тр. Сиб. общ-ва естествоиспыт. Петроград, 1916. Т. 45, вып. 4. С. 109–136.
- Рылов В.М. Материалы к фауне свободно-живущих пресноводных *Copepoda* Северной России // Ежегодник Зоол. музея Российской АН. Петроград, 1917. Т. 22. № 1-3. С. 247–310.
- Сальдау М.П. Биология северной жемчужницы в связи с ее промысловым использованием // Тез. докл. на юбил. сессии Учен. совета к 25-летию ВНИОРХа. Д., 1940. С. 26–27.
- Световидова А.А. Возраст и темп роста семги реки Поной // Изв. ВНИОРХ. 1935. Т. 20. С. 205–229.
- Семенович Н.Н. Гидрологические исследования озера Имандра в 1930 году // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940 (Сборник № I. Рукопись. Фонды Кольск. научн. центра АН СССР).
- Семенович Н.Н. Материалы к лимнологии некоторых озер Кольского полуострова // Тр. Геоморфол. ин-та. 1933. Вып. 8.
- Смирнов А.Ф. Рыбохозяйственная оценка оз. Канентъявр и мероприятия по реконструкции ихтиофауны // Докл. отд-ний и комис. Георгаф. общ-ва СССР. 1969. Вып. 9.
- Смирнов Ю.А., Комуляйнен С.Ф., Круглова А.Н. и др. Кормовые ресурсы малых рек Карелии и Кольского полуострова и возможности интенсификации их использования // Повыш. продукт. и рациональн. использ. биол. ресурсов Белого моря: матер. I Координац. совещ. Л., 1952. С. 81–82.
- Сорокин И.Н. Гидрологические типы озер Кольского полуострова // Вопросы современной лимнологии. Д., 1973.
- Стальмакова Г.А. Бентос озер различных ландшафтов Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Л., 1974. Ч. 2. С. 130–212.
- Стальмакова Г.А. О донной фауне водоемов системы озер Канентъявр Колгиявр // Докл. Геогр. общ-ва. Л., 1969. Вып. 9. С. 104–109.
- Тимм Т.Э., Попченко В.И. Малощетинковые черви (*Oligochaeta*) водоемов Мурманской области // Гидробиологические исследования. Тарту, 1978. Вып. 7. С. 71-132.
- Токин И.Б., Хасанкаев З.Б. Старейшее научное учреждение русского Севера (к 100-летию Мурманской биологической станции) // Природа и хозяйство Севера. 1981. Вып. 9. С. 3–9.
- Толмачев В.А. К изучению химизма вод группы Хибинских озер. Апатиты, 1936. 7 с. (Рукопись. Фонды Кольск. научн. центра АН СССР).
- Уланенков В.С. Опыт удобрения малых субарктических озер // Гидробиол. журн. 1986. 12 с. Деп. в ВИНТИ 28.03.86, № 2151-В. В деп.
- Усова З.З. Фауна мошек Карелии и Мурманской области (*Diptera, Simuliidae*). М.; Л., 1961. 286 с.
- Финогенова Н.П. и др. Биологическая продуктивность двух субарктических озер // Продукционно-биологические исследования экосистем пресных вод. Минск, 1973.
- Флора и фауна водоемов Европейского Севера. Л., 1978. 192 с.
- Форш Л.Ф. и др. Озера различных ландшафтов Кольского полуострова / Л.Ф. Форш, Г.В. Назаров. Л., 1974. Ч. 2. 235 с.
- Форш Л.Ф. Термический и тепловой режим озер Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Л., 1974. Ч. I. С. 156–194.
- Фридолин В.Ю. Животно-растительное сообщество горной страны Хибин // Биоценологические исследования 1930-1935 гг. Изд. АН СССР, 1936. Вып. I. 295 с.
- Фридолин В.Ю. Расселение вредных насекомых в Хибинских горах в связи с освоением Кольского полуострова/ Тезисы докл. научн. сессии Ленингр. сель.-хоз. ин-та. 1940. С. 103–104.

- Харькевич Н.С., Сабылина А.В., Басов М.И. и др. Абиотические факторы среды и первичная продукция водоемов бассейна р. Ковды // Гидробиол.журн. 1984. 20. №5. С. 16–23.
- Хохлова Е.С. Зоопланктон озер Терского побережья Кольского полуострова // Матер. рыбохозяйств. исслед. Северногобассейна. Мурманск, 1970. Вып. 16. Ч. 2. С. 216–219.
- Хренников В.В. Сезонная динамика бентофауны в лососевых реках Карелии и Кольского полуострова// Вопросы лососевого хозяйства на Европейском Севере. Петрозаводск, 1987. С. 65–69.
- Цинзерлинг Ю.Д. Результаты исследований болот и некоторых других геоботанических наблюдений в районе оз.Имандра // Очерк по фитосоциологии и фитогеографии. М., 1929. С. 147–166.
- Цинзерлинг Ю.Д., Косинская Е.Н. Материалы к характеристике пресноводной растительности северо-востока Кольского полуострова // Тр. СОПС АН СССР. 1935. Вып. 10 (Кольск. сер.).
- Черновский А.А. Определитель личинок комаров семейства *Tendipedidae* М.: Л., 1949. 185 с.
- Чижиков В.В., Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Изменение биоценозов субарктических водоемов под техногенным воздействием (на примере озера Имандра)// Биол. пробл. Севера: Тез.докл. IX симпозиума. Сыктывкар, 1981. Ч. 2. С. 216.
- Чиркова З.Н. *Pliocryptus vitali* sp. n. (Cladocera, Macrothricidae) из озер тундры Кольского полуострова // Зоол.журн. 1982. Т. 61, вып. 5. С. 699–706.
- Шапошникова Г.Х. Материалы по питанию рыб озер Имандры и Умбозера // Материалы к изучению вод Кольского полуострова. Апатиты, 1940. С. 279-292 (Сборник № I. Рукопись. Фонды Кольск. научн. центра АН СССР).
- Широков В.А. Дрифт донных беспозвоночных лососевых рек Кольского полуострова// Тез. докл. II Учен. Совета по пробл. "Биол. ресурсы Белого моря и внутр. водоемов Европ. Севера". Петрозаводск, 1981. С. 54–55.
- Широков В.А., Хренников З.З., Комулайнен С.Ф. Оценка современного состояния рек Терского берега Белого моря по гидробиологическим показателям // Пробл. изуч. рац. использ. и охраны ресурсов Белого моря: Тез. докл. IV регион.конф. Архангельск, 1990. С. 129-130.
- Ширшов П.П. Очерк фитопланктона реки Туломы // Тр. Бот. ин-та АН. 1933. Вып. I.
- Ширшов П.П. Сравнительный очерк ценозов реофильных водорослей р. Туломы и некоторых других водоемов // Тр. Бот. ин-та АН. 1933. Вып. I.
- Яковлев В.А. Климат Мурманской области. Мурманск, 1961. 200 с.
- Яковлев В.А. Антропогенное воздействие на зообентос олиготрофного водоема (на примере оз.Имандра) // Состояние природной среды Кольского Севера и прогноз ее изменения. Апатиты, 1982. С. 36–47.
- Яковлев В.А. Количественная оценка влияния антропогенных факторов на формирование донных биоценозов субарктического водоема // Антропогенное воздействие на экосистемы Кольского Севера. Апатиты, 1988. С. 79–68.
- Яковлев В.А. Методы оценки качества вод по зообентосу озера Имандра // Мониторинг природной среды Кольского Севера. Апатиты, 1964. С. 39–50.
- Яковлев В.А. Современное состояние зообентоса больших озер Кольского Севера (Имандра, Умбозеро, Ловозеро) // Структура и функции наземных и водных экосистем Севера в условиях антропогенного воздействия. Апатиты, 1990. С. 97–105.
- Яковлев В.А. Современное состояние фауны донных беспозвоночных крупных озер Кольского Севера // Биол. пробл. Севера: Тез. докл. XI Всесоюзн. симп. Якутск, 1986. С. 104–106.
- Яковлев В.А. Формирование донной фауны крупных озер Кольского Севера в условиях антропогенного воздействия // Экол. и биол. продуктивность Баренцева моря: тез. докл. Всесоюз. конф. Мурманск, 1986. С. 189–190.
- Яковлева Л.В. Донные отложения озер Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Л., 1974. Ч. I. С. 195–243.
- Ялынская Н.С. Исследование зоопланктона и бентоса озер и прудов Заполярья // Изв. ВНИОРХ. 1959. Т. 48.
- Cleve P.T. The Diatoms of Finland // Acta Soc. Fauna et Flora Fenn.1891. Vol. 8. P. 1–70.
- Elfving F. Anteckningar om Finlands Nostochaceae heterocysteae // Meddel. Soc. Pro. Fauna et Flora Fennica. 1895. H. 21. P. 25–50.

- Hirn E.K. Die Finnlandischen Zygnemaceen // Acta Soc. Fauna et Flora Fenn. 1895. Vol. 11. № 10. P. 1–15.
- Hirn E.K. Verzeichnis Finnlandischer Oedogoniaceen // Acta Soc. Fauna et flora Fenn. 1895. Vol. 11. Hi. P. 1–24.
- Kihlman A.O. Berichteiner naturwissenschaftlichen Reise durch Russland Lapland im Jahre 1889 // Fennia. 1889. Vol. 3. № 6. P. 1–40.
- Kihlman A.O., Palmén J.A. Die expedition nach der Halbinsel Kola in Jahre 1887, vorläufig geschildert // Fennia. 1890. Vol. 3. № 5. P. 1–28.
- Levander K.M. Beiträge zur Fauna und Algenflora der süßen Gewässer an der Murmanküste // Acta Soc. Fauna et Flora Fenn. 1901. Vol. 20. № 8. P. 1–35.
- Levander K.M. Zur Kenntnis des Planktons einiger Binnenseen in Russisch Lapland // Festchrift f. Palmén. Helsingfors. 1905. Vol. 1. № 11. P. 1–40.
- Lilljeborg W. Bidrag till Norra Russlands och Noriges fauna, samlade under en ventenakplig resa i dessa länder, 1848 // Vet. Acad. Hand. 1850. P. 310–311.
- Lilljeborg W. Cladocera Sueciae // Nova Acta Reg. Soc. Scient. Uppsaliensis. 1900. Vol. 19.
- Lilljeborg W. Description de deux espèces nouvelles de Diptomus du Nord de l'Europe // Bull. Zool. France. 1888. Vol. 13.
- Lilljeborg W. Synopsis specierum nucusque in Suecia observat[i]i generis Cyclops // Kongl. Svenska Vet. Acad. Hand. 1901. Vol. 35.
- Lindström C., Richard F. Beitrag zur Kenntnis der Dipterenfauna der Nordl. Europäischen Russlands von Carl Lindström und Richard Frey // Acta Soc. Fauna et Flora Fenn. 1913. Vol. 37. № 10.
- Naumaim E. Spezielle Untersuchungen über die Ernährungsbiologie der tierischen Limnoplanktons // Lunds. univ. årsskr. 1923. Avd. II. Vol. 19. K 6.
- Nyländer W., Saelan Th. Hebarium musci Pennici. Helsingfors, 1859. 118 p.
- Olofsson O. **Süßwasser** Entomostracén und Rotatorien von der Murmanküste und aus dem nördlichsten Norwegen // Zool. Bidr. frau. Uppsala, 1917. Bd. 5.
- Rabot Ch. La presqu'île de Kola (Russie) // Congrès de Paris. Assoc. Française pour l'avancement des Sciences. Paris. 1888. 11 p.
- Richard J. Note sur les pêches effectuées par M. Ch. Rabot dans les lacs Enara, Imandra et dans le Kolozero // Bull. Soc. zool. Fr., 1889. Vol. 14. P. 100–104.
- Silberberg H. Finnish entomologists on the Kola Peninsula // Notule entomol. 1988. Vol. 68. N 3. P. 115–120.
- Thienemann A. Chironomiden aus Lapland. III. Beschreibung neuer Metamorphosen und einer Bestimmungstabelle Metriocnemus Larven und puppen // Stett. Ent. Ztd. 1937. Vol. 98. N 2. P. 165–185.
- Wahlenberg C. Flora Lapponica. Berlin, 1812. 550 p.

### **Сведения об авторах**

*Яковлев Валерий Анатольевич* – д.б.н., профессор; e-mail: Valery.Yakovlev@ksu.ru

*Кашулин Николай Александрович* – д.б.н., зам. директора Института по научной работе; e-mail: nikolay@inep.ksc.ru



УДК 550.34

## ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОГО И ИНФРАЗВУКОВОГО МОНИТОРИНГА В ЗАПАДНОЙ АРКТИКЕ В XX ВЕКЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ

А.Н. Виноградов<sup>1,2</sup>, Ю.А. Виноградов<sup>2</sup>, Е.О. Кременецкая<sup>2</sup>, С.И. Петров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кольский научный центр РАН

<sup>2</sup>Кольский филиал Геофизической службы РАН

### Аннотация

Дан обзор формирования современной базы данных и знаний о сейсмичности Евро-Арктического региона в течение XX века, охарактеризовано последовательное развитие оснащённости Баренцевоморской интернациональной сети дистанционного мониторинга геодинамических процессов с применением сейсмологических и инфразвуковых технологий выявления, локации и классификации природных и техногенных землетрясений, ледотрясений и взрывов.

### Ключевые слова:

*Евро-Арктический регион, сейсмичность, Баренцевоморская мониторинговая сеть, сейсмоинфразвуковой контроль динамических процессов.*

### Развитие системы сейсмологических наблюдений

#### *Макросейсмический этап*

Регулярные инструментальные наблюдения за сильнейшими землетрясениями на Европейском Севере начались в России в 1901 г., когда по инициативе князя Бориса Голицына была создана первая в стране сейсмическая станция – «Пулково». Вслед за ней к мониторингу Евро-Арктического региона (ЕАР) подключились Норвегия, открыв сеймостанцию «Bergen» (1904), Швеция – «Abisko» (1906) и Исландия – «Reykjavik» (1909). В 1911–1912 гг. инструментальная регистрация шести сильных землетрясений в районе архипелага Шпицберген была осуществлена Георгом Ремпом при проведении комплексных исследований в составе Полярной экспедиции Германии. Аналоговая аппаратура с механическими регистраторами сигналов, использовавшаяся на станциях первого поколения, была низкочувствительной (коэффициент увеличения до 100), поэтому вплоть до 1950-х гг. европейская сеть сейсмического мониторинга, локализованная на удалении 700–1000 км от Полярного круга, могла без пропусков регистрировать лишь наиболее сильные землетрясения с магнитудами 5 и более [1]. К примеру, в российской части ЕАР инструментально было зарегистрировано лишь одно Беломорское землетрясение 30 июня 1911 г. с магнитудой 3.7 (по оценке станции «Пулково») и интенсивностью сотрясений на Терском берегу Белого моря 4–5 баллов [1, 2].

Г.Д. Панасенко предложил выделить в истории сейсмологических исследований в Северной Европе особую стадию – «макросейсмическую», длившуюся с конца XIX в. до середины XX в. На этой стадии основным источником сведений для пополнения базы знаний о сейсмичности региона была описательная информация, поступающая от населения: «...К 1890 г. на территории Норвегии, Швеции и Финляндии усилиями энтузиастов-естествоиспытателей и при активной помощи местных административных органов и населения была организована четко действующая вплоть до Второй мировой войны служба сбора сведений обо всех ощутимых, даже самых слабых толчках. Поступавшие с мест макросейсмические сведения о наблюдавшихся сейсмических явлениях сосредотачивались в национальных научных центрах. Для территории Норвегии и Швеции они систематически публиковались в виде периодических сводок...» [3]. Итоги этого полувекового периода становления сейсмомониторинга были подведены в сводных региональных каталогах, вышедших в свет в середине века в Швеции и СССР [1, 2, 4].

В скандинавском каталоге за 1891–1959 гг. [4] были собраны данные о 1073 землетрясениях, отмеченных на территории Норвегии, Швеции и Финляндии, в том числе о 323 событиях с магнитудой выше 3,0. Как отметил Г.Д. Панасенко [3], «...для всех выполненных в последующие годы исследований, затрагивающих в той или иной степени вопросы сейсмичности Фенноскандии, этот каталог служил основным источником фактического материала. И в этом его главная непреходящая ценность».

В России подобный способ сбора макроданных о сейсмических событиях от местного населения попытались ввести еще до Первой мировой войны, но из-за низкой плотности населения и почтовой сети на европейском Севере России система оказалась гораздо менее эффективной, чем в странах Скандинавии. Это констатировал на исходе «макросейсмической» стадии основатель советской школы сейсмораионирования проф. Г.П. Горшков: «... По аналогии с зарубежными частями территории Балтийского щита ... можно было бы ожидать встретить и на советской его части далеко не редкие и не слабые землетрясения. Но, к сожалению, для нашей территории сведения почти полностью отсутствуют. Источники сообщений о землетрясениях случайны, сами сообщения отрывочны и даже не всегда достоверны...» [2].

По собранным к тому времени отрывочным сведениям достоверно установленными были признаны всего лишь 25 сейсмических событий на северо-западе СССР, и только 12 из них включены в первый сводный каталог землетрясений СССР 1949 года в качестве землетрясений тектонического происхождения: «...1728 г. – землетрясение на Кольском п-ове; 1750 г. – подземный удар в Лапландии; 1758 г. – в Лапландии и на Кольском п-ове от Колы до Лапландии и ... до берегов Белого моря; 1772 г. – в окрестностях Колы; 1819 г. – в Коле; 1873 г. – 2 землетрясения на Кольском п-ове; 1911 г. – «Беломорское» землетрясение, на берегах Кандалакшского залива; 1919 г. – в Териберке; 1926 г. – в окрестностях Кандалакиши...» [2]. В последующие годы исторические изыскания позволили добавить к этому перечню еще два сильных землетрясения (рис. 1): 1542 г. – эпицентр в акватории Кандалакшского залива, сотрясения на побережье до 6 баллов; 1626 г., 4 мая – землетрясение с  $M=5,1-6,5$  в восточной части Белого моря, вызвавшее сотрясения на Кандалакшском и Терском берегу до 7,5 баллов по шкале МСК-64 [1, 3, 5].

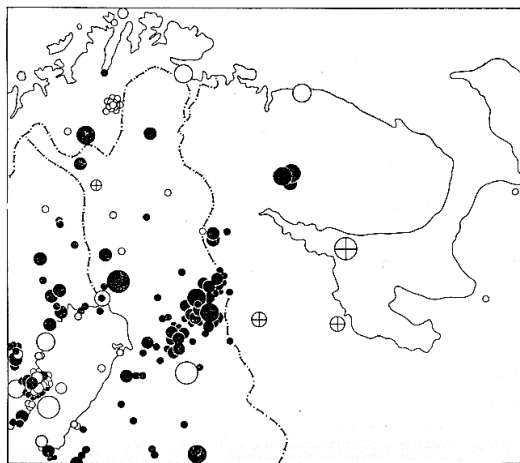
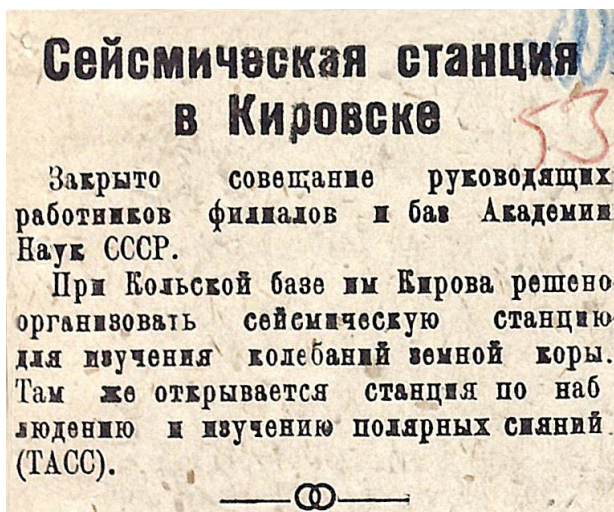


Рис. 1. Эпицентры землетрясений, выявленных на «макросейсмической» стадии мониторинга восточной части Балтийского щита и СЗ окраины Русской платформы (по [3], рис. 9)

### **Создание Баренцевоморской сети аналоговых сейсмостанций**

Уже в 1930-е гг., когда началась бурная индустриализация Мурманской области, недостаточность «макросейсмической» системы мониторинга для обеспечения промышленной безопасности строящихся каскадов гидроэлектростанций, рудников и металлургических заводов стала очевидной. В 1936 г. АН СССР приняла решение об организации в Хибинском рудном районе сейсмостанции при Кольской базе имени С.М. Кирова АН СССР (рис. 2).



*Рис. 2. Сообщение в местной газете «Кировский рабочий» № 58 за 11 марта 1936 г. о решении АН СССР создать в Хибинах сейсмическую станцию*

Радио) совместными усилиями университетов Бергена (Норвегия) и Уппсалы (Швеция) была организована и действовала до 1963 г. сейсмостанция, оснащенная короткопериодными сейсмометрами Виллмора. В 1967 г. ей на смену появилась более современная станция «KBS» в Нью-Олесунде, организованная Институтом полярных исследований Норвегии при поддержке Геологической службы США (GS US) в рамках международной программы формирования Всемирной стандартной сети сейсмомониторинга WWSSN (World Wide Standard Seismograph Network). Станция была оснащена тремя короткопериодными и тремя широкополосными сейсмометрами с аналоговой формой записи сейсмограмм и радио-синхронизированными кварцевыми хронометрами для привязки зарегистрированных событий к мировому времени. В начале 1970-х гг. в Арктике уже работало около 20 станций, а пороговый уровень регистрируемых землетрясений достиг магнитуды 4.5. В Арктической зоне СССР были созданы станции «Апатиты», «Тикси» и «Якутск». Две временные станции действовали на архипелаге Земля Франца-Иосифа – в 1962–1963 гг. на Земле Александры сейсморегистрацию вела экспедиция НИИГА [6], а на о-ве Хейса в составе комплексной метеорологической и геофизической обсерватории РАН и Гидромета СССР до 1992 г. функционировала сейсмостанция «Хейс».



*Рис. 3. Основатель Баренцевоморской региональной сети сейсмомониторинга к.ф.-м.н. Георгий Данилович Панасенко*

К сожалению, реализацию этого замысла на двадцать лет отсрочила Вторая мировая война, в период которой Кольская база понесла значительный материальный и кадровый урон. Лишь в 1950-е гг., после восстановления и укрепления потенциала Кольской базы с повышением ее статуса до Кольского филиала АН СССР, появилась возможность приступить к практическим шагам по формированию региональной сети. Этому способствовало активное включение СССР в интернациональные программы арктических исследований.

В период подготовки и проведения Международного Геофизического года (1957–1958) и Года международного геофизического сотрудничества (1959) произошло общее существенное расширение сети арктических сейсмических станций. На атлантическом побережье о-ва Зап. Шпицберген (мыс Исфьорд-

С 1956 г. опорным центром для региональной сети сейсмомониторинга на европейском Севере России на долгие годы стала станция «Апатиты». Инициаторами ее строительства были председатель Президиума Кольского филиала АН СССР чл.-корр. РАН А.В. Сидоренко [7, с. 402–403] и руководитель группы геофизики Геологического института КФ АН СССР к.ф.-м.н. Г.Д. Панасенко (рис. 3, 4).

Первоначально (с 1 февраля 1956 г. до июня 1957 г.) станция размещалась в сборном щитовом павильоне без постаментов на окраине поселка совхоза «Индустрия» (нынешний микрорайон «Старые Апатиты»). Затем для улучшения условий регистрации сейсмических волн было построено специальное одноэтажное здание в центре зарождающегося вблизи ж.д. станции Апатиты заполярного Академгородка, который положил начало Новому Городу, получившему в 1966 году свое имя – Апатиты. Главной конструктивной особенностью здания было наличие в нем подземного (заглубленного на три метра) бункера с двумя

отделениями для размещения сейсмической и наклономерной аппаратуры (рис. 5).



Рис. 4. Март 1956 г.: руководство КФАН СССР во главе с чл.-корр. А.В. Сидоренко контролирует ход строительства здания сейсмостанции «Апатиты», осуществляемого по проекту Г.Д. Панасенко (справа в верхней группе)

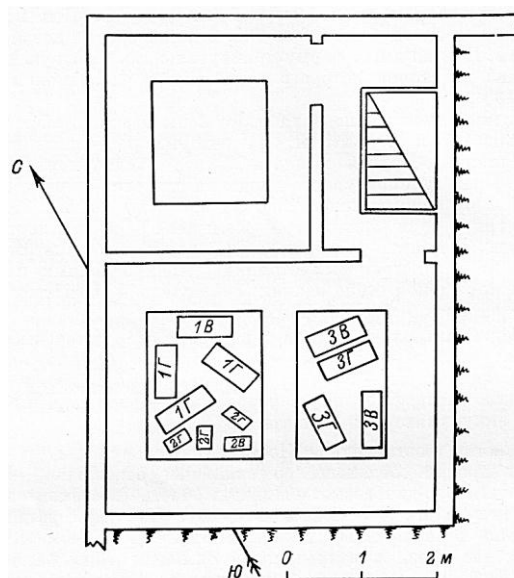


Рис. 5. План аппаратного бункера сейсмостанции «Апатиты» (по [3], рис. 33). Цифровые коды сейсмографов: 1 – общего типа конструкции Д.П. Кирноса; 2 – регионального типа конструкции Д.А. Харина; 3 – тип СВКМ-3. Буквенные коды каналов: В – вертикальный, Г – горизонтальный

Два постаменты для установки сейсмографов размером 2х1.5х0.6 м сооружены из бутобетона и прочно соединены со скальным основанием – кристаллическими метаморфическими породами (метагаббро-диабазы) раннего протерозоя; нижняя часть бетонных блоков врезана в коренные породы на глубину 0.7–1.0 м, по телу постаментов равномерно расположены стальные штыри, углубленные в скалу на 0,8 м и закрепленные в ней цементным раствором. Пол бункера отделен от постаментов резиновой прокладкой. Годовой ход температуры в подвале следует за ходом температуры наружного воздуха, амплитуда хода в среднем близка к  $\pm 2^\circ\text{C}$ , а суточный ход не превышает  $0.05^\circ\text{C}$ . Относительная влажность воздуха держится на уровне 60–70%. Регистрация на всех комплексах сейсмографов велась при помощи гальванометров ГК-VI и ГК-VII с записью сейсмограмм на фотобумагу. Параметры приборов соответствовали стандартам Единой сети сейсмических наблюдений в СССР (ЕССН): для сейсмографов общего типа  $T_1=15$  сек. (после 1961 г. – 20 сек.),  $T_2=1.1$  сек.; коэффициенты заглубления для вертикальных каналов – 2, для горизонтальных – 5; коэффициент затухания  $\beta$  вертикального канала 0.65, горизонтального – 0.08; коэффициент увеличения  $V$  соответственно 800 (после 1961 г. – 500) и 1700 (после 1961 г. – 700); скорость регистрации 30 мм/мин; сейсмографы регионального типа имели параметры соответственно 0.78 и 1.0 сек.; 0.4 и 0.6; 37 тыс. и 23.3 тыс. (С-Ю) – 29 тыс. (В-З) в 1957–1961 гг., 26 тыс. и 14 тыс. после 1961 г.; развертка 60 мм/мин. сейсмограф СВКМ-3:  $T = 1.0$  и 0.5 сек.;  $\beta = 0.27$ ;  $V_{\text{max}} = 100$  тыс. Совместное использование приборов трех типов давало возможность регистрировать примерно с одинаковой полнотой и надежностью удаленные землетрясения большой силы и слабые местные толчки [3]. Станция «Апатиты» была зарегистрирована в национальной и международной сети под кодом «АРА».

В 1970-е гг. в дополнение к базовой станции «АРА» ГИ КФ АН СССР в северо-восточной части Балтийского кристаллического щита были открыты сеймопункты «Полярные Зори» (PLZ) – вблизи от площадки строящейся Кольской АЭС, «Полярный Круг» (PLQ) и «Кемь» (КЕМ) – в районе каскадов гидроэлектростанций в Северной Карелии, «Амдерма» (AMD) на Карском побережье Архангельской области. Они образовали своего рода каркас Баренцевоморской региональной сети сеймомониторинга на российской территории Западной Арктики с расстояниями между регистрационными ячейками 20–25° по широте и 30° по долготе (рис. 6).

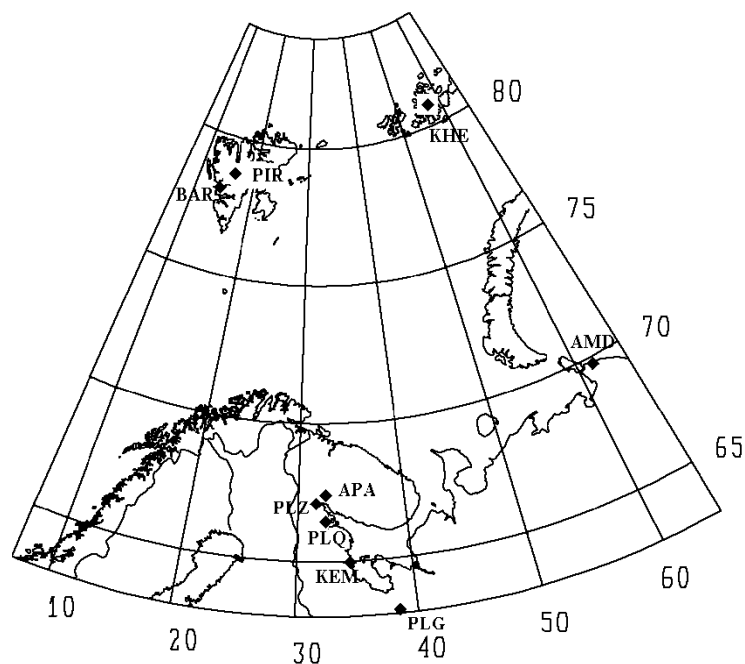


Рис. 6. Схема размещения станций Баренцевоморской региональной сети сейсмомониторинга, созданной КФ АН СССР в 1956–1983 гг.

В конце 1970-х гг. возникла острая практическая потребность создать локальную сеть сейсмомониторинга в зонах угледобычи на арх. Шпицберген. 18 января 1976 г. на восточном побережье о-ва Зап. Шпицберген, причислявшемся к типу платформенных областей со слабой сейсмичностью, произошло сильнейшее за всю историю арктического мониторинга внутривулканическое землетрясение на Земле Геера ( $m_b=5.5$ ;  $M_{LH}=6.3$ ;  $H=15$  км). В течение трех последующих лет экспедиционные группы сейсмологов из Сан-Луисского университета США и Полярного института Норвегии, а также обсерватория «Хорнсунн» Польской академии наук зафиксировали в проливе Стур-фиорд в полосе  $15 \times 35$  км в 1977–1979 гг. мощную афтершоковую серию – более 600 толчков с  $M_L$  от 1 до 3.5 [8, 9]. Главный толчок вызвал ощутимые сотрясения поверхности и зданий в российских поселках Баренцбург и Пирамида, и нанес существенный ущерб советскому угольному тресту «Арктикуголь».

Для выработки профилактических мер руководству треста потребовалась более детальная характеристика геодинамического режима угольных полей, в связи с чем был заключен контракт с Норвежской сейсмологической службой на организацию сейсмомониторинга. В декабре 1977 г. были открыты временные аналоговые станции на территории действующих российских рудников «Баренцбург» (BBG) и «Пирамида» (PRD), а также в норвежском поселке Лонгиербин (LYR); весной 1978 г. к ним добавилась цифровая трехкомпонентная станция на шахте «Свеагрува». Эта локальная сеть существовала до осени 1982 г., когда контракт между Арктикуглем и НОРСАРОм был расторгнут из-за неудовлетворительного качества поставляемой заказчику информации. Связано это было с тем, что на аналоговых станциях регистрация велась на тепlobумаге, а затем перенесенные на микрофильмы сейсмограммы передавались без обработки и интерпретации тресту.

Стремясь повысить оперативность и надежность мониторингового процесса, трест заключил в 1982 г. с Геологическим институтом КФ АН СССР пятилетний договор на создание и обслуживание двух сейсмостанций, приняв на себя при этом обязательства по полному техническому обустройству и энергоснабжению сейсмопавильонов. Этот план развития инфраструктуры для прикладных геофизических наблюдений на архипелаге совпал по времени с более обширной программой укрепления научной базы АН СССР в поселке Баренцбург, поэтому Президиумом АН СССР были выделены Геологическому институту КФАН дополнительные целевые средства на укрепление кадрового потенциала лаборатории сейсмологии и предоставлены рабочие помещения для центра сбора и обработки сейсмологических данных в

новом здании Базы КНЦ РАН «Баренцбург». Руководила строительством и оснащением сейсмостанций Е.О. Кременецкая [7, с. 242], постоянную действенную поддержку оказывал ей технический директор треста Д.Н. Гусев. Объединение усилий Академии и треста «Арктикуголь» позволило уже в сентябре 1982 г. запустить в эксплуатацию станцию BRB в микрорайоне «Научный городок» поселка Баренцбург, а в августе 1984 г. открыть станцию PIR в пос. Пирамида. Станция BRB была оснащена трехкомпонентным комплектом аналоговых сейсмометров СКМ-3 с амплитудно-частотной характеристикой  $V_m=50000-130000$  в интервале периодов 0.5–0.8 с, а на PIR был установлен только вертикальный сейсмограф СКМ-3 с  $V_m=48000$ . Приборы расположены на бетонных постаменты, жестко связанных с вечномёрзлыми коренными породами – толщей тонко переслаивающихся алевролитов, глинистых сланцев и песчаников [10].

Созданием Шпицбергенской группы станций завершается вторая стадия развития Баренцевоморской региональной сейсмологической сети. Она охватила по периметру практически весь шельф Баренцева моря и прилегающему к нему с юга северо-восточную часть Балтийского щита, а по внешнему северному контуру сети в зоне досягаемости оказался континентальный склон Евразии и срединно-океанические хребты Северной Атлантики. Магнитудный порог чувствительности сети для территории площадью более 1 млн км был понижен до 3.9–4.2, точность локации эпицентров поднялась с  $\pm 100$  км на уровне 1956 г. (по оценке составителя первой карты сейсмичности Арктики Н. Линдена [11]) до  $\pm 25$  км по широте и  $\pm 50$  км по долготы; количество ежегодно регистрируемых событий возросло до 310–350, тогда как общегосударственная сеть ЕССН регистрировала здесь не более 10 событий в год, а мировая система ISC – от 4 до 15. Накопленный сетью в течение 1980-х годов фактографический материал позволил детализировать и уточнить региональные схемы сейсмо-тектонического районирования и дать более реалистичную оценку степени сейсмического риска при ведении хозяйственной деятельности в Евро-Арктическом регионе [10, 12, 13].

### ***Модернизация Баренцевоморской сети на основе цифровых сейсмоинфразвуковых комплексов***

В 1990-е гг. востребованность информации о геодинамическом режиме Евро-Арктического региона многократно возросла вследствие ряда экономических и геополитических причин. В числе последних в первую очередь следует назвать переход от политики «холодной войны» и противостояния военных блоков Варшавского договора и НАТО к политике трансграничного сотрудничества в освоении природных ресурсов Баренц-региона, подписание Международного Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (1996 г.) и начало формирования предусмотренной им глобальной системы мониторинга взрывов. Среди экономических факторов ключевым можно считать переход от прогнозных исследований углеводородного потенциала Арктического шельфа к реализации долгосрочных оффшорных мегапроектов на выявленных в Североморской и Баренцевоморско-Карской провинциях промышленных месторождениях нефти и газа.

Дополнительным фактором увеличения интереса к сейсмомониторингу послужило обоснование специфичности горнотехнических условий отработки месторождений твердых полезных ископаемых в континентальной части Баренц-региона, обусловленное наличием в верхних этажах земной коры горизонтальных напряжений и зон дилатансии (волноводов) на малых глубинах [14, 15]. Это обстоятельство предопределяет возникновение техногенно-индуцированной сейсмичности при ведении горных работ, в том числе и при строительстве крупномасштабных карьеров, а также повышает риск проявления значительных разрушений инженерных сооружений даже при умеренном энергетическом уровне землетрясений. Убедительным примером в этом отношении служит крупнейшая в истории горной промышленности России катастрофа – обрушение 17 августа 1999 г. в эпицентре малоглубинного землетрясения с  $M=4$  более 600 тыс. м<sup>2</sup> подземных выработок Умбозерского рудника в Ловозерском районе Мурманской области [16].

В Хибинском горнопромышленном районе связь близповерхностных землетрясений с промышленными взрывами в добычных карьерах была отчетливо прослежена на примере события, произошедшего 16 апреля 1989 г.: «...Во время проведения массового взрыва на



Кировском руднике ОАО «Апатит» произошло сильнейшее техногенное землетрясение. Массовый взрыв с величиной заряда около 200 т ВВ является обычным для отбойки очередного блока руды при применяемой системе разработки. Система замедлений с последовательным взрыванием вееров скважин занимает интервал времени 300–400 мс. В этом интервале времени произошло землетрясение, которое по сейсмическому эффекту в эпицентре имело силу 6 баллов. В г. Кировске, отстоящем от эпицентра на 6 км, внешнее проявление землетрясения соответствовало 4–5 баллам, в пос. Титан, на расстоянии около 11 км, наблюдались легкие колебания зданий, а в г. Апатиты, удаленном на 17 км, явление фиксировалось только приборами. По данным сейсмостанций в Апатитах, Полярном Круге, Кемь, Петрозаводске, Баренцбурге, Амдерме магнитуда землетрясения  $M=4.8-5$ , что соответствует сейсмической энергии  $10^{12}$  Дж. Глубина очага, по тем же данным, не превышала 1 км...» [14, с. 6].

Озабоченность вышеуказанными проблемами безопасности была в этот период столь всеобщей, что Президиум Совета Министров СССР 12 мая 1990 г. принял специальное постановление об организации мониторинга и прогноза сейсмической опасности в Арктике и Субарктике. Применительно к европейскому Северу страны, где тесно соседствовали стратегические объекты оборонного комплекса, Кольская атомная станция, ядерный полигон на Новой Земле и крупнейшие горнодобывающие предприятия, масштабы поставленных государством задач по снижению геофизических рисков явно превышали достигнутый к тому времени научно-технический потенциал Баренцевоморской сейсмомониторинговой сети. В поисках оптимального пути совершенствования сети в соответствии с возросшими требованиями, кольские сейсмологи обратили внимание на опыт Норвегии. Она первой из северных стран создала и успешно адаптировала к условиям Субарктики национальную систему сейсмомониторинга нового поколения, состоящую из 22 пространственно-распределенных сейсмических групп, каждая из которых была оснащена длиннопериодным трехкомпонентным комплектом и шестью короткопериодными вертикальными датчиками. Такого рода «фазовые сейсмические антенны» многократно повышали чувствительность сети и точность локации событий.

Предварительные консультации с норвежской стороной выявили ее готовность к кооперации с российскими партнерами в развитии сети мониторинга сейсмической активности на территории Фенноскандии и прилегающей части Арктики. Взаимное стремление к интеграции было официально подтверждено в «Меморандуме о научном сотрудничестве между Норвежским Королевским Советом по научным и промышленным исследованиям (НКСПИ), Норвежской сейсмологической службой (НОРСАР) и Кольским научным центром АН СССР», подписанном 21.01–18.02.1991 председателем Президиума КНЦ РАН Владимиром Калининковым [7, с. 197–199] и директором НОРСАР Фруде Рингдалом. Этим же Меморандумом были утверждены лица, уполномоченные обеспечивать оперативное планирование научной программы совместных действий – д-р Свейн Миккельтвейт от НОРСАР и к.ф.-м.н. Елена Кременецкая от КНЦ АН СССР.

Исходя из достигнутых соглашений о перспективном трансграничном сотрудничестве, руководство Кольского научного центра АН СССР совместно с дирекцией Геологического института (чл. корр. РАН Ф.П.Митрофанов [7, с. 306–307]) вынесло на рассмотрение Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук АН СССР (ОГГН) разработанную заведующей лабораторией сейсмологии ГИ КНЦ Е.О. Кременецкой и главным ученым секретарем КНЦ А.Н. Виноградовым [7, с. 88–89] концепцию реорганизации управления региональной сетью и ее модернизации с заимствованием передового опыта НОРСАР. Рассмотрев предложения КНЦ РАН, Бюро ОГГН под председательством академика В.А. Жарикова 31 мая 1991 г. приняло постановление №13100/6-54 «Об организации Кольского регионального сейсмологического центра КНЦ АН СССР», в котором определены основные организационные механизмы формирования нового научного учреждения численностью до 50 сотрудников и сформулированы его основные задачи:

- «- создание региональной автоматизированной системы сейсмологических наблюдений, сбора, хранения и обработки данных, включенную в единую информационную систему NORSAR – КРСЦ;
- разработка моделей сейсмических волновых полей в условиях мозаично-блоковой структуры Фенноскандии и кристаллического фундамента Баренцевоморского шельфа для детального районирования территории региона по фактору сейсмоопасности;
- изучение влияния антропогенной деятельности на геофизическую среду и разработка методов снижения сейсмического риска на участках активного инженерного освоения арктической зоны;

- осуществление научно-обоснованного прогноза сейсмической опасности Европейского сектора Арктики с учетом временного и структурного факторов».

Приказом по Кольскому научному центру РАН от 1 декабря 1991 г. № 715-к директором КРСЦ КНЦ АН СССР был назначен к.ф.-м.н. И.А. Кузьмин, а заместителем директора – к.ф.-м.н. Е.О. Кременецкая (рис. 7).



Рис. 7. Игорь Александрович Кузьмин – директор-организатор Кольского регионального сейсмологического центра КНЦ АН СССР, Елена Олеговна Кременецкая – зам. директора Кольского регионального сейсмологического центра КНЦ АН СССР [7, с. 250–251]

Первый шаг в модернизации опорной станции сети «АРА» был предпринят уже летом 1991 г.: в дополнение к аналоговым сейсмографам на ней была установлена цифровая аппаратура нового поколения: комплект из трех сейсмометров типа S-13, соединенный через аналого-цифровой преобразователь Nanometric RD-3 с персональной ЭВМ PS-2. Привязка к единому мировому времени осуществлялась с помощью системы Omega, для архивации цифровых сейсмограмм первоначально использовался накопитель на магнитной ленте типа "стример", позднее был реализован способ хранения данных на дисках CD-ROM. По прошествии года вместо датчиков S-13 стала применяться трехкомпонентная станция Guralp CVG-3T.

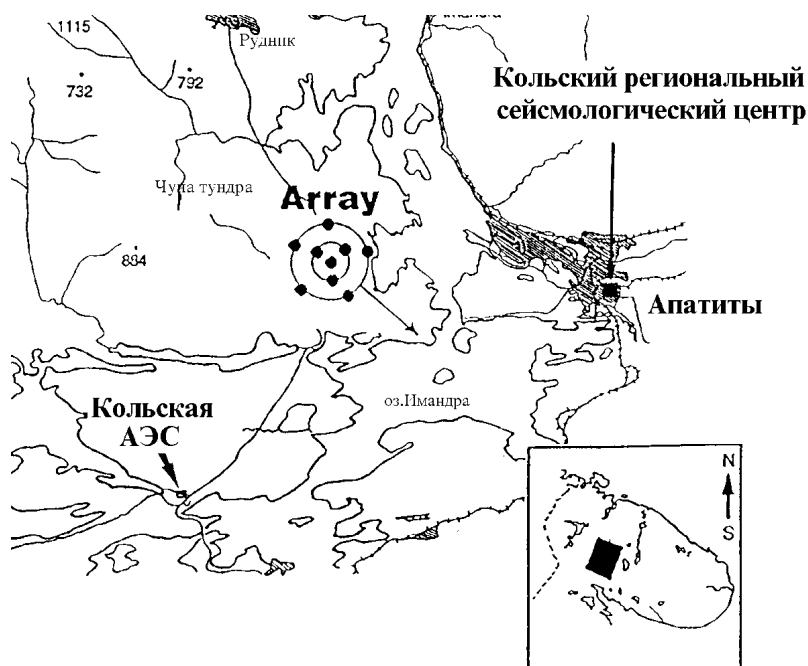


Рис. 8. Положение сейсмической группы «АРО» (Array) на Кольском п-ове (по [17], рис. 2)

В 1992 г. при технической помощи НОРСАР и при финансовой поддержке со стороны Кольской АЭС на территории эколого-геофизического полигона КНЦ РАН на побережье озера Имандра в 17 км от г. Апатиты была создана первая в России малоапертурная сейсмическая группа (small-aperture array), получившая в дальнейшем свой международный код «AP0» (рис. 8).

Группа состояла из 11 сейсмометров “Geotech 500”, три из них образовали трехкомпонентную станцию в центре, остальные регистраторы вертикальных движений равномерно размещены на двух окружностях с радиусом 200 (три прибора) и 500 м (5 приборов). Все сейсмометры помещены в закрытые металлические контейнеры, прочно соединенные со скальным основанием (метагабброиды раннего протерозоя) с помощью цементных стяжек и стальных штырей. Аналоговые сигналы от каждого прибора поступали по кабельной линии на центральный пульт, где преобразовывались в цифровой формат дигитайзерами RD-3 и RD-6 Nanometric. С дигитайзеров цифровая информация передавалась по радиоканалу в Региональный центр обработки данных в г. Апатиты. Частота опроса датчиков центральной станции 80 Гц, кольцевых датчиков – 40 Гц. Определение координат датчиков и привязка записей к мировому времени осуществляется по GPS. Введение группы в эксплуатацию позволило обеспечить регистрацию фоновой сейсмичности территории в радиусе 50 км от КАЭС с магнитудным порогом 0–1.0.

В 1993 г. была проведена модернизация сейсмостанции «Амдерма»: вместо морально устаревшей аналоговой станции в подземной выработке бывшего флюоритового рудника на глубине 24 м была оборудована микросейсмическая группа из датчиков S-500 с апертурой около 100 м (рис. 9). Система оцифровки аналоговых сигналов аналогична примененной в группе «AP0», но частота опроса выбрана ниже – 40 Гц. В связи с отсутствием устойчивых каналов связи между Амдермой и Апатитами, цифровая информация поступала на накопитель Exabyte и архивировалась на магнитных лентах, которые периодически пересылалась по почте в региональный обрабатывающий центр.

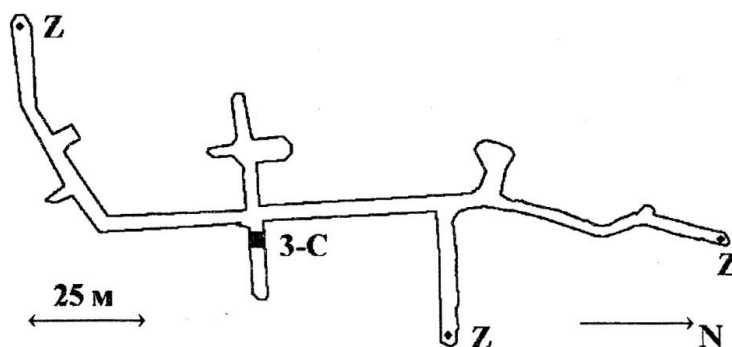
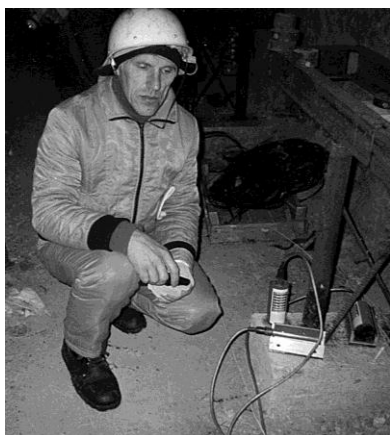


Рис. 9. Установка цифровой сейсмостанции (на фото – С.И. Петров) и схема размещения датчиков микрогруппы «Амдерма» в шахтных выработках (3-С – трехкомпонентная станция, Z – датчики вертикальной компоненты)

Принципиально изменилась в эти годы техническая оснащенность Регионального центра сбора и обработки данных в Апатитах – на смену ручной расшифровке «бумажных» сейсмограмм пришли компьютерные технологии обработки цифровых данных, а телетайп и телеграф как средство оперативного обмена информацией были вытеснены спутниковыми коммуникациями. Для обеспечения внутрисетевого взаимодействия в интегрированной Баренцевоморской сети НОРСАР предоставил КРСЦ 4 мощных рабочих станции типа SUN SPARC, более десяти персональных компьютеров, подсистему сбора данных на базе контроллера NORAC, X-терминала SUN и маршрутизатора сети CISCO. Это позволило впервые в практике работ КНЦ РАН сформировать в Академгородке локальную сеть Ethernet, соединенную с сетью НОРСАР при помощи поставленной компанией «NORSAT» («Норвежские международные телекоммуникации») наземной станции спутниковой связи с дуплексным каналом емкостью 64 Кбит (рис. 10).



*Рис. 10. Установка первой в Академгородке г. Апатиты станции спутниковой связи «NORSAT B» на здании Президиума КНЦ РАН (фото Е.О. Кременецкой, 1992 г.)*

*НОРСАР переводит это оборудование и право собственности на него Кольскому научному центру в качестве гуманитарной помощи...».*

Подаренное Норвегией оборудование эксплуатировалось в КРСЦ вплоть до 2010 г., обеспечивая непрерывное функционирование базовых элементов интегрированной сети – сейсмоинфраструктурного комплекса «Апатиты» и коммуникаций для оперативного обмена данными в режиме, близком к реальному времени, при автоматическом детектировании и локализации землетрясений (рис. 11). Последовательная реализация на этой технической базе все более совершенных алгоритмов сбора и обработки цифровой информации (программные пакеты «Асминговского семейства» «EL», «EL-Win», «ValView» «Automat.exe», «Watcher») позволила к настоящему времени довести минимальное время обнаружения, оценки параметров и генетической классификации сейсмических событий на контролируемой территории до 5 мин. с момента их проявления [18].

Сворачивание российских звеньев северного периметра сети было частично скомпенсировано развитием мониторинговых комплексов Норвегии и США на Шпицбергене. В ноябре 1991 г. НОРСАР создал малоапертурную группу SPI в 15 км к востоку от пос. Лонгьербин. В 1994 г. за счет средств корпорации IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology), объединяющей около 500 университетов и частных организаций США, станция KBS Университета Берген в Нью-Олесунде была модернизирована в соответствии с требованиями к международной сети сейсмологического контроля за ядерными испытаниями: аналоговые сейсморегистраторы были заменены широкополосной цифровой аппаратурой, а синхронизация с мировым временем обеспечена сетью GPS.

После выхода из экономического кризиса 90-х годов Россия вновь активно включилась в процесс укрепления Баренцевоморской сети. Этому способствовала передача управления национальной сетью сейсмологического мониторинга в распоряжение одной головной организации – Геофизической службы РАН. В 1999 г. Кольский региональный сейсмологический центр был переведен из состава КНЦ РАН в структуру ГС РАН в статусе ее Кольского филиала. Первоначально руководил филиалом И.А. Кузьмин, а с 2003 г. функции директора исполняет А.Н. Виноградов.

С введением в эксплуатацию двух сейсмических групп Баренцевоморская сеть обеспечила представительность регистрации сейсмических событий по береговой зоне Баренц-региона на уровне  $M=3.0-3.5$ , несмотря на то, что с 1994 г. из-за недостатка средств были ликвидированы станции КЕМ, PLQ и PLZ. Северный периметр сети в середине 1990-х также подвергся редукации: закрылись станции «Хейс» и «Пирамида», была законсервирована вплоть до 2000 г. станция «БРБ». В сохранении остальной части сети КНЦ РАН огромную роль сыграла техническая и гуманитарная помощь со стороны Норвегии, оказанная по инициативе Комитета по научным исследованиям при Совете Баренц-региона, организованного после подписания Киркенеской декларации 1993 г. и возглавлявшимся в тот период акад. В.Т. Калининковым. Директор НОРСАР Фруде Рингдал в письме от 17 июня 1994 г. на имя Председателя КНЦ РАН В.Т. Калининкова высоко оценил результаты проведенных в 1991–1993 гг. совместных экспериментальных исследований сейсмических явлений на Кольском п-ове и известил о решении Исследовательского совета Норвегии не требовать предусмотренного Меморандумом 1991 г. возвращения ввезенного в Россию оборудования для сейсмических станций и спутниковой связи: «...принимая во внимание как значимость этого сотрудничества, так и трудности экономического переходного периода в России,

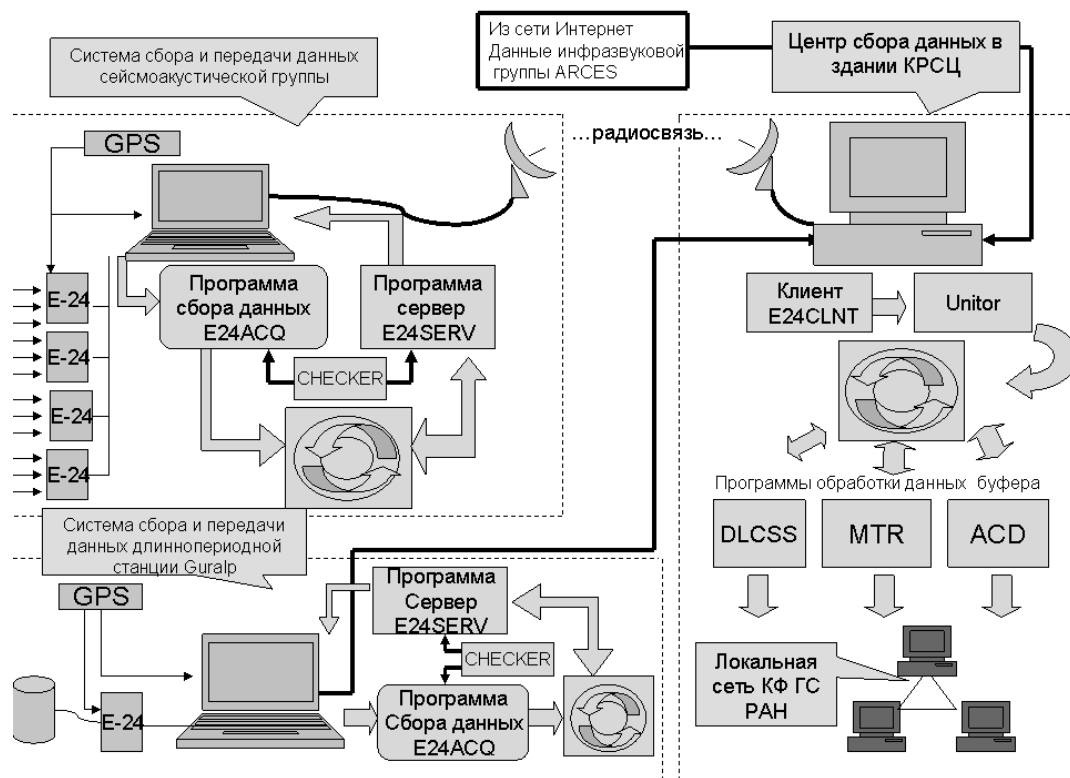


Рис. 11. Схема сбора и обработки в КРСЦ ГС РАН данных, поступающих со станций Баренцевоморской региональной сети мониторинга геодинамических процессов в Западной Арктике

В ноябре 2000 г. была возобновлена работа опорной станции BRBA в пос. Баренцбург с заменой старого оборудования на трехкомпонентный комплект широкопериодных сейсмографов Guralp-3ESPC. В августе 2001 г. в четырех километрах к северу от нее на побережье Ис-фиорда установлена станция BRBB, состоящая из трех геофонов GSV-316 с частотным диапазоном 1–50 Гц. Для контроля геодинамического режима Ковдорской, Хибинской и Ловозерской природно-технических систем были установлены короткопериодные станции в пределах горных отводов или в подземных выработках горнодобывающих предприятий «Апатит», «ЛовГОК», «Ковдорслюда» и разработана технология интеграции данных региональной сети и локальных рудничных систем [19]. В районе размещения береговой инфраструктуры для освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения в 2007 г. открыта сеймостанция «Териберка» (код MET), укомплектованная короткопериодными сейсмографами OYO Geospace.

В дополнение к сети КРСЦ, в Ловозерском горном массиве в подземном руднике «Карнасурт» ОАО «Севредмет» Геофизической службой РАН совместно с американским консорциумом IRIS была создана станция «Ловозеро» (LVZ), оборудованная в соответствии с межправительственным соглашением РФ и США 1993 и 1999 гг. высокочувствительной аппаратурой с динамическим диапазоном 120–140 Дб в полосе частот от 0.003 до 40 Гц [20]. По инициативе чл.-корр. Ф.Н. Юдахина, поддержанной вице-президентом РАН акад. Н.П. Лаверовым и директором ГС РАН чл.-корр. А.А. Маловичко, в 2003–2010 гг. была организована Архангельская региональная сейсмическая сеть, состоящая из 9 станций, оснащенных сейсмографами типа SMG-40T (Guralp) и дигитайзерами CSR-24 [21]. В 2010–2011 гг. в этой сети появились и две арктические ячейки – трехкомпонентная станция «Амдерма» (AMD), и станция ZFI на Земле Александры в архипелаге ЗФИ, состоящая из датчиков – SMG-6TD и SMG-40T, разнесенных на расстояние 250 м [22].

## **Комплексирование сейсмологических и акустических методов дистанционного мониторинга геодинамических и взрывных процессов**

В начале 1990-х гг. стало ясно, что одними только сейсмологическими методами невозможно надежно различать сейсмические события природного и техногенного происхождения. Проблема оперативной регистрации взрывных явлений в Евро-Арктическом регионе была особенно острой как в связи с формированием мировой сети контроля над ядерными взрывами, так и в силу актуальных практических потребностей в адекватной оценке сейсмического риска при реализации крупных инженерно-технических проектов. Как показывает опыт, при разреженной мониторинговой сети и в условиях закрытости или низкой доступности информации о проведении взрывов различными ведомствами региональные каталоги оказываются сильно «засоренными» сведениями о техногенных событиях. Баренц-регион, в котором находятся десятки полигонов для уничтожения боеприпасов и более ста промышленных карьеров и рудников, среди которых не менее 20 можно отнести к классу «гигантских» (производительностью более 10 млн тонн в год по горной массе, отбитой с помощью взрывных зарядов химических ВВ массой до 900 т или атомных взрывов мощностью до 2.4 Кт [23, 24]), не является исключением из этого правила. Поэтому с первых лет создания КРСЦ его научный коллектив целенаправленно разрабатывал не только технологии автоматического детектирования и локации сейсмических событий, но в кооперации с Горным институтом КНЦ РАН и НОРСАР вел поиск способов методы достоверного выявления техногенных взрывных событий. В качестве отдельной подзадачи исследовалась возможность опознавания ядерных взрывов по атрибутам сейсмограмм.

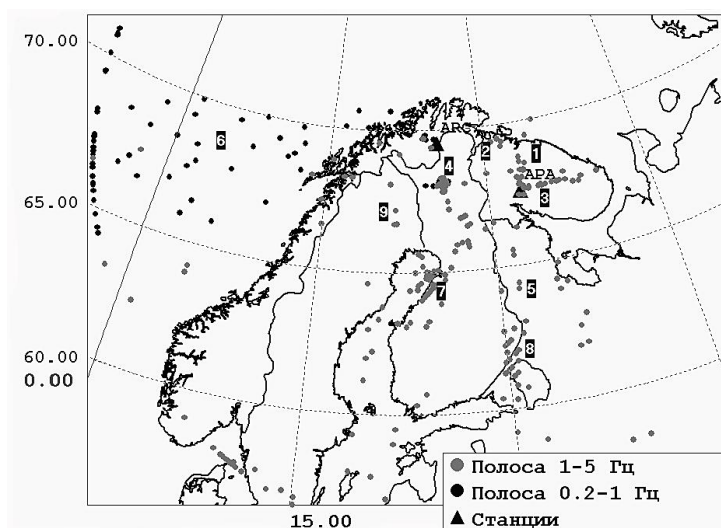
Совместно с НОРСАР была проанализирована «работоспособность» в условиях Западной Арктики различных критериев дискриминации ядерных и химических взрывов по атрибутам волновых форм сейсмической эмиссии, выявлены наиболее надежные индикаторы [25, 26]. Для повышения точности локации техногенных событий были проведены экспериментальные работы по регистрации калибровочных взрывов в кристаллических массивах Кольского п-ова и осадочных формациях Шпицбергена, что позволило ввести в обиход региональные скоростные модели геологической среды *BARENTS* и *SPITS* вместо универсального одномерного годографа для всей Земли IASPEI-91 [21, 27, 28]. Применение глобально усредненной модели скандинавскими сейсмологическими службами порождало систематическую ошибку в локации взрывов до 50 км, тогда как новые региональные модели лишены этого недостатка, благодаря чему их внедрение в практику существенно повысило надежность контроля взрывных явлений.

Перспективные подходы к решению задач различия сигналов от взрывов и землетрясений были намечены в ходе экспериментов по комплексной регистрации волновых полей в атмосфере и литосфере с помощью интегрированных сейсмоинфразвуковых групп. Первая в России и в Арктическом сегменте Земли группа этого типа была создана КРСЦ совместно с НОРСАР, ИФЗ РАН и ПГИ КНЦ РАН при финансовой поддержке Российского фонда фунда ментальных исследований (грант 94-05-17695-а) на базе сейсмогруппы «АР0» в 1994–1995 гг. [29]. Пилотная версия комплекса была образована путем размещения рядом с тремя сейсмодатчиками внутреннего кольца сейсмогруппы (рис. 7) жидкостных микробарографов Бовшеверова, регистрировавших вариации атмосферного давления в диапазоне периодов 1–20 сек. [17].

На последующих стадиях эксперимента конструкция комплекса была значительно усовершенствована: микробарографы Бовшеверова заменены вначале на украинские датчики К-304 АМ, а затем на датчики SHAPARRAL-V производства США, имеющие более широкий частотный диапазон и лучшую чувствительность; разработана и смонтирована система пространственных акустических фильтров, эффективно подавляющих ветровые помехи; обустроена единая система меток времени и оцифровки сигналов акустической и сейсмической подсистем группа. Модернизированная группа получила название «сейсмоинфразвуковой комплекс / СИЗК Апатиты» [30]. Многолетний опыт испытания СИЗК в рамках ряда проектов Международного научно-технического центра (МНТЦ) и совместных работ с НОРСАР показал, что в современном состоянии комплекс позволяет регистрировать импульсные инфразвуковые сигналы, генерируемые на удалении более 1500 км мощными наземными взрывами и вхождением болидов в атмосферу, а в радиусе 300 км фиксируется и уверенно лоцируется большая часть слабых наземных взрывов в добычных карьерах, дорожных выемках и на военных



полигонах, а также старты ракет-носителей космических аппаратов. Разработан пакет программ для автоматизированной совместной обработки данных акустических групп Северной Скандинавии [31], что обеспечивает возможность составлять региональные схемы пространственно-временных вариаций в распределении источников инфразвуковых сигналов (рис. 12), регистрируя при этом более 40 тыс. событий в год в частотном диапазоне 0.2–5 Гц.



*Рис. 12. Пространственное распределение инфразвуковых событий в 2009 г. (по результатам совместной обработки данных двух групп – «Апатиты» и «ARCES»). Цифрами помечены наиболее активные зоны генерации импульсных возмущений акустического волнового поля: 1 – Оленегорск (взрывы в карьерах ОГОК); 2 – Заполярный (взрывы в карьерах КГМК); 3 – Хибины (взрывы в карьерах ОАО «Апатит»); 4 – Финская Лапландия (взрывы на полигоне для уничтожения боеприпасов); 5 – Карелия (взрывы на руднике «Костомукша»); 6 – Северная Атлантика (область генерации микробаром); 7 – Ботнический залив и Оулу (область активности невыясненной природы); 8 – Приладожье (взрывы в добычных карьерах); 9 – Кируна (взрывы на рудниках ЛКАВ)*

### **Современная оценка сейсмичности континентальной части региона по данным Баренцевоморской сети**

В 2010 г. весь накопленный арсенал критериев и методик опознавания взрывов был применен в процессе ретроспективного анализа локальных каталогов и архивных данных КРСЦ за XX век, в результате чего более трети землетрясений, учтенных в опубликованных региональных и национальных сводных каталогах, были переклассифицированы в техногенные события [32]. Очистка каталога дала возможность более точно определить уровень и пространственно-временное распределение фоновой природной сейсмичности в северо-восточной части Балтийского щита и на южной окраине Баренцевоморского шельфа, а также оценить масштабы техногенной сейсмичности, вносящей существенный вклад в повышение геодинамических рисков в промышленно развитых районах Мурманской области и Карелии (рис. 13).

Опыт работ по составлению оценки воздействия на окружающую среду крупных промышленных проектов и по прогнозной оценке сейсмических рисков в Евро-Арктическом регионе [21, 23, 33–35] показал, что существующая в его континентальной части сеть комплексного мониторинга геодинамических процессов дистанционными методами уже не полностью удовлетворяет возросшие потребности в обеспечении промышленной безопасности. В оффшорной зоне Баренц-региона традиционные представления о ее асейсмичности и чрезвычайно низкой геодинамической активности [12, 13, 21, 23] также требуют пересмотра в связи с выявлением в последние годы новых факторов риска – лютотрясений при деструкции ледовых покровов на Арктических островах, подводных оползней в зонах разгрузки ледников, взрывных выбросов метана и образования грязевых вулканов в зонах разрушения газогидратного слоя в осадочном покрове шельфа

[36–38]. Как выяснилось, масштабы развития в осадочных покровах дна арктических морей газогидратов несоизмеримо выше, чем в остальной части мирового океана [38, 39]. Деструкция этого горизонта при техногенном воздействии резко увеличивает вероятность проявления взрывных выбросов метана, подобных тем, что имели место на суше при освоении Тазовского, Бованенковского и Кумжинского газовых месторождений. Технология мониторинга указанных процессов пока не отработана, а пороговый уровень наземных звеньев Баренцевоморской сети слишком высок для контроля низкоэнергетических динамических процессов в криосфере и осадочном чехле Западно-Арктического шельфа. В то же время предварительные оценки с учетом максимально неблагоприятных сценариев изменения геодинамического режима в зонах морских нефтегазовых промыслов и в участках деструкции криосферы под влиянием потепления климата выявили высокую вероятность аномальных всплесков сейсмической опасности, разрушительных как для инженерно-технических сооружений, так и для рыбных ресурсов Баренцевоморского бассейна [35, 40].

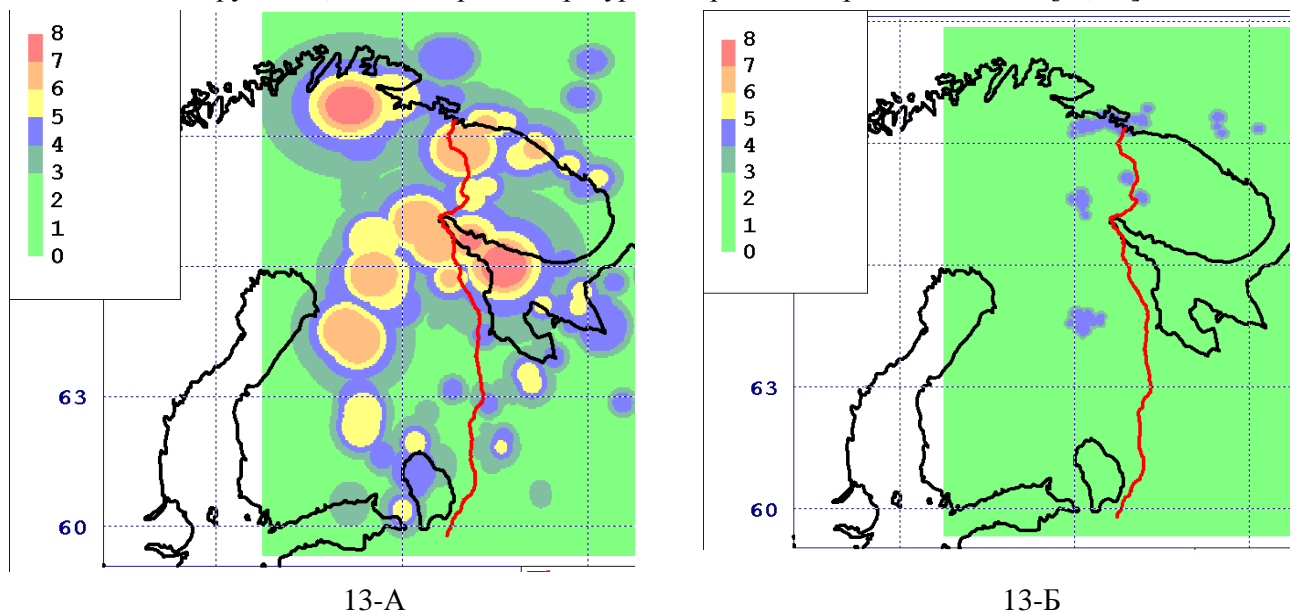


Рис. 13. Прогнозные схемы районирования природной (А) и техногенной (Б) сейсмичности Восточной части Балтийского щита, южной окраины Баренцевоморской шельфовой плиты и Беломорья. Цветовая шкала – расчетная интенсивность возможных землетрясений в баллах шкалы МСК-64, построенная с учетом исторических данных и инструментальных наблюдений

### **Заключение: актуальные задачи и перспективы развития Баренцевоморской сети дистанционного мониторинга геодинамических процессов**

Российская компонента в региональной Баренцевоморской сети мониторинга опасных геодинамических процессов по густоте и техническому оснащению ячеек значительно уступает Норвежской части национальной сети, контролирующей обстановку в Северном и Норвежском морях и на Скандинавском п-ове. На суше для этого используются 22 сейсмические группы, а на шельфовых промыслах с 2008 года началось внедрение стационарные донных систем типа FOSAR – оптоволоконные фазовые решетки, покрывающие площади в десятки квадратных километров сетью с сотнями оптических датчиков сейсмических колебаний [41]. Точность мониторинга геодинамических процессов в газоносных пластах в формате 4D повысилась на два-три порядка, что позволяет теперь эффективно управлять режимом добычи с надежным контролем пластового давления. Аналогов подобных систем в России нет, а без адекватного развития мониторинговых сетей для дистанционного контроля природно-технических систем в Арктике Россия рискует потерять роль мирового лидера в освоении арктического шельфа и северных территорий.

Учитывая возрастающие масштабы экологического ущерба на начальных этапах освоения крупных и суперкрупных месторождений газа на шельфе и арктическом побережье, целесообразно уже сейчас озаботиться подготовкой технических мер профилактики техногенных

катастроф на шельфе. В числе первоочередных мер в этом направлении необходимо обеспечить ускорение работ по созданию отечественных волоконно-оптических геофизических комплексов и сетевых систем для выявления и непрерывного пространственно-временного контроля в режиме 4D-4C опасных геодинамических процессов в районах проведения разведочных работ на УВ и эксплуатации морских промыслов [41, 42].

В 2010–2011 гг. экспертная группа РАН под руководством акад. Н.П. Лаверова представила в правительственные органы ряд аналитических докладов, в которых была обоснована необходимость включить в число приоритетных задач государства на 2013–2016 гг. формирование национальной системы космического мониторинга «Арктика» и создание по периметру Баренцевоморского бассейна сети геофизических обсерваторий для сейсмоинфразвукового мониторинга опасных динамических процессов в литосфере (землетрясения, грязевой вулканизм и оползневые явления на морском дне), криосфере (деструкция ледниковых шапок на арктических островах с проявлением мощных льдотрясений и сходом в акваторию моря крупных айсбергов) и атмосфере (вторжение болидов, падение фрагментов космических аппаратов и ракет). Концептуальную схему и ожидаемый уровень повышения пороговой чувствительности региональной сети разработал КФ ГС РАН (рис. 15), исходя из опыта применения комплексного сейсмоинфразвукового мониторинга для контроля динамических процессов в литосфере и криосфере Евро-Арктического региона [30, 32, 43, 44].

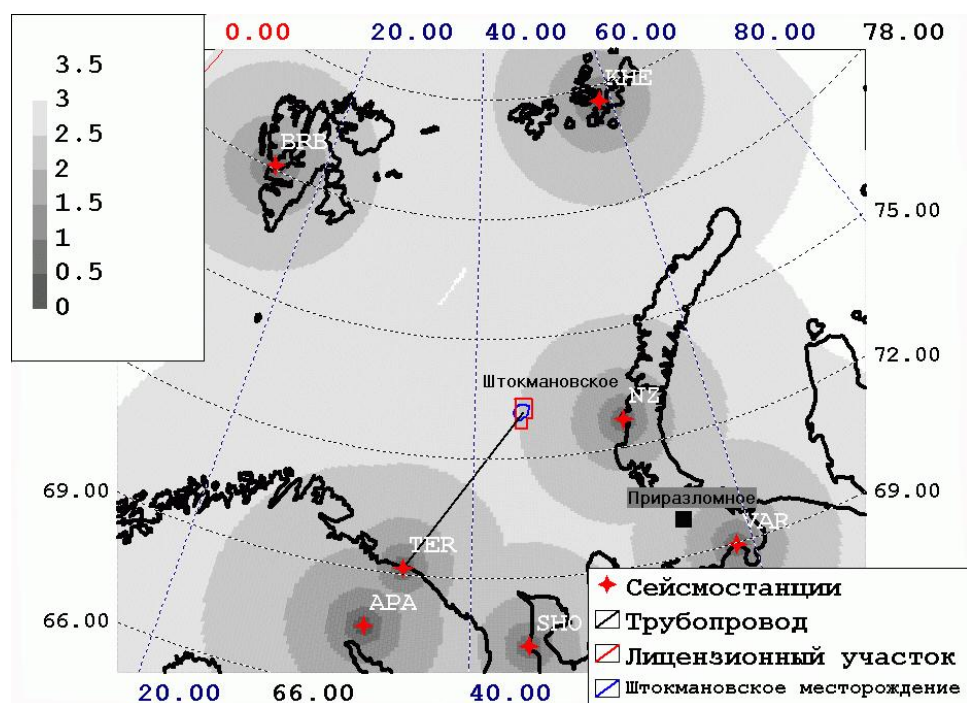


Рис. 15. Концептуальная схема размещения малоапертурных сейсмоинфразвуковых групп для гарантированной регистрации сейсмических событий на Баренцевоморском шельфе с магнитудного порога  $M \geq 2$ : Териберка (TER), Шойна (SHO), Варандей (VAR), Малые Кармакулы (NZ), Хейс (KHE), Баренцбург (BRB) и «Апатиты» (APA)

Оперативным практическим откликом на рекомендации РАН стало включение в федеральную целевую программу «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 г.», утвержденную Правительством РФ 7 июля 2011 г., специального задания по формированию в 2013–2015 гг. Баренцевоморско-Карского сегмента системы сейсмического мониторинга и комплексного контроля разномасштабных динамических явлений природного и техногенного генезиса в пределах подлежащих освоению нефтяных и газовых полей Арктической зоны. Выполнение этой сложной задачи поручено Геофизической службе РАН, с учетом ее пионерного опыта создания и успешной эксплуатации интегрированных сейсмоинфразвуковых групп в высоких широтах – в Мурманской области, в Амдерме и на арх. Шпицберген.

В связи с ожидаемым смещением в ближайшие годы центра промысловой добычи углеводородного сырья в пограничную зону раздела морских пространств между Российской Федерацией и Норвегией (в пределы Нордкапской и Центрально-Баренцевской структур Норвежско-Баренцевского бассейна/НГБ [43]), считаем уместным вновь рассмотреть вопрос о создании принципиально новой системы дистанционного мониторинга геодинамических процессов в прибрежной зоне шельфа с использованием системы трехмерных сейсмогрупп большой апертуры (до 8 км по вертикали), размещенных в стволе Кольской сверхглубокой скважины и разведочных скважинах на п-ове Рыбачьем. Как показано в работе [45], этот подход может открыть возможность контроля латеральных массопотоков флюидных фаз при изменении напряженного состояния волновода, располагающегося в консолидированном фундаменте на глубине 8–10 км и пересекающего границу «суша-море». Контроль этого процесса будет способствовать оптимизации управления геодинамическим режимом морских промыслов в прибрежной полосе шириной до 200 км, первоочередной для освоения нефтегазовых ресурсов НГБ в 2015–2025 гг.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Панасенко Г.Д.* Каталог землетрясений Кольского полуострова и Северной Карелии (с начала XVIII в. по 1955 г.). Кировск: Изд. КФ АН СССР. 1957. С. 31–35.
2. *Горшков Г.П.* О сейсмичности восточной части Балтийского щита // Тр. Сейсмологического института. Вып. 19. 1947. С. 86–89.
3. *Панасенко Г.Д.* Сейсмические особенности северо-востока Балтийского щита. Л.: Наука, 1969. 184 с.
4. *Båth M.* An earthquake catalogue for Fennoscandia for the years 1891-1950 // *Sver. Geol. Unders., ser.C. No. 545.* Stockholm, 1956.
5. Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления. Петрозаводск: Изд. КарНЦ РАН. 2004. 353 с.
6. *Аветисов Г.П.* Сейсмическое районирование Земли Франца-Иосифа // Геофизические методы разведки в Арктике. Вып. 6. Л.: Изд. НИИГА. 1971. С. 128-133.
7. Ученые Кольского научного центра: 1930-2010. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. 514 с.
8. *Mitchell B.J.* Characteristica of earthquakes in the Heerland Seismic Zone of Eastern Spitsbergen / *B.J.Mitchell, W.W. Chan* // *Polarforschung.* 1978. Vol. 1–2. №. 48. P. 31–40.
9. *Bungum H.* Concentrated earthquakes zones in Svalbard / *H. Bungum, B.J. Mitchell, I. Kristofferson* // *Tectonophysics.* 1982. Vol. 82. P175–188.
10. *Панасенко Г.Д. и др.* Землетрясения Шпицбергена / Г.Д. Панасенко, Е.О. Кременецкая, З.И. Аранович. М.: Изд. МГК АН СССР, 1987. 81 с.
11. *Лунден Н.А.* О карте сейсмичности Арктики // Сейсмические и гляциологические исследования в период МГТ. №2. М.: Изд. АН СССР, 1959. С. 7–17.
12. *Панасенко Г.Д. и др.* Общие геолого-тектонические черты и сейсмичность Баренцева моря / Г.Д. Панасенко, В.Г. Загородный, Б.А. Ассиновская, Е.О. Кременецкая. Апатиты: Изд. КФ АН СССР, 1983. 68 с.
13. *Ассиновская Б.А.* Сейсмичность Баренцева моря. М.: НГК РАН, 1994. 126 с.
14. Сейсмичность при горных работах / под ред. акад. Н.Н. Мельникова. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2002. 325 с.
15. Строение литосферы российской части Баренц-региона. Петрозаводск: Изд. КарНЦ РАН, 2005. 318 с.
16. *Козырев А.А. и др.* Сильнейшее техногенное землетрясение на российских рудниках: 17 августа 1999 г., рудник «Умбозеро» (Кольский полуостров) / А.А. Козырев, А.В. Ловчиков, И.А. Кузьмин // Горный информ.-аналит. бюлл. 2000. М.: Изд. МГТУ. № 6. С. 169–173.
17. *Асминг В.Э. и др.* Сейсмологические исследования на территории Европейского Севера России и прилегающих районов Арктики / *В.Э. Асминг, С.Н. Гурьева, И.А. Кузьмин, Е.О. Кременецкая, А.С. Коломиец, Л.П. Нахшина, В.М. Тряпицын, Ю.В. Федоренко.* Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1996. 44 с.
18. *Асминг В.Э. и др.* Система сбора и обработки данных Кольского филиала ГС РАН / *В.Э. Асминг, Ю.А. Виноградов, А.И. Воронин, В.Н. Коцуба, А.В. Прокудина* // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: материалы VI Междунар. сейсмолог. школы. Обнинск: Изд. ГС РАН, 2011. С. 31–34.
19. *Аккуратов М.В. и др.* Объединенная система контроля состояния Хибинского горного массива на базе сейсмических станций Кольского филиала ГС РАН и ОАО «Апатит» / *М.В. Аккуратов, В.Э. Асминг, Ю.А. Виноградов, П.А. Корчак* // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы VI Междунар. сейсмолог. школы. Обнинск: Изд. ГС РАН, 2011. С. 7–10.
20. *Старовойт О.Е.* Инструментальные сейсмические наблюдения в России // Вестник Владикавказского НЦ РАН, 2005. Т. 5, № 1. С. 8–12.
21. Сейсмологические исследования в арктических и приарктических регионах / под ред. *чл.-корр. Ф.Н. Юдахина.* Екатеринбург: Изд. УрО РАН, 2011. 243 с.
22. *Antonovskaya G.N.* The Archangelsk Seismic Network / *G.N. Antonovskaya, Y.V. Konechnaya* // *Book of Abstracts. 33<sup>rd</sup> General Assembly of the European Seismological Commission.* М.: Poligrafikwik, 2012. P. 46.
23. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы / под ред. Н.В. Шарова, А.А. Маловичко, Ю.К. Щукина. Кн. 1. Землетрясения. Петрозаводск: Изд. КарНЦ РАН, 2007. 381 с.
24. *Гущин В.В.* Подземная разработка апатитовых месторождений: от минных до ядерных взрывов. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. 196 с.
25. *Kremenetskaya E.* Study of Regional Surface Waves and Frequency-dependent Ms:Mb Discrimination in the European Arctic / *E. Kremenetskaya, V. Asming, Z. Jevtjugina and F. Ringdal* // *Pure Appl. Geophys.* 2002. Vol. 159. P. 721–733.
26. *Ringdal F.* Observed Characteristics of Regional Seismic Phases and Implications for P/S Discrimination in the European Arctic / *F. Ringdal, E. Kremenetskaya, V. Asming* // *Pure and Applied Geophys.* 2002. Vol. 159. P. 701-719.
27. *Asming V.* Study of seismic travel-time models for the Barents region / *V. Asming, F. Ringdal, E. Kremenetskaya, Y. Filatov* // *NORSAR Sci. Rep No. 2-96/97.* Kjeller: NORSAR. 1997. P. 102–104.
28. *Asming V.* Study of the calibration explosion on 29 September 1996 in the Khibiny Massif, Kola Peninsula / *V. Asming, F. Ringdal, E. Kremenetskaya, I. Kuzmin, S. Evtuhin, V. Kovalenko* // *NORSAR Sci. Rep. №. 1–96/97.* Kjeller: NORSAR, 1997. P. 135–142.
29. *Kuzmin I.* Initial results of a newly installed acoustic array in Apatity / *I. Kuzmin, Yu.V. Fedorenko, A.I. Grachev, S.N. Kulichkov, O. Raspopov, F. Ringdal* // *NORSAR Scientific Report N 2-94/95.* Kjeller: NORSAR. 1995. P.149-160.
30. *Виноградов Ю.А.* Сейсмоакустический

комплекс "Апатиты" – современный инструмент мониторинга природной среды // Физ. акустика. Распространение и дифракция волн. Геоакустика: сб. тр. XVI сессии Росс. акустического общества. Т 1. М.:ГЕОС, 2005. С. 358–362.

**31.** *Schweitzer J.* Infrasound data processing using Apatity and ARCES array data / *J. Schweitzer, F. Ringdal, T. Kvaerna, V. Asming, Yu. Vinogradov* // NORSAR Sci. Rep.No. 1–2006. Kjeller: NORSAR, 2006. P. 42–53.

**32.** *Годзиковская А.А.* Ретроспективный анализ первичных материалов о сейсмических событиях, зарегистрированных на Кольском полуострове и прилегающей территории в XX веке / *А.А. Годзиковская, В.Э. Асминг, Ю.А. Виноградов*. М.: Изд. «Ваш полиграфический партнер», 2010. 120 с.

**33.** *Мельников Н.Н. и др.* Анализ устойчивости строительства хранилища радиоактивных отходов в скальных массивах островов Северного Ледовитого океана / *Н.Н. Мельников, В.П. Конухин, Э.В. Каспарьян, Ф.П. Митрофанов, А.Н. Виноградов, И.А. Кузьмин, Е.О. Кременецкая* // Использование подземного пространства страны для повышения безопасности ядерной энергетики. Ч. 3. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1995. С. 41–54.

**34.** *Виноградов А.Н. и др.* Оценка влияния сейсмических событий в срединно-океаническом хребте Книповича на сейсмичность западной окраины Баренцовоморского шельфа и зон угледобычи на архипелаге Шпицберген / *Виноградов А.Н., Баранов С.В.* // Материалы Всеросс. конф. по оценке и прогнозу сейсмологического риска, включая исследования природных и антропогенных рисков в морских береговых зонах. М.: ТИССО-Полиграф. 2005. С. 13–15.

**35.** *Виноградов А.Н.* Сейсмичность Баренцовоморского шельфа и обеспечение геодинамического мониторинга при эксплуатации Штокмановского газоконденсатного месторождения / *А.Н. Виноградов, Ю.А. Виноградов, В.Э. Асминг, С.В. Баранов* // Нефть и газ Арктического шельфа: материалы междунар. конф. Секция 5. Геоэкология, мониторинг и охрана окружающей среды. Мурманск: Изд. АрктикШельф, 2006. С. 63–69.

**36.** *Виноградов Ю.А. и др.* Применение геофизических методов для дистанционного контроля динамики процессов деструкции ледовых покровов Арктики / *Ю.А. Виноградов, А.Н. Виноградов, В.А. Кровотынцев* // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: материалы VI Междунар. сейсмолог. школы. Обнинск: Изд. ГС РАН, 2011. С. 87–89.

**37.** *Баранов С.В. и др.* Возможные причины аномальной сейсмической активности в проливе Стур-фиорд (архипелаг Шпицберген) в 2008–2009 годах / *Баранов, А.Н. Виноградов* // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7. 2010. Вып. 4. С. 23–31.

**38.** *Judd A., Hovland M.* Seabed fluid flow: The impact on geology, biology, and the marine environment. Cambridge University Press. 2007. 476 p.

**39.** *Сергиенко В.И. и др.* Эмиссия метана и углекислого газа на Восточно-Сибирском шельфе – фактор глобальных климатических изменений / *В.И. Сергиенко, И.П. Семилетов, Н.Е. Шахова* // Материалы совместного заседания Совета РАН по координации деятельности рег. отделений и рег. научных центров РАН и Научного совета по изучению Арктики и Антарктики. Екатеринбург: Изд. УрО РАН? 2010. С. 117–136.

**40.** *Виноградов А. и др.* Влияние сейсмичности на распределение рыбных скоплений на западной окраине Баренцовоморского бассейна / *А. Виноградов, С. Баранов, А. Жичкин, Д. Моисеев* // Рыбные ресурсы. 2011. № 2. С. 18–21.

**41.** *Жеребцов В.Д. и др.* Перспективы применения волоконно-оптической технологии для исследования нефтегазовых месторождений и мониторинга промысловых площадей на шельфе / *В.Д. Жеребцов, Ю.А. Виноградов* // Шельф Арктики: стратегия будущего. Нефть и газ Арктического шельфа: материалы IV Междунар. конф. Мурманск: Изд. АрктикШельф, 2008. С. 1–5.

**42.** О состоянии и проблемах в законодательном обеспечении реализации Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу: ежегодный доклад-2010. М.: Изд. Совета Федерации РФ, 2011. 85 с.

**43.** *Виноградов А.Н.* Перспективы дистанционного сейсмологического и инфразвукового мониторинга динамических процессов в пульсирующих ледниках Шпицбергена и в донных отложениях прилегающего шельфа и континентального склона / *А.Н. Виноградов, Е.О. Кременецкая, Ю.А. Виноградов* // Комплексные исследования природы Шпицбергена: материалы IX Междунар. науч. конф. Вып. 9. М.: ГЕОС, 2009. С. 210–213.

**44.** *Виноградов Ю.А.* Организация и первые результаты сейсмоинфразвукового мониторинга на Шпицбергене / *Ю.А. Виноградов, В.Э. Асминг, С.В. Баранов, А.И. Воронин* // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: материалы VII Междунар. сейсмолог. школы. Обнинск: Изд. ГС РАН, 2012. С. 88–93.

**45.** *Березовский Н.С. и др.* Героическое прошлое и «перспективное» будущее Кольской сверхглубокой скважины СГ-3 / *Н.С. Березовский, Ю.И. Кузнецов, А.Н. Виноградов* // Каротажник. 2010. Вып. 5, № 194. С. 170–200.

### Сведения об авторах

*Виноградов Анатолий Николаевич* – к.г.-м.н., главный ученый секретарь КНЦ РАН, директор Кольского филиала Геофизической службы РАН; e-mail: vino@admksk.apatity.ru

*Виноградов Юрий Анатольевич* – к.т.н., зам. директора; e-mail: vin@krsc.ru

*Кременецкая Елена Олеговна* – к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник; e-mail: kolf@krsc.ru

*Петров Сергей Иванович* – к.г.-м.н., ученый секретарь, e-mail: petrov@krsc.ru



## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

**Б.В. Ефимов, Б.Г. Баранник, А.Н. Данилин, В.А. Минин,  
Ю.М. Невретдинов, В.Н. Селиванов**

Центр физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН

### **Аннотация**

Статья содержит краткий очерк истории энергетических исследований на Кольском п-ове. На сегодняшний день Центр физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН является ведущей научной организацией на Кольском п-ове, специализирующейся на выполнении фундаментальных исследований и прикладных разработок в области комплексных физико-технических и технико-экономических проблем энергетики.

### **Ключевые слова:**

*энергетические исследования, Кольский научный центр, Центр физико-технических проблем энергетики Севера.*

Практическое освоение природных богатств Мурманской области еще в 1930-е гг. потребовало создания развитой энергетической базы. За прошедшие десятилетия в Мурманской области создана мощная по региональным масштабам Кольская электроэнергетическая система, в состав которой в настоящее время входят 17 гидроэлектростанций, ряд тепловых электрических станций, Кольская АЭС, а также развернутая сеть теплоснабжающих предприятий, включающих ТЭЦ и котельные.

Начало выполнению энергетических исследований на Кольском п-ове было положено в послевоенные годы. Уже тогда в регионе функционировала Кольская научно-исследовательская база АН СССР, основной целью которой являлось содействие развитию производительных сил Мурманской области. В 1950 г. база была реорганизована в Кольский филиал АН СССР, в его состав вошли 4 научные подразделения, в том числе и Отдел гидроэнергетики. В то время в Кольскую энергетическую систему входило всего несколько относительно небольших гидроэлектростанций. Наиболее рациональным путем развития энергетики Мурманской области тогда считалось максимально возможное освоение местных ресурсов, а это практически полностью было связано с использованием стока многочисленных, но не очень больших рек Кольского п-ова. Поэтому изучение гидроэнергетических ресурсов региона, разработка научно-технических рекомендаций и предложений для обоснования строительства новых ГЭС в условиях Заполярья были главными направлениями в деятельности Отдела гидроэнергетики.

Первые годы Отдел возглавлял заслуженный деятель науки и техники Карельской АССР к.т.н. Сергей Владимирович Григорьев. Широкие физико-географические исследования рек и озёр Кольского п-ова, проводимые им в интересах географической науки, гидрологии и гидроэнергетики, определили деятельность Отдела на большой период времени. Были составлены каталоги рек и озер Мурманской области (К.Н. Балашов, Т.И. Белокошова, В.В. Богданов, И.Т. Изотова, Д.И. Коваленко), усовершенствована методика учета гидроэнергетических ресурсов малых рек и составлен гидроэнергетический кадастр, содержащий оценку мощности 550 рек Мурманского гидрографического района (П.И. Марков).

Применительно к условиям Мурманской области на базе уже имевшегося опыта гидроэнергетического строительства на Кольском п-ове были сформулированы принципы дальнейшего рационального энергетического использования крупных и средних рек региона (Воронья, Териберка, Восточная Лица, Харловка, Рында, Йоканьга и др.). С учётом исследований и рекомендаций Отдела гидроэнергетики осуществлено проектирование и строительство ГЭС на реках Воронья (Серебрянский каскад) и Териберка (Териберский каскад).

В конце 1950-х – начале 1960-х гг. интенсивное развитие народного хозяйства Мурманской области выдвинуло новые задачи по теплофикации промышленных предприятий и городов, а также по строительству и вводу в эксплуатацию мощной тепловой электростанции – Кировской ГРЭС. Это привело к усложнению энергетического хозяйства региона и потребовало дальнейшего расширения научных исследований. Поэтому Отдел включился в комплексную научно-исследовательскую работу по оптимизации топливно-энергетического баланса Мурманской и соседних областей,



координируемую Северо-Западным отделением Научного совета по комплексным проблемам энергетики Академии наук СССР. В начале 1960-х гг. был разработан прогноз энергопотребления Мурманской области на перспективу до 1970 г.

В течение нескольких лет сначала Отделом гидроэнергетики, а затем коллективом созданной на его базе в составе Горно-металлургического института КФАН СССР лаборатории энергетики и комплексных водохозяйственных проблем проводилась большая работа по изучению режимов отопления для районов Севера (А.П. Панин, Т.И. Белокоскова, И.Т. Изотова, Л.К. Власов). Тогда же группой комплексных водохозяйственных проблем (Г.В.Беляева, В.В. Чижиков, Д.Г. Воробьева, Н.Н. Чижикова и др.) в течение нескольких лет были проведены комплексные исследования крупнейшего водоема Мурманской области – оз. Имандры. Проблема состояла в сильном загрязнении озера промышленными выбросами горно-обогатительных комбинатов “Апатит”, “Североникель” и Оленегорского ГОКа, Кировской ГРЭС и других промышленных предприятий. Были разработаны предложения по уменьшению загрязнения озера, восстановлению его рыбохозяйственного значения и расширению использования озера в рекреационных целях.

Развитие энергетики края изменяло задачи энергетического подразделения КФАН СССР, менялась его структура. В 1973 г. лаборатория энергетики и комплексных водохозяйственных проблем Горного института была преобразована в самостоятельное подразделение при Президиуме Кольского филиала АН СССР – Отдел энергетики, который возглавил доктор технических наук, профессор Игорь Родионович Степанов. За Отделом были закреплены следующие основные направления исследований:

- исследование перспектив развития энергетического хозяйства Мурманской области и соседних районов;
- разработка эффективных методов использования гидроэнергетических ресурсов, энергии ветра и морских приливов;
- создание научных основ рационального использования и охраны водных ресурсов.

Научно-методическое руководство деятельностью Отдела осуществлялось Отделением физико-технических проблем энергетики АН СССР (ОФТПЭ АН СССР). Планирование и проведение научно-исследовательской работы Отдела велось в соответствии с указанными направлениями и в увязке с проблемами, выдвигаемыми и разрабатываемыми названным Отделением. Штат Отдела в то время насчитывал 23 сотрудника, в том числе 1 – д.т.н., 8 – м.н.с., 3 инженера, 11 чел. – лаборанты и технический персонал.

В 1970-е гг. Отделом был выполнен ряд важных научных исследований. Разработан прогноз развития потребности народного хозяйства Мурманской области в энергоносителях на 1976–1990 гг. и показаны возможные варианты формирования топливно-энергетического баланса региона на указанный период. Выполнен технико-экономический доклад по реконструкции теплоснабжения города Кировска от Кировской ГРЭС (И.Р. Степанов, Б.Г. Баранник). Перспективность такого предложения подтверждается в настоящее время при прокладке теплопровода большого диаметра от Апатитской ТЭЦ до Кировска.

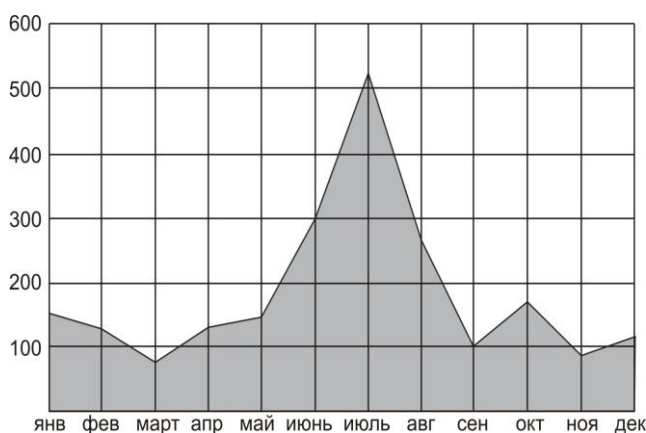
На основании обработки многолетних рядов наблюдений за скоростью ветра оценен потенциал ветровой энергии и разработан ветроэнергетический кадастр Европейского Севера СССР (В.А. Минин). На побережье Баренцева моря в пос. Дальние Зеленцы создан ветроэнергетический полигон, позволяющий проводить исследование работы ветроэнергетических установок при высоких скоростях ветра и в экстремальных климатических условиях Арктики (Е.И. Куклин, В.А. Минин).

Разработана уточненная схема энергетического использования объединенного стока рек Восточная Лица, Харловка и Рында, разработаны практические рекомендации по гидротехническому строительству на этих реках (Г.С. Дмитриев).

В 1982 г. в Отделе энергетики были проведены структурные изменения и образованы три лаборатории: лаборатория комплексных проблем энергетики Севера (зав. лаб. д.т.н. И.Р. Степанов); лаборатория комплексных электрофизических и электроэнергетических проблем (зав. лаб. к.т.н. И.М. Зархи); лаборатория атомной энергетики (зав. лаб. к.ф.-м.н. В.А. Наумов). Первая из названных лабораторий продолжила исследования в направлении дальнейшего совершенствования энергетического хозяйства региона. Был разработан прогноз развития топливно-энергетического комплекса Мурманской области на 1986–2005 гг. и выявлены благоприятные предпосылки для газификации Мурманской области и Республики Карелия от месторождений природного газа на шельфе Баренцева моря (И.Р. Степанов, Б.Г. Баранник). Выполнено обоснование по созданию опытно-

промышленной ветроэлектрической станции (ВЭС) мощностью 1 тыс. кВт на берегу Баренцева моря в районе пос. Дальние Зеленцы, а также ветроэнергетического комплекса мощностью 100 МВт в районе действующих гидроэлектростанций Серебрянского каскада (Е.И. Куклин, В.А. Минин). Проведено исследование перспектив применения гидроаккумулирующих станций на Европейском Севере СССР, предложены площадки для сооружения ГАЭС (Г.С. Дмитриев).

Под руководством И.М. Зархи в Отделе были развернуты электрофизические работы. К началу 1980-х гг. накопился большой объем данных опыта эксплуатации высоковольтных сетей в специфических климатических и грунтовых условиях Кольского п-ова. В частности, на фоне вполне приемлемой общей надежности работы линий электропередачи и подстанций, выявилась повышенная аварийность из-за воздействия атмосферных перенапряжений, то есть ударов молнии в элементы энергосистем. Оказалось, что при проектировании электрических сетей в северных регионах нельзя напрямую использовать опыт работы аналогичных сетей в средней полосе. Например, число среднегодовых отключений линий электропередачи на Кольском п-ове и в Карелии намного превышает соответствующие данные по Поволжью и даже Крыму (рис. 1). И это при десяти грозových часах в год в районе городов Апатиты и Кировск по сравнению с шестьюдесятью грозowymi часами в год в Крыму.



*Рис. 1. Летний (грозовой) пик автоматических отключений линий электропередачи Центральных электрических сетей Колэнерго (по вертикали общее число отключений за 20 лет наблюдений)*

Именно относительно слабая гроззовая активность послужила обоснованием для отказа от тросовой защиты ряда системообразующих линий по всей длине, сооружения двухцепных линий, отходящих от Кольской атомной электростанции, необязательности выполнения положений нормативных документов в части требований к заземлениям опор линий. По инициативе руководства Колэнерго и при поддержке головного проектировщика сетей института «Энергосетьпроект» в Отделе энергетики были начаты масштабные исследования физико-технических проблем повышения надежности работы электроэнергетических сетей (эти проблемы не потеряли актуальности до настоящего времени). Обобщение результатов исследований 1980-х гг. позволило разработать предложения по изменению основного документа, регламентирующего проектирование электрических сетей (Правила устройства

электроустановок) в части защиты подстанций 35–330 кВ от перенапряжений в условиях высокого удельного сопротивления грунта, характерного для Кольского п-ова. В целях расширения электрофизических исследований были созданы полевые высоковольтные стенды и полигон напряжением до 1 млн вольт (рис. 2). На них проводились экспериментальные исследования, направленные на изучение электромагнитных переходных процессов в электрических сетях и линиях связи при низкой проводимости грунта. На базе экспериментальных исследований, выполненных на высоковольтном стенде, была предложена математическая модель грозозащитных заземлений, разработаны алгоритм и программа расчета числа грозových отключений ЛЭП. В совокупности они явились универсальным инструментом оптимизации средств грозозащиты в условиях плохо проводящего грунта. (И.М. Зархи, Б.В. Ефимов).

В 1984 г. лабораторией атомной энергетики было обосновано и разработано предложение по оснащению КФ АН СССР специализированным ядерным реактором «Аргус» для целей развития ядерно-физических методов анализа и контроля (В.А. Наумов). Выполнено расчетное исследование радиационной безопасности наземного и подземного вариантов исполнения АЭС, показаны существенные преимущества последнего. В 1988 г. лаборатория атомной энергетики была переведена в Горный институт КНЦ АН СССР.

В 1990 г. на базе Отдела энергетики в соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР, постановлением Президиума АН СССР и приказом по Кольскому научному центру



*Рис. 2. 1982 год. Первый на Кольском п-ове полевой высоковольтный стенд в 25 км от г. Апатиты. Слева направо: инж. Н.М. Кузнецов, инж. Ю.М. Дергаев, чл.-корр. АН СССР М.В. Костенко, инж. А.В. Покровский, к.т.н. Б.В. Ефимов, к.т.н. И.М. Зархи*

был организован Институт физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра АН СССР. Была утверждена перспективная структура Института, состоящая из трех отделов и 9 лабораторий. Директором-организатором Института был назначен к.т.н. А.А. Папин. По состоянию на 1 декабря 1991 г. в Институте работали 62 человека, в том числе 1 д.т.н., проф., 11 кандидатов наук, 14 научных сотрудников, 17 инженеров. Однако создание нового института совпало с периодом кардинальных перемен в нашей стране. Уже в 1992 г. в связи с дефицитом бюджетного финансирования из структуры Института были исключены две лаборатории. В последующие годы продолжалось сокращение структурных единиц и численности Института, а в 2005 г. Институт был реорганизован в Центр, входящий в состав КНЦ РАН. С 1993 г. Институт возглавлял д.т.н. В.Р. Елохин, в 2001 г. на должность директора Института был выбран д.т.н. Б.В. Ефимов.

За более чем два десятилетия, прошедшие с момента образования Института, а затем Центра, несмотря на трудности, испытываемые в научных учреждениях в эти годы, в целом удалось сохранить работоспособный коллектив

высококвалифицированных сотрудников, выработать круг задач, важных для регионального научного подразделения, и продолжить проведение результативных исследований в тесном сотрудничестве с ведущими научными и проектными энергетическими организациями внутри страны и за рубежом.

На сегодняшний день Центр физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН является ведущей организацией на Кольском п-ове, специализирующейся на выполнении фундаментальных научных исследований и прикладных разработок в области комплексных физико-технических и технико-экономических проблем энергетики.

Основными направлениями научной деятельности Центра являются исследование и обоснование экологически и социально эффективных путей развития энергетики с учетом специфики региона в новых условиях хозяйствования, а также исследование проблем надежного и эффективного электроснабжения потребителей в специфических условиях Севера и применения электроэнергии в технологиях добычи и переработки минерального сырья.

Работая в контакте с органами власти и администрациями городов области, а также крупнейшими предприятиями Северо-Западного региона РФ, Центр решает важные практические задачи, касающиеся функционирования и дальнейшего развития объектов энергетики в специфических условиях Севера.

В состав Центра входят три лаборатории:

- лаборатория энергосбережения и возобновляемых источников энергии, зав. лабораторией к.т.н. В.А. Минин;
- лаборатория высоковольтной электроэнергетики и технологии, зав. лабораторией к.т.н. А.Н. Данилин;
- лаборатория надежности и эффективности оборудования энергосистем, зав. лабораторией к.т.н. Ю.М. Невретдинов.

Коллектив Центра решает широкий круг сложнейших проблем региона научного, технического и экономического характера.

Во исполнение постановления Правительства Российской Федерации, а также Решения рабочей группы по разработке предложений по вариантам развития энергетики Мурманской области в 2009 году была разработана «Концепция развития энергетики Мурманской области на период до 2015 года». Она сформирована по результатам исследований и проработок, выполненных в Центре под руководством к.т.н. Б.Г. Баранника в сотрудничестве с Институтом экономических проблем КНЦ РАН

и рядом научно-исследовательских организаций энергетического профиля («Севзапэнергопроект», «Гипроспецгаз», СПБАЭП и др.). Концепция учитывает позицию администрации области, крупнейших в регионе производителей и потребителей энергии и направлена на достижение основной цели – обеспечение устойчивого социально-экономического развития области на основе эффективного, надежного и безопасного энергоснабжения при минимальных расходах ресурсов и воздействии на окружающую среду.

Совместно с Институтом систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН и сотрудниками Уральского отделения РАН выполнена «Разработка системы мониторинга энергетической безопасности России и ее регионов». Данная работа является продолжением цикла исследований по проблеме выбора и обоснования мер по обеспечению энергетической безопасности России и ее регионов. Постановлением Правительства РФ д.т.н. Леониду Дмитриевичу Криворуцкому в составе коллектива присуждена премия Правительства РФ 1999 года за создание системы мониторинга энергетической и экономической безопасности регионов России. Постановлением Правительства РФ главному научному сотруднику Института, д.т.н. Л.Д. Криворуцкому присуждена премия Правительства Российской Федерации за создание системы мониторинга энергетической и экономической безопасности регионов России.

По заданию Ассоциации предприятий Кольской коммунальной энергетики в 2003 г. была разработана «Методика расчета тарифов на тепловую энергию». Проведено изучение новейшей нормативно-правовой базы по вопросам формирования цены на тепловую энергию, выполнено обследование большинства котельных региона с целью выявления специфических конструктивных и схмотехнических решений в местных системах теплоснабжения. Разработанная методика предназначена для теплоснабжающих организаций, устанавливает порядок формирования тарифов на тепловую энергию и оплату услуг по её передаче потребителям. Она может быть использована для оперативной проверки обоснованности затрат и тарифов на тепловую энергию.

В 1997–1998 гг. в ходе выполнения международного научно-технического проекта «Kola Wind» («Кольский ветер»), включенного в Европейскую программу по неядерной энергетике JOULE III был разработан Атлас ветра Кольского п-ова, который пополнил Атлас Европы (European Wind Atlas). Выполненные исследования заложили основы для международного научно-технического сотрудничества в области освоения высокопотенциальных ветроэнергетических ресурсов Евро-Арктического региона. В 2001–2008 гг. Григорий Сергеевич Дмитриев был вице-президентом Всемирной ветроэнергетической ассоциации (WWEA).



*Рис. 3. Осмотр  
аэродинамической тормозной  
системы ветроустановки  
(высота 30 м)*

В рамках многолетнего научно-технического сотрудничества с норвежским обществом охраны природы (Norges Naturvernforbundet), направленного на развитие ветроэнергетики в Баренц-регионе, в 2001 г. вблизи гостиницы «Огни Мурманска» на высоте около 200 м над уровнем моря была установлена демонстрационная ветроэнергетическая установка (ВЭУ) мощностью 200 кВт (рис. 3). С ноября 2001 г. ветроустановка участвует в энергоснабжении гостиничного комплекса «Огни Мурманска», работает параллельно с городской электрической сетью. Сооружение данной ВЭУ положило начало промышленному освоению ветроэнергетических ресурсов региона и последовательному развитию системной ветроэнергетики на Кольском п-ове.

В 2004 г. сотрудники Центра приняли участие в разработке Концепции использования ветровой энергии в России. В Концепции содержится оценка ресурсов ветровой энергии по наиболее перспективным регионам России, обоснование направлений и масштабов развития ветроэнергетики на перспективу до 2020 года, а также соображения по мерам нормативного, законодательного и административного обеспечения развития ветроэнергетики. Выполненные исследования получили продолжение и на региональном уровне. В 2008 году по заказу администрации региона была разработана комплексная долгосрочная целевая Программа «Развитие нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в

Мурманской области» на 2009–2015 годы, направленная на диверсификацию приходной части топливно-энергетического баланса Мурманской области, повышение энергетической безопасности региона и снижение его зависимости от внешних поставок топлива. Программа предусматривает развитие системной и автономной ветроэнергетики, приливной и малой гидроэнергетики, использование отходов лесной, деревообрабатывающей промышленности и сельскохозяйственного производства.

К настоящему времени в ЦФТПЭС КНЦ РАН сложилась научная школа по направлению «Техника высоких напряжений», работа которой охватывает широкий спектр теоретических и экспериментальных проблем высоковольтной электроэнергетики, электрофизики и электротехники. За последние годы выполнен целый ряд комплексных теоретических и экспериментальных исследований электромагнитной совместимости высоковольтных энергетических сетей с техносферой и биосферой в условиях роста доли оборудования, выработавшего плановый ресурс, повышения требований к безопасности работы персонала энергосистем и снижения уровней допустимых напряженностей электрических и магнитных полей для населения, по анализу электромагнитных полей и наведенных напряжений на неоднородных по длине отключенных линиях электропередачи.

В ЦФТПЭС КНЦ РАН совместно с Санкт-Петербургским государственным политехническим университетом в течение ряда лет развивается теория распространения волн атмосферных перенапряжений в многопроводных линиях и схемах замещения подстанций с целью уточнения деформации фронтов. Получены новые результаты по анализу физики распространения грозовых волн при произвольном числе коронирующих проводов линии. Экспериментально исследованы локальные сопротивления заземляющих устройств в местах установки защитного и основного оборудования ряда действующих подстанций 110–330 кВ Кольской энергосистемы. Разработаны методики определения структуры и расчета параметров схем замещения заземлений оборудования подстанций в нано- и микросекундном диапазоне времен. В уточненных схемах замещения проведены расчеты надежности грозозащиты подстанций. Показано, что при учете всех влияющих факторов расчетная надежность может изменяться на порядки по отношению к оценкам, сделанным по стандартным методикам, которые использовались при разработке нормативных документов по грозозащите подстанций.

В тесном взаимодействии с региональными энергетическими предприятиями разработаны и внедрены в практику проектирования и эксплуатации энергосистем методики, алгоритмы и программные средства для анализа многолетнего опыта эксплуатации и надежности работы воздушных высоковольтных линий электропередачи (ВЛ). На основе численных исследований и экспериментов (в лабораторных условиях и в действующей электрической сети) научно обоснована и реализуется система мероприятий по повышению надежности работы этих ВЛ с учетом специфики Севера.

Представляет интерес серия разработок Центра, выполненных силами лаборатории высоковольтной электроэнергии и технологии (рук. к.т.н. А.Н. Данилин). Разработан и испытан в действующих высоковольтных сетях помехоустойчивый аналого-цифровой комплекс для исследования импульсных и высокочастотных перенапряжений на оборудовании подстанций, устойчиво работающий в сильных электрических и магнитных полях, в том числе в зоне искровых разрядов. Разработанный генераторно-измерительный комплекс используется при исследованиях высокочастотных перенапряжений на подстанциях Кольской энергосистемы с целью разработки рекомендаций по защите высоковольтного оборудования и вторичных цепей. Разработанные устройства и методика измерений позволяют проводить широкий круг исследований нестационарных процессов в высоковольтных сетях и оценивать значения воздействий на силовые, измерительные и защитные аппараты энергосистем и вторичные цепи.

Создана новая методика и высоковольтная аппаратура для исследования параметров и уровня защищенности основного оборудования подстанций высших классов напряжения от грозовых и внутренних высокочастотных перенапряжений. Определяемые по этой методике локальные импульсные сопротивления заземлителей защитных аппаратов позволяют уточнить значения остающегося напряжения грозового импульса на изоляции основного оборудования. Методика и аппаратура также позволяют определять причины возникновения опасных высокочастотных перенапряжений во вторичных цепях при коммутациях на подстанциях и определять сопротивления заземлителей опор линии электропередачи (ЛЭП) без снятия грозозащитного троса.

На основе разработанной сотрудниками Центра теории защиты от высокочастотных перенапряжений было изготовлено и испытано в лабораторных условиях опытное продольное защитное устройство. Показано, что амплитуда высокочастотных напряжений может быть снижена на 40%, а затухание увеличено более чем в 10 раз. В результате было спроектировано устройство защиты изоляции оборудования подстанций 330 кВ от высокочастотных напряжений при коммутациях ненагруженных шин разъединителями под рабочим напряжением, создан его макет и проведены опытно-промышленные испытания на одной из подстанций Кольской энергосистемы (рис. 4).



*Рис. 4. Монтаж устройства активно-индуктивной защиты от внутренних перенапряжений на подстанции 330 кВ вблизи г. Апатиты*

Впервые выполнены комплексные теоретические и экспериментальные исследования развития атмосферных перенапряжений на шинах и заземляющем устройстве действующей подстанции 330 кВ при набегании электромагнитного импульса с линии электропередачи. Доказана необходимость учета импульсных характеристик сопротивления заземления защитных аппаратов при анализе надежности грозозащиты подстанционного оборудования в условиях высокого удельного сопротивления грунта.

Разработаны и запатентованы метод и устройство систематической диагностики нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН) под рабочим напряжением в процессе текущей эксплуатации. Устройство диагностики позволяет оценивать гармонический состав напряжения сети в месте установки ОПН и

выбирать критериальную частоту гармоники тока через нелинейный варистор, по которой определяется активная составляющая тока через него и дается диагностическая оценка состояния ОПН. Выполненные измерения позволяют оценить состояние ОПН и выявить элементы, в которых начались процессы ускоренной деградации, которые могут привести к аварии на подстанции. Разработанные метод и устройство внедряются в энергосистемах по всей России в качестве индикаторного устройства диагностики ОПН.

Выполнены комплексные исследования влияния железнодорожных тяговых сетей на переменном токе на линии электропередач энергосистемы, позволившие определить распределение обратных токов между рельсовыми путями и землей, зависящее от электрических параметров грунта. Выполненные измерения позволили разработать математическую модель электромагнитной связи контуров токов железной дороги и высоковольтных линий, определить уровень наведенных напряжений на линиях и разработать рекомендации по защите персонала энергосистемы, производящего ремонт на линиях.

Широкий спектр проблем, относящихся к области надежности и эффективности оборудования энергосистем, охватывает деятельность лаборатории надёжности и эффективности оборудования энергосистем.

Разработана методика безопасного контроля перенапряжений и токов в действующей высоковольтной сети в широком диапазоне их длительности от крайне низкочастотных до микросекундных, которая позволяет повысить эффективность эксплуатации оборудования электрических сетей и расследования нарушений их работы.

Для обеспечения электромагнитной совместимости высоковольтных сетей систем электроснабжения общего назначения и электрических сетей потребителей, а также повышения качества электроэнергии разработана методика локализации источников искажений синусоидальности и симметрии фазных напряжений на оборудовании подстанций.

Разработана технология контроля характеристик грозовых перенапряжений в действующей высоковольтной сети, включающая безопасный метод регистрации токов в заземленных нейтралях



силовых трансформаторов и обратную интерпретацию полученных данных по импульсным передаточным функциям оборудования. Технология позволяет получить достоверную первичную информацию об интенсивности грозовой деятельности и условиях работы оборудования электроэнергетических систем.

Впервые разработана методика натурных опытов в действующей сети высокого напряжения с помощью генерирования токов и полей, безопасных для элементов и работы электрических сетей, частотного разделения генерируемых и промышленных токов и бесконтактного контроля токов в элементах сети. В действующей высоковольтной сети Кольской энергосистемы выполнены экспериментальные исследования электромагнитного влияния аварийных токов на элементы подземных магистральных линий. Получены новые экспериментальные данные о компонентах токов и напряжений в элементах подземных кабелей, в том числе в заземленных оболочках, показывающие высокую опасность аварийных токов высоковольтной сети.



*Рис. 5. Устройство, одновременно ограничивающее опасные напряжения и токи в системах телеуправления при коротких замыканиях во влияющих высоковольтных сетях*

Выявлены механизмы развития повреждений кабельных коммуникаций при возникновении аварийных режимов в высоковольтной сети и разработан новый подход к снижению их опасности, который предполагает комплексное ограничение токов и перенапряжений, сопровождающих срабатывания защитных устройств и перекрытия изоляции. Показана необходимость разработки защитных аппаратов нового типа на основе токоограничивающих элементов с нелинейными вольтамперными характеристиками.

На основе комплекса экспериментальных и теоретических исследований электромагнитных полей, создаваемых в грунте аварийными токами в высоковольтных сетях, существенно повышена их электромагнитная совместимость с подземными кабельными линиями связи и телеуправления. Для защиты этих линий предложено новое устройство, комплексно ограничивающее наведенные в рабочих цепях напряжения и токи (рис. 5).

Выполнен анализ условий функционирования, надежности работы и путей модернизации высоковольтной системы электроснабжения крупнейшего промышленного предприятия цветной металлургии Кольского региона – комбината «Североникель».

На основе анализа результатов длительной регистрации амплитуд и гармонического состава токов гидрогенераторов выявлены принципиальные недостатки прямой схемы электроснабжения от ГЭС Мурманской области мощных потребителей с электролизными установками.

Кольский научный центр – комплексное научное учреждение, объединяющее институты и подразделения различных научных профилей, что позволяет эффективно использовать научные кадры при проведении междисциплинарных исследований.

Совместно с сотрудниками Полярного геофизического института создана система мониторинга геоиндуктированных токов в нейтральных трансформаторов системообразующих подстанций высших классов напряжения Кольской энергосистемы, предназначенная для изучения влияния геомагнитных бурь на энергосистемы Севера России. Данные длительного мониторинга служат основой для оценки устойчивости оборудования энергосистемы к геомагнитным воздействиям, разработки системы предупреждения развития аварий, вызываемых геомагнитными бурями, и разработки средств защиты от них.

В течение многих лет ведутся совместные с Геологическим институтом работы по использованию линий электропередачи Кольской энергосистемы в качестве передающих антенн крайне низкочастотного диапазона (КНЧ). Работа имеет важное прикладное значение в области глубинного зондирования земной коры и сейсмопрогнозов. С использованием многоцелевого генераторного комплекса «Энергия-1» мощностью до 100 кВт, разработанного в ЦФТПЭС КНЦ РАН, выполнен уникальный международный эксперимент «FENICS» по глубинному тензорному

электромагнитному зондированию с двумя взаимно-ортогональными промышленными линиями электропередачи на удаленностях до 750 км от источника, позволяющий в перспективе создать квазитрехмерную модель электропроводности литосферы Балтийского щита.

Затем был создан мобильный КНЧ-СНЧ генератор нового поколения «Энергия-2» мощностью до 200 кВт, предназначенный для сверхглубинного зондирования земной коры с использованием низкочастотных электромагнитных полей и промышленных ЛЭП. По своим основным параметрам генератор превосходит все отечественные и зарубежные аналоги. С использованием генератора «Энергия-2» достигнут уникальный для мировой практики результат по дальности регистрации крайне низкочастотного сигнала. В ходе проведения эксперимента «FENICS-2009» сигналы генератора зафиксированы на удалении 2150 км от излучателя в диапазоне частот 0.642-38.22 Гц.

Под руководством к.т.н. А.Ф. Усова завершен цикл многолетних исследований и издана книга «Электроимпульсная дезинтеграция материалов» – первая монографическая работа, обобщающая опыт разработки новых технологий на основе электроимпульсного способа измельчения материалов, обеспечивающего значительное повышение эффективности подготовительных процессов при обогащении руд и гидрометаллургической переработке минерального сырья, снижение энергетических затрат, способствующего полноте и комплексности использования минерального сырья. На 2-м международном Московском Салоне инноваций и инвестиций за разработку “Новые процессы и технологии на основе электроимпульсного разрушения материалов” Центр награжден Золотой медалью. Президиум Российской академии наук постановлением от 10 февраля 2004 г. присудил премию им. П.Н. Яблочкова за 2003 год авторскому коллективу в составе В.И. Курца (НИИ ВН ТПУ, г. Томск), Б.В. Сёмкина (АГТУ, г. Барнаул) и А.Ф. Усова (КНЦ РАН) за цикл монографических работ по электроимпульсному разрушению материалов. Исследования показали, что искровой канал в твердом теле в микросекундном диапазоне является высокоэффективным преобразователем электрической энергии в работу разрушения.

В Центре действует базовая кафедра «Высоковольтные электроэнергетика и электротехника», осуществляющая учебную, методическую и научно-исследовательскую работу в сотрудничестве с Кольским филиалом Петрозаводского государственного университета (КФ ПетрГУ) и Апатитским филиалом Мурманского государственного технического университета. В учебном процессе заняты практически все научные сотрудники Центра (в том числе 1 профессор по кафедре электроэнергетики и электротехники), которые читают более 30 курсов лекций студентам дневной и заочной форм обучения в КФ ПетрГУ и АФ МГТУ. Под руководством сотрудников Центра готовятся дипломные проекты выпускников. За десять последних лет подготовлено более 1 тыс. инженеров-электриков, что во многом способствовало решению проблемы дефицита молодых специалистов-высоковольтников на всем Кольском п-ове. Все аспиранты и 10 научных сотрудников Центра – выпускники КФ ПетрГУ.

### **Сведения об авторах**

*Ефимов Борис Васильевич* – д.т.н., профессор, директор ЦФТПЭС;

e-mail: efimov@ien.kolasc.net.ru

*Баранник Борис Григорьевич* – к.т.н., старший научный сотрудник;

e-mail: barannik@ien.kolasc.net.ru

*Данилин Аркадий Николаевич* – к.т.н., старший научный сотрудник, зав. лабораторией высоковольтной электроэнергетики и технологии; e-mail: danilin@ien.kolasc.net.ru

*Минин Валерий Андреевич* – к.т.н., старший научный сотрудник, зам. директора по научной работе, зав. лабораторией энергосбережения и возобновляемых источников энергии;

e-mail: minin@ien.kolasc.net.ru

*Невретдинов Юрий Масумович* – к.т.н., старший научный сотрудник, зав. лабораторией надежности и эффективности оборудования энергосистем; e-mail: postmast@ien.kolasc.net.ru

*Селиванов Василий Николаевич* – к.т.н., ученый секретарь, ведущий научный сотрудник, к.т.н.;

e-mail: selivanov@ien.kolasc.net.ru

## ПОЛУВЕКОВОЙ ЮБИЛЕЙ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО СПОСОБА РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

**А.Ф. Усов**

Кольский научный центр РАН,

Центр физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН

### Аннотация

Изложены физические основы электроимпульсного способа разрушения материалов – формирование канала пробоя в твердом теле на импульсном напряжении в микросекундном диапазоне воздействия и закономерности его разрушения действием канала электрического разряда при выделении в нем энергии емкостного накопителя. Представлены результаты разработки техники и технологии электроимпульсного бурения скважин, резания горных пород в технологических процессах проходки щелей в массиве, разрезания блоков камня, зачистки поверхности массива и блоков и др., дезинтеграции руд и технических материалов.

### Ключевые слова:

*электроимпульсное разрушение, электрический пробой, канал разряда, бурение скважин, резание горных пород, дезинтеграция руд.*

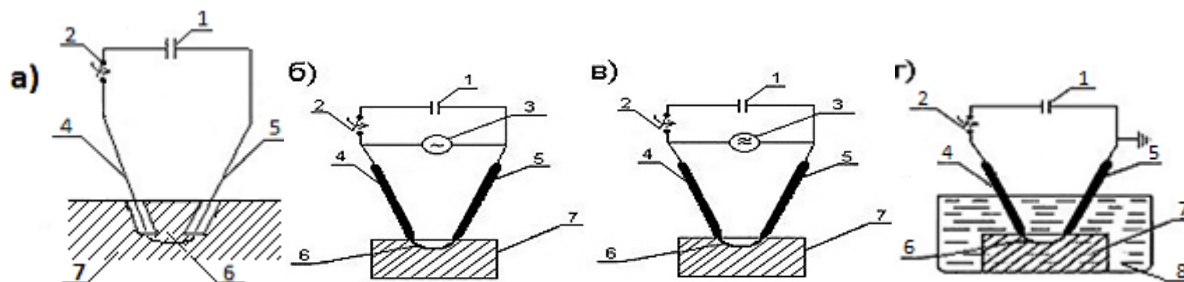


### Введение. Принцип электроимпульсного разрушения

История исследований *электроимпульсного способа разрушения материалов (ЭИ)* перешагнула полувековой юбилей. Этот способ обоснован и экспериментально подтвержден группой томских ученых – А.А. Воробьевым, Г.А. Воробьевым и А.Т. Чепиковым. В 1999 г. способ зарегистрирован как научное открытие "Закономерность пробоя твердого диэлектрика на границе раздела с жидким диэлектриком при действии импульсов напряжения" с приоритетом от 14 декабря 1961 г.

1950–1960-е гг. были временем расцвета творческой мысли в вопросах использования энергии электрических разрядов для созидательных целей. Как справедливо отмечал А.А. Воробьев, корни научного интереса к этой проблематике в издревле наблюдавшихся явлениях разрушения естественных объектов природы (скальные выступы горных пород, деревья), строений (печные трубы) разрядами атмосферного электричества [1]. Важнейшей задачей развития научных исследований электротехники в XX веке стало обеспечение электрической прочности элементов изоляции электрических аппаратов, и это определило бурное развитие таких направлений электротехники и электрофизики, как техника высоких напряжений, физика электрического пробоя твердых и жидких диэлектриков. Наблюдение и изучение гидродинамических потоков при электрическом пробое жидкой изоляции подвело ученых к созданию электрогидравлического (по Л.Л. Юткину) способа деформирования и разрушения твердых материалов, эмульгирования и деэмульгирования жидких сред, возбуждения колебаний в жидкой среде для эхолокации в водоемах [2]. Наблюдение и изучение природы и характера разрушения твердых диэлектриков при их электрическом пробое подвело к обоснованию способа разрушения твердых тел импульсным электрическим пробоем [3, 4]. Электрический пробой твердого тела достигается использованием высокого импульсного напряжения, соответствующего по амплитуде электрической прочности породы. Однако, чтобы реализовать данный вариант способа, требуется создать особые условия для пробоя, которые бы гарантировали сквозной электрический пробой твердого тела и исключали возможность электрического разряда по поверхности твердого тела (разряда перекрытия). Требуемая для этого координация (обеспечение соотношения) пробивных напряжений сквозного пробоя породы и перекрытия по поверхности в простейшем случае достигается размещением электродов в предварительно выбуренные шпуры (рис. 1а) так, что путь перекрытия по поверхности  $ln$  значительно больше разрядного промежутка в твердом теле  $ls$ ,  $ln/ls \gg 1.0$ . В слоистых породах, в породах с низкой электрической прочностью (сланцы, каменные угли)

указанное выше требование координации напряжений пробоя может быть обеспечено и без бурения шпуров, формированием ступенчатой формы забоя. В 1953 г. И.И. Каляцким (Томский политехнический институт) впервые был опробован способ отбойки углей электрическим пробоем с использованием генераторов импульсного напряжения Аркадьева – Маркса.



*Рис. 1. Принципиальные схемы электроразрядных способов разрушения материалов: а – способ высоковольтного импульсного пробоя, б – способ электродинамического разрушения, в – способ высокочастотного контактного разрушения, г – электроимпульсный способ разрушения. 1 – накопитель энергии, источник импульсного напряжения (схемы а, г); 2 – коммутационное устройство; 3 – источник электротеплового пробоя; 4, 5 – электроды; 6 – канал разряда, 7 – твердое тело, горная порода; 8 – жидкая среда*

Благодаря малому импедансу разрядного контура электрический разряд при собственных для электрического способа разрушения энергиях развивает значительную мощность и по эффекту действия на материал подобен взрывчатому веществу (энергия каждого разряда эквивалентна долям грамма тротила). Этого достаточно, чтобы отделять от массива или крупного блока порции материала объемом в несколько кубических дециметров, разрушать отдельные фрагменты материала крупностью до 200–300 мм.

Однако данному способу присущ принципиально важный недостаток – его недостаточная технологичность. Если рассматривать вариант с предварительным бурением шпуров, то затраты времени и энергии на бурение шпуров не компенсируются энергетическим выигрышем от использования электрических разрядов для разрушения породы. А если рассматривать случай со ступенчатым забоем, то в процессе разрушения массива от импульса к импульсу становится все сложнее сохранять ступенчатую форму забоя, обеспечивать автоматическое нахождение оптимального места установки электродов.

Поиски более эффективных решений привели к созданию нескольких самостоятельных способов электроразрядного разрушения горных пород, в которых по-иному решается проблема формирования разряда в твердом теле. В способе электродинамического разрушения [5] реализуется процесс электротеплового пробоя. На электроды подается высокое переменное напряжение, и за счет проводимости массив нагревается. За счет лучшего теплоотвода в сторону обнаженной поверхности массива температурное поле в нем формируется так, что столб наиболее нагретого материала располагается под поверхностью тела, и именно в нем формируется электротепловой пробой с последующим выделением в канале разряда энергии емкостного накопителя (рис 1б). Синхронизация работы источника переменного напряжения и разряда емкостного накопителя не представляет проблемы, например, с помощью тригатронного поджига разрядника. Электротепловой пробой реализуется при сравнительно невысоких пробивных градиентах. Пробивные промежутки при приемлемом уровне напряжения могут достигать нескольких дециметров, что обеспечивает высокую энергетическую эффективность электроразрядного разрушения. Технологическое применение данный способ нашел для отбойки калийных солей. Сравнительно невысокая механическая прочность солей на разрыв позволяет отбивать данным способом от массива большие куски.

Принцип электротеплового пробоя положен и в основу высокочастотного контактного способа, когда используется переменное напряжение высокой частоты. Последний способ развился вообще в самостоятельный способ разрушения без использования энергии электрического разряда. За счет быстрого нагрева массива полем высокой частоты в нем формируется тепловой клин,

способный создавать в массиве поле механических напряжений, достаточных для разрушения твердого тела [6].

В варианте способа, который получил название электроимпульсного разрушения материалов [7] (является предметом рассмотрения в данной статье), формирование канала электрического пробоя твердого тела и его последующее разрушение осуществляется от одного источника напряжения. При расположении электродов непосредственно на поверхности твердого тела, то есть при сопоставимости величин пути перекрытия по поверхности и разрядного промежутка при пробое твердого тела работает другой принцип координации пробивных напряжений сквозного пробоя и перекрытия по поверхности, а именно, основанный на зависимости пробивного напряжения от условий электрического нагружения объекта.

В традиционных условиях на постоянном и переменном напряжении, при значительной вариации электрической прочности различных диэлектриков наиболее общим случаем является тот, что электрическая прочность твердых диэлектриков выше прочности жидких диэлектриков и еще в большей степени газов. В этом случае разряд в промежутке между электродами, наложенными на подвергаемый разрушению массив с одной свободной поверхностью и даже на кусковой фрагмент породы, развивается по поверхности массива или кускового фрагмента породы с минимальным эффектом разрушения.

На импульсном напряжении зависимость электрической прочности диэлектрика от условий электрического нагружения (вольт-секундная характеристика пробоя среды, В.С.Х.) является функцией скорости нарастания напряжения (крутизны фронта импульса) для косоугольных импульсов напряжениях или амплитуды напряжения для импульсов напряжения с коротким (наносекундным) фронтом и квазипостоянной амплитудой в пределах времени формирования пробоя, и общим является то, что при сокращении экспозиции импульсного напряжения (времени воздействия до завершения пробоя) электрическая прочность диэлектриков растет. Однако прочность твердых тел возрастает в меньшей степени, чем жидких сред и газов. В результате этого наступает инверсия соотношения электрических прочностей сред – в диапазоне времени воздействия менее  $10^{-6}$ с электрическая прочность горных пород становится ниже прочности диэлектрических жидкостей, а при экспозиции напряжения менее  $(1-2) \cdot 10^{-7}$ с ниже и прочности технической воды (рис. 2).

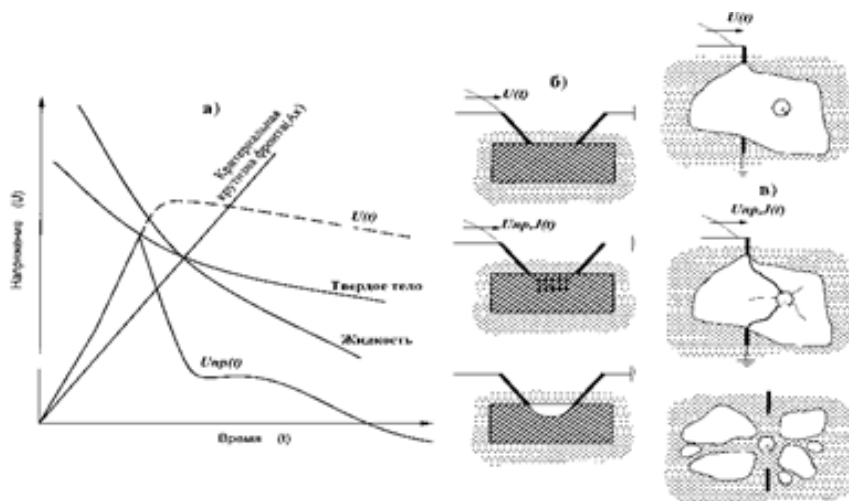


Рис. 2. Принцип электроимпульсного разрушения:

- а) сопоставление В.С.Х. различных сред, б) последовательность процессов пробоя и разрушения в системе с одной свободной поверхностью, в) последовательность процессов пробоя и разрушения фрагментов материала

На рис. 2 схематично дано сопоставление вольт-секундных характеристик пробоя в одинаковом разрядном промежутке твердого тела (горной породы) и жидкой среды. Точка пересечения вольт-секундных характеристик (критерияльная крутизна фронта импульса

напряжения  $A_k$  для пробоя на косоугольной волне напряжения) соответствует равенству прочностей и вероятностей электрического пробоя сравниваемых сред. В области инверсии прочностей (на диаграмме в области левее  $A_k$ ) при подаче импульса напряжения на электроды, установленные на поверхности твердого тела, электрический разряд формируется уже непосредственно в твердом теле и разрушает его. Принципиальные схемы технологических применений электроимпульсного разрушения твердых тел представлены на рис. 3. Они включают бурение скважин, резание горных пород, дезинтеграцию руд, утилизацию некондиционных железобетонных изделий.

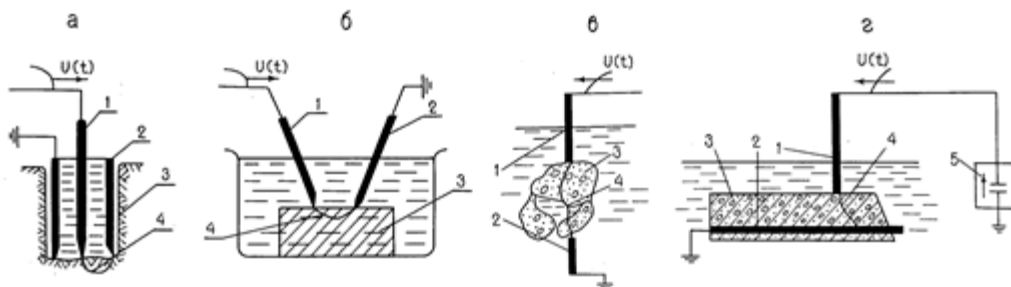


Рис. 3. Принципиальные схемы технологических применений электроимпульсного разрушения твердых тел:

*а* – бурение; *б* - резание; *в* - дробление; *г* - разрушение ЖБИ; 1 - высоковольтный электрод; 2 - заземленный электрод; 3 - разрушаемая порода; 4 - искровой канал; 5 - источник импульсного напряжения

В первоначальном предложении импульсного высоковольтного разрушения был и вариант, напрямую заимствованный из природного феномена разрушения объектов грозовыми разрядами, когда система генерирования и подвода к разрушаемому объекту импульсного напряжения не имеет второго электрода, его функцию исполняет электропроводящая породная масса в недрах Земли [1]. Предполагалось, что этот вариант найдет применение при бурении глубоких скважин. Чтобы обеспечить энергетическую эффективность процесса, необходимо, чтобы основная доля энергии выделялась в искровых разрядах на забое скважины. Результатов экспериментальной проверки этого положения применительно к бурению скважин представлено не было, хотя факт разупрочнения материалов разрядами незавершенного электрического пробоя общеизвестен. Более того, он положен в основу способов электроразрядного разупрочнения руд [8–10].

В Кольском научном центре РАН работы по электроимпульсной технологии ведутся с 1965 г., сначала в Горном институте (лаборатория «Кварц»), а с 1982 г. – в Институте физико-технических проблем энергетики Севера. Исследования выполнялись в координации и кооперации с НИИ высоких напряжений (г. Томск), Карагандинским политехническим институтом, институтом «Механообр». Координации работ способствовало периодическое проведение научно-координационных совещаний и конференций (в том числе дважды в Апатитах), издание совместных сборников трудов (шесть сборников трудов изданы в КНЦ), выполнение совместных разработок. Цикл монографических работ [11–13], закрепляющий приоритет российских ученых в разработке способа и отмеченный премией РАН имени П.Н. Яблочкова за 2003 г., также является плодом коллективной работы. В Академии наук очень заинтересованно относились к новому научному направлению, вопрос дважды рассматривался в Президиуме РАН (на совещаниях у академиков А.П. Виноградова и Л.А. Арцимовича), с ходом работ по проблеме знакомилась академик В.А. Котельников, Н.В. Мельников. К совместным работам были привлечены институты Академии наук (ФТИ, ИФТТ), организации отраслевых министерств (НИИПП, ВНИИСПВ, ВЭИ, ТФВЭИ, МЭЗ, НПО «Конденсатор», НИКИМТ, ГИГХС), вузов (ХПИ, МГИ). Благодаря этому стало возможным в короткие сроки выполнить значительный объем исключительно важных научных исследований, разработать и испытать технические средства для различных технологических приложений способа.

**Физические закономерности импульсного электрического пробоя материалов**



Практическая возможность использования способа в конкретных технологических целях в значительной степени определяется электрическими и энергетическими параметрами процесса, такими как уровень рабочих напряжений  $U$ , производительность единичного разряда  $V$ , энергоемкость разрушения  $W$ . Уровень рабочего напряжения определяет техническую и эксплуатационную надежность техники. При слишком высоком уровне рабочего напряжения снижается надежность работы изоляционных элементов систем передачи импульсов и породоразрушающих устройств, снижается стабильность работы генерирующей аппаратуры, повышаются габариты оборудования. Производительность и энергоемкость разрушения определяют экономическую эффективность технологии. Определение этих параметров для различных горных пород и условий разрушения и составляло задачу первого этапа разработки электроимпульсного способа разрушения материалов, имея конечной целью выявление путей оптимизации процесса, разработку методов расчета показателей разрушения.

Механизм ЭИ может быть представлен двумя процессами, действующими во времени друг за другом: образование в результате электрического пробоя в поверхностном слое твердого тела канала разряда и последующее разрушение твердого тела под действием механических напряжений, возникающих в результате расширения канала разряда при выделении в нем энергии емкостного накопителя. Первая стадия процесса определяет уровень напряжения, при котором реализуется процесс («рабочее напряжение»), технические параметры потенциального разрушения (объем откольной воронки). Выбором оптимальных параметров импульсного напряжения и условий пробоя (вид среды, геометрия электродной конструкции) достигаются минимальные градиенты напряжения пробоя. На второй стадии процесса за счет оптимизации преобразования энергии накопителя в работу разрушения достигается минимальная энергоемкость разрушения материала.

#### Феноменология пробоя

Разрядный процесс в промежутке начинается с развития многочисленных «кистевых» разрядов по поверхности твердого тела с обоих электродов. По мере продвижения «кистевых» разрядов с их головок инициируются многочисленные каналы неполного пробоя в твердом теле, прорастающие с электродов навстречу друг другу. Внедрение большого объемного заряда на границу раздела сред тормозит развитие разрядного процесса по поверхности твердого тела. Финальная стадия процесса представляет собой смыкание развивающихся с более высокой скоростью каналов разряда в твердом теле, которое опережает по времени возможное при других условиях смыкание кистевых разрядов по поверхности. Характер разрядных процессов

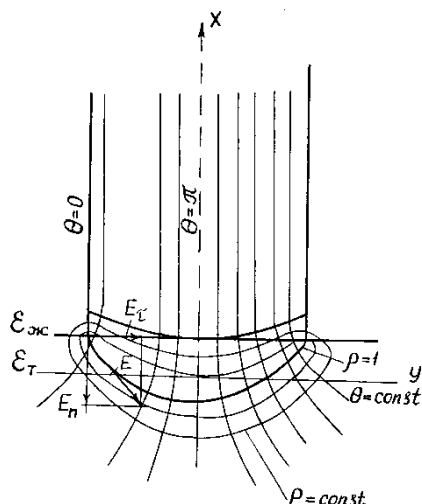


Рис. 4. Картина электрического поля в системе с электродами на границе двух сред.

существенно зависит от полярности импульса и расположения электродов относительно поверхности твердого тела. Практическую значимость в этих исследованиях имеют данные о технологической эффективности пробоя, показателем которой служит величина потенциального объема разрушения  $V$ , определяемая протяженностью  $l_s$  и глубиной внедрения разряда в твердое тело  $h$ .

Имелись попытки аналитического рассмотрения задачи о глубине внедрения канала разряда в твердое тело. И.И. Каляцким (см. [12]) задача рассмотрена в приближении, соответствующем замене реальной картины электрического поля между электродами породоразрушающего устройства полем на краю пластин плоского конденсатора (рис 4). Предполагалось, что разряд развивается по направлению, соответствующему силовой линии поля максимальной напряженности, и при условии, что внедрение разряда начинается непосредственно с острий электродов или из точек, исчезающе мало удаленных от острий.

Решение задачи приводит к получению следующих соотношений:

Максимальный прогиб силовой линии (глубина внедрения):

$$h = x_{\theta=0} - x_{\theta=\pi} = l/2\pi(\cos \theta - \cos \pi) = l/\pi \approx 0.32l.$$

Длина канала разряда в твердом теле:

$$l_s = 2 \int_0^{\pi} l/2\pi \cdot \sqrt{2(1 - \cos \theta)} d\theta = 4l/\pi \cdot \cos \theta \Big|_0^{\pi} = 4l/\pi = 1.27l.$$

Потенциальный объем откольной воронки, если принять его за половину объема эллипсоида с полуосями, равными  $l/2$ ,  $l/\pi$  и  $l/2\pi$  будет:

$$V_0 = 2/3\pi \cdot l/2 \cdot l/\pi \cdot l/2\pi = l^3/6\pi \approx 0.053 l^3.$$

Результаты данного аналитического рассмотрения задачи о глубине внедрения разряда частично подтверждаются моделированием поля в электролитической ванне по методике полной проводимости электролитов [14]. Различными авторами выполнены представительные экспериментальные исследования, ставившие целью выявить зависимость глубины внедрения и параметров разрушения от таких контролируемых факторов пробоя, как межэлектродное расстояние, амплитуда и форма импульса напряжения, диэлектрические и прочностные свойства жидкой среды и твердого тела. Эти исследования выполнены на большой гамме горных пород (более 100 разновидностей) при пробое их в трансформаторном масле, дизельном топливе, растворах на нефтяной основе, воде. Оказалось, что в реальных условиях  $h$  находится в значительной зависимости от вещественного состава, структуры и текстуры горных пород; для однородного диэлектрического материала фторопласта, в котором канал разряда легко визуализируется обуглероженным следом, коэффициент пропорциональности в соотношении  $h(l)$  близок к 0.3, но для горных пород он изменяется в достаточно широких пределах – от 0.1 до 0.6. Все это делает попытки разработать для практических целей расчета показателей разрушения более усовершенствованную расчетную модель пробоя не имеющими особого смысла.

Для практики использования способа особо важно следующее: увеличение разрядных промежутков  $l$  является наиболее эффективным способом повышения производительности  $V$  и снижения энергоемкости  $W$  электроимпульсного разрушения. Удельные энергетические затраты на разрушение  $W$  при увеличении разрядного промежутка  $l$  снижаются пропорционально степени  $1.5 \div 2.0$ , а степенной показатель в соотношении  $V(l)$  варьируется в пределах  $1.5 \div 2.7$ . В прогнозных же оценках показателей для конкретных горных пород и конструкций породоразрушающих устройств при выборе численных значений коэффициентов в зависимостях  $h(l)$  и  $V(l)$  следует опираться на экспериментальные данные с учетом вероятности пробоя.

#### *Критериальные условия и вероятность пробоя*

Критериальный параметр  $A_k$ , соответствующий равновероятности пробоя в параллельной системе сред и выражаемый крутизной фронта косоугольного импульса напряжения (см. рис. 1а), в значительной степени определяется тремя главными факторами – типом горной породы, типом окружающей частицу разрушаемого материала внешней среды, формой импульса напряжения. В меньшей степени  $A_k$  зависит от геометрии электродов, величины разрядного промежутка и соотношения размеров разрядного промежутка и разрушаемого твердого тела. Наиболее существенно  $A_k$  зависит от вида среды. При пробое крепких горных пород в диэлектрических жидкостях  $A_k = 200\text{--}500$  кВ/мкс и  $2000\text{--}3000$  кВ/мкс при пробое в технической воде. Применение данного критерия правомочно в достаточно широком диапазоне разрядных промежутков  $10^{-2}$  –  $10^{-1}$  м и для геометрии электродов, свойственных технологическим устройствам разрушения пород. На прямоугольных импульсах напряжения вольт-временные характеристики имеют подобный вид, но абсолютные значения электрической прочности сред на 10–15 % ниже. При иных промежуточных формах импульса напряжения требуется и возможно введение корректирующих коэффициентов.

Показана возможность аналитической оценки вероятности пробоя в параллельной системе диэлектриков, для чего требуется лишь задать описание В.С.Х. отдельных сред и функции распределения напряжения пробоя (И.И. Каляцкий, см. в [12]). В качественном отношении результаты таких оценок достаточно верно отражают экспериментально наблюдаемую картину

зависимости вероятности внедрения от крутизны фронта импульса напряжения и могут быть использованы в практических целях на этапе предварительного выбора параметров импульсного напряжения для реализации электроимпульсного процесса.

По экспериментальным данным для горных пород преобладающей тенденцией является повышение вероятности внедрения с ростом крутизны фронта импульсов напряжения и межэлектродного расстояния, и это выводит на соответствующие рекомендации для повышения эффективности пробоя – увеличивать разрядные промежутки, уменьшать фронт импульса вплоть до наносекунд ( $10^{-9}$  с).

### Напряжение пробоя и рабочие напряжения

Исследования электрической прочности горных пород и жидкостей, как необходимого этапа для выявления оптимальных условий реализации ЭИ-процесса, выполнены в широком диапазоне изменения переменных параметров: экспозиции импульсного напряжения – от  $10^{-5}$  с до  $10^{-7}$  с (на импульсах прямоугольной формы в пределах до  $10^{-8}$  с), разрядных промежутков – до  $10^1$  м (в отдельных случаях до 0.3 м), давления – до 150 атм, величины сосредоточенной нагрузки на электрод – до  $2500 \text{ кг/см}^2$ , температуры – до  $160 \text{ }^\circ\text{C}$  [15, 16]. Исследования охватывают обширную гамму типов горных пород с диапазоном изменения физико-механических свойств по контактной прочности –  $64 \div 290 \text{ кг/мм}^2$ , пористости –  $1 \div 20.4\%$ , прочности на сжатие –  $150 \div 3900 \text{ кг/см}^2$ . Сопоставление В.С.Х. ряда горных пород, диэлектрической жидкости – трансформаторного масла и воды представлено на рис. 5.

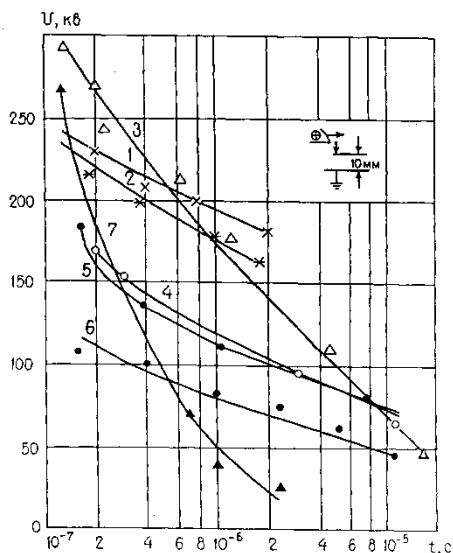


Рис. 5. Вольт-секундные характеристики пробоя некоторых горных пород и жидких сред на косоугольных импульсах напряжения:  
 1 – кварц; 2 – фельзит-порфир;  
 3 – трансформаторное масло;  
 4 – мрамор; 5 – глинистый сланец;  
 6 – песчаник; 7 – вода при  $\rho = 60 \text{ ом.м}$

Электроимпульсному пробое и разрушению подвержена преобладающая масса горных пород и руд, за исключением лишь отличающихся сплошной металлической проводимостью (сплошные магнетитовые и полиметаллические руды). Для оценки области наиболее эффективного применения ЭИ-разрушения большое значение имеет следующее обстоятельство. Горные породы по электрической прочности различаются в меньшей степени, чем по

физико-механическим свойствам. Например, кварцит и песчаник по прочности на сжатие отличаются в 7 раз, а по электрической прочности – менее чем в 2 раза. С ростом механической прочности (крепости) пород эффективность ЭИ-разрушения снижается существенно в меньшей степени, чем при разрушении традиционными механическими способами, в результате чего относительная эффективность использования ЭИ-способа в сравнении с механическими способами растет. Поэтому, хотя ЭИ-способ может быть применен для разрушения горных пород любой механической прочности, наибольший технико-экономический эффект его применения достигается на особо крепких горных породах и мерзлых грунтах.

На основе большого объема данных экспериментальных исследований предложены эмпирические соотношения для описания зависимости напряжения пробоя от основных факторов – от вида горной породы и жидкости, от формы импульсного напряжения, от величины разрядного промежутка [15, 16]. Для оценочных целей укажем средние значения напряжения пробоя горных пород в промежутке  $10^{-2}$  м. Они составляют 50-100 кВ/см при пробое в диэлектрических жидкостях и достигают 250-300 кВ/см при пробое крепких горных пород в технической воде. Показатель в степенной функции  $U(l)$ , отражающий рост напряжения пробоя с увеличением разрядного промежутка, не превышает 0.5. Это имеет большое практическое

значение – имеется эффективная возможность повышать производительность ЭИ-процесса за счет применения электродных конструкций с увеличенными разрядными промежутками, но при этом рабочее напряжение остается на приемлемом уровне. В разработанных технологических процессах величина разрядного промежутка изменяется в пределах 0.01–0.3 м, уровень рабочего напряжения составляет 250–800 кВ.

Основные закономерности пробоя горных пород впервые исследованы томской школой исследователей электроимпульсного способа разрушения материалов (И.И. Каляцкий, А.Т. Чепиков, Ю.Б. Фортес, Н.Е. Коваленко, Л.Л. Игнатенко, В.И. Брылин и др.). Из значимых результатов исследователей КНЦ РАН следует указать на выявление количественных показателей снижения напряжений пробоя в многоэлектродных конструкциях за счет эффекта последовательного пробоя (И.А. Щеголев), на более раннее, чем у других исследователей, получение показателей пробоя в промежутках дециметрового диапазона (Б.С. Блазнин, И.А. Щеголев, В.С. Кононенко), показателей пробоя и разрушения крупнокускового (до 300 мм) материала руд и блоков синтетической слюды (до 600 мм) (А.Ф. Усов, Д.Н. Блазнина, М.М. Каган).

### **Закономерности разрушения материалов искровым разрядом**

Искровой канал в твердом теле выступает как преобразователь электрической энергии во внутреннюю энергию продуктов канала, переходящую последовательно далее в работу по его расширению, в энергию поля механических напряжений и деформаций, в энергию вновь образованной поверхности продукта разрушения. Существующие методы расчета потерь энергии на каждом этапе ее преобразования и его оптимизации позволяют по параметрам электрической схемы источника импульсов рассчитать внутреннюю энергию продуктов канала  $E_0$ , оценить потери с истечением плазмы вне твердого тела и рассеиванием в форме теплоты и оценить долю, трансформируемую в работу расширения канала в твердом теле  $A$ . Определяющие  $A(t)$  параметры давления плазмы  $p(t)$ , объема и радиуса канала  $V(t)$ ,  $r(t)$ , являясь результатом реакции среды на изменение внутренней энергии канала, зависят как от режима выделения энергии в канале, так и от упругих свойств среды. Решение краевой задачи расширения канала в твердом теле выводит на установление параметров возникающего в твердом теле нестационарного поля механических деформаций и напряжений. Частью возбужденная в твердом теле волна поля механических напряжений реализуется в полезном эффекте ЭИ – нарушении сплошности твердого тела, т.е. его разрушении, значительной же частью выносится с волной давления за пределы твердого тела, рассеивается на дислокациях, преобразуется в тепло. Эффективность использования волны поля механических напряжений зависит от параметров самой волны давления, а также от особенностей механизма разрушения твердого тела в условиях динамического нагружения (скорости и концентрации очагов роста трещин).

Результаты исследований этих процессов дают основу для методики расчета конечных показателей разрушения и обоснования оптимальных режимов реализации процесса. Аналитическое решение всего комплекса вопросов, имеющего конечной целью определение параметров разрушения и оптимизацию параметров энергетического блока, практически невозможно. Более продуктивен метод, комбинирующий аналитическое рассмотрение с использованием полученных экспериментальным путем эмпирических и полуэмпирических аппроксимаций закономерностей и параметров с общей оценкой погрешности и достоверности полученных результатов.

Начало изучению характеристик канала разряда, распространения возмущений в среде и показателей разрушения положено в работах Б.В. Семкина, Б.Г. Шубина, А.В. Юшина, П.Е. Шилина [17–21] Сотрудниками Кольского филиала АН СССР (А.Ф. Усов, И.А. Щеголев, С.С. Локшина) в сотрудничестве с ФТИ АН СССР выполнены уникальные исследования процесса распространения трещин при разрушении прозрачных материалов электрическими разрядами, выявлены и оценены основные разрушающие факторы в процессах ЭИ [22–24]. На аппаратуре КФАН СССР методом фотоупругости экспериментально оценивались параметры поля напряжений в твердом теле. Оригинальные методики изучения процесса разрушения материала с фиксированием канала разряда под поверхностным слоем и регистрацией в отраженном свете роста трещин в непрозрачных горных породах (А.Ф. Усов, М.И. Каган,

А.А. Хрущинский) позволили оценить скорость трещинообразования и время разрушения материалов различной природы. Выполнен большой объем исследований энергоемкости разрушения горных пород и руд Кольского п-ова применительно к оценке энергетических параметров ЭИ в процессах бурения и резания горных пород и дезинтеграции руд и материалов.

#### Расширение канала разряда

На стадии преобразования энергии основная информация о процессе содержится в регистрируемых параметрах расширения и излучения канала разряда. По ним можно судить о температуре, давлении, степени термодинамических превращений вещества твердого диэлектрика в искровом канале. Для изучения динамики расширения искрового канала использовалось скоростное фотографирование. Чтобы сделать возможным перенесение результатов исследования на широкий класс материалов, в исследовании использованы как хрупкие (щелочно-галлоидные кристаллы), так и пластичные прозрачные диэлектрические материалы (органическое стекло). Типичные фотограммы канала пробоя образца KCl представлены на рис. 6.

Экспериментальные зависимости радиуса канала во времени с погрешностью не более 3-4% для  $KCl$ ,  $NaCl$ ,  $KBr$  и 6-8% для ПММА аппроксимируются параболой:

$$r_k(t) = -a + \left( \frac{t-d}{k} \right)^{1/2}$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $k$  - константы.

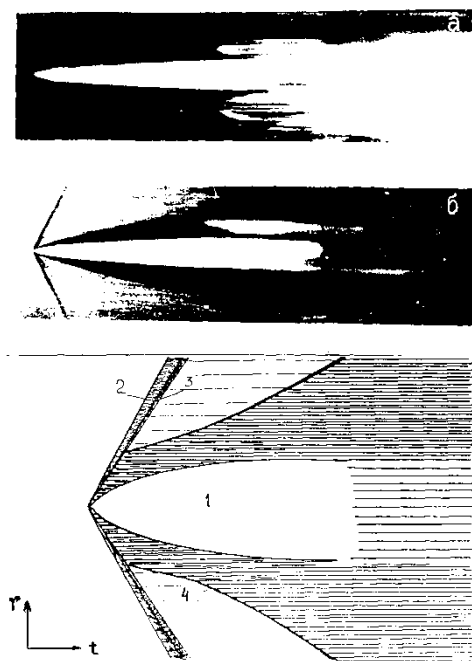


Рис. 6. Фоторазвертки канала пробоя образца KCl: а – режим самосвечения; б – с подсветкой; в – стилизованный рисунок. 1 - граница канала; 2 - упругий предвестник; 3 - фронт ударной (пластической) волны; 4 - трещины

#### Излучение и температура канала разряда

Спектроскопические методы исследования искрового канала дают наибольшую информацию о термодинамических процессах, протекающих в фазе его расширения. В исследованиях проведены измерения спектральной плотности излучения из зоны канала, яркостной температуры  $T$  искрового канала, коэффициентов и показателей поглощения, потерь энергии с излучением

Расчеты температуры канала по модели абсолютно черного тела на основе экспериментальных значений спектральной яркости в широком диапазоне вариации энерговклада для щелочно-галлоидных кристаллов (ЩГК)  $NaCl - KCl - KBr$  дают значения амплитуды яркостной температуры канала в пределах 12000-18000 К. Плотность вещества в канале пробоя ( $n \approx P/kT$ ), соответствующая этим температурам и энерговкладу в канал (1-50) Дж/см за характерное время  $10^{-6}$ с, оценивается как  $n = (0.02-0.8) \cdot 10^{22}$  1/см.

На основе измерения распределения спектральной плотности излучения и показателя поглощения по сечению (разбито на 5 участков) получено распределение температуры по сечению искрового канала (рис. 7).

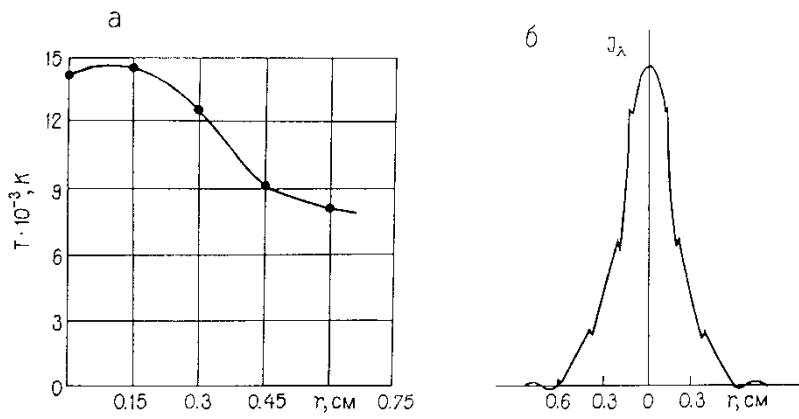


Рис. 7. Радиальное распределение температуры (а) и спектральной плотности потока (б) в канале пробоя

#### Термодинамические функции, состав и уравнение состояния плазмы канала

Преобразование электрической энергии, запасенной в реактивных элементах разрядной цепи, в работу по разрушению (диспергированию) твердых диэлектриков происходит через промежуточное состояние - внутреннюю энергию  $E$  вещества в канале пробоя. Последняя занимает в этом переходном процессе центральное место и трансформируется частично по мере расширения канала пробоя в работу  $A$  над окружающим диэлектриком  $A = \int_0^{V_f} p dV$ . Показана применимость для вещества пробоя конденсированного диэлектрика известных уравнений калорической формы типа  $E = \frac{pV}{\gamma_f - 1}$ . На примере ЩГК разработаны приемы аналитического расчета термодинамических функций, состава и уравнений состояния плазмы канала, дающие удовлетворительное соответствие расчетно-экспериментальной оценке  $\gamma_f(t)$ , основываясь на измерениях динамики геометрических размеров канала пробоя и энерговыклада. Наиболее вероятным значением  $\gamma_f$  для минералов при их импульсном электрическом пробое в режиме технологического электровзрыва следует считать  $\gamma_f = 1.12-1.16$  для соединений, не содержащих металлов  $\bar{I}$  группы либо содержащих их в малом количестве, и  $\gamma_f = 1.6-1.22$  - для минералов с высоким содержанием металлов  $\bar{I}$  группы периодической таблицы (например,  $Na_2O, Na_2SiO_3, K_2O$  и т.д.).

#### Динамическое нагружение среды искровым разрядом

Исследование характера возмущений в среде, вызванных электрическим разрядом, скоростей их распространения и параметров является важным этапом на пути к решению задачи о разрушающем действии разряда. Визуализация возмущения с помощью теневой съемки и метода фотоупругости при скоростной съемке процесса во многом позволяет дать ответ на поставленные выше вопросы.

На рис. 8, 9 представлены фотограммы скоростной фоторегистрации распространения возмущений от канала разряда при пробое органического стекла (ПММА) в режиме щелевой развертки и режиме лупы времени теневым способом и в поляризованном свете. При интенсивном энерговыделении на начальном этапе, в первую осцилляцию разрядного тока в диэлектрике (в частности, в образцах ПММА) формируется и распространяется сверхзвуковая ударная волна уплотнения, которая, однако, быстро (на расстоянии 1-2 мм) вырождается в акустическую, расщепляясь на упругий предвестник и пластическую волну. При пробое ЩГК практически с момента замыкания межэлектродного промежутка каналом сквозной проводимости от канала отшнуровывается двухволновое возмущение: упругий предвестник (первая линия) и фронт ударной пластической волны (вторая линия). Двухволновая структура



возмущения соответствует упругопластическому поведению ЩГК, наблюдаемому в этих кристаллах в диапазоне до десятков килобар. Такая структура, содержащая упругий предвестник и ударную пластическую волну, характерна для поздних стадий взрыва ВВ в твердых телах, когда сверхзвуковая ударная волна, отделившись от стенки камеры, по мере развития теряет скорость и через некоторое время разделяется на упругую и пластическую.



Рис. 8. Фоторазвертка канала пробое ПММА съемкой теньвым методом (а) и в поляризованном свете (б)

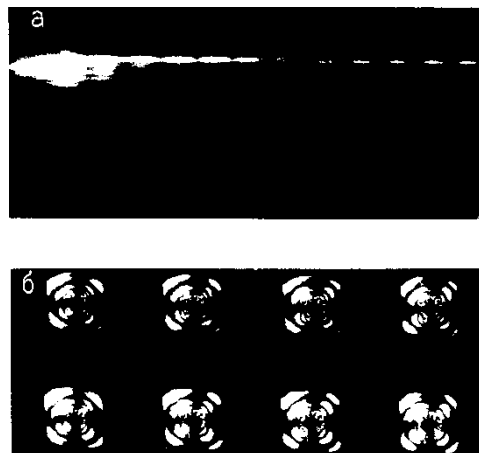


Рис. 9. Фоторазвертка (а) и фотохронограмма в режиме лупы времени (б) в поляризованном свете при пробое ПММА

На рис. 10 представлен график изменения скорости головной ударной волны в ПММА при энергии разряда 450 Дж и периоде разрядного тока 1.1 мкс. Максимальная скорость фронта ударной волны (ФУВ) в момент отшнуровки от канала разряда оценивается величиной 3700–4000 м/с.

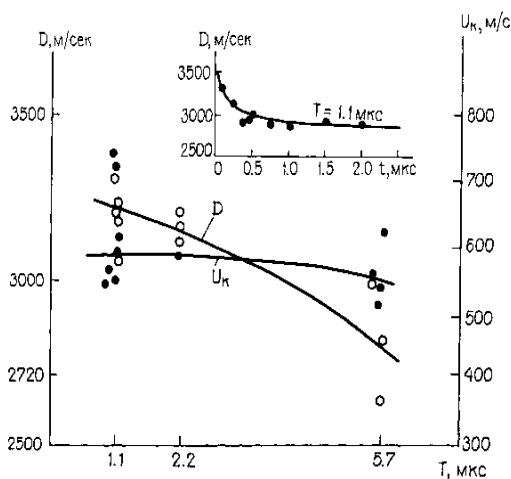


Рис. 10. Зависимость начальной скорости распространения ударной волны  $D$  и скорости расширения канала  $V_k$  от периода разрядного тока

Давление на распространяющийся с такой скоростью ФУВ, оцененное по ударной адиабате ПММА или по универсальной кривой состояния твердого тела, составляет  $(2.5-3.5) \cdot 10^9$  Па.

Аналитическое соотношение для давления на ФУВ в гидродинамическом приближении  $p = \rho_0 D u$  с учетом, что  $D = c + Au$ , преобразуется в

$$p = \rho_0 \frac{D(D - c)}{A}; \quad p = \rho_0 (c + Au)u,$$

где  $\rho_0$  – начальная плотность вещества;  $D$  – скорость ударной волны;  $c$  – скорость звука;  $u$  – массовая скорость за фронтом ударной волны;  $A$  – постоянная материала (для ПММА  $A = 1.3$ ). Приняв  $c = 3800$  м/с,  $\rho_0 = 1.2$  г/см<sup>3</sup>,  $A = 1.3$ , для  $D = 3800$  м/с получим тот же порядок величин  $p \approx 3.5 \cdot 10^9$  Па. Наконец, если считать, что скорость расширения канала можно рассматривать как массовую скорость за фронтом волны, то экспериментально фиксируемая в этом

случае скорость увеличения радиуса 700 м/с приведет к такому же порядку величин давления на ФУВ.

Для оценки поля напряжений в твердом теле высокую информативность представляет метод динамической фотоупругости. На основании картины поля изохром оценивается разность двух главных напряжений:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma_{\varphi\varphi} - \sigma_{rr} = \frac{\sigma_{10}}{2l} n,$$

где  $\sigma_{\varphi\varphi}, \sigma_{22}$  - нормальные напряжения в полярных координатах;  $\sigma_{10}$  - коэффициент оптической активности материала;  $L$  - толщина образца;  $n$  - порядок полосы. Для случая пробоя ПММА с энергией в разряде 500 Дж и периодом разрядного тока  $T = 3.2$  мкс в окрестности трещин порядок полосы равен 4-5, что соответствует разности главных напряжений 400–500 кг/см<sup>2</sup>, т.е. растягивающие напряжения  $\sigma_{\varphi\varphi}$ , под действием которых и происходит рост радиальных трещин в «хвосте» волны, могут составлять 500-800 кг/см<sup>2</sup>, что существенно выше прочности ПММА на сдвиг (300-500 кг/см<sup>2</sup>).

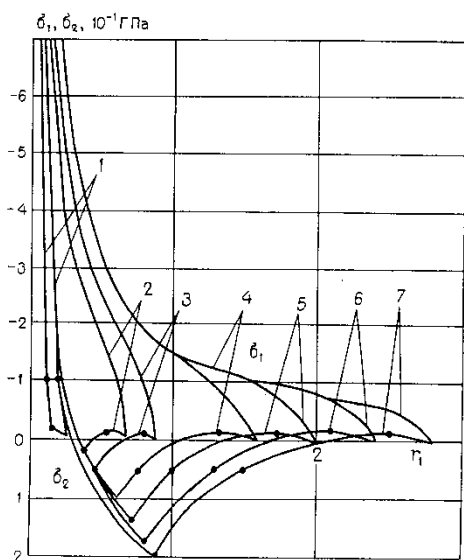


Рис. 11. Профили радиальных  $s_1$  и тангенциальных  $s_2$  напряжений при пробое скальной породы ( $W_1 = 60$  Дж/см,  $t = 3 \cdot 10^{-6}$  с). Время  $t$ , мкс: 1 - 0.4, 2 - 1.2, 3 - 2.0, 4 - 2.8, 5 - 3.6, 6 - 4.4, 7 - 5.2

При аналитическом рассмотрении течения среды вокруг искрового канала с различными моделями течения и уравнениями состояния твердого тела (Осборна, Жаркова-Калинина, Тэта, Жданова-Конусова и др.) показана возможность расчета профилей волн в пространстве для ряда фиксированных значений времени и расчета напряжений в твердом теле (Б.В. Семкин, см [12]). Профили радиальных  $s_1$  и тангенциальных  $s_2$  напряжений приведены на рис. 11.

Выполнен анализ применимости для целей аналитического расчета электроимпульсного разрушения различных моделей поведения твердого тела и различных критериев разрушения. Наиболее близкими к задаче электроимпульсного разрушения являются подходы, используемые при анализе разрушения с помощью ВВ. Базируясь на положениях теории хрупкого разрушения Гриффитса-Ирвина и решениях равновесия системы со звездой радиальных трещин от цилиндрической полости, нагружаемой изнутри в статическом и динамическом варианте при ВВ, прогнозируется гранулометрический состав разрушения (Курец В.И., см. [13]). Аналогично этому при электроимпульсном разрушении решается задача

расчета длины трещин в зоне растрескивания. При этом используются результаты оценки радиуса канала разряда  $r_k(t)$ , а энерговклад разряда рассматривается с учетом разгрузки канала разряда через устье пробоя.

#### Динамика, кинетика и энергетические характеристики электроимпульсного разрушения диэлектриков и горных пород

Главными факторами, определяющими характер и динамику трещинообразования, являются структура материала (монокристаллическая, поликристаллическая, аморфная) и интенсивность нагружения.

Для динамики электроимпульсного разрушения характерны следующие закономерности:

1) генеральная картина разрушения твердого диэлектрика под действием инициированного в его толще электровзрыва содержит в качестве основного элемента звезду радиальных трещин с убывающим по мере удаления от канала пробоя их числом, зона объемного разрушения слабо выражена, кольцевые трещины, наблюдаемые для взрыва химической природы, как правило, отсутствуют. Зона объемного разрушения и зарождение звезды трещин формируются под действием волновых возмущений; в заключительной стадии, в том числе в фазе финишной остановки (равновесия) радиальных трещин определяющим механизмом передачи энергии в устье трещин является силовое воздействие канала пробоя (зоны пластических деформаций), энергия, необходимая для роста трещин, доставляется в устье волнами Рэлея;

2) характерной особенностью разрушения хрупких материалов является практически постоянная скорость роста трещин вплоть до момента их остановки (рис. 12). Максимальная скорость роста трещин в силикатном стекле  $\sim 1500$  м/с, что соответствует 0.38 от скорости продольных волн в стекле. В пластичном оргстекле трещины распространяются с дискретными скоростями. При более высоком разрешении в динамике прорастания изломов отмечаются кратковременные остановки трещин и широкий набор дискретных скоростей. Объектам ЭИ-технологии более отвечает канифоль, обладающая по сравнению со стеклом более выраженными пластическими свойствами;

3) в горных породах с большой концентрацией дислокаций имеет место переносное (по В.М.Финкелю) разрушение, когда трещинообразование определяется смыканием отдельных микротрещин и его скорость соответствует скорости распространения упругой волны. В исследованиях на ряде горных пород применялся косвенный метод, когда с помощью герметизированных электродов канал разряда в образце формируется на фиксированном расстоянии от поверхности, оптической скоростной фоторегистацией определяется время прорыва на поверхность продуктов электровзрыва, а осциллографической регистрацией - динамика изменения электрического сопротивления канала разряда в предположении, что моменту выхода трещин на поверхность будет соответствовать его резкое падение за счет разгрузки;

4) эффект электроимпульсного разрушения материалов при одинаковых затратах энергии зависит от характера энерговыделения в канале разряда («фактор времени»). Об эффективности разрушения можно судить по таким его параметрам, как максимальная длина трещин, суммарная длина и поверхность трещин, размер зоны трещинообразования и др. Наиболее общим случаем является зависимость указанных параметров от скорости выделения энергии при неизменной ее величине, представленная кривой с оптимумом (рис. 13). В зависимости от характера материала (хрупкие – пластичные) оптимум значительно сдвигается в область малых или больших значений мощности.

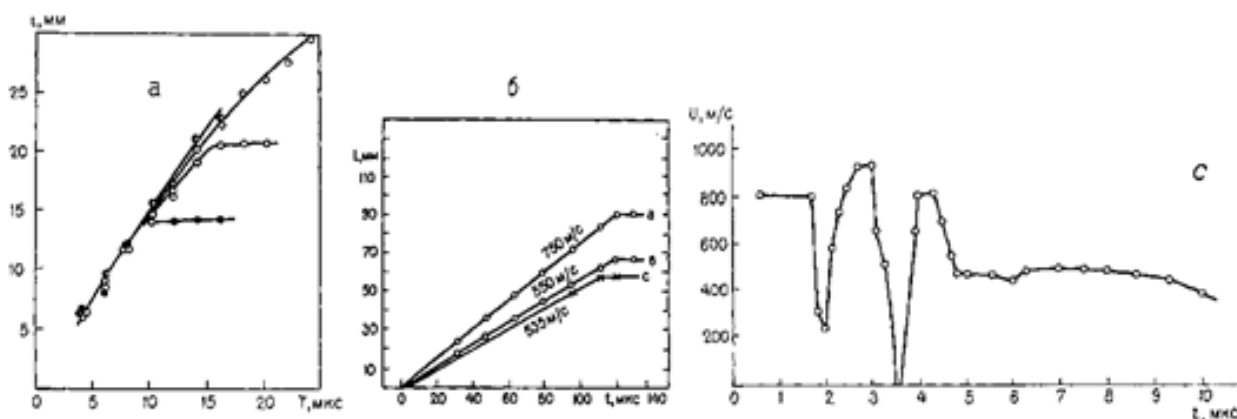


Рис. 12. Динамика роста трещин в силикатном стекле (а), канифоли (б) и органическом стекле (в)

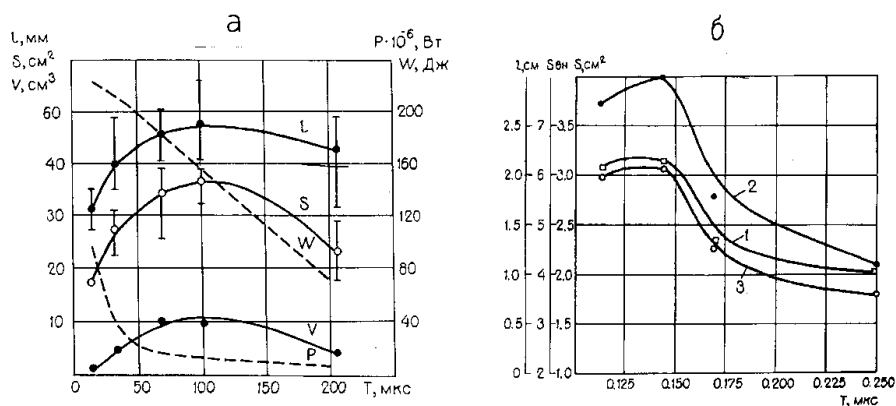


Рис. 13. Влияние длительности выделения энергии на эффективность разрушения моделей из органического (а) и силикатного (б) стекла

Энергоемкость бурения скважин различными способами

Способ бурения	Удельная энергия разрушения, Дж/см <sup>3</sup> (кГм/см <sup>3</sup> )
С использованием специальных породоразрушающих инструментов: ● Ударный; ● Вращательный: бурение шарошками, алмазное бурение; ● Ударно-вращательный; ● Вращательно-ударный	200–650 (20.4–66.3)  700–950 (71.4–96.8) 600–800 (61.2–81.5) 400–600 (40.8–61.2) 600–800 (61.2–81.5)
● Взрывной ● Гидравлический* ● Гидроимпульсный* ● Электрогидравлический ● Электротермический* ● Электроимпульсный ● Лазерный ● Комбинированное бурение ● Огневой ● Плазменный ● Термшарошечный ● Электротермомеханический	200–400 (20.4–40.8) 1000–2000 (102–204) 70–100 (7.1–10.2) 400–500 (40.8–51) 5000 (510) 100–200 (10.2–20.4) 5000–12000 (510–224)  1500 (153) 5000 (510) 1200–1600 (122–163) 500–800 (51–82)

*Примечание.\*Способы, предназначенные для проходки выработок и скважин большого диаметра.*

Физическая природа способа дает возможность достижения более низкой энергоемкости разрушения в сравнении с традиционными способами. Большое значение для оценки перспектив использования нового способа разрушения имели исследования к.п.д. ЭИ-разрушения [25]. Как оказалось, использование в ЭИ-процессе одного вида энергии – электрической энергии – еще не гарантирует, как считалось ранее, его высокой энергетической эффективности. Несколько стадий трансформации электрической энергии от потребляемого из сети напряжения переменного тока до используемых для формирования в твердом теле поля механических напряжений импульсных токов электрических разрядов связаны с неизбежными потерями, которые могут быть даже более существенными в сравнении с потерями в традиционных способах разрушения, которым свойственно преобразование вида используемой энергии и ее многоступенчатая трансмиссия. Анализ энергораспределения в процессах ЭИ показал, что непроизводительные затраты энергии на стадии ее трансформации и передачи к объекту разрушения могут достигать 70–80% с технической обоснованной возможностью их снижения почти вдвое. Следует признать, что потери эти весьма существенны, однако физическая природа ЭИ-способа разрушения предопределяет существенно более высокий в сравнении с традиционными способами к.п.д. использования подведенной к объекту разрушения энергии, что и обеспечивает в конечном итоге достижение более низких энергетических затрат, рассчитанных на единицу новой поверхности. Высокая энергетическая эффективность процесса разрушения материала в ЭИ обусловлена следующими факторами. Источник нагружения – канал разряда находится непосредственно в твердом теле, в результате чего разрушение последнего происходит под действием разрывающих (растягивающих) напряжений. Это обеспечивает достижение минимальных затрат энергии на разрушение, так как прочность материалов на разрыв почти на порядок ниже, чем на сжатие, свойственное нагружению твердых тел при их разрушении механическим способом. Динамический характер нагружения обеспечивает хрупкое разрушение материала с минимальными потерями энергии на пластическую деформацию. Высокая степень

локализации энергии в канале разряда позволяет сформировать условия, достаточные для начала процесса трещинообразования в твердом теле при относительно низких значениях единичной энергии импульса, эквивалентной долям грамма тротила, а возможность простыми способами регулировать в широких пределах режим выделения энергии в канале разряда позволяет создавать оптимальные условия нагружения и поддержания процесса распространения трещин и разрушения твердого тела в зависимости от природы и размера разрушаемых фрагментов. Способ ЭИ-разрушения, благодаря присущим ему достоинствам, отмеченным выше, является наиболее энергетически эффективным среди всех известных, если, конечно, сравнение проводить в сопоставимых условиях конкретных технологических процессов. Динамический характер ЭИ-нагружения обеспечивает хрупкое разрушение материала без потерь энергии на пластическую деформацию. Канал разряда в сравнении с ВВ имеет то преимущество, что его энергосодержание, обеспечиваемое подводом энергии извне от емкостного накопителя, может простыми способами регулироваться в широких пределах по величине и во времени, создавая оптимальные условия нагружения твердого тела в зависимости от его природы и размера разрушаемых фрагментов. По энергетической эффективности ЭИ-способ применительно к процессам, реализующим разрушение горных пород с одной свободной поверхности (бурение, резание, сьем поверхностного слоя), заметно предпочтительнее большинства других способов (табл. 1).

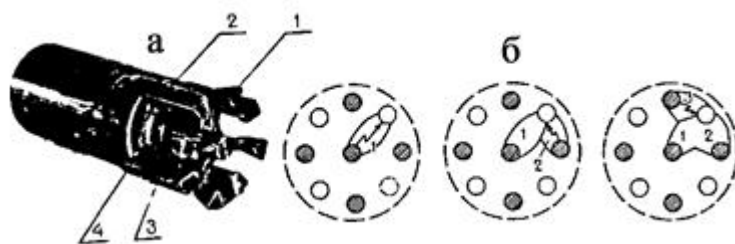
### **Разработка техники и технологии электроимпульсного разрушения**

Технологические исследования ЭИ преследовали цели разработки технических средств и технологии способа для различных применений в горном деле и строительстве инженерных сооружений, определения области и условий их целесообразного техничеки и экономически обоснованного использования.

### **Бурение скважин**

В КФ АН СССР приоритетные направления исследований ЭИ-бурения были выбраны с учетом специфики горнопромышленного и оборонного комплекса региона, избегая по возможности дублирования работ других организаций страны, разрабатывающих проблему ЭИ. К этим направлениям относятся: бурение неглубоких скважин (5–10 м) для сооружения в скальных породах траншей и котлованов, бурение веера скважин в условиях подземной выработки для добычи руд, бурение горизонтальных опережающих скважин для сооружения подземных выработок, проходка скважин большого диаметра для сооружения шахтных стволов и колодцев. В НИИ ВН г. Томск работы были ориентированы на бурение взрывных скважин для добычи руд на открытых горных работах, бурение геологоразведочных скважин с отбором ориентированного керна, на бурение скважин большого диаметра в мерзлых грунтах района БАМ.

В числе важнейшей технической особенностей, свойственных процессам электроимпульсного разрушения, прежде всего, был выявлен механизм автоматического распределения разрядов по забою разрушения в устройствах бурения скважин. Позднее была показана его применимость ко всем технологическим процессам, техническими средствами реализации которых являются многоэлектродные породоразрушающие конструкции, позволяющие превратить единичные акты разрушения в непрерывный технологический процесс. Многоэлектродная конструкция в общем случае представляет двухполярную систему электродов (высоковольтные и заземленные), которые формируют зону забоя разрушения. Форма электродов (стержни, пластины – имеет значение сечение плоскости контакта с породой), их расположение по забою, величина зазоров между ними выбираются такими, чтобы исходно обеспечивалась равновероятность формирования разряда в любой области забоя разрушения (случай для устройства бурения представлен на рис. 14). При пробое в одном из промежутков/области забоя разрушения (1) образующаяся в поверхностном слое массива воронка заполняется жидкостью, что приводит к электрическому упрочнению промежутка в данном участке забоя. Поэтому последующие разряды происходят поочередно в соседних промежутках (2, 3 ...), обеспечивая последовательное разрушение породы по всей площади забоя. В результате разрушение породы на забое и перемещение электродного устройства в скважине (продвижение в направлении углубления) имеют циклический характер.



*Рис. 14. Буровой наконечник и последовательность пробоя и разрушения забоя скважины многоэлектродным устройством. Штриховкой отмечены потенциальные электроды*

Главные критерии при разработке электродных устройств ЭИ-бурения (коронки, по аналогии с механическими способами бурения) – равномерность распределения разрядов по всей площади забоя, обеспечивающая полное разрушение породы под всеми электродами без их зависания, и стабильность уровня напряжений пробоя в течение всего цикла разрушения забоя. В оптимизационных исследованиях конструкций коронок рассматривались такие параметры как форма электродов, преимущественная ориентация разрядных промежутков (направлений кратчайших расстояний между разнополярными электродами) – радиальная, тангенциальная, радиально-тангенциальная, линейно-тангенциальная (между параллельными пластинами), суммарные площади контакта потенциальных и заземленных электродов с забоем. Влияние отдельных параметров коронки обусловлено физическими факторами процесса формирования пробоя. С увеличением площади контакта электрода с породой возрастает число дефектов структуры породы, способствующих началу развития разряда при более низком уровне импульсного напряжения на электроде. При каждом подаваемом на коронку импульсе напряжения по всей площади забоя в приэлектродных областях формируются каналы многочисленных незавершенных пробоев и от импульса к импульсу происходит накопление дефектов, приводящее в конечном итоге к уменьшению напряжений пробоя. Дефекты этого рода зависят от полярности потенциального электрода, особенностей его контакта с породой [12]. Например, укажем на «эффект приподнятого электрода»: если потенциальный электрод при положительной полярности импульса приподнят над поверхностью твердого тела, то разрядный процесс в жидкостной прослойке начинается при более высоком напряжении, чем в случае электрода на поверхности твердого тела, а потому при касании разрядом поверхности твердого тела на него выносятся достаточно высокий потенциал, и внедрение разряда в твердое тело происходит практически без развития по поверхности «кистевых» разрядов, в результате вероятность и глубина внедрения разряда максимальные. Роль фактора «площадь контакта» для двухэлектродной системы можно свести к следующему: площадь контакта потенциального электрода должна быть примерно в 1.5 раза больше площади контакта заземленных электродов.

Принцип автоматического распределения разрядов по площади забоя при использовании многоэлектродных конструкций электроимпульсного разрушения позволяет обеспечить технологическую непрерывность процесса бурения и резания пород, последовательное сокращение крупности кускового материала в процессах его дезинтеграции без каких-либо специальных мер (вращение инструмента, классификация материала по крупности или принудительная коммутация разрядов и т.п.). Забою разрушения за счет соответствующего выбора формы электродов и их расположения может быть придана любая произвольная форма – круглая, прямоугольная, щелевая, кольцевая и т.д.

Электроимпульсное бурение отличается исключительно малым износом бурового инструмента и допускает его изготовление из обычных конструкционных сталей. Так как рабочим инструментом, по существу, является искра, износ инструмента минимален и проблема срока его службы не стоит. В отличие от механических способов не требуется прилагать к инструменту значительных усилий – достаточно лишь обеспечивать контакт инструмента с массивом.

К числу общих закономерностей, свойственных всем технологическим процессам электроимпульсного разрушения материалов, относится зависимость производительности



процессов от частоты следования импульсов. Частота посылки импульсов  $f$  является одним из основных факторов, определяющих производительность и экономическую эффективность ЭИ технологий. С повышением частоты следования импульсов объемная производительная разрушения и механическая скорость бурения повышаются практически пропорционально. Пределы действия этой зависимости ограничиваются следующим: 1 – рабочая жидкость в процессе формирования пробоя изменяет (ухудшает) свои электрические свойства за счет ионизации и требуется время на ее деионизацию с восстановлением исходных свойств, 2 – в процессе разрушения породы образуются кусковой шлам и паро-газовый пузырь, снижающие электрическую прочность жидкой среды выше зоны контакта электродов с породой. Возможность возникновения пробоя жидкости между токоподводящими частями электродов (ножки), по поверхности или вблизи концевого изолятора как нештатный, аварийный режим должна быть полностью исключена, для чего необходимо, чтобы продукты разрушения породы и разложения жидкости за время между импульсами были удалены за пределы этой чувствительной зоны. Производительность промывки должна быть такова, чтобы за время между импульсами произошел 1.5–2 кратный обмен жидкости в призабойной зоне, 3 – удельные энергетические затраты на промывку растут с увеличением производительности промывки. Для схем прямой промывки в скважинах диаметром 130–150 мм энергетически невыгодно наращивать частоту следования импульсов свыше 25–30 имп. в с. С увеличением диаметра скважины и связанного с этим увеличением сечения промывочного затрубного пространства допустимая частота импульсов снижается. В определенных случаях необходимо учитывать, что с увеличением производительности промывки растет выталкивающая сила, действующая на буровой снаряд.

В работах по электроимпульсному бурению был предложен ряд оригинальных технических решений, учитывающих технологическую специфику бурения скважин различного назначения.

#### *Бурение взрывных скважин в условиях подземной выработки (рис. 15)*

Бурение веера восходящих взрывных скважин для отбойки руды или породы при сооружении подземных выработок впервые поставило вопрос о технологии промывки горизонтальных и восходящих скважин. Для обеспечения сплошности жидкости на забое скважины, а это является необходимым условием реализации процесса пробоя горной породы, предложено устанавливать у устья скважины превентер, обеспечивающий напорный слив жидкости из скважины. Расчет промывки веера скважин от нисходящих до восходящих ставил целью выявить наиболее неблагоприятные условия выноса шлама и газовых пузырей, образующихся при разложении жидкости плазмой канала разряда, чтобы учитывать их при определении необходимой производительности промывки.



*Рис. 15. Установка электроимпульсного бурения, Кировский рудник ОАО «Апатит»*

Разработка средств бурения в условиях подземной выработки, где в целях пожаробезопасности применение горючих жидкостей желательнее исключить, ориентировалась на использование в качестве промывочной жидкости воды. Это требовало новых технических решений как для обеспечения формирования и передачи на забой импульсов напряжения с допустимой деформацией, так и для обеспечения надежной работы изоляции элементов бурового устройства. Был предложен новый тип буровых штанг на основе комбинированной изоляции из воды и твердого диэлектрика (полиэтилена или стекловолокна) и обоснованы оптимальные режимы его использования. В одном варианте – это коаксиальная система с покрытием одного или обоих токопроводников слоем полиэтилена, в другом – параллельные токопроводники с кольцевым расположением в толще трубы из изоляционного материала. Выбирая толщину диэлектрика, достигают оптимального распределения поля по слоям полиэтилен – вода, обеспечивающего максимальную электрическую прочность системы [26–27]. Изменяя толщину изоляции, в первом варианте, или число токопроводников, во втором, можно изменять волновое сопротивление по длине линии, что в ряде случаев может быть использовано для повышения эффективности передачи импульсов и использования их энергии. Буровые снаряды на основе опытной партии труб, футерованных полиэтиленом, изготовленных Первоуральским старотрубным заводом, были успешно испытаны на действующих установках на Кировском руднике ПО «Апатит» и руднике «Ена» ГОКа "Ковдорслюда" при бурении скважин диаметром 110–130 мм. Производственные испытания показали техническую осуществимость электроимпульсного способа бурения взрывных скважин в крепких горных породах в подземных условиях с расположением кругового веера скважин в вертикальной плоскости с технологической глубиной до 50 м. Показана возможность достижения более высокой скорости бурения, чем при использовании традиционных станков, и определены условия экономической эффективности электроимпульсного бурения. На основании данных, полученных при экспериментальном бурении на руднике «Ена» ГОКа «Ковдорслюда» в пегматитовой жиле плагиоклазового состава с развитыми местами среднезернистым кварц-мусковитовым комплексом с коэффициентом крепости пород (по Протодьяконову) 12-16, ожидаемая скорость бурения при частоте следования импульсов  $f = 20$  оценивается: по гнейсу с включением слюды – 4.5 м/ч, по кварцу с включением слюды – 5.7 м/ч, плагиоклазу – 7.1 м/ч. Реальная техническая возможность оптимизации пробоя с увеличением разрядных промежутков и повышением частоты следования импульсов позволит существенно превзойти показатели бурения существующей техникой, до 10–15 м/ч.

#### *Бурение скважин большого диаметра (рис. 16).*

В КНЦ раньше, чем в других организациях, были разработаны и в стендовых условиях испытаны технические средства бурения скважин большого диаметра – 600–1200 мм. Подтверждена особая перспективность ЭИ-технологии проходки выработок больших поперечных сечений в скальных крепких породах как обеспечивающей достижение и превышение показателей бурения традиционными способами. При разработке средств ЭИ-бурения скважин большого диаметра были реализованы такие способы интенсификации процесса, как использование разрядных промежутков увеличенной до 120–150 мм длины, создание дополнительных поверхностей обнажения с переходом на ступенчатую форму забоя скважины, секционирование породоразрушающих инструментов с параллельной работой на инструмент нескольких источников импульсного напряжения, управление разработкой забоя регулярной сменой полярности импульсного напряжения и другие. На стенде, размещенном на выходе скального массива, представленного окварцованным филлитовым сланцем (коэффициент крепости 14-16), отрабатывались технические средства бурения сплошным и кольцевым забоем, а также расширения скважин. Оценены показатели бурения непосредственно в скальном массиве, а также в блоках бетона и отдельных горных пород при диаметре скважин 325, 460, 600, 780 и 1200 мм.

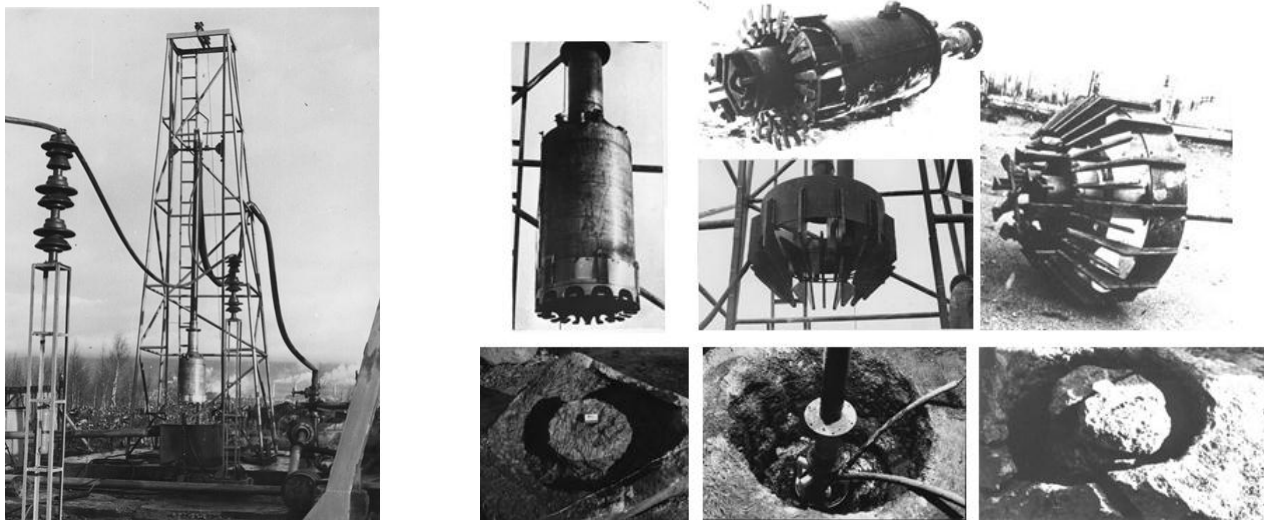


Рис. 16. Высоковольтный полигон КНЦ РАН:  
 буровой стенд, буровые снаряды для бурения скважин большого диаметра и  
 вид пробуренных скважин

Таблица 2

Удельная (на 1 имп./с) скорость электроимпульсного бурения скважин, п.м./ч

Условия и место проведения испытаний	Породы	Удельная скорость бурения
Бурение взрывных скважин в подземной выработке: ● диаметр 130 мм, глубина до 50 м, промывка водой, Кировский рудник АО «Апатит»; ● диаметр 150 мм, глубина до 50 м, промывка водой, рудник «Ена» ГОК «Ковдорслюда» (Мурманская обл.)	апатитовая руда  гнейс – слюда кварц – слюда плагиоклаз	0.35 ( $l - 25$ мм) 0.6 ( $l - 30$ мм) 0.25 0.3 0.35
Бурение взрывных скважин в карьере (Лениногорский ПМК): ● диаметр 150 мм, диз. топливо	микрокварциты	1.5
Бурение разведочной скважины, в районе г. Томска: ● без отбора керна, диаметр 160 мм., диз. топливо; ● с отбором керна, диз. топливо, ● с отбором керна, вода, нефтеводные растворы.	песчаник  песчаник сланец	0.5  0.6 0.8
Бурение скважин диаметром 800–1200 мм, г. Апатиты: ● сплошным забоем, 800 мм, диз. топливо ● кольцевым забоем, 700 мм, диз. топливо ● расширение от 600 до 800 мм, диз. топливо ● расширение от 800 до 1000 мм, диз. топливо	филлитовый сланец	0.05 0.15 0.3 0.7
Бурение скважин диаметром 1–1.2 м, $l - 300$ мм, промывка дизельным топливом, район БАМ	вечномерзлый грунт	0.75–1.0

В исследованиях на стенде промывка скважин осуществлялась дизельным топливом. При бурении скважин диаметром 800 мм сплошным забоем в филлитовом сланце при частоте 3–5 имп/с достигнута скорость бурения до 0.2 м/ч с энергоемкостью разрушения 70–80 кгм/см<sup>3</sup> (100–120 кВт·ч/п. м). При бурении скважин диаметром 700 мм кольцевым забоем в блоках ричесоррита (коэффициент крепости 16) при частоте следования импульсов 3–4 имп/с получена скорость бурения до 0.1 м/ч при энергоемкости 70 кгм/см<sup>3</sup>, а в филлитовом сланце – 0.5 м/ч и 140 кгм/см<sup>3</sup> соответственно. При расширении скважин электроимпульсным способом в филлитовом сланце при частоте следования импульсов 2–3 имп/с скорость разбуривания скважины от 600 до 800 мм составила 0.7 м/ч, а от 800 до 1000 мм – 1.8 м/ч при энергоемкости разрушения 50 и 30 кгм/см<sup>3</sup>, соответственно. Обосновано парадоксальное с позиций практики механических способов проходки выработок положение о тенденции роста (практически линейного) механической скорости бурения  $v$  с ростом диаметра скважины, обусловленное возможностью повышения плотности энергии на единицу площади забоя при увеличении величины разрядных промежутков в породоразрушающем инструменте. Секционирование породоразрушающего инструмента с подключением секций к отдельным источникам импульсов дает дополнительную возможность практически пропорционально числу секций увеличить подводимую к забую энергию и соответственно скорость бурения. Скорости электроимпульсного бурения скважин различного назначения, приведенные к частоте следования импульсов 1 импульс в сек., представлены в табл. 2.

С увеличением диаметра буровых снарядов в некотором отношении упрощается решение электротехнических проблем – передачи импульсов на забой и обеспечения надежности изоляции токоподвода, расширяются возможности применения погружных источников импульсного напряжения и секционирования инструментов. Но по условиям формирования импульсов напряжения при диаметре скважин свыше 300–400 мм с промывкой водой этого уже недостаточно, и требуется применение специальных схем и технических мер. Поэтому в случаях, когда нет технологически обусловленных ограничений на применение рабочей жидкости на органической основе, рациональней использовать диэлектрические растворы на нефтяной основе, технология приготовления которых была разработана еще в 1960-е гг. XX в. с участием Института нефтехимического синтеза им. Губкина.

### **Электроимпульсное резание горных пород**

В КНЦ предложены и исследованы различные типы устройств для резания и поверхностной обработки массива и блочного камня, проходки в массиве щелей изменяемой конфигурации [28–29]. При резании в технической воде длина щели может достигать 0.35 м, а удельные энергозатраты составили 4–6 кВт·ч/м<sup>2</sup> по песчанику и 3.5–4.5 кВт·ч/м<sup>2</sup> по известняку. Потенциальная скорость резания (при частоте следования импульсов 20–25 в секунду) оценивается в 2–2.5 м<sup>2</sup>/ч. Эффективность применения новых технических средств повышается, если принципиально важным является требование исключить нарушение сплошности массива вне забоя. Это может найти использование в таких целях, как:

- добыча и обработка природного камня и, в первую очередь, уникального декоративного камня (в том числе вырезка заготовок архитектурных форм);
- зачистка скальных оснований под сооружения при строительстве объектов на суше и под водой (гидротехнические сооружения, дноуглубительные работы под газо- и нефтепроводы), в городской черте с ограничениями на проведение взрывных работ;
- отбор проб материала с геологических обнажений, с поверхности горных выработок, с бетонных контейнеров захоронения радиоактивных и химических отходов;
- зачистка поверхностей массива и блоков от поверхностного радиоактивного и химического загрязнения;
- проходка отрезных щелей с целью ограничения воздействия на массив взрывной отбойки при сооружении выработок различного назначения.

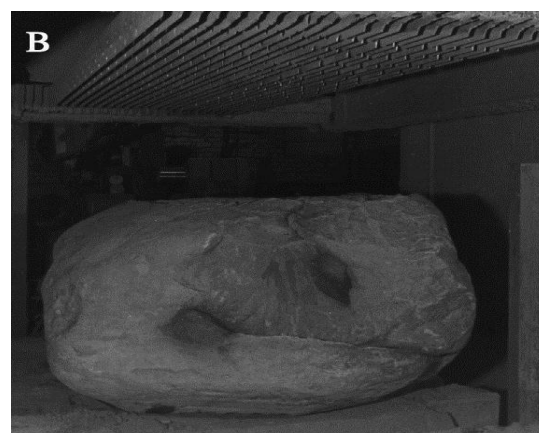
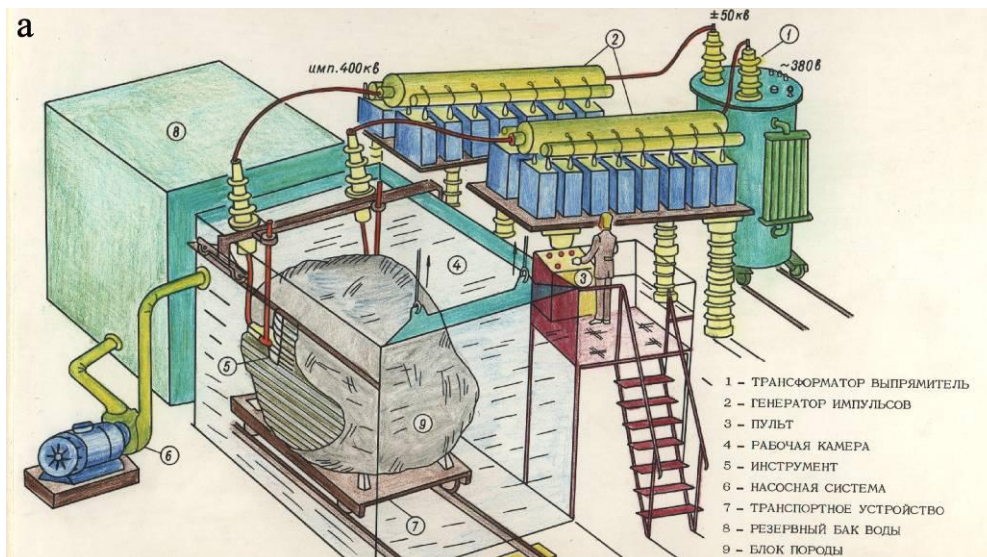


Рис. 17. Схема пассивки блоков природного камня. Рисунок установки (а), инструмент и блок нестандартного валуна в процессе пассивки (б) и после пассивки в распиловочном станке (в)

С использованием средств электроимпульсного бурения и резания пород в принципиальном плане могут рассматриваться и такие технологии, как:

- бурение скважин для закрепления объектов на подводном скальном основании;
- создание подводных камер в скальных массивах береговой линии;
- бурение льда из подводной акватории снизу вверх с выходом на дневную поверхность;
- отбор проб материала со скального основания дна океана и поверхности подводных объектов.

Перспективно направление ЭИ-пассивки некондиционных блоков природного камня, негабаритов вскрыши месторождений полезных ископаемых и валунов под распиловку и изготовление тесаных изделий (рис. 17). Испытания экспериментальной установки, проведенные в производственных условиях Мончегорского карьера ПО «Карелстройматериалы», показали ее высокую технологическую эффективность.

Особенностью разработанной технологии пассивки блоков природного камня и валунов является ЭИ-подрезание щелью части поверхностного слоя и последующий его скол электрогидроимпульсным воздействием (электрическим разрядом в воде). Это гарантирует равномерность обработки поверхности и снижает энергетические затраты на обработку камней при необходимости большого объема съема поверхностного слоя. Скорость обработки составила 1.2 м<sup>2</sup>/ч на блоках мелкозернистого гранита, 1.6 м<sup>2</sup>/ч – крупнозернистого гранита и 0.9 м<sup>2</sup>/ч – габбро (при частоте импульсов – 5 имп/с и энергии разряда 1.5 кДж). Энергозатраты соответственно составили 4.5; 3.3 и 6.0 кВт·ч/м<sup>2</sup>.

## Электроимпульсное измельчение материалов

Работами в КНЦ расширено представление о механизмах селективности электроимпульсной дезинтеграции. Избирательная направленность канала пробоя на рудные включения, создающие в куске руды неоднородности электрического поля, является важным, но не единственным механизмом, определяющим селективность разрушения. В числе других механизмов: избирательный электрический пробой электрически менее прочных компонентов руды, какими чаще всего являются минералы пустой породы (например, в слюдяных рудах); избирательное разрушение более хрупкой вмещающей породы (например, в слюдяных и асбестовых рудах); разупрочнение границ контакта двух сред, отличающихся акустическими свойствами, при прохождении в среде волны разгрузки и разупрочнение границ контакта двух сред, отличающихся деформационными свойствами, при прохождении в среде волны сжатия.

В КНЦ оценены технико-экономические показатели ЭИ-дезинтеграции руд, добываемых и обогащаемых на предприятиях Кольского п-ова, а также руд и материалов других регионов и развиты представления о критерии экономической целесообразности применения способа, увязывающего потенциал технологической эффективности ЭИ-дезинтеграции различных видов минерального сырья с ресурсом работы конденсаторов, стоимость которых составляет основную часть затрат. Это сместило акценты в приоритетах исследований ЭИ-дезинтеграции на объекты, где реализация способа с учетом получаемого технологического эффекта может быть экономически оправдана при современном уровне качества электротехнического оборудования и не столько за счет полноты извлечения, сколько за счет сохранности полезной компоненты от разрушения (ограниченное кристаллосырье, кристаллы естественной и искусственной слюды, пьезокварц), сохранения вскрытыми включениями геологической информации (в геохронологических целях).

Созданная в КНЦ установка для дробления слюдяных сростков производительностью  $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ , испытана в условиях обогатительной фабрики рудника «Ена» ГОКа «Ковдорслюда». На этой же установке выполнены технологические исследования на рудах Мамско-Чуйского месторождения, относящихся к типу труднораскрываемых со значительным количеством (35–40%) слюды в сростках. (Руды Енского месторождения легкораскрываемые, и содержание слюды в сростках не превышает 5%, что не способствовало интересу предприятия к технологии ЭИ-дезинтеграции). О высокой технологической эффективности электроимпульсной дезинтеграции слюдяных руд свидетельствуют данные сопоставления выхода и группового состава продукта дезинтеграции и последующей переработки забойного сырца в промышленный. Электроимпульсная дезинтеграция слюдяных сростков по выходу деловой слюды соответствует тщательному ручному раскрытию сростков, т.е. в 1.2-1.3 раза лучше, чем при раскрытии сростков в механических дробилках. Выход крупных кристаллов (свыше  $50 \text{ см}^2$ ) в 3-4 раза больше, чем при ручном раскрытии, что в стоимостном выражении соответствует повышению выхода слюды на 20-25%. Существенно также, что при электроимпульсной дезинтеграции сростков обеспечивается более чем в 2 раза лучшее раскрытие мелкогабаритной слюды (+ 5мм). За счет лучшего раскрытия кристаллов и освобождения их от минеральных включений и оторочек (промпродукт – забойный сырец) выход промышленного сырца из забойного при электроимпульсном раскрытии выше (47.4% против 44.3%). Показано, что электроимпульсная технология раскрытия слюды не снижает механические и электрические свойства мусковита.

Отработана технология разделки слитков (диаметром 600 мм) искусственной слюды фтор-флогопита. При сравнительных испытаниях способа с технологией разделки, применяющейся во ВНИИСИМС (г. Александров), выход подборов слюды (получают при последующей переработке выделенных при разделке слитков кристаллов) для ЭИ-дезинтеграции слитков оказался в 1.3 раза выше.

Но особо эффективным является использование ЭИ-дезинтеграции для извлечения драгоценных камней. При ЭИ-раскрытии кристаллосодержащих пород извлечение кристаллов повышается в 1.5-2 раза (в сравнении с тщательной ручной разделкой) с высокой их сохранностью от разрушения. Демонстрационные установки для извлечения гранатов, рубинов, изумрудов опробованы в экспедициях Мингео СССР (г. Медвежьегорск), в Малышевском рудоуправлении (г. Асбест). Совместно с НИИ ВН и «Механобром» (г. Санкт-Петербург) была создана комплексная установка для дезинтеграции и выделения ограниченного кристаллосырца



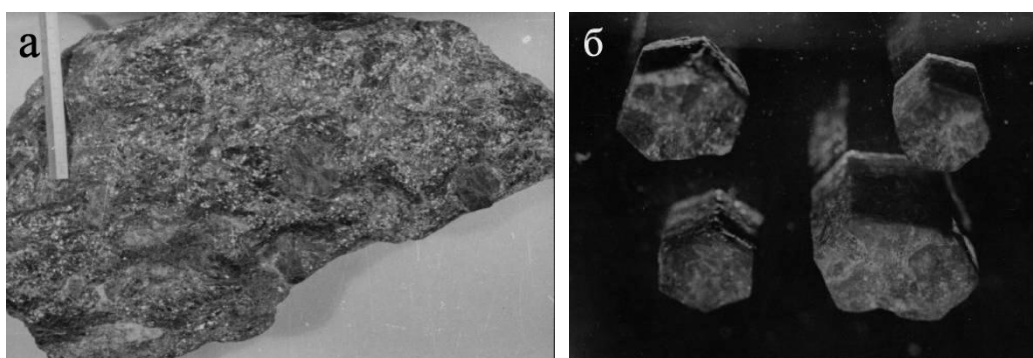
[30], монтаж и испытания которой проведены в КНЦ (рис. 18). Стадия крупного дробления на установке представлена устройствами, разработанными в КНЦ.



*Рис. 18. Установка для раскрытия камнесамоцветного сырья (на стенде КНЦ РАН)*

При сопоставлении ЭИ-раскрытия пород с тщательной ручной разделкой, выполненном на различных рудах с кристаллами изумрудов, алмазов, рубинов, шпинели, гранатов, извлечение кристаллов при ЭИ-раскрытии оказывается в 1.5–2 раза более высоким с существенно лучшей их сохранностью от разрушения (рис. 19).

Процессы ЭИ-дезинтеграции различных руд и материалов различаются особой специфичностью, в том числе и по «ресурсному» критерию целесообразности применения ЭИ [31]. Отдельные процессы могут быть реализованы в промышленном масштабе при существующем уровне разработки электротехнического обеспечения. Реализация других требует дополнительных и в некоторых случаях весьма затратных работ по совершенствованию технических средств дезинтеграции, разработке специализированного электротехнического оборудования. С учетом тенденций в развитии горнопромышленного комплекса региона и расчетом на постепенное решение технических вопросов совершенствования средств дезинтеграции и разработки специализированного электротехнического оборудования, перспективы дальнейшего развития работ по ЭИ-дезинтеграции в интересах региона представляются следующими.



*Рис. 19. Исходный образец рубиносодержащей породы (а) и кристаллы рубина, выделенные из породы электроимпульсной дезинтеграцией (б)*

Последние достижения геологической науки выдвигают Кольский п-ов на позиции перспективной алмазонасной и платинометалльной провинции. С учетом опыта выполненных работ по технологии извлечения драгоценных камней при ЭИ-раскрытии кристаллосодержащих пород представляется целесообразным использование ЭИ для извлечения алмазов из коренных

пород алмазоносных трубок, не поддающихся технологии обогащения с использованием гидроразмыва. Это в полной мере относится и к добыче алмазов в Архангельской области.

Выполненное (совместно с Геологическим институтом) опробование ЭИ-дезинтеграции габбро-норита с сульфидным и платинометалльным оруденением показало ее высокую эффективность. Дезинтеграция проходит, главным образом, по границам минеральных зерен, поэтому минеральные индивиды, в том числе сложной формы, максимально высвобождаются от сопутствующих минералов, достигается высокая степень раскрытия сростков; сохраняется высокий процент зерен, обладающих "первичной" морфологией с минимальным переизмельчением; остается ненарушенной "скульптура" граней кристаллов. Зерна ценных минералов (сульфиды цветных и черных металлов, платиноиды, золото), как правило, характеризуются достаточно узким интервалом размеров. Раскрытие зерен минералов без разрушения, ошламования и размазывания отличающихся особой пластичностью минералов по зернам пустой породы приводит к обогащению полезными компонентами определенных узких фракций продукта, создавая в том числе и возможность обогащать продукт операцией выделения определенного класса крупности продукта. Использование ЭИ открывает путь разработки оптимальной технологической схемы обогащения руд при ожидаемом в ближайшее время освоении Панского массива. С выходом на промышленное освоение Панского массива и в восточные районы Кольского п-ова открывается перспектива использования ЭИ в рудоподготовительных процессах при обогащении руд редкоземельных элементов и в первоочередном порядке на богатых иттрийсодержащих жилах.

Высокая селективность ЭИ-дезинтеграции относится и к зернам аксессуарных минералов, даже если их крупность не превышает десятков микрон. Имеет перспективы широкого использования новая методика подготовки проб для геохронологических исследований с использованием ЭИ-дезинтеграции, успешно апробированная (совместно с Геологическим институтом) при подготовке проб для изотопного датирования возраста пород и руд имандровского лополита на Кольском п-ове. Благодаря ЭИ-дезинтеграции значительно уменьшаются потери аксессуарных минералов со шламами в процессе разделения минералов. Объем пробы породы для выделения необходимого для проведения анализов количества исследуемого минерала может быть существенно (в 3–5 раз) сокращен в сравнении с традиционными методиками, в которых используется механическое измельчение породы. Благодаря высокой сохранности морфологии включений возможности исследований расширяются, а достоверность геохронологических анализов повышается. Выполнение этих работ хорошо согласуется с постановкой вопроса о создании специализированных центров геохронологических и изотопно-геохимических исследований на базе современного высокопроизводительного оборудования, один из которых создается на Кольском п-ове. Отметим, что при проведении сепарационно-минералогических исследований могут быть исключены операции, свойственные традиционным методикам, в том числе разделение в тяжелых жидкостях, что существенно улучшит условия труда на сепарационном переделе.

Ощутимым недостатком, сужающим границы применения ЭИ-дезинтеграции, является выраженное снижение энергетической эффективности в области тонкого измельчения, обусловленное физическими факторами. С уменьшением крупности разрушаемых частиц до 1–2 мм вообще становится принципиально невозможным реализовать процесс электрического пробоя внутри частицы, и происходит смена механизма электроимпульсного воздействия (каналом разряда внутри частицы) на электрогидроимпульсный (каналом разряда вне частицы, в жидкой среде). Однако проблема энергоемкости, возникающая при переходе в область тонкого измельчения, не является тупиковой для использования в процессах переработки минерального сырья эффектов электрофизического воздействия на материалы. В развитие идеи электроразрядной активации материалов [10] в приложении к селективной дезинтеграции руд нами предложены различные варианты электроразрядного разупрочнения руд [8, 32]. В этих процессах ставится задача не собственно измельчения, а лишь избирательного разупрочнения структуры материала, осуществляемого электрогидроимпульсным воздействием или каналами незавершенных (или ограниченных по времени действия) электрических разрядов. В одних случаях технологический эффект реализуется на последующей стадии переработки минерального сырья, например, в гидрOMETаллургическом процессе извлечения полезных

компонентов (проверено на примере автоклавного выщелачивания на сподумене), в других – это является подготовительным процессом для последующего механического доизмельчения материала, эффективность которого резко улучшается (проверена в рудоподготовке лопаритовых руд). Сейчас это подтверждено впечатляющими результатами работ по подготовке к выщелачиванию пиритовых отходов [33] в ИЭ УрО РАН и золотосодержащих концентратов [34] в ИПКОН РАН с использованием импульсов напряжения наносекундной длительности. Технологически важно, что режим разупрочнения с использованием многоволновых СВЧ-генераторов может быть реализован и в воздушной среде. Будущая технология обогащения руд с тонкой вкрапленностью нам представляется комплексной, использующей положительные свойства нескольких методов дезинтеграции, – высокую производительность дробления механическим способом, высокую селективность раскрытия руд электроимпульсным способом на стадии измельчения до гравитационной крупности и высокую эффективность вскрытия тонкой вкрапленности электроразупрочняющим воздействием.

### **Разработка электротехнического оборудования для электроимпульсной технологии**

Электроимпульсная технология потребовала разработки электротехнического оборудования нового класса и решения ряда проблем его использования [35]. Применительно к условиям технологии были обоснованы параметры нового электротехнического оборудования и организована его разработка специализированными организациями: зарядных устройств ограниченных габаритов шахтного исполнения КВТМ и РНТМ-ВТМ на Московском электрозаводе им. Куйбышева, генераторов импульсов шахтного исполнения ГИНШ – в ХПИ, высоковольтного импульсного кабеля с пустотелым центральным токопроводником – в Ереванском отделении ВНИИКП, импульсных конденсаторов – в Серпуховском филиале НПО "Конденсатор", источников импульсов на основе импульсного трансформатора – в Тольяттинском отделении ВЭИ и ВНИИЭФА. Испытания подтвердили возможность поэтапного совершенствования электротехнического оборудования. Разработанные зарядные устройства в значительной степени отвечали требованиям специфичных условий электроимпульсной технологии по показателям надежности работы. В наиболее сложной проблеме создания конденсаторов с высоким ресурсом работы также был заметный прогресс – ресурс работы конденсаторов повысился на три порядка, конденсаторы ИМ-50–0.2 практически обеспечивали гарантированный изготовителем ресурс работы в  $10^8$  имп. при частоте следования 20 имп/с. Однако удельные массогабаритные и энергетические характеристики оборудования оставались крайне низкими. Решение проблем повышения конкурентной способности электроимпульсных технологий – в кардинальном совершенствовании электротехнического обеспечения электроимпульсных процессов, в разработке и освоении новых технических решений в источниках импульсов с высокими удельными энергетическими характеристиками.

Произошедший в последние два десятилетия революционный прорыв в выпрямительной технике, связанный с совершенствованием полупроводниковой элементной базы, ферромагнитных материалов и переходом к схемам высокочастотного преобразования напряжения, позволил практически на два порядка улучшить удельные энергетические характеристики зарядных устройств, что в достаточной мере отвечает требованиям, предъявляемым условиями электроимпульсной технологии. При разработке генерирующей аппаратуры мы отталкиваемся от опыта разработки импульсных трансформаторов с участием ТФ ВЭИ и НИИЭФА. Удалось существенно уменьшить размеры генераторов импульсов, но с точки зрения минимизации размера и веса не устраивает использование в этих разработках магнитопроводов на железе. Решением является переход к использованию материалов с высокой магнитной проницаемостью, адаптации к условиям электроимпульсной технологии уже апробированных решений из смежных отраслей электротехники. Сейчас интерес к этой проблеме обозначили ИСЭ СО РАН и НИИ ВН, на проверку, по существу, находятся три варианта решений, и первые результаты выполненных работ обнадеживают [36–39].

Высоковольтное электроаппаратостроение для электроразрядных технологий – сравнительно молодая отрасль электротехники. Имеющийся багаж технических идей по совершенствованию оборудования значителен, но реализован далеко не в полной мере, и поэтому очень высока вероятность технологического прорыва в этой отрасли и вместе с этим –

технический прорыв в производственном использовании ЭИ-технологий. Современная элементная база уже сейчас позволяет создавать ЭИ-технологии в спецприменениях с ограниченной производительностью. Дальнейшее совершенствование установок в сторону повышения их мощности последовательно вовлечет в производственное использование другие технологические направления способа.

### **Электроимпульсный способ разрушения – опыт зарубежных исследований**

За рубежом работы по электроимпульсной тематике были начаты в 1980-х гг. с участием переехавших за рубеж российских специалистов – в Великобритании (У. Андрес), Канаде (Н. Рудашевский), Японии (И. Лисицин) и при заинтересованности в работах бизнеса получили развитие. Сейчас работы по электроимпульсным технологиям, в том числе с участием российских организаций, проводятся в Германии, Франции, Корее, Швейцарии, Чили, Китае и др. В Германию, Францию, Великобританию были поставлены дезинтеграционные установки для измельчения технологических проб (разработка НИИ ВН при ТПИ, г. Томск – институт «Механобр», г. С.-Петербург). НИОКР по электроимпульсным технологиям выполнены для транснациональных компаний Shell, Schlumberger, BP, Komatsu и других. Schlumberger и норвежские компании Statoil и Unodrill AS профинансировали НИР и опытно-конструкторские работы по глубинному бурению скважин, созданию погружных импульсных генераторов и буровых наконечников. Komatsu проявила интерес к бурению скважин большого диаметра и утилизации некондиционных железобетонных изделий. В Дрезденском техническом университете при финансовой поддержке Германского фонда «Окружающая среда» с участием НИИ Высоких напряжений, г. Томск выполняются работы по электроимпульсному резанию горных пород. В научном центре г. Карлсруэ (Германия) после приобретения у НИИ Высоких напряжений двух установок был даже открыт исследовательский институт электроразрядных и микроволновых технологий. Уже появились предложения зарубежных фирм на продажу электроимпульсных установок. Фирма Ammann Schweiz AG Mediacenter (Швейцария) на сайте <http://www.selective-fragmentation.com/> представляет электроимпульсные установки селективной фрагментации SelfFrag, изготавливаемые по лицензии Исследовательского центра Карлсруэ, Германия.

Свидетельством растущего интереса и ожиданий со стороны производства к электроимпульсным технологиям за рубежом является активное патентование разработок. При этом зачастую в качестве новизны включаются элементы и технические решения, которые давно известны и описаны российскими учеными, в том числе в непубликуемых изданиях («серая литература»), изобретениях.

Наше государство и отечественный бизнес теряют уникальную возможность освоения инновационных технологий, создались условия для безвозвратной утраты накопленного в России большого багажа составляющих «ноу-хау» знаний. Нет уверенности в том, что в условиях, когда в России по финансовым причинам существенно свернут фронт научных и проектно-конструкторских работ по электроимпульсным технологиям, ликвидированы уникальные стенды и расформированы научные коллективы, в мире будут считаться с приоритетом российских разработок, а российское патентное ведомство будет способно дать объективную оценку технической новизны в патентах зарубежных авторов при выдаче им российских патентов. Это будет препятствовать продвижению отечественных научно-технических разработок на внешние рынки, а при импорте новой техники в Россию по запатентованным в России зарубежным разработкам приведет к прямому экономическому ущербу для страны и российских первоизобретателей и авторов неопубликованных изобретений.

В условиях, когда в России у бизнеса отсутствует интерес к модернизации производства с использованием потенциала отечественных научно-технических разработок, когда разрушена система проектно-конструкторских организаций, лучшим вариантом для защиты научно-технического приоритета России в разработке электроимпульсных технологий было бы формирование специальной государственной научно-технической программы на НИОКР по ускоренной доработке отечественных научно-технических разработок до создания опытных образцов и организации производства новой техники в России.

Пока этого нет, стратегия развития работ в КНЦ РАН (вслед за НИИ ВН г. Томск) исходит из необходимости поиска внутри страны и за рубежом организаций, готовых на финансовое

обеспечение совместного выполнения НИОКР по созданию опытных образцов на базе научного вклада КНЦ и организацию совместного производства продукции, защищенного совместными патентами. При этом, учитывая широкую гамму технологических применений способа и диапазон энергетических режимов, предлагается поэтапное рассмотрение и решение проблемы восхождением от простого к сложному. На первом этапе предлагается создание установок ограниченной производительности, соответствующих запросам и отвечающих требованиям определенных отраслей, а уже далее по мере совершенствования электротехнического обеспечения способа целесообразно перейти к созданию более мощных установок и по более широкому спектру перспективных направлений использования.



*Рис. 20. За обсуждением научных проблем ЭИ-способа в Университете науки и технологии Хаужонг, Китай (ноябрь 2012)*

Кольским научным центром РАН с участием СПбГТУ в контакте с Geoexplorations S.A (Чили) для фирмы Codelco (Чили) выполнена разработка «Mining comminution applications and maintenance agreement in non conventional fracturation methods», направленная на разработку принципиальной схемы разрушения валунов при подземной добыче руд с использованием электроразрядных технологий (электроимпульсное бурение шпура и электрогидроимпульсное разрушение валуна).

В настоящее время заключено соглашение о совместных работах по электроимпульсной тематике с Университетом науки и технологии Хаужонг (Китай) (рис. 20), проект совершенствования электротехнического оборудования для электроимпульсной технологии включен в программу межгосударственного научно-технического сотрудничества России и КНР на 2013–2014 гг.

В обзоре использованы результаты работ, выполненные автором совместно с Б.С. Блазным (рук. лаборатории «Кварц» в 1964–1981 гг.), В.М. Адамом, В.С. Баранцевым, Д.Н. Блазной, А.Н. Данилиным, А.Х. Ерухимовым, М.М. Каганом, В.С. Кононенко, А.И. Ракаевым, С.В. Ромакиным, Л.Л. Савчуком, Н.П. Тузовым, И.А. Щеголевым, В.А. Цукерманом, В.В. Бородулиным, А.С. Поточкиным.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Воробьев А.А. Электрические разряды обрабатывают материалы, разрушают твердые тела // Изв. Томск, политехн. ин-та. Томск: Изд-во ТГУ, 1958. Т. 95. С. 315–339; 2 Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект. М.; Л.: Машгиз, 1955. 50 с. 3. Воробьев А.А. и др. Электрический пробой и разрушение твердых диэлектриков / А.А. Воробьев, Г.А. Воробьев. М.: Высшая школа, 1956. 4. Воробьев А.А. и др. Способ отбойки и раздробления полезных ископаемых и горных пород / А.А. Воробьев, Е.К. Завадовская. Авт. свид. на изобретение № 1954-03 с приоритетом от 28.УП. 1951; 5. Протасов Ю.И. и др. Электрическое разрушение горных пород / Ю.И. Протасов, В.В. Ржевский. М.: Недра, 1967. 6. Арш Э.И. Применение токов высокой частоты в горном деле. М.: Недра, 1967; 312 с.; 7. Воробьев А.А. Разрушение горных пород электрическими импульсными разрядами. Томск: Изд-во ТГУ, 1961. 150 с. 8. Усов А.Ф. и др. Электроимпульсное дробление и разупрочнение руд и материалов / А.Ф. Усов, А.И. Ракаев // Обогащение руд. 1989. № 4. С. 42–43. 9. Ракаев А.И. Оптимизация рудоподготовки при гравитационном обогащении. Л.: Наука, 1989. 184 с. 10. Шепелев И.И. Интенсификация процессов пульпоподготовки при извлечении цветных металлов с применением электровзрывной активации. Красноярск,

1989. 206 с. **11.** Усов А.Ф. и др. Переходные (электрические) процессы в установках электроимпульсной технологии / А.Ф. Усов, Б.В. Семкин, Н.Т. Зиновьев. Л.: Наука, 1987. 179 с. **12.** Семкин Б.В. и др. Основы электроимпульсного разрушения материалов / Б.В. Семкин, А.Ф. Усов, В.И. Курец. Апатиты: КНЦ РАН, 1995, 276 с. **13.** Курец В.И. и др. Электроимпульсная дезинтеграция материалов / В.И. Курец, А.Ф. Усов, В.А. Цукерман. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 324 с. **14.** Казуб В.Т. и др. Электрический разряд на границе раздела жидкого и твердого диэлектриков / В.Т. Казуб, Г.С. Коршунов // Физика диэлектриков и новые области их применения: тез. докл. Всесоюз. конф. Караганда, 8-10 июня 1978 г. Караганда: Изд. Караганд. политехн. ин-та, 1978. С. 26-27. **15.** Импульсный пробой и разрушение диэлектриков и горных пород / А.А. Воробьев, Г.А. Воробьев, Е.К. Завадовская и др. Томск: Изд. Томского ун-та, 1971. 225 с. **16.** Тонконогов М.П. Диэлектрическая релаксация, электрический пробой и разрушение горных пород. М.: Недра, 1975. 175 с. **17.** Семкин Б.В. Электрическая искра в твердом теле как источник механических возмущений среды // Техника высоких напряжений. Томск: Изд. Томск. ун-та, 1973. С. 22–23. **18.** Семкин Б.В. Электрический взрыв в конденсированных средах. Томск: Изд. Томск. политехн. ин-та, 1979. 89 с. **19.** Семкин Б.В. и др. Определение коэффициентов поглощения плазмы канала разряда в твердом диэлектрике / Б.В. Семкин, Б.Г. Шубин // ПМТФ, 1977. № 4. С. 38–39. **20.** Семкин Б.В. и др. Задача Даниловской в случае движущейся с постоянной скоростью границы упругого полупространства / Б.В. Семкин, А.В. Юшин // Прикл. математика и механика. 1981. Т. 85, N 2. С. 394–396. **21.** Шилин П.Е. Экспериментальное исследование канальной стадии импульсного электрического пробоя твердых диэлектриков: дис. ... к.т.н. Караганда, 1978. 164 с. **22.** Усов А.Ф. и др. Трещинообразование в твердом теле при динамическом нагружении / А.Ф. Усов, И.А. Щеголев, Б.С. Блазнин и др. // Физика процессов и техника разработки недр. Л.: Наука, 1970. С. 55–59. **23.** Блазнин Б.С. и др. Экспериментальные исследования импульсного электрического разряда как источника динамического нагружения / Б.С. Блазнин, А.Ф. Усов, С.С. Локшина и др. // Термомеханические методы разрушения горных пород. Киев: Наукова думка, 1972. Ч. 5. С. 104–107. **24.** Блазнин Б.С. и др. Разрушающие факторы при воздействии на твердое тело искрового разряда. / Б.С. Блазнин, А.А. Кожушко, В.А. Лагунов, А.Ф. Усов // Исследование действия взрыва при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. Апатиты: Изд. КФАН СССР, 1973. С. 166–171. **25.** Семкин Б.В. и др. Энергетические аспекты электроимпульсной дезинтеграции твердых тел / Семкин Б.В., Курец В.И., Финкельштейн Г.А. // Обогащение руд. 1980. N 3. С.5-8. **26.** Ерухимов А.Х. и др. Анализ оптимальных соотношений в коаксиальной системе с комбинированной изоляцией / А.Х. Ерухимов, Л.Л. Савчук, Р.А. Трок, А.Ф. Усов // Электрофизическая аппаратура и электрическая изоляция. М.: Энергия, 1970. С. 387-392. **27.** Ерухимов А.Х. и др. Об условиях работы комбинированной изоляции коаксиальных систем передачи высоковольтных импульсов / А.Х. Ерухимов, Н.П. Тузов, А.Ф. Усов. // Электрофизическая аппаратура и электрическая изоляция: сб. стат. М.: "Энергия", 1970. С. 612–617. **28.** Блазнин Б.С. и др. Обработка природного камня электрическими разрядами / Б.С. Блазнин, И.А. Щеголев, Л.И. Лозин и др. // Электрон. обраб. материалов. 1983. N 1. С. 5-7. **29.** Усов А.Ф. и др. Перспективные процессы для камнедобычи и камнепереработки на основе электроимпульсного способа разрушения материалов / А.Ф. Усов, И.А. Щеголев, В.М. Адам // Добыча, обработка и применение природного камня. Магнитогорск: МГТУ, 2002. С. 129–149. **30.** Курец В.И. и др. Комплексная установка для дезинтеграции и выделения ограночного кристаллосырья из продуктивных пород / В.И. Курец, А.Ф. Усов, Г.А. Финкельштейн и др. // Обогащение руд. 1989. № 4. С. 40–41. **31.** Усов А.Ф. Перспективы технологий электроимпульсного разрушения горных пород и руд // Известия РАН. Энергетика. 2001. №1. С. 54–62. **32.** Усов А.Ф. Электроимпульсное разрушение материалов: аспекты энергосбережения, экологии и комплексного использования минерального сырья: материалы Междунар. конф. «Наука и развитие техносферы Заполярья: опыт и вызовы времени», г. Апатиты, 29 ноября – 1 декабря 2005 г. Апатиты, 2005. С. 124–127. **33.** Котов Ю.А. и др. Комплексная переработка пиритовых отходов горно-обогатительных комбинатов наносекундными импульсными воздействиями / Ю.А. Котов, Г.А. Месяц, А.Л. Филатов и др. // ДАН. 2000. Т. 372, №5. С. 654–656. **34.** Чантурия В.А. и др. Вскрытие упорных золотосодержащих руд при воздействии мощных электромагнитных импульсов / В.А. Чантурия, Ю.В. Гуляев, В.Д. Луни и др. // ДАН. 1999. Т. 366, №5. С. 680–683. **35.** Усов А.Ф. и др. Вопросы электротехнического обеспечения технологий электроимпульсного разрушения материалов источниками высоковольтных импульсов / А.Ф. Усов, В.С. Гладков // Вестник НТУ "ХПИ". Харьков, 2004. Вып. 35. С. 143–154. **36.** Усов А.Ф. и др. Проблема улучшения удельных массогабаритных и энергетических характеристик технических средств электроимпульсного разрушения материалов / А.Ф. Усов, В.В. Бородулин // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. №9. С. 375–379. **37.** Канаев Г.Г. и др. Высоковольтный импульсный генератор для электроразрядных технологий / Г.Г. Канаев, В.Р. Кухта, В.В. Лопатин и др. // Приборы и техника эксперимента. 2010. № I. С. 105–109. **38.** Kovalchuk V.M. et. al. High-voltage pulsed generator for dynamic fragmentation of rocks / V.M. Kovalchuk, A.V. Kharlov, V.A. Vizir, V.V. Kumpyak, V.B. Zorin, and V.N. Kiselev // Rev. Sci. Instrum. 81, 103506 (2010); doi:10.1063/1.3497307. **39.** Усов А.Ф. и др. О стратегии разработки и освоения электротехнического оборудования для технологий электроимпульсного разрушения материалов. Материалы Всероссийской (с международным участием) конф. по физике низкотемпературной плазмы «ФНТП-2011», г. Петрозаводск, 21–27 июня 2011 г. / А.Ф. Усов, А.С. Потокин. Петрозаводск: Изд. ПетрГУ, 2011. Т. 2. С. 62–69.

### Сведения об авторе:

Усов Анатолий Федорович – к.т.н., с.н.с., нач. научно-организационного отдела КНЦ РАН, старший научный сотрудник Центра физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН; e-mail: usov@admksk.apatity.ru



## СОЮЗ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ – ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ КОЛЬСКОГО ФИЛИАЛА ПЕТРГУ

**В.В. Ртвеладзе**

Кольский филиал Петрозаводского государственного университета

### **Аннотация**

Приведена краткая история создания Кольского филиала федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет», отражены этапы развития интеграции образования и науки в тесном сотрудничестве с Кольским научным центром Российской академии наук; создания надежной базы для подготовки высококвалифицированных кадров; внедрения инноваций в образовательный процесс; стратегии развития Кольского филиала ПетрГУ.

### **Ключевые слова:**

*высшее профессиональное образование, интеграция науки и образования, научно-образовательный комплекс, научно-учебный центр, базовая кафедра, научная школа, научная библиотека, центр тестирования, дополнительное образование, математическая и гуманитарная школа, «школа Сколково–Апатиты», международное сотрудничество, стратегия развития.*



Кольский филиал федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Петрозаводский государственный университет» (КФ ПетрГУ) был создан 26 октября 1994 г. – именно в этот день был подписан приказ Государственного комитета по высшему образованию РФ об организации Филиала.

Важнейшим аргументом при создании вуза в г. Апатиты было наличие Кольского научного центра Российской академии наук (КНЦ РАН), так как именно КНЦ РАН мог стать региональной научно-методической базой вуза, а его научные сотрудники могли войти в профессорско-преподавательский

состав вуза.

История создания Филиала начинается в далекие девяностые годы. В феврале 1991 г. Виктор Николаевич Васильев был избран ректором Петрозаводского государственного университета, а уже в июне 1991 г. между Петрозаводским государственным университетом и Институтом информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра Академии наук СССР (ИИММ КНЦ АН СССР) в г. Апатиты (директор – д.т.н. В.А. Путилов) был заключен договор о целевом приеме и подготовке специалистов с высшим образованием (в 1992–1998 гг. В.А. Путилов – профессор кафедры информатики и математического обеспечения Петрозаводского государственного университета).

В соответствии с этим договором в 1991 г. при ИИММ КНЦ РАН (рис. 1) была организована базовая кафедра математического факультета Петрозаводского государственного университета (рис. 2), а в ПетрГУ – научно-исследовательская лаборатория ИИММ КНЦ РАН с целью как приема абитуриентов из г. Апатиты в ПетрГУ, так и последующей подготовки специалистов с учетом новейших достижений науки, техники и технологий – так уже в 1991 г. были определены условия для создания и последующего развития высшего учебного заведения в г. Апатиты.

Тогда Мурманская область, один из крупнейших сырьевых регионов Севера России, столкнулась с нарастающим дефицитом специалистов по важнейшим для области профессиям. Система государственного распределения молодых специалистов распалась, а причины социально-экономического характера не позволяли решать кадровые проблемы. Таким образом, характерные для девяностых годов социально-экономические трансформации в регионе требовали комплексной стратегии в решении проблем высшего профессионального образования.

В то время в Мурманской области было всего 2 высших учебных заведения – Мурманский государственный технический университет (он и в настоящее время является отраслевым и находится в ведении Федерального агентства по рыболовству) и ныне Мурманский государственный гуманитарный университет. Ежегодно тысячи абитуриентов из Мурманской области отправлялись в различные вузы нашей страны, получали высшее образование, и подавляющее большинство их не возвращалось в родные края.



*Рис. 1. Институт информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН*



*Рис. 2. Петрозаводский государственный университет*

Именно тесное сотрудничество в образовательной сфере ректора ПетрГУ В.Н. Васильева и директора Института информатики КНЦ РАН В.А. Путилова легло в основу идеи – создать в г. Апатиты филиал Петрозаводского государственного университета. Эта идея была горячо поддержана академиком В.Т. Калининским – председателем Президиума КНЦ РАН, Е.Б. Комаровым – Главой администрации Мурманской области и Е.А. Вайнштейном – Главой г. Апатиты.

С тех пор на протяжении многих лет Кольский филиал ПетрГУ всегда был в сфере внимания ректора В.Н. Васильева. С его помощью решались очень многие вопросы, связанные с дальнейшим развитием Филиала, с лицензированием новых специальностей и дополнительных квалификаций, с организацией дополнительного профессионального образования, с кадровым обеспечением учебно-образовательного процесса (многие высококвалифицированные преподаватели ПетрГУ помогали Филиалу готовить специалистов), с обеспечением надлежащего библиотечно-информационного и справочно-правового, материально-технического и социально-бытового обслуживания, разрешались многочисленные проблемы.

В 1995 г. КФ ПетрГУ принимал своих первых абитуриентов на Прикладную математику и информатику (бакалавриат) и на две специальности – Менеджмент и Биология. Конечно, день 12 сентября 1995 г. стал историческим днем для жителей как г. Апатиты, так и всего Мурманского региона – начался первый учебный год (рис. 3) в новом вузе Мурманской области! Первых студентов и преподавателей приехали поздравить все, кто был причастен к этому знаменательному событию: Глава администрации Мурманской области, депутаты Мурманской областной Думы и руководители системы образования области, главы городских администраций и ректор Петрозаводского государственного университета В.Н. Васильев, который тепло поздравил студентов и преподавателей с началом первого учебного года, и зазвучал «Гаудеамус» – «будем радоваться!» – гимн студентов.





*Рис. 6. Дипломированные специалисты*

На 23 кафедрах, в том числе 18 выпускающих, работают 300 преподавателей, среди них 2 академика и 2 член-корреспондента РАН, свыше 190 докторов наук (профессоров) и кандидатов наук (доцентов). С момента организации Филиала уже выпущено свыше 9100 дипломированных специалистов (рис. 6). В составе кафедр Филиала – единственная в Мурманской области кафедра североведения: ведь на сегодня значительная часть Российской Федерации относится к Крайнему Северу и районам, приравненным к нему.

КФ ПетрГУ – единственный вуз в Мурманской области и Карелии, ведущий подготовку специалистов-менеджеров по специальности и направлению Сестринское дело для учреждений здравоохранения, органов управления здравоохранением, профессионально-образовательных и научно-исследовательских учреждений, учреждений социальной защиты. Профессорско-преподавательский состав постоянно повышает квалификацию, о чем свидетельствуют защиты 26 диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук за последние пять лет. Изданы сотни наименований учебных и учебно-методических пособий, разработаны электронные учебно-методические комплексы дисциплин.

В настоящее время в Кольском филиале ПетрГУ на очном, очно-заочном и заочном отделениях обучаются более 3.5 тыс. студентов, в том числе очно – 1110, заочно – 2400, очно-заочно – 24 студента.



*Рис. 7. Практические занятия в лаборатории*

Материально-техническая база Кольского филиала ПетрГУ успешно обеспечивает организацию учебного процесса, проведение теоретической, лабораторно-практической и научно-исследовательской работы студентов, аспирантов и соискателей (рис. 7). Филиал имеет

37 современных хорошо оснащенных лабораторий по естественнонаучным, гуманитарным и специальным дисциплинам. В распоряжении студентов 5 учебных корпусов, 3 общежития, спортивные сооружения, клуб. Общая площадь помещений составляет более 38.6 тыс. м<sup>2</sup>.

Работают 12 базовых кафедр институтов КНЦ РАН, реально осуществляя практическую интеграцию науки и высшего образования. Базовые кафедры являются научно-образовательными центрами. Преподаватели кафедр – «действующие» ученые, ведущие научные исследования на мировом уровне. В институтах КНЦ РАН студенты слушают лекции, используют учебно-методические пособия, издаваемые ведущими учеными, занимаются научными исследованиями, выполняют курсовые и дипломные работы, проходят учебную и производственную практики (рис. 8).



*Рис. 8. Студенты горного факультета на геологической практике*

Как следствие, ежегодно растет число выпускников, принятых на работу и (или) в аспирантуру КНЦ РАН: за последние 5 лет в аспирантуру КНЦ РАН поступили более 100 выпускников.

В распоряжении студентов – большая научная библиотека, имеющая четыре отраслевых отдела (технической литературы, естественнонаучный, гуманитарный, экономико-правовой), насчитывающая свыше 225 тыс. единиц учебной, научной и справочной литературы. Собственная издательская база Филиала связана с выпуском учебной, учебно-методической и методической литературы, а также с изданием научных трудов профессорско-преподавательского состава. За 5 лет издано 25 сборников научных трудов КФ ПетрГУ и сборников докладов научных конференций. Преподаватели Филиала за этот

период издали 85 монографий, 51 учебное и учебно-методическое пособие, в том числе 14 с грифом Минобразования РФ общим тиражом более 40 тыс. экземпляров. Организован и активно развивается электронный читальный зал, который насчитывает более 1 тыс. наименований электронных изданий учебной и справочной литературы.



*Рис. 9. Региональный центр тестирования*

В Филиале создан Региональный центр тестирования (рис. 9), задачей которого является содействие и помощь школьникам и абитуриентам в выборе будущей профессии и приобретении опыта прохождения Единого государственного экзамена. Центр тестирования КФ ПетрГУ в 2009 г. признан Центром тестирования и развития МГУ им. М.В. Ломоносова «Гуманитарные технологии» одним из лучших организаторов тестирования в России – занял 3 место, оставив позади более 190 центров. Одним из важных

направлений деятельности Центра является тестирование студентов по различным дисциплинам и их участие в Интернет-экзаменах в сфере высшего профессионального образования, результаты которых используются при аккредитации вуза, что позволяет осуществлять более качественную подготовку специалистов.

В КФ ПетрГУ создана и развивается система контроля качества подготовки специалистов. Создан Научно-технический совет по управлению качеством образования, задача которого – планирование и координация работ по созданию и развитию управления качеством образования,



что отвечает требованиям вхождения в Болонский процесс. Разработана информационная система контроля качества обучения.

В структуре Филиала успешно работает Математическая школа (рис. 10), основной задачей которой является поиск математически одаренных детей и оказание им помощи в формировании и развитии природных математических способностей. Школа организует и проводит ряд математических турниров, олимпиад и соревнований, в ходе которых проводится отбор детей для последующей работы в форме кружков и мастер-классов. Слушатели Математической школы КФ ПетрГУ в феврале 2010 г. стали победителями XXI математического праздника в МГУ им. М.В. Ломоносова и получили Диплом I степени и Почвальный грамоту. Они являются также победителями турниров городов, Московской математической олимпиады



*Рис. 10. Е.А. Вайнштейн, руководитель Математической школы*

В 2012 г. на гуманитарном факультете была организована Гуманитарная школа с целью популяризации социально-гуманитарных знаний и оказания систематической помощи школьникам в освоении наук о человеке и обществе.

Слушатели Гуманитарной школы – учащиеся 6–11 классов школ г. Апатиты. В Гуманитарной школе сформированы исследовательские группы, их задача – привить школьникам с участием преподавателей и студентов гуманитарного факультета навыки научно-исследовательской и проектной деятельности в области современных социально-правовых проблем.

Культурная и спортивная жизнь в Филиале активно развиваются параллельно с учебным процессом. Важной составляющей студенческой общественной и культурной жизни является работа Студенческого совета. В Филиале уже много лет студенческая редакция выпускает газету «Арктический университет».

Существуют команды КВН, театр, инструментальные и танцевальные ансамбли, рок-коллективы, академический хор, студенческий клуб – творческая лаборатория студентов, которая открывает и развивает таланты, способности. Фестивали, конкурсы, концерты – далеко не полный перечень форм внеаудиторной работы, которая позволяет сформировать духовно развитую личность.

В 2012 г. академический хор студентов и сотрудников Кольского филиала ПетрГУ награжден Грантом генерального директора К.В. Никитина к 83-й годовщине ОАО «Апатит» в номинации «Культура» за успехи в области музыкального искусства.

Значительное внимание в Кольском филиале ПетрГУ уделяется физическому воспитанию и спорту – недаром студенты-спортсмены Кольского филиала ПетрГУ во многих видах спорта становились многократными призерами мировых, европейских, российских, региональных и городских спортивных состязаний. За последние 5 лет в Филиале учились и учатся 6 мастеров спорта (1 – международного класса) и 11 кандидатов в мастера спорта. В чемпионатах мира по санному спорту участвовали 3 наших студента, в чемпионатах Европы два студента завоевали бронзовые медали, один стал чемпионом Европы по рукопашному бою и боевому самбо и т.д.

Международное сотрудничество Кольского филиала ПетрГУ развивается по многим направлениям в рамках как обмена студентами и преподавателями, так и совместной научно-образовательной и инновационной деятельности (рис. 11).

Последняя комплексная оценка деятельности Кольского филиала ПетрГУ проводилась в 2009 г. по новой программе проверки – современным оценочным показателям. Вывод Государственной аккредитационной комиссии: содержание, уровень и качество подготовки выпускников, а также условия ведения образовательного процесса в Кольском филиале ПетрГУ соответствуют требованиям государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования.





*Рис. 11. Студенты Кольского филиала ПетрГУ на атомной электростанции в Германии*

Основные направления деятельности Филиала связаны с существенным повышением качества образовательной, инновационной, научно-исследовательской, организационно-управленческой и воспитательной деятельности. Особенностью развития научно-инновационной деятельности КФ ПетрГУ является кооперация преподавателей факультетов (кафедр) с научными подразделениями Кольского научного центра РАН. Значимые инновационные разработки создаются совместными исследованиями, например, горного факультета Кольского филиала ПетрГУ и Горного института КНЦ РАН, факультетом информатики и прикладной математики и ИИММ КНЦ РАН, и др.

Наличие научных школ, возглавляемых академиками В.Т. Калининским, Н.Н. Мельниковым, чл.-корр. РАН В.К. Жировым, Э.В. Ивантером, докторами наук, профессорами В.А. Путиловым, Е.Д. Терещенко, В.С. Жаровым, Б.В. Ефимовым и другими, позволяет студентам Кольского филиала ПетрГУ принимать активное участие в создании новых научных направлений, в научных программах и грантах.

В учебном процессе горного, физико-энергетического факультетов и факультета информатики и прикладной математики широко используются методы компьютерного моделирования и математические методы обработки, например, горно-геологической и технологической информации, в виде 3D моделей объектов горных технологий, позволяющих реально представлять процессы горного производства. Использование методов и средств имитационного моделирования позволяет сделать наглядным ход сложных и многообразных явлений измельчения и разделения минеральных частиц, получить сведения о наиболее вероятных результатах обогащения руд для данной конкретной технологической ситуации, что является необходимым условием для своевременного и обоснованного принятия ответственного решения.

Проводимые на горном факультете исследования направлены на разработку имитационных моделей флотации руд; математической модели для расчета качества руд; автоматизацию процесса дробления и измельчения руд и др.

Привлечение инноваций в подготовке инженерно-технических кадров на факультете информатики и прикладной математики осуществляется по трем основным направлениям:

- комплектование учебных лабораторий комплексами современных аппаратно-программных средств для практического освоения последних нововведений в области информационных технологий, цифровой техники и автоматизации технических систем;

- внедрение в учебные курсы по направлениям подготовки «Информационные системы», «Автоматизированные системы управления и обработки информации», «Прикладная математика и информатика», «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» материалов по последним тенденциям и направлениям развития соответствующих областей науки;

- ведение научно-исследовательской деятельности студентами старших курсов на базе лабораторий ИИММ КНЦ РАН в рамках подготовки курсовых и дипломных работ с привлечением последних достижений в области информационной науки и техники.

Одним из важных показателей активности факультета информатики и прикладной математики в области инноваций является широкий спектр тем его научно-исследовательских работ. Так, проводимые на базовых кафедрах факультета исследования направлены на имитационное моделирование социально-экономических процессов в региональных системах: построение онтологических представлений для решения задач интеграции разнородных информационных ресурсов; разработку средств анализа и прогнозирования развития разнородных предприятий на основе агентных технологий, создание технологий и инструментов для оценки сетевой загруженности региональных информационных сетей; создание системы виртуальных бизнес-площадок; разработку механизмов, программных средств и информационных технологий по продвижению инноваций на региональном рынке товаров и услуг и др.

На физико-энергетическом факультете КФ ПетрГУ, как и на других факультетах, значительное внимание уделяется вопросам подготовки специалистов, отвечающих современным требованиям: созданию новых организационных структур, использовании нового современного оборудования и программного обеспечения, представляющего, в частности, высокоэффективную среду графического программирования, уникальные измерительные виртуализированные системы и приборы, автоматизированные и встроенные приложения.

Поскольку инновационная экономика – это стратегическое направление развития России в XXI веке, значительное внимание в этом направлении в КФ ПетрГУ уделяют информационным технологиям, компьютеризированным системам и высоким производственным технологиям, то есть в Филиале разрабатывается новая концепция подготовки кадров. В 2002 г. в качестве одного из подразделений КФ ПетрГУ в г. Апатиты открылся Региональный центр Интернет-образования. В этом центре более 6700 работников образования Мурманской области овладели навыками работы с компьютером, научились использовать возможности Интернета. В 2012 г. создан Центр дополнительного образования, задачей которого является организация обучения по программам краткосрочных курсов повышения квалификации, по программам переподготовки для выполнения нового вида профессиональной деятельности и по дополнительным к профессиональному диплому квалификациям, также затрагивающим сферу инновационной экономики.



*Рис. 12. Обсуждение этапов создания «Школы Сколково-Апатиты»*

В сентябре 2011 г. Фондом «Сколково» был объявлен конкурс на разработку концепций передовой системы дошкольного и школьного образования, призванной стать прототипом учебных заведений будущего («Школы Сколково»). По результатам конкурса концепция «Школа

Сколково-Апатиты», предложенная Кольским филиалом ПетрГУ, признана одной из лучших (рис. 12). Школа № 5 в г. Апатиты – база для учебного заведения нового типа. Создание школы будущего намечено на 2013 г. при содействии КНЦ РАН и «ФосАгро».

Итоги приема абитуриентов в Кольском филиале ПетрГУ в 2012 г. в условиях «демографической ямы» и перехода всех вузов России на двухуровневую систему подготовки вполне удовлетворительны – план приема студентов на бюджетные места очного отделения выполнен, а конкурс по заявлениям на отдельные направления достигал 12–22 человека на место.

Среди выпускников Филиала много достойных руководителей предприятий и организаций Мурманского региона: М.В. Горбачев – глава г. Кировск; О.Б. Савшак – председатель Комитета по управлению имуществом Администрации г. Апатиты; О.Г. Самарский – заместитель директора ОАО «ОЛКОН», г. Оленегорск; С.Г. Беседовский – заместитель генерального директора ОАО «Кольская ГМК»; Ф.А. Блюденев – руководитель отдела процессуального надзора Следственного управления Следственного комитета России по Мурманской области; И.А. Буслова – начальник Службы судебных приставов г. Апатиты; А.В. Круглин – прокурор Октябрьского района г. Мурманска; В.С. Сорокин – главный инженер ОАО «Кандалакшская горэлектросеть»; А.И. Усов – начальник бюро администрирования компьютерных сетей и обслуживания вычислительной техники головного филиала ФГУП «ЦС «Звездочка» судоремонтного завода «Нерпа»; В.Н. Шарлай – заместитель главного инженера ОАО «Кольская ГМК»; А.Ю. Барабаш – главный инженер АНОФ-3 ОАО «Апатит»; И.Н. Двойнишникова, А.А. Екимов, С.Ю. Сухих, М.А. Черная – судьи городских судов Мурманской области, и многие другие.

В 2009 г. сотрудники КФ ПетрГУ в связи с 15-летием Филиала награждены Почетными грамотами и Благодарностями Министерства образования и науки РФ, Министерства образования и науки Мурманской области, Губернатора Мурманской области, Мурманской областной Думы, Администрацией г. Апатиты, Петрозаводского государственного университета и Кольского филиала ПетрГУ.

В 2009 г. Кольский филиал ПетрГУ признан лауреатом конкурса «Золотая медаль «Европейское качество» в номинации «100 лучших вузов России». В 2010 г. – 4 образовательные программы вошли в 1000 лучших образовательных программ высшего профессионального образования РФ. В 2011 г. Кольский филиал ПетрГУ удостоен звания лауреата конкурса «100 лучших вузов России» в номинации «Филиал года-2011».

Деятельность Кольского филиала ПетрГУ признана эффективной на уровне Министерства образования и науки Российской Федерации. Такую высокую оценку в ноябре 2012 г. Филиал получил по итогам мониторинга деятельности федеральных государственных образовательных учреждений высшего профессионального образования, в котором приняли участие 541 вуз и 994 филиала.

Стратегия развития Кольского филиала ПетрГУ на 2010–2016 гг. нацелена на переход и реализацию уровневой подготовки; мероприятия по адаптации к имеющимся социально-экономическим и демографическим условиям региона; обеспечение качества образования; развитие каждого факультета в направлении реализации уровней подготовки, лицензирование новых направлений, дополнительных квалификаций и программ повышения квалификации, мониторинг качества образовательного процесса, использование интерактивных методов обучения, совершенствование материально-технической базы.

#### **Сведения об авторе**

*Ртвеладзе Виоланта Владимировна* – к.т.н., доцент, зам. директора КФ ПетрГУ по развитию; e-mail: rtveladze@arcticsu.ru

**VIII Всероссийская научная школа**

**«Математические исследования в естественных науках»**

**ГИ КНЦ РАН, 15–16 октября 2012 г.**

В Геологическом институте КНЦ РАН под эгидой Комиссии по работе с молодежью РАН и Кольского отделения Российского минералогического общества состоялось ежегодное заседание Всероссийской научной школы «Математические исследования в естественных науках». Научная школа объединяет специалистов, творчески применяющих математические методы в естественных науках. Во время проведения школы были представлены пленарные и молодежные доклады о применениях классических и эвристических методов для описания структур и процессов в геологии, геофизике и биологии. В течение двух дней на трех секциях: «Математические исследования в геологии», «Математические исследования в геофизике» и «Математические исследования в биологии» были заслушаны 12 устных докладов, представленных научными сотрудниками и аспирантами из институтов РАН и университетов (Апатиты, Благовещенск, Владимир, Кировск, Москва, Петрозаводск, Сыктывкар, Тольятти). Работу завершила активная дискуссия. Как и в предыдущие годы, школа была ориентирована на поиск универсальных, междисциплинарных и пограничных подходов в естественных науках. Именно поэтому в большинстве докладов с разных сторон рассматривались вопросы классификаций, описания сложных природных систем, их математического моделирования, в том числе и динамического.

**XI Международная научная конференция**

**«Комплексные исследования природы Шпицбергена»**

**ММБИ КНЦ РАН, 1–2 ноября 2012 г.**

Научный форум собрал представителей институтов и организаций из России (Москва, Санкт-Петербург, Мурманск, Апатиты, Кировск, Казань, Ростов-на-Дону, Архангельск, Петрозаводск), Норвегии и Чехии. В качестве докладчиков, слушателей и заочных участников конференции зарегистрировались 121 человек. Заслушаны и обсуждены 29 устных докладов, рассмотрены 12 стендовых докладов.

Представленные доклады были посвящены наиболее важным и перспективным результатам фундаментальных исследований в области геологии, геофизики, сейсмологии, геоморфологии, гляциологии, океанологии, биологии и археологии. Все участники конференции отмечали, что западно-арктический бассейн представляет собой важнейший сегмент северной циркумполярной области Земли, где наиболее ярко проявляется изменчивость природных процессов, что объясняет пристальный интерес ученых к Арктическому шельфу и арктическим архипелагам. Обсуждались новейшие данные непрерывного сейсмического и акустического мониторинга на архипелаге, вопросы влияния климатических флуктуаций на ледники Шпицбергена, последние археологические находки. Традиционно важное место в докладах было уделено влиянию глобальных и локальных климатических и антропогенных воздействий на видовое разнообразие и количественные характеристики фитопланктона и фитобентоса, макрофитов, зоопланктона и зообентоса, орнитофауны и почвенных артропод, а также исследованию их трофических связей. Оживленную дискуссию вызвал доклад, посвященный моделированию зарождения и сценариям развития полярных циклонов над арктическими морями.

Отмечен высокий уровень докладов и научно-исследовательских работ, проводимых российскими учеными и специалистами в области фундаментальной и прикладной науки на арктическом архипелаге.

Участники конференции отметили чрезвычайную плодотворность научного мероприятия для реализации комплексного мультидисциплинарного подхода к анализу проблем арх. Шпицберген. Были отмечены усилия институтов КНЦ РАН по укреплению научной базы КНЦ РАН на арх. Шпицберген, способствующие улучшению качества обработки экспериментального и экспедиционного материалов и продвижению отечественных исследований на мировой научный рынок.

**II Международное совещание по теоретическим аспектам колониальности у птиц,  
посвященное 100-летию со дня рождения В.М. Модестова  
ММБИ КНЦ РАН, 7–8 ноября 2012 г.**

Основной целью совещания стал обмен опытом между орнитологами по различным аспектам экологии колониального гнездования на примере конкретных видов и групп птиц для формирования новых теоретических обобщений. В работе совещания приняли участие 32 докладчика из научных организаций и заповедников России (Ульяновск, Архангельск, Санкт-Петербург, Чебоксары, Мурманск, Москва, Ростов-на-Дону, Краснодар, Сыктывкар, Новосибирск, р. п. Листвянка), Украины, Польши, Норвегии.

С первого дня работы совещание проходило в обстановке активной дискуссии между участниками мероприятия. Огромный интерес у участников и гостей совещания вызвали презентации по таким докладам, как «Колониальные птицы и трансмиссия паразитов в морских прибрежных экосистемах», «Пространственно-временная структура поселений адвентивных видов колониальных околоводных птиц в условиях зарастания водных экосистем (на примере водохранилищ Среднего Днепра)», «Социальная структура поселения моевок *Rissatridactyla* и факторы, ее определяющие»; «Биотические последствия изменения местообитаний в колониях и колониальных поселениях птиц в высокой Арктике», «Роль коммуникативных систем в формировании структуры колонии на примере речной крачки *Sterna hirundo*». Актуальными для обсуждения стали вопросы по исследованию различных аспектов колониальности у конкретных видов и групп птиц, озвученных в докладах: «Топические связи кобчика *Falcovespertinus* в колониальных поселениях на юге Европейской части России»; «Социальная структура поселения моевок *Rissatridactyla* и факторы, ее определяющие»; «Влияние гидрологического режима на пространственное распределение колоний ходулочника»; «Береговая ласточка как колониальный вид»; «Особенности формирования колоний голенастых *Ciconiiformes* на Веселовском водохранилище».

По итогам работы совещания была принята резолюция. В ее основу вошли предложения, полученные в ходе пленарных заседаний: подготовка книги по взаимодействию хищников и колониальных поселений птиц, разработка метода оценки формирования колоний в трехмерном пространстве, проведение в 2016 г. IV Международного совещания по теоретическим аспектам колониальности у птиц.

**Дидык В.В., Рябова Л.А. Тренды экономического и социального развития Мурманской области: результаты мониторинга за два десятилетия рыночных реформ / В.В. Дидык, Л.А. Рябова.** Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2012. 265 с.

В книге представлены результаты многолетнего мониторинга экономического и социального развития одного из регионов российского Крайнего Севера и Арктики – Мурманской области – за период с 1992 по 2011 гг., выполнявшегося авторами как в ходе собственных исследований, так и в рамках российско-финского исследовательского проекта «Экономический мониторинг на Северо-Западе России», в сотрудничестве с Центром переходных экономик (Centre for Markets in Transition, СЕМАТ), Хельсинкской школы экономики (Helsinki School of Economics). Кроме того, часть работы выполнена по гранту целевого конкурса Российского гуманитарного научного фонда «Россия в Арктике: история, современность, перспективы», проект № 12-32-06001 «Российская Арктика: современная парадигма развития» на 2012–2014 гг.

Особенность книги в том, что в ней, с одной стороны, представлены хроникально-документальные статистические и аналитические материалы, содержащие достоверную информацию о процессах, происходивших в экономической и социальной сфере Мурманской области за длительный период, и отражающие действительность, запечатленную в статистической информации той поры и основанных на ней суждениях авторов.

С другой стороны, в заключительной части работы даются обобщающие оценки развития Мурманской области за прошедшее двадцатилетие с позиций сегодняшнего дня. Формируется научное представление о ключевых трендах ее экономического и социального развития, способных привести к коренным изменениям в региональном социуме в ближайшей и отдаленной перспективе, устанавливается связь между деятельностью по социально-экономическому развитию региона в течение двух десятилетий рыночных реформ и ее нынешними результатами.

Книга адресует широкую аудиторию – исследователям, практикам, аспирантам и студентам, а также всем читателям, интересующимся проблемами социально-экономического развития регионов Крайнего Севера и Арктики Российской Федерации.

**Зосин А.П. и др. Экологические аспекты гипергенеза минерального сырья в условиях Субарктики / А.П. Зосин, Т.И. Приймак, В.А. Маслобоев.** Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2012. 184 с.

Природопользование минеральными ресурсами в условиях Субарктики основано на использовании существующего природоохранного законодательства РФ. Учитывая низкую ассимиляционную способность природных экосистем Севера, следует признать, что потребление природных ресурсов (восполнимых и не восполнимых) не учитывает возможности их восстановления в конкретных климатических условиях – воздуха, воды и, конечно, минерального ресурса. Складируемые забалансовые руды, отходы обогащения, получаемые в результате флотации целевого монопродукта, без учета воздействия загрязненных или плохо очищенных сточных вод, фильтрационных вод хвостохранилищ на среду обитания, обуславливают необходимость разработки природоохранного законодательства, учитывающего низкие средние температуры Региона, невозполнимость минерального сырья. Более того, наблюдается разубоживание добытого сырья, как дезинтегрированного, так и забалансового. Водопотребление и водоотведение в условиях Субарктики в ряде случаев превышает в 5–10 раз средне статистические показатели по России для однотипных производств. На примере некоторых предприятий рудного комплекса Мурманского ТПК исследована современная ситуация с обращением минерально-сырьевыми ресурсами и предложены способы решения возникающих экологических проблем. Для научных работников и инженерно-технического персонала промышленных предприятий.



**Север и рынок: формирование экономического порядка.** Научно-информационный журнал. 2012. № 3 (31). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2012. 158 с.

В этом номере представлены научные статьи, подготовленные по материалам выступлений на VI Научно-практической конференции «Север и Арктика в новой парадигме мирового развития. Лузинские чтения - 2012». Апатиты, 12–14 апреля 2012 г.

Конференция проводилась в соответствии с планом проведения научных мероприятий Российской академии наук, при поддержке гранта РГНФ №12-12-51500 в рамках долгосрочной целевой программы «Развитие образования Мурманской области» на 2011–2015 гг., региональный конкурс «Русский Север: история современность, перспективы».

**Труды КНЦ РАН. Прикладная экология Севера. 2012. Вып. 2.** Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2012. 132 с.

В сборнике представлены результаты исследований экологического состояния водоемов Евро-Арктического региона. Обобщены многолетние исследования содержания химических элементов в донных отложениях; показаны закономерности формирования химического состава вод под воздействием аэротехногенных нагрузок; рассматриваются тенденции изменений климата на Кольском п-ове. Обсуждаются закономерности трансформации структуры и функционирования различных компонентов пресноводных экосистем (фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, ихтиофауны), представлен прогноз их изменения под воздействием антропогенных загрязнений и глобальных изменений окружающей среды.

Для специалистов в области изучения пресноводных экосистем, экологов, гидробиологов, ихтиологов, преподавателей, аспирантов и студентов экологических и биологических направлений.

**Труды КНЦ РАН. Энергетика. 2012. Вып. 5.** Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2012. 111 с.

Пятый выпуск серии «Энергетика» содержит 14 статей авторов из 7 научно-исследовательских организаций и вузов России. Представлены результаты исследований и разработок, отражающие физико-технические проблемы энергетики, вопросы энергоэффективности и энергосбережения, перспективы развития возобновляемых источников энергии.

Выпуск адресован специалистам в областях электроэнергетики и электротехники, преподавателям и студентам вузов энергетических специальностей.

**Экономическая безопасность и снижение неравномерности пространственного развития Российского Севера и Арктики /** под науч. ред. д.э.н. В.С. Селина, к.э.н. Е.П. Башмаковой. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2012. 232 с.

В коллективной монографии рассматривается комплекс проблем, связанных с неравномерностью экономического развития северных регионов. Проведен сопоставительный анализ теорий региональной и пространственной экономики, особенностей измерения состояния территориальных систем и возможностей их типологии для целей регулирования. Выявлены проблемы неравномерности развития северных регионов и возможности сглаживания диспропорций по критериям экономической безопасности. Особое внимание уделено механизмам регулирования пространственной динамики, в том числе на основе формирования отраслевых и региональных кластеров. Показаны возможности развития Севера и Арктической зоны Российской Федерации на основе модернизации нефтегазового и транспортно-логистического комплексов.

Монография рассчитана на широкий круг специалистов, включая научных работников и преподавателей высших и средних специальных учебных заведений, государственных и муниципальных служащих. Она может быть также использована как учебное пособие для аспирантов и студентов экономических специальностей.

**Экономический механизм и особенности инновационной политики на Севере /** под науч. ред. д.э.н. В.С. Селина, к.т.н. В.А. Цукермана. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2012. 255 с.

В коллективной монографии рассматривается широкий спектр проблем развития инновационных процессов в Российской Федерации и ее северных регионах. Проводится анализ современных тенденций в научно-технической сфере, в том числе влияние отдельных специфических особенностей, таких как воспроизводственные диспропорции, инерционность национальной экономики и некоторые другие. Обосновано, что важнейшим фактором, сдерживающим инновационную динамику в регионах Севера, является технико-технологическое отставание многих предприятий и целых отраслей, высокий уровень износа производственных фондов. В то же время именно техническое перевооружение и модернизация, особенно учитывая финансовую обеспеченность сырьевых корпораций, может создать условия для устойчивого развития. Особое внимание уделено вопросам инновационной инфраструктуры, кластеризации вертикально-интегрированных компаний ресурсно-сырьевого сектора, являющихся основой экономики северных территорий, и проблемам их инновационного развития, в том числе процессам взаимодействия со структурными звеньями (предприятиями) на основе согласования интересов.

Монография рассчитана на широкий круг специалистов, включая научных работников и преподавателей высших и средних специальных учебных заведений. Она может применяться в качестве учебного пособия для студентов и аспирантов, в первую очередь экономических специальностей.

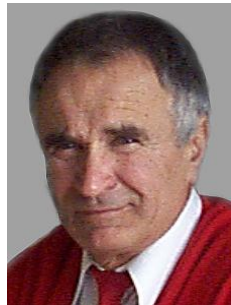
**Physics of Auroral Phenomena. Proceedinds of the 35<sup>th</sup> Annual Seminar.**

**Apatity, 28 Februar – 02 March 2012. Apatity, Print. KSC RAS, 2012. 187 p.**



Юбилеи

75



### ПАНИН Виктор Иванович

к.т.н. (1970), ведущий научный сотрудник (2000) Горного института. В Кольском научном центре РАН с 1961 г.

Специалист в области методики и техники экспериментальных исследований свойств и состояния горных пород в массиве. Область

научных интересов – геомеханика, геодинамика, горная геофизика, сейсмология и вопросы самоорганизации сложных динамических систем.

За время трудовой деятельности им лично и под его научным руководством выполнены исследования по методам прогноза напряженного состояния массивов пород на всех стадиях геологоразведочного процесса и освоения месторождений полезных ископаемых. Разработаны новые способы и техника определения степени удароопасности пород и профилактики горных ударов, внедренные на подземных рудниках Кольского п-ова.

Им с коллегами предложена и активно развивается новая концепция прогноза мощных динамических явлений в рудниках, основанная на общих законах эволюции сложных систем. В частности, 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 землетрясении. Это позволяет сделать более надежным геодинамический прогноз и повысить безопасность горных работ.

В.И. Панин является авторитетным и высококвалифицированным специалистом, получившим признание в научных учреждениях и на горных предприятиях нашей страны и за рубежом.

Им опубликовано свыше 170 научных работ, в том числе 8 монографий, 23 работы в трудах международных научных конференций.

Достижения В.И. Панина отмечались дипломами, грамотами и знаками отличия за плодотворную научную деятельность, результаты исследований неоднократно включались в число важнейших достижений Отделения наук о Земле Российской академии наук, он награжден знаками «Трудовая Слава» III степени (2005) и «Горняцкая Слава» I степени (2010).

65



**ВОСКОБОЙНИКОВ**  
**Григорий Михайлович**

д.б.н. (2006), профессор (2008). В Мурманском морском биологическом институте КНЦ РАН с 1985 г. – заведующий лабораторией альгологии. Известный специалист в области биологии водорослей, морской экологии. Им сформулирована концепция об адаптации, развитии морских водорослей-макрофитов

северных морей, послужившая основой сложившейся вокруг данного направления исследований научной школы. Под руководством Г.М. Воскобойникова лаборатория альгологии стала ведущим центром по изучению морских растений. Проведены уникальные лабораторные и натурные эксперименты, в результате которых детально описаны спорогенез и ранний онтогенез у большой группы доминантных видов макрофитов Баренцева моря, предложен механизм адаптации и регуляции роста у морских водорослей в условиях Арктики, впервые показано, что в онтогенезе макрофитов направленность генеральной жизненной функции определяет изменения в их морфологии, ультраструктуре, химическом составе и, что проявляется особенно ярко – изменениях фотосинтетической компоненты организма. Полученные результаты многолетних исследований внесли большой вклад в морфологию, физиологию, экологию растений.

Участник многих международных проектов в области биогеографии морских водорослей, биотехнологии, был членом оргкомитетов, сопредседателем международных конгрессов, симпозиумов в России и за рубежом. Соавтор трех патентов по биотехнологии гидроионтов, неоднократный лауреат конкурсов по инновационным технологиям, в рамках прикладных работ им была разработана и внедрена технология санитарной аквакультуры: плантация-биофильтр для очистки морской акватории от нефтепродуктов. Данная высоко рентабельная технология приобретает особую значимость для Мурманского региона в связи с планируемым строительством предприятий по переработке, перегрузке топлива на мурманском побережье Баренцева моря, увеличением транспортной нагрузки в прибрежье Мурмана.

Автор более 150 научных работ, в том числе соавтор 4-х монографий, 30 научных статей в российских и зарубежных журналах. Под его руководством успешно защищено 6 кандидатских диссертаций, в настоящее время работают 3 аспиранта.

Большое внимание Г.М. Воскобойников уделяет работе с молодыми учеными. По его инициативе ежегодно проводятся научные конференции молодых ученых, студентов и аспирантов.

Успешно совмещая академическую и преподавательскую деятельность, профессор Г.М. Воскобойников читает курсы лекций по клеточной и морской биологии, осуществляет руководство курсовыми и дипломными работами студентов в Мурманском государственном гуманитарном университете и Мурманском государственном техническом университете.

За достижения в научной и научно-организационной деятельности он неоднократно поощрялся почетными грамотами РАН и Минобрнауки РФ, дипломами престижных выставок.



*Юбилеи*

**S.N. Vinogradova**

**INDIGENOUS PEOPLES OF THE NORTH IN INVESTIGATIONS OF THE BSH KSC RAS**

The article is focused on the questions of establishment at the International Centre for Development of Science, Culture and Education KSC RAS the studies regarding indigenous peoples of the North. Further development of this scientific direction in the Barents Centre of the Humanities (BCH KSC RAS) is observed as well. The period under review is from second half of the 1990<sup>th</sup> till present time. The main factors, which specified the Saami studies as a priority at the beginning of the Centre' development, are appointed. Three most important areas for realization at the BCH KSC RAS investigations concerning indigenous peoples are indicated: 1) preservation of historical-cultural and natural heritage for indigenous inhabitation of the Murmansk region; 2) problems of socio-economic development for indigenous peoples of the North; 3) basis of the regional policy regarding indigenous peoples of the North. Main results, obtained in the period under review, are presented for each area.

*Keywords: indigenous peoples, Saami studies, history of science, Barents Centre of the Humanities KSC RAS.*

**F.D. Larichkin**

**EVOLUTION AND BACKGROUND OF THE MODERN PARADIGM (MODEL) OF RATIONAL SUBSOIL USE**

Evolution of the paradigm of rational subsoil use in works of domestic and foreign scholars is studied. Its gradual transformation to the model of low-waste production with recycling of all types of production and consumption wastes and maximal limitation of primary natural resource extraction is revealed, in prospect as resource-saving, environmentally balanced technologies of comprehensive utilization and processing of resources including nanotechnologies are developed.

*Keywords: minerals, comprehensive utilization, paradigm (model) of subsoil use, nano-technologies, low-waste production.*

**E.I. Makarova**

**ARCHIVAL DOCUMENTS OF THE KOLA SCIENCE CENTRE RAS AND THEIR POSITION IN SOCIAL HISTORY: 55 YEARS OF THE ARCHIVAL FUND OF THE KSC RAS**

The main stages of the Archival Fund of the Kola Science Centre RAS forming in 1930–1990 years were viewed in context of its cooperation with Archive of RAS. The history, structure of funds and the main activities of the Scientific Archive of the Kola Science Centre RAS from 1957 to the present is covered.

*Keywords: Russian Academy of Sciences (RAS), Archival fund of the RAS, Archive of the RAS, Scientific archive of the Kola Science Centre RAS, information system of the Archive of RAS.*

**V.P. Petrov, E.Y. Patsiia, O.V. Shabalina**

**The history of the organization and creation a Museum-Archive of the European North Investigation and Exploration History of the BCH of the KSC RAS (1970–2012)**

This paper presents basic steps for creating a Museum-Archive of the BCH KSC RAS and contains factual material revealing the processes of initiated and expeditionary manning of museum collections and exhibitions in the beginning of its activities, and brief overview of the permanent modern exposition.

*Keywords: Museum-Archive, Kola North, Northern Branch of the USSR Geographic Society, history of exploration and development of Kola Peninsula, BCH KSC RAS.*

**I.A. Razumova, V.P. Petrov**

**The FORMATION AND DEVELOPMENT OF HUMANITIES IN KOLA RESEARCH CENTER RAS**

The history of social sciences and humanities in Kola Research Center RAS is observed in the article. Some factors of the formation these research spheres in regional science and their significance for the national science as a whole are revealed. Current investigations conducting in Center of Humanitarian problems KRC RAS simultaneously agree with international level of social science and regional needs. Social-anthropological studies of human and society life in the Russian Far North and the history of science in Kola North are the main directions of these researches.

*Keywords: humanities, regional integrity, local studies, social anthropology, the history of science in Kola North.*

**N.N. Grishin, O.N. Krasheninnikov, O.V. Suvorova**

**LEADER IN BUILDING SCIENCES IN THE KOLA NORTH (dedicated to the 60<sup>th</sup> anniversary of the Department of Building Material Technologies of ICTREMRRM KSC RAS)**

A brief survey of a 60-year-long work carried out in the Building Materials Laboratory (later on – the Department of Building Material Technologies (DBMT) of ICTREMRRM KSC RAS) is presented. The developments of DBMT underlay the construction of such production lines in the Murmansk region as factories of common and silicate bricks from by-products of the Olenegorsk Ore-dressing and Processing Complex; insulating slabs from flaming slag of the Severonikel Smeltery; facing stone articles and stowing compounds from granite slag of the Pechenganikel Smeltery; baddeleyite concentrate from dressing wastes of Kovdor ores; high-temperature insulation from vermiculite of the Kovdor Deposit, and glazed tiles as well. It has been found that natural and man-made primary products of the Kola Peninsula can be turned into hydraulic and air binders, concretes (heavy, light, cellular, fine-grained, decorative, radioactivity-protecting, fire- and heat-resistant), ceramic, refractory, and glass-crystalline materials. The results of investigations have been described in 2000 publications including 21 monographs and 110 author's certificates and patents. The developments have been awarded with 22 medals both at national and international exhibitions. The DBMT researchers are actively participating in training of engineers for the building industry.

*Keywords: the Department of Building Material Technologies of ICTREMRRM KSC RAS, main results of activities.*

**P.B. Gromov, V.P. Kovalevsky, G.B. Kunshina**

**55<sup>TH</sup> ANNIVERSARY OF THE INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF RARE ELEMENTS AND MINERAL RAW MATERIALS**

The history of creating the Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials as a part of the Kola Science Center, of its structure, work group and research areas is related. The most significant results achieved in the course of 55 years are presented.

*Keywords: ICTREMRRM KSC RAS, history, collaborators, achievements.*

**N.M. Adrov**

**MARINE BIOLOGISTS – OCEAN PHYSICS**

There is the historical essay biooceanological research XIX–XX centuries by context the movement and transformations oceans water masses schematic models. There are circulation schemes of the Barents Sea, as a modeling interaction stage between Atlantic and Arctic Oceans. Climatologic scheme of advective (horizontal) component of transformations water masses work out in Murmansk marine biological institute Kola scientific center Russian Academy of sciences, owing to the marine biologists suppositions by nature of water circulation, marine inhabitants migrations and arctic ice drift.

*Keywords: migration, bioindication, water masses, thermohaline transformation, stratification, energomoiatureexchange, advection, convection, recirculation.*

**A.A. Kozyrev, V.I. Panin**

**ROCK MECHANIC STUDIES EVOLUTION IN THE MINING INSTITUTE KSC RAS DURING 1961–2011**

The progress of rock mechanics as an independent fundamental part of the mining science and its advances in the Mining Institute KSC RAS for 50 – year period are presented. Rock mechanics development depends on demand of mining-engineering practice and evolutionary scholarship logics.

*Keywords: rock mechanics, mining-engineering systems, rocks, rockbursts, geodynamic risks.*

**A.A. Predovsky**

**ON HISTORY OF PETROGEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF THE PRECAMBRIAN SUPRACRUSTAL COMPLEXES IN THE KARELIAN-KOLA REGION**

The article presents a short historical review of geological and petrogeochemical investigations of Precambrian supracrustal complexes of Karelian-Kola region in terms of formations. In conclusion possible trends and overall directions of future work are forecasted.

*Keywords: petrogeochemical investigations, supracrustal complexes, geological history.*

**E.D. Tereschenko, V.V. Safargaleev**

**MEMOIRS OF PROFESSOR BRJUNELLI B.E. ON HIS WORK AT THE PHYSICS OF THE EARTH DEPARTMENT OF THE LENINGRAD STATE UNIVERSITY**

At the beginning of the next year, it will be the 100<sup>th</sup> anniversary of the famous soviet geophysicist Professor Boris Brjunelli, the vice director of the Polar Geophysical Institute from 1967 to 1985. To commemorate this outstanding scientist who did a lot for the modern scientific image of PGI, we are publishing here his bibliographic memoirs on the little-known facts from the period of making Russian geophysical science.

*Keywords: electrical exploration, minerals, planetary geophysics, magnetometer.*



**O.E. Churkin**

**BRIEF OVERVIEW OF THE HISTORY AND BACKGROUND OF THE MINING INSTITUTE OF THE KOLA SCIENCE CENTER OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES**

A brief overview of the history and background of the Mining Institute of the Kola Science Center RAS is presented. It is shown that the scientists of the Institute made a great contribution to the Mining Science and mining practice during 50 years period.

*Keywords: Studies, developments, research areas, research schools, mineral deposits, mining works, mineral processing.*

**A.N. Vinogradov, Yu.A. Vinogradov, E.O. Kremenetskaya and S.I. Petrov**

**DEVELOPMENT OF INTEGRATED SYSTEM FOR SEISMIC AND INFRA-SOUND MONITORING IN THE WEST ARCTIC FOR XX CENTURY AND FURTHER PERSPECTIVES**

Main stages of the Barents Sea Regional Network development for XX Century are observed, and a key role of cooperation between the Kola Regional Seismological Centre RAS and NORSAR in design advanced technology and facilities for seismic and infrasound monitoring in the Euro-Arctic Region is lightened. Actual needs in extension the regional monitoring system are discussed, and some perspective measures are suggested due to provide safety of developing activity in the oil and gas fields on the Barents Sea shelf.

*Keywords: Euro-Arctic Region, seismicity, Barents Sea Regional Network, seismic and infrasound monitoring, geodynamic regime.*

**B.V. Efimov, B.G. Barannik, A.N. Danilin, V.A. Minin, Yu.M. Nevretdinov, V.N. Selivanov**

**ENERGY RESEARCH ON THE KOLA PENINSULA**

This article gives a brief overview of the energy research on the Kola Peninsula. Today, Centre for Physical and Technological Problems of Energy in Northern Areas is a leading scientific organization on the Kola Peninsula, specializing in basic research and applied research in the field of complex physical-technical and technical-economic problems of energy.

*Keywords: energy research, Kola Science Centre, Centre for Physical and Technological Problems of Energy in Northern Areas.*

**A.F. Usov**

**HALF-CENTURY ANNIVERSARY ELECTROPULSE METHOD FOR DESTRUCTION OF MATERIALS**

Physical basics of the electropulse method of materials destruction by forming a disruption channel in solids with impacting of pulsed microsecond voltage as well as regularities of this destruction under influence of an electric discharge channel at liberation of energy of a capacitive accumulator are described. Some resumes of an electropulse technique and technology for drilling of boreholes, cutting rocks in the technological processes of tunneling in an array, cutting blocks of stone, disintegration of ores and technical materials, scraping surfaces and blocks, etc., are presented.

*Keywords: electropulse destruction, drilling of boreholes, cutting of rocks, the disintegration of ores.*

**V.V. Rtveladze**

**THE UNION OF EDUCATION AND SCIENCE - HISTORY AND DEVELOPMENT OF THE KOLA BRANCH OF PETRSU**

The article describes the brief history of the Kola Branch of the Federal State Institution of Higher Professional Education «Petrozavodsk State University». It reflects the stages of development of the integration of education and science, in close cooperation with the Kola Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, formation of the reliable basis for training of qualified personnel, innovations in educational process, the development strategy of the Kola Branch of PetrSU.

*Keywords: Higher professional education, integration of education and science, scientific-educational complex, scientific-educational centre, basic chair, scientific school, scientific library, examination centre, secondary education, mathematical and humanitarian school, school "Skolkovo-Apatity", international cooperation, development strategy.*