

Российская Академия Наук

ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

3/2011



- Естественные и технические науки
- Общественные науки
- Хроника
- Конференции, семинары
- Новые книги
- Юбилеи

3/2011(6)

издается с декабря 2009 года
ISBN 978-5-91137-176-0

Российская Академия Наук

ВЕЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

Учредитель - Учреждение Российской академии наук Кольский научный центр РАН

Главный редактор - академик В.Т.Калинников
Заместители главного редактора
д.г.-м.н. В.П.Петров,
д.т.н. А.В.Горохов (руководитель редакции)

Редационный 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

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-mail: usov@admksk.apatity.ru

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ	
Н.О. Сорохтин, Н.Е. Козлов, Н.В. Куликов, В.Н. Глазнев, И.В. Чикирев	Эволюция северо-западной части Тимано-Варангерского нефтегазоносного бассейна..... 3
С.А. Козырев, Е.А. Усачев	Реакция массива горных пород на мощные динамические воздействия..... 21
Э.В. Каспарьян, В.В. Рыбин, Ю.А. Старцев	Применение сейсмотомографических исследований для геомеханического мониторинга участка борта карьера 30
В.В. Марчевская, Т.Н. Мухина	Изучение физико-механических свойств горных пород месторождений малосульфидных руд Кольского полуострова 34
Т.А. Корнилова, И.А. Корнилов	Встречное движение авроральных структур во время взрывной фазы суббури..... 39
И.А. Корнилов, Т.А. Корнилова	Наблюдения спутниками серии Темис синхронных возрастных потоков электронов и ионов в плазменном слое во время суббури..... 44
Е.Д. Терещенко, В.А. Любич, В.Ф. Григорьев	Моделирование результатов электромагнитного зондирования мощным контролируемым источником экстремально низкочастотного диапазона в средней части Кольского полуострова 49
А.Е. Веселов, В.В. Ярошевич, Е.А. Токарева, Г.П. Фастий	Разработка технических мероприятий по экономии электроэнергии в городских электрических сетях Мурманской области 58
В.В. Диковицкий, П.А. Ломов, Р.Р. Сепеда-Эррера М.Г. Шишаев	Современные методы создания мультимедийных веб-ресурсов на базе визуализации и обработки формализованной семантики 62
С.Ю. Яковлев, А.А. Рыженко, Н.В. Исакевич	Инновационные исследования ИИММ КНЦ РАН в сфере промышленно-экологической безопасности 73
А.В. Горохов, К.И. Иванов, Д.Н. Халиуллина	Информационная технология управления инвестиционной политикой сети инновационных предприятий 81
М.А. Тараканов	ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ Экономические исследования в Кольской базе и их возобновление в Кольском филиале АН СССР (Н.М. Тоцкий, Г.Н. Соловьянов, И.Т. Кузьминов, Б.И. Коган) 89
	ХРОНИКА 108
	КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ 109
	НОВЫЕ КНИГИ 112
	ЮБИЛЯРЫ 114
	CONTENTS 118

Редколлегия:

д.т.н. Горохов А.В., д.б.н. Белишева Н.К., к.т.н. Громов П.Б., д.ф.-м.н. Иванов В.Е., д.б.н. Кашулин Н.А., д.т.н. Козырев А.А., д.б.н. Макаревич П.Р., д.т.н. Олейник А.Г., д.и.н. Разумова И.А., к.г.-м.н. Рундквист Т.В., д.э.н. Селин В.С., к.т.н. Усов А.Ф. (ответственный секретарь редколлегии)
 Редактор: Менделева А.С., информационная и техническая поддержка: Тимофеева Л.А., Токарев А.Д., Мартынова Е.Т.
 Зав. издательством, художественный редактор Строков М.С.
 Верстка, фото Жиганов В.Ю.

УДК: 551.2/3+553.98(470+571/1-922)

ЭВОЛЮЦИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИМАНО-ВАРАНГЕРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА**Н.О. Сорохтин^{1,2}, Н.Е. Козлов^{1,3}, Н.В. Куликов⁴, В.Н. Глазнев⁵, И.В. Чикирев³**¹ Геологический институт КНЦ РАН;² Институт океанологии РАН, г. Москва;³ АФ ФГОУ «МГТУ»;⁴ ООО «Арктические технологии», г. Москва;⁵ Воронежский государственный университет**Аннотация**

Рассматриваются вопросы полистадийного развития прибрежной зоны Кольского региона и обосновываются пространственно-временные закономерности взаимодействия геодинамических процессов, влияющих на обстановки накопления углеводородов в осадочных комплексах шельфовых морей.

Ключевые слова:

геодинамическая эволюция, прогноз областей локализации, скопление углеводородов, нефтегазоносность.

Тимано-Варангерский нефтегазоносный бассейн достаточно хорошо изучен геолого-геофизическими методами, однако, закономерности пространственно-временного распределения УВ в его пределах и историко-генетические аспекты развития региона остаются на сегодняшний день исследованы в меньшей степени. Настоящая статья в определенной мере восполняет этот пробел.

Можно полагать, что в процессе эволюции Восточно-Европейской платформы (ВЕП) ее северная и северо-западная (в современных румбах) оконечность в постархейское время, по-видимому, периодически испытывала процессы раскола и коллизионного сочленения с Североамериканской литосферной плитой [1]. На это, в частности, указывает сопоставимость структурно-вещественных комплексов свекофеннид Балтийского щита и Кетилид южной Гренландии и Канады, сформированных около 1.9–1.8 млрд лет назад во время закрытия Свекофеннского палеоокеана при формировании суперконтинента Мегаяга. Позднее, в раннем и среднем рифее (1650–1350 млн лет назад), достоверные геологические данные в этой части платформы отсутствуют, что может косвенно указывать на процессы раскрытия океана Палеояпетус, разделившего некогда единые Канадско-Гренладские континентальные образования и родственные им структурно-вещественные комплексы Балтийского щита.

В интервале 1350–1050 млн лет на северо-востоке ВЕП начинают формироваться шельфовые и склоновые осадочные комплексы пассивной окраины континента [2]. В то же время в Перитиманской области и в Кандалакшко-Двинском бассейне развивались структуры прогибания фундамента и накопления континентальных терригенных осадков с примесью вулканитов [1]. Данные события хорошо согласуются с фактическим материалом о времени распада суперконтинента Мегаяга (Штилле) около 1.7 млрд лет назад, продолжавшегося вплоть до позднего рифея (около 1000 млн лет назад), когда был сформирован следующий в истории Земли суперконтинент Мезояга [3]. В это время в северо-западной периферической зоне ВЕП формируется Дальсландская складчатая область, являющаяся продолжением Гренвильского пояса в Канаде и Гренландии и маркирующая зону закрытия океана Палеояпетус.

Позднее, в венде (650–570 млн лет), процессы ее пенепленизации привели к формированию комплекса континентальных терригенных осадков со следами тиллитов на северо-западе [4] и прибрежно-морских образований на севере в районе п-ова Варангер [5]. В это же время продолжалось накопление осадочного комплекса шельфовых и континентально-склоновых образований на северной и северо-восточной пассивной окраине ВЕП. Дальсландский орогенез на западе ВЕП привел к формированию целого ряда закономерно расположенных в пространстве рифтовых систем в ее северо-восточных районах. При этом тектонические условия их формирования носили явный отраженный характер, что закономерно сказалось на практически полном отсутствии

магматической составляющей в разрезах рифтов и на плечах структур. Лишь на северной оконечности Кольского п-ова и на полуостровах Средний и Рыбачий отмечены редкие тела и дайки долеритов, относимые к данному времени.

В интервале порядка 780 млн лет (с 1350 по 570 млн лет) в восточной и северо-восточной частях ВЕП происходило, вероятно, накопление огромных масс, потенциально нефтегазоносных осадочных образований на склоне и в подножии континента. При этом континент последовательно мигрировал из приэкваториальной зоны Земли, где он находился в момент формирования Мезогеи (около 1.0 млрд лет назад), в высокоширотные и приполярные области (около 800–650 млн лет) [6].

Сегодня рифейские образования пассивной окраины севера и северо-востока (в современных румбах) Русской плиты обнажены в пределах п-ова Варангер в северной Норвегии, полуостровах Средний, Рыбачий и о. Кильдин на северной оконечности Кольского п-ова, а также на Канином носу и Тиманском выступе Архангельской области. В геологической литературе эти образования выделяются как Тимано-Варангерская система байкалитид [7, 8] и представляют собой моноклиналичное напластование средне-, позднерифейских и вендских метаморфизованных осадочных комплексов, тектонически взброшенных, а местами надвинутых на архейские и раннепротерозойские образования Балтийского щита и Русской плиты [9]. Поверхность моноклинали полого погружается в сторону Южно-Баренцевоморской впадины под углами $2-5^{\circ}$, а затем угол наклона увеличивается до $5-10^{\circ}$ [8]. Осадочные комплексы среднего рифея представлены сероцветными полимиктовыми конглобрекциями, конгломератами и гравелитами с прослоями алевролитов и псаммитов. В верхних частях разреза наблюдается переслаивание сероцветных аргиллитов, алевролитов, полимиктовых псаммитов и конгломератов с линзами и конкрециями карбонатных пород. Позднерифейские и вендские образования представлены переслаиванием разноцветных кварцевых, олигомиктовых и аркозовых псаммитов, алевролитов, пелитов и доломитов. В разрезе встречаются прослойки полимиктовых конглобрекций с обломками фосфоритов и карбонатных стяжений. Вторичные преобразования соответствуют стадии метазенеза – начального метаморфизма [10]. Геодинамические условия накопления перечисленных комплексов отвечают единому латеральному ряду шельфовых, континентально-склоновых и подножно-континентальных образований [2].

Наличие в разрезе фосфоритов и карбонатных стяжений указывает на существование в то время эпиконтинентальных морских условий в северо-восточной части литосферной плиты и наличие зоны апвеллинга. Здесь следует оговориться, что фосфоритообразование в этих зонах характерно только для тропических областей океана, тогда как Восточно-Европейская платформа только к позднему рифею и венду сместилась в более низкие широты из приполярных областей [11]. Факт обнаружения незначительных концентраций фосфоритов только в верхах разреза свидетельствует о начальном этапе их образования и нахождения континентальной плиты в умеренной климатической зоне. Это же касается и карбонатных стяжений, которые способны формироваться за счет выпаривания солей карбоната на мелководье и в умеренных, субтропических или аридных климатических условиях. Практически полное отсутствие наложенных процессов магматизма, метаморфизма и складчатости свидетельствует об отсутствии в этой части ВЕП каких-либо признаков активной окраины континента как на стадии эволюции окраино-континентального бассейна, так и в последующие эпохи.

Около 620–540 млн лет назад произошло сочленение северной и северо-восточной оконечности ВЕП с Баренцево-Печорской плитой (БПП), которая впоследствии была разделена на Свальбардскую, Северокарскую и Печорскую [1]. При этом к северо-западу от нее еще существовал океан Япетус, сформированный после распада суперконтинента Мезогея [3]. Процесс приращения ВЕП протекал без интенсивной складчатости и магматизма, что указывает на касательное сдвиговое приращение или единой литосферной плиты, или серии эшелонированных островных дуг докембрийского возраста. На это указывает и неоднородный характер строения ее фундамента, выраженного в сопряжении участков коры континентального (гранитного) и субокеанического типов (рис. 1).

Процесс сочленения двух плит привел к надвиганию шельфовых и континентально-склоновых образований среднего и позднего рифея и венда на окраину ВЕП и формированию в районе полуостровов Средний и Рыбачий крупных правосторонних сдвиговых и взбросо-надвиговых структур. А.П. Симонов с соавторами отмечает, что процессы формирования Тимано-Варангерской шовной зоны сопряжены с резким уменьшением мощности разреза в северо-западном (Кольско-Канинском) сегменте, тогда как в юго-восточном (Тиманском) наблюдается многократное его увеличение [8]. К этому следует добавить, что в разрезе отсутствуют образования раннего рифея и, лишь в самой юго-восточной части Тимано-Варангерской шовной зоны присутствуют осадки данного возраста [1].

Описанные факты можно связать с правосторонне-сдвиговым сочленением двух литосферных плит, при котором разделяющий их океанический бассейн был закрыт без субдукционного поглощения на большей части. При этом наиболее молодые фрагменты разреза шельфовых и континентально-склоновых образований Восточно-Европейской платформы были взброшены на край плиты, а частью срезаны, перемещены и сгружены в юго-восточном направлении. Более древние, раннерифейские комплексы, слагавшие нижние уровни склона и подножья континента, скорее всего, были захоронены в нижней части сформированной шовной зоны. Эти процессы привели к увеличению степени складчатости и метаморфизма, вплоть до зеленосланцевой фации в пределах Канинской и Тиманской части разреза, а также к проявлению контрастного магматизма от гранитоидного и гранодиоритового до габбро-диабазового. Еще южнее (в Предуралье) эта зона переходит в конвергентную структуру, о чем свидетельствует вскрытый бурением комплекс магматических пород островодужного типа [1].

Таким образом, в пределах западной части арктического шельфа России можно выделить четыре возрастных интервала нефтегенерирующих процессов, которые закономерно распределены в пространстве и отражают специфику развития континентальной коры и океанических бассейнов. Как уже отмечалось, к наиболее ранним потенциально нефтегазоносным образованиям следует относить структурно-вещественные комплексы рифея, которые развиты в зоне сочленения Русской, Тимано-Печорской и Баренцевоморской литосферными плитами.

Позже возникли потенциально нефтегазоносные площади, которые связаны с закрытием океана Япетус в раннем ордовике – позднем девоне (505–362 млн лет) и локализованные в западной части Баренцевоморской плиты, а также к северу от каледонид Балтийского щита. Еще позже, в результате закрытия Палеоуральского океана в раннепермское – раннетриасовое время (290–241 млн лет), были сформированы нефтегазоносные области к западу и востоку от Уральской складчатой системы по линии Полярный Урал – Пай-Хой – Новая Земля – п-ов Таймыр.

Четвертый и завершающий этап формирования нефтегазового потенциала региона связан с зоной накопления углеводородов (УВ) биогенного и абиогенного (газогидратного) типов в основании материкового склона на пассивной окраине континента в кайнозой (55–0 млн лет). Все перечисленные этапы генерации и накопления УВ в осадочном чехле континентальной коры европейской части арктического шельфа России привели к возникновению ряда крупных, закономерно расположенных в пространстве нефтегазоносных областей с гигантским совокупным потенциалом.

Описываемая вслед за А.Н. Дмитриевским и М.Д. Белониным [12] территория была разделена нами на ряд закономерно расположенных в пространстве нефтегазоносных бассейнов и провинций (рис. 5). При этом пространственно-временные закономерности размещения типов УВ, а также геолого-геодинамический анализ корообразующих и преобразующих процессов показал, что бассейны Северного, Норвежского и Западно-Баренцевского морей резко отличны от Баренцево-Северо-Карской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской провинций и, скорее всего, могут быть разделены на два крупных генетических типа (рис. 1). К первому типу можно отнести те, которые в процессе эволюции нефтегазоносных бассейнов претерпели один (каледонский) или два (каледонский и герцинский) этапа тектоно-магматической активизации, а ко второму только один – герцинский. Кроме этого, в пределах южной части Баренцево-Северо-Карской и Тимано-Печорской провинций, на границе с архейскими комплексами Балтийского щита, выделяется самостоятельная зона потенциального нефтегазонакопления рифейского возраста, что подчеркивает их уникальность и возможность существенного приращения УВ потенциала региона. Эта область примечательна тем, что процессы генерации углеводородного сырья в ней протекали на протяжении продолжительного времени, а общий потенциал был сформирован в результате проявления трех тектоно-термальных эпох: байкальской, каледонской и герцинской.

Северная граница выделяемых нефтегазовых бассейнов и провинций, сопряженных с зоной сочленения континентального склона с океанической литосферой Атлантического и Северного Ледовитого океанов, может быть проведена по материковому подножью, что, возможно, существенно изменит в будущем их совокупный нефтегазовый потенциал. Здесь же следует отметить, что наименее изученным ввиду сложных климатических условий является Северо-Карский бассейн, который, по-видимому, следует считать естественным продолжением Свальбардской плиты и отделенной от Южно-Карского фрагмента Западно-Сибирской нефтегазовой провинции трансформным разломом.

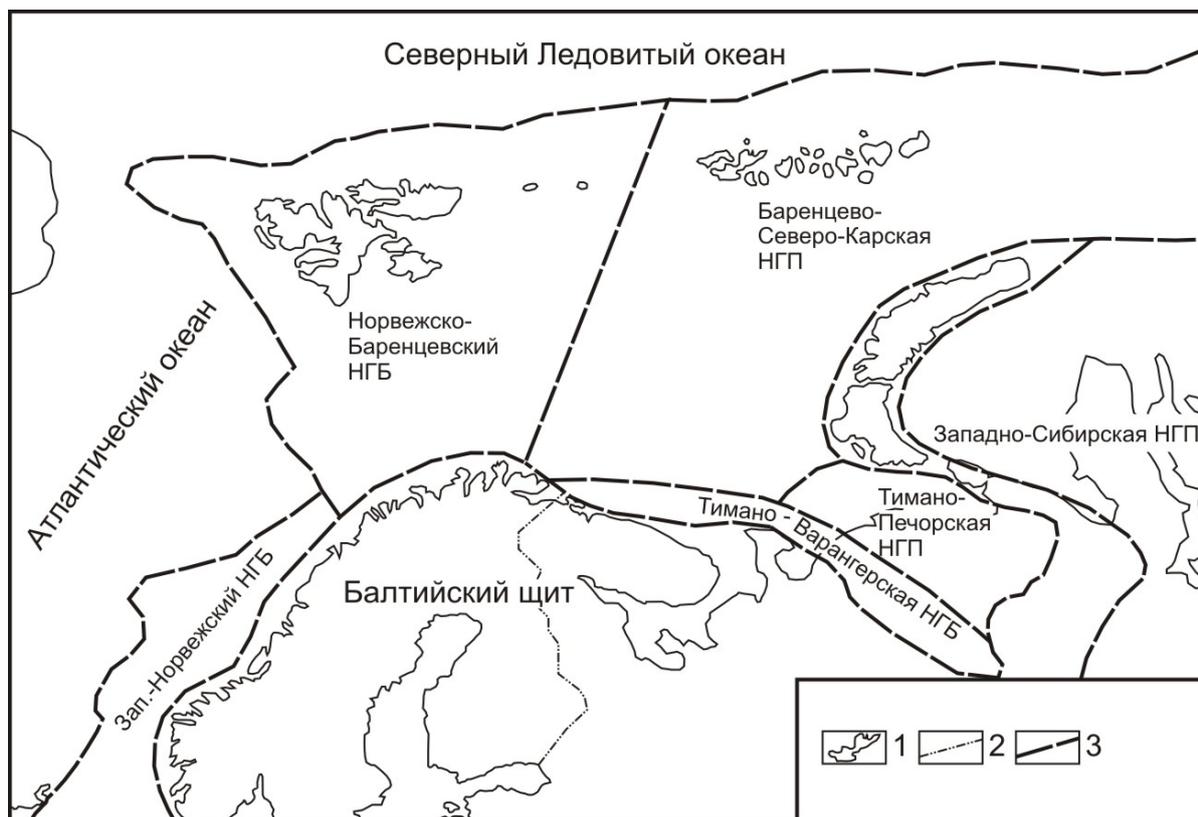


Рис. 1. Нефтегазоносные бассейны и провинции запада Российской Арктики по А.Н. Дмитриевскому и М.Д. Белонину [12] с изменениями. 1 – контур береговой линии; 2 – государственная граница и граница ответственности арктического сектора России; 3 – срединная линия между территориями России и Норвегии; границы нефтегазоносных бассейнов, областей и провинций

Наряду с уже выявленными и частично разведанными крупными и уникальными месторождениями нефти и газа в пределах Баренцево-Северо-Карской, Тимано-Печорской и Западно-Сибирской провинций можно выделить, по крайней мере, три потенциально богатые углеводородным сырьем и недостаточно исследованные области, которые при обнаружении в них промышленно значимых скоплений могут существенно прирастить нефтегазовый потенциал всего региона.

Первая из них находится на северной оконечности Мурманской области в пределах п-ова Рыбачий и в непосредственной близости от областного центра. Она приурочена к осадочным образованиям рифейского возраста, относящимся к пассивной окраине континента того времени. Близость к инфраструктуре крупного промышленного центра Мурманской области может существенно снизить затраты на проведение детальных поисков и бурения скважин в пределах этого участка.

Второй перспективной площадью может являться территория архипелага Земля Франца-Иосифа, которая характеризуется глубоким (5–6 км) залеганием богатых нефтематеринских слоев осадочного чехла Баренцевоморского шельфа позднедевон-раннепермского возраста. Несмотря на удаленность от континентального побережья, их вскрытие не сопряжено с глубоководным бурением, осуществляемым со специализированных платформ, что также может быть целесообразным в сложившихся экономических условиях.

Третья перспективная в плане обнаружения крупных и, возможно, уникальных месторождений нефти и газа область – это Северо-Карский шельф. Проведенный геодинамический анализ показал, что данная территория может по запасам оказаться сопоставимой с Южно-Карским и Ямальским сегментом Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Однако этот регион не только существенно удален от промышленно развитых центров Севера России, но и характеризуется очень сложными ледовыми условиями. По-видимому, время его освоения отодвинется на достаточно длительный срок до тех пор, пока не будут внедрены технологии подводного бурения и эксплуатации месторождений нефти и газа непосредственно на морском дне. Наряду с вопросами экономической

целесообразности поиска и добычи УВ сырья в пределах европейской части Арктического шельфа России присутствует и политический аспект, возникающий в результате посягательств ряда государств на потенциально богатые юридически спорные пограничные территории. В связи с этим вопросы обнаружения месторождений УВ в западной и северной части Российской Арктики, к которым относятся территории Кольского региона, архипелага Земля Франца-Иосифа и их прибрежных зон становятся наиболее актуальными в сложившихся условиях.

Поскольку в пределах Кольского региона авторы настоящей работы проводили более детальные исследования, данные о ее потенциальной нефтегазоносности приводятся более подробно. В этом регионе могут быть выделены две структурно-формационные зоны: кильдинская и рыбачинская.

Кильдинская структурно-формационная зона включает территорию п-ва Средний и мыса Мотка (п-ов Рыбачий). Здесь распространены отложения кильдинской и волоковой серий, которые формировались в условиях перикратонного опускания северо-восточного края Восточно-Европейской платформы в позднепротерозойское время (рис. 2).

Кильдинская серия имеет достаточно надежно доказанный позднерифейский возраст. Цифры 1059–762 млн лет получены калий-аргоновым методом по глаукониту из песчаников, залегающих в нижней части серии [13]. Кроме того, по комплексу микрофоссилий Н.С. Михайлова определяет также позднерифейский возраст для отложений кильдинской серии [14]. По комплексу микрофоссилий, акритарх и цианобактерий, собранных из пород кильдинской серии, И. Самуэльсон (Samuelsson) определяет возраст кильдинской серии как позднерифейский [15].

Менее определен возраст волоковой серии. Исходя из ее залегания непосредственно выше кильдинской серии и по аналогии с опорными разрезами верхнего докембрия смежных районов Б.М. Келлер с Б.С. Соколовым [16] и Ю.Р. Беккер [17] предполагают ее вендский возраст. Правомерность такого предположения подтверждается размытом и крупным несогласием на границе волоковой и кильдинской серий. В.В. Любцов и др. показали, что для волоковой серии, так же как и кильдинской, характерен комплекс микрофоссилий позднерифейского возраста [14]. Радиометрические данные свидетельствуют о возможном вендском возрасте пород волоковой серии. И.М. Горохов и др. по рубидий-стронцевым соотношениям определяют цифру 620 млн лет для пелитов из верхней части разреза серии, которая отвечает времени их раннего диагенеза пород [18]. Таким образом, возраст волоковой серии следует принять как позднерифейско-вендский. Степень преобразования отложений кильдинской и волоковой серий соответствует стадии глубинного катагенеза, о чем свидетельствуют развитие регенерационного кварцевого цемента, а также инкорпорационных и микростилолитовых структур.

Отложения кильдинской и волоковой серий простираются в близширотном направлении и залегают субгоризонтально. Углы наклона пород не превышают 10–15°. Наблюдается несколько разломов близмеридионального простирания, имеющих характер левых сдвигов с амплитудой перемещения, не превышающей первые сотни метров. Магматические проявления в пределах кильдинской структурно-формационной зоны в целом не характерны. Лишь отдельные дайки долеритов, прорывающие породы кильдинской и волоковой серий, были описаны А.А. Полкановым [19], Ю.Р. Беккером и др. [13], В.В. Любцовым и др. [14]. Формирование субвулканических тел основного состава (так же как и на п-ове Рыбачьем) следует связывать с байкальским орогенезом, что подтверждается их вендским (584 млн лет) возрастом, определенным К-Аг методом [17].

Стратиграфическое положение осадочных пород **рыбачинской структурно-формационной зоны**, включающей территорию п-ва Рыбачий, является дискуссионным. Они, так же как и отложения волоковой серии верхнего рифея-венда(?), контактируют непосредственно с породами кильдинской серии верхнего рифея, причем зона контакта прослеживается на мысе Мотка п-ова Рыбачий на протяжении нескольких километров (рис. 2). Одни исследователи считают ее тектонической и рассматривают как зону надвига, который является юго-восточным продолжением надвиговой зоны Трольфиорд-Комагельва п-ова Варангер в Норвегии. Другие усматривают в ней стратиграфическое взаимоотношение кильдинской серии с отложениями п-ова Рыбачий и считают, что происходит наращивание разреза отложений кильдинской серии породами рыбачинской ассоциации.

Следует отметить, что в настоящее время большинство исследователей, исходя из надвигового характера границы, предполагают среднерифейско-позднерифейский(?) возраст осадочных пород рыбачинской структурно-формационной зоны. Данное предположение подтверждается и тем, что сланцы скарбеевской и цыпнаволоковской свит, венчающих разрез п-ова Рыбачий, по литолого-геохимическим данным хорошо коррелируются с породами формации Конгсфиорд [25], залегающих в основании всего спарагмитового комплекса Северной Норвегии. Среднерифейский возраст для последних считается наиболее вероятным [26]. Степень преобразования осадочных пород п-ва Рыбачий соответствует стадии метазенеза – начального метаморфизма, о чем свидетельствует локальное развитие метаморфических минералов: серицита, хлорита и эпидота.

Отложения п-ова Рыбачий простираются в северо-западном направлении ($290-310^\circ$) и падают на северо-восток под углами $15-35^\circ$. Толщи слабо дислоцированы в складки шириной от 400 до 700 м. В замках антиклиналей наблюдаются следы перемещения одних слоев относительно других и растяжение слоев, приводящее к образованию многочисленных трещин излома. Последние иногда выполнены жилками белого кварца. Отчетливо наблюдается асимметрия складок с наклоном осевых плоскостей к юго-западу. Следует особо отметить описанные Т.П. Вронко явления мелких надвигов по северному берегу губы Эйны, в южной части п-ова Рыбачий [22]. Однако помимо малоамплитудных, имеются и более крупные надвиги (рис. 2). Так, в северо-западной части полуострова наблюдается аллохтонное налегание сланцев скарбеевской свиты на отложения лонской и перевальной свит. Амплитуда перемещения по надвигу, по-видимому, достигает нескольких километров. Черносланцевый комплекс скарбеевской свиты испытал несколько этапов деформации, о чем может свидетельствовать существование складок разной ориентировки и масштаба. Залегание пород п-ва Рыбачий также осложняется системой левосторонних сдвигов, амплитуда смещения по которым может достигать от сотни метров до первых километров.

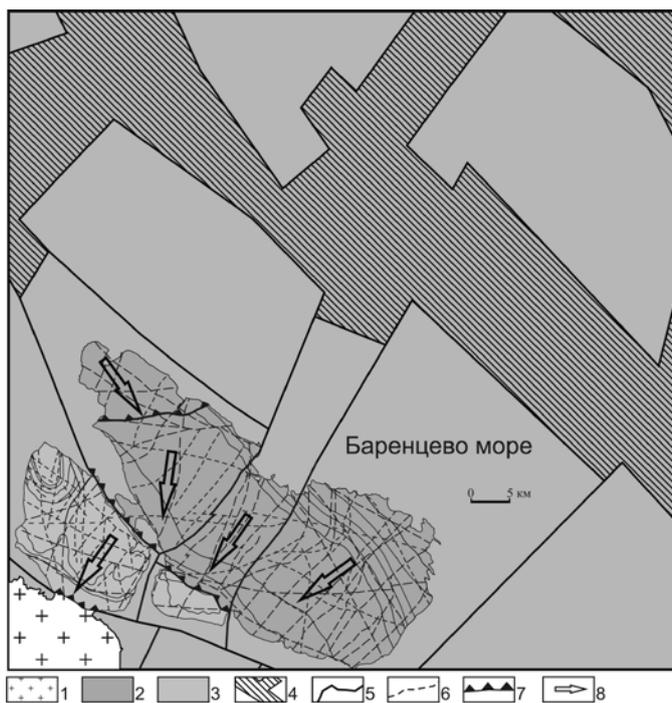


Рис. 3. Кинематическая схема блокового строения прибрежной зоны северо-восточной оконечности Балтийского щита. 1 – нерасчлененный комплекс тоналит-трондьемитов неархея; 2 – отложения среднего рифея; 3 – отложения верхнего рифея и, возможно, венда; 4 – структуры проседания фундамента Балтийского щита в зоне развития Норвежско-Мезенского рифта; 5 – границы блоков; 6 – разрывные нарушения; 7 – всбросы, всбросо-надвиги и надвиги; 8 – направления смещения блоков коры

Детальные геолого-геофизические исследования описываемого региона, разномасштабное дешифрирование аэро-, космоснимков и детальных карт поверхности дна прилегающей к полуострову акватории Баренцева моря позволили построить схему блокового строения северо-восточной оконечности Балтийского щита (рис. 3). Анализ полученных данных показывает закономерное пространственное соподчинение структур проседания в пределах развития грабена Варангер к северу от Кольского п-ова и развитие структурных элементов клавишного типа на п-ове Рыбачий. Очевидно, что центральная часть п-ова Рыбачий является структурой проседания, ограниченной крупноамплитудными сдвигами трансформного типа. Горизонтальные амплитуды смещения по ним достигают 100-150 м, а вертикальная составляющая около 60 м. К северу степень проседания центральной зоны полуострова увеличивается.

Магматические проявления на п-ове Рыбачий достаточно редки. Наиболее распространены дайки долеритов северо-восточного простирания в северо-западной части полуострова (рис. 2). Они обычно прослеживаются на 100-150 м при мощности 3-5 м. Возраст проявления магматизма и деформаций пород п-ва Рыбачий следует связывать с байкальским и каледонским орогенезом, что подтверждается и палеомагнитными данными [27].

На основе цифровой модели наблюденного аномального магнитного поля

были выполнены некоторые его линейные преобразования (типа полосовых фильтраций) и вычислены остаточные аномалии поля. Материалы такого представления поля легли в основу тектонической схемы полуостровов Средний и Рыбачий (рис. 4). По данным качественной и количественной интерпретации установлено блоковое строение фундамента и предпринято определение глубины его залегания; уточнено поведение границ в осадочном чехле и выделены объекты, перспективные на поиски локальных структур, связанных с нефтегазоносностью региона.

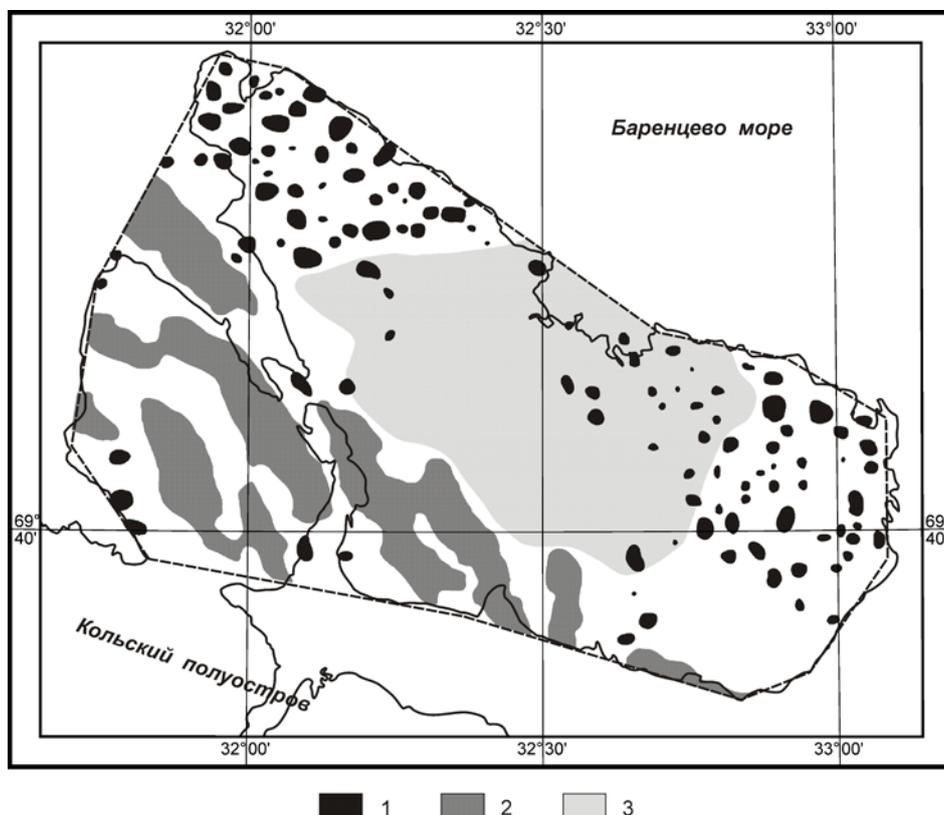


Рис. 4. Характеристики локального магнитного поля региона. 1 – положительные изометричные аномалии; 2 – положительные неизометричные аномалии; 3 – область спокойного пониженного поля

Анализ керна параметрических скважин Пограничная-1 и Рыбачинская (рис. 10), пробуренных до глубин 5202 и 3001 метров соответственно, показал, что вариации измеренных значений плотности и намагниченности рифейских и архейских пород по стволу скважины и их гомологов на поверхности соответствуют друг другу (табл. 1).

Таблица 1
Средние значения плотности и магнитности пород по скважине Пограничная-1

Возраст	Название свит, тип пород	Интервалы опробования, (м)	σ , (г/см ³)	$\chi \cdot 10^{-3}$, (СИ)	I_n , (А/м)
Верхний рифей	Землепахтинская	135–142	2.55	0.15	–
	Палвинская	609–783	2.68	0.39	–
	Пяряярвинская	931–1090	2.70	0.36	–
Архей, протерозой	Плагиограниты	1092–1720	2.69	9.81	0.22
	Долериты	1720–1760	2.94	11.8	1.9
	Плагиосланцы	1760–2090	2.67	1.5	0.01
	Плагиогнейсы	2090–2300	2.68	3.0	0.4
	Биотит-амфиболовые гнейсы	2300–4375	2.77	3.96	0.91
	Амфиболитизированные долериты	4375–4380	3.16	31.0	7.30

Из данных таблицы 1 можно сделать три принципиальных вывода, важные для анализа магнитных аномалий по территории полуостровов Средний и Рыбачий. Первый заключается в том, что породы верхнего рифея, представленные в зоне Тана-Кильдин на п-ове Средний, залегают непосредственно на архейском фундаменте. Второй указывает на то, что в архейской части разреза скважины Пограничная-1 преобладают породы с заметными значениями магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности. То есть вариации в глубинном положении кристаллического фундамента должны отражаться в наблюдаемом магнитном поле. Третий вытекает из наличия в архейской части разреза пластовых тел основного состава, представленных мелкозернистыми долеритами, которые обладают высокой плотностью, высокой магнитной восприимчивостью и весьма высокой остаточной намагниченностью. Поскольку эти долериты обладают магнитными характеристиками существенно более высокими, чем вмещающие плагиограниты и плагиогнейсы архея, то вполне возможно, что они могут являться источниками выраженных локальных аномалий магнитного поля в этом регионе.

На основе петрофизических данных о магнитной восприимчивости рифейских пород (табл. 1) можно сделать вывод, что источниками аномального поля на изучаемой территории являются преимущественно породы архейского фундамента. Качественный анализ и оценка глубинного положения источников региональной компоненты магнитного поля позволяет указать, что верхняя граница намагниченного комплекса фундамента погружается в северо-восточном направлении до глубины 5-6 км на северном побережье п-ова Рыбачий. Таким образом, материалы анализа аномального магнитного поля региона показывают принципиальные отличия в структуре кристаллического фундамента полуостровов Средний и Рыбачий. Роль рифейского осадочного чехла в формировании аномального магнитного поля (его локальных аномалий), вероятно, весьма незначительна.

С целью обнаружения приповерхностных ореолов эманации метана и пропана в приземном слое воздуха была проведена аэрогазовая съемка. Результаты работ в целом не дали однозначного ответа о возможном наличии значимых скоплений углеводорода, однако, вместе с аэромагнитными данными и анализом данных дистанционных зондирований позволили наметить участки для последующих детализационных геофизических работ. Анализ данных газовой съемки для выделения преобладающих элементов аномального характера был проведен по карте распределения относительных концентраций метана (рис. 5). Как эта карта, так и карта распределения пропана имеют много совпадающих особенностей, но распределение метана более локализовано в пространстве, что делает эту характеристику более удобной для последующего геолого-тектонического анализа.

Важным результатом проведенных съемок явилось то, что в пределах п-ова Средний практически отсутствуют значимые аномалии легких углеводородов. Отдельные повышения концентрации не образуют закономерного характера и являются, скорее всего, просто случайными ошибками наблюдений или результатом недоучета каких-либо методических особенностей съемки.

Установлено закономерное возрастание содержания легких углеводородов в областях распространения рифейских пород на западе и востоке п-ова Рыбачий. Здесь региональные изометричные максимумы повышенного содержания метана и пропана, вероятно, связаны с широким развитием углеродсодержащих пород, порождающих их обогащение производными углеводородами. Эти области достаточно однородны в плане, особенно по содержанию пропана, и полностью повторяют главные черты геологического строения п-ова Рыбачий. Следует также отметить, что обе указанные изометричные аномальные области повышенных содержаний легких углеводородов пространственно приурочены к областям относительно понижения рельефа в береговой зоне запада и востока п-ова Рыбачий. Здесь наблюдаются пологие области пенеplена, выделяемые отметками в 25–100 м, на общем фоне отметок высот в диапазоне 150–350 м. В совокупности эти две региональные газовые аномалии показывают относительно повышенное содержание легких углеводородов в материнских породах, обладающих относительно высокой проницаемостью и пониженной устойчивостью к процессам денудации.

Обращает на себя внимание линейная аномальная зона, вытянутая в субмеридиональном направлении от южного до северного побережья п-ова Рыбачий в его центральной части. Такая зона просматривается как в аномалиях по метану (рис. 5), так и по пропану, где она занимает несколько более широкое пространственное положение. Выдержанная ориентированность этой зоны и ее пространственная приуроченность к локальной области понижения высотных отметок (долина, рассекающая возвышенности к западу и востоку от нее) позволяет предполагать связь этой зоны с тектоникой рифейского осадочного чехла. Однозначно можно говорить об отсутствии связи с

составом пород, поскольку в этой области представлены достаточно однородные геологические комплексы, с преимущественной запад-северо-западной ориентировкой.

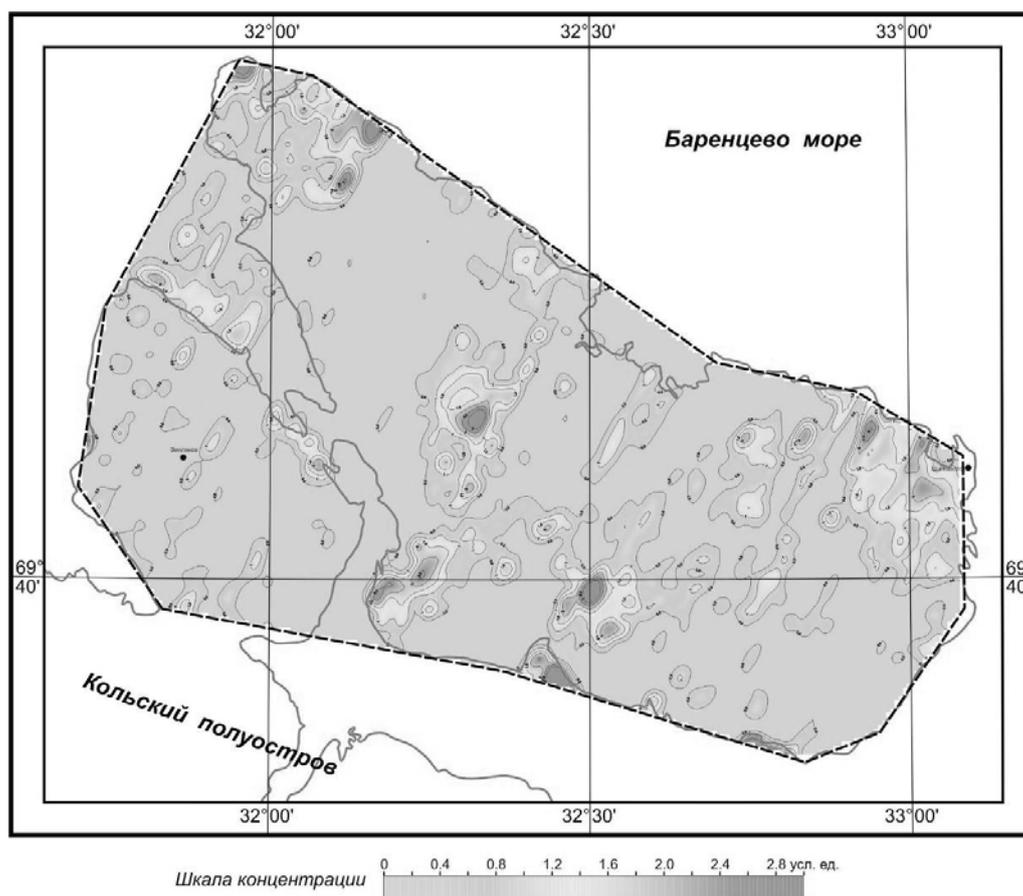


Рис. 5. Карта результатов газовой съемки (метан)

К востоку от описанной выше линейной аномалии располагается почти изометричная локальная аномалия повышения концентрации метана. Она в основной своей части приурочена к относительной депрессии рельефа в прибрежной области юга п-ова Рыбачий и соответствует типичным породам этой серии. Наблюдается также локальная зона незначительных по амплитуде аномалий по метану (рис. 5) и пропану, пространственно совпадающая с субширотной зоной тектонического контакта пород полуостровов Средний и Рыбачий. Эта небольшая по размерам зона, вероятно, является областью вывода на поверхность летучих легких углеводородов, которые присутствуют в рифейских породах осадочного чехла. Именно в этой зоне были пробурены две поисковые скважины Р-2 (800 м) и К-1 (1 тыс. м), которые вскрыли на глубине 790 м тектонические брекчии с устойчивым долговременным притоком газа.

Основываясь на данных анализа аномального распределения легких углеводородов по изучаемому региону, можно сделать основной вывод о принципиально отличном характере насыщения приповерхностного слоя осадочного чехла метаном и пропаном. В обобщенном виде на рисунке 6 показаны особенности аномального поведения легких углеводородов, соотнесенные с геоморфологической характеристикой района исследований. На территории п-ова Рыбачий и на перешейке между ним и п-овом Средний имеются аномальные зоны концентрации легких углеводородов, в то время как на самом п-ове Средний таких зон нет.

Принимая во внимание то, что что гляциотектонический фактор действовал на обе эти территории одинаково в силу их близости и масштабов процессов гляциоизостазии, можно с достаточной долей уверенности предполагать отсутствие накоплений углеводородов на п-ове Средний, тогда как на п-ове Рыбачий возможно существование областей с потенциальной концентрацией углеводородов, находящихся в рифейском осадочном чехле. Разумеется, материалы газовой съемки не дают прямого указания на пространственное и глубинное положение потенциально нефтегазоносных залежей, но, скорее всего, по аналогии с известными

месторождениями, на которых регистрируются аномалии легких углеводородов, перспективные участки располагаются вблизи аномальных зон. В нашем случае это может быть аномальная зона субмеридионального простирания, рассекающая достаточно однородную толщу осадочных пород в средней части п-ова Рыбачий. Заметим, что этот центральный блок не осложнен значимыми магнитными аномалиями (рис. 4), т.е. является некой самостоятельной тектонической единицей.

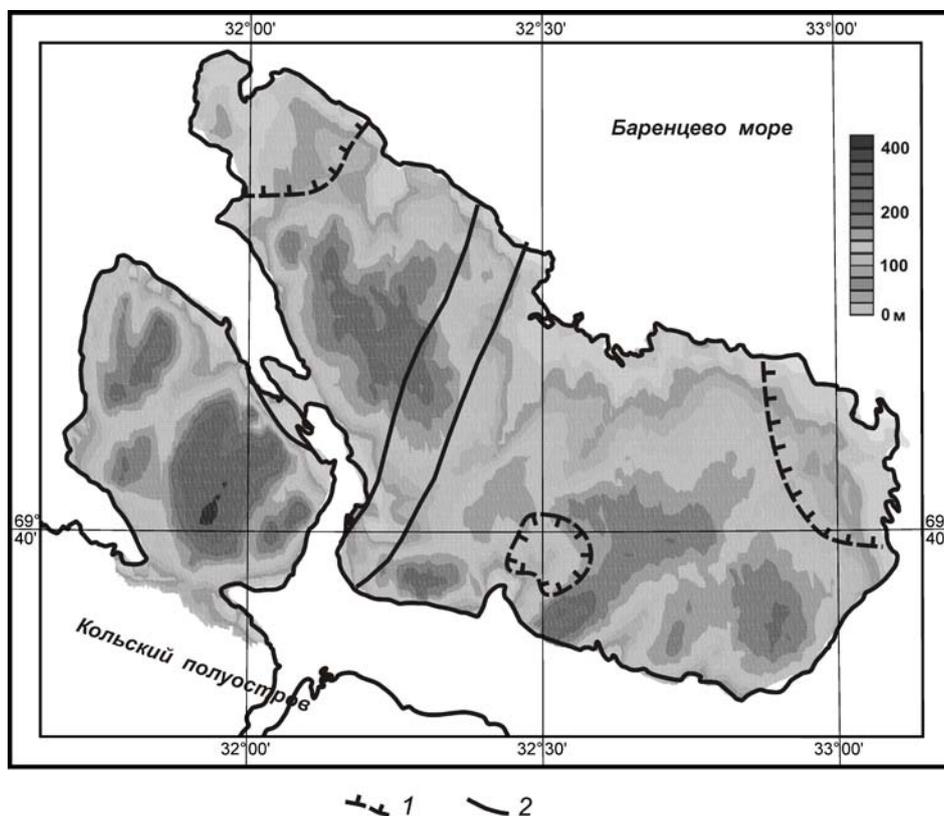


Рис. 6. Карта рельефа полуостровов Средний и Рыбачий с результатами интерпретации данных газовой съемки по метану и пропану. Условные обозначения: 1 – изометричные области аномальных содержаний; 2 – линейные зоны с аномальными содержаниями

В качестве дополнительной характеристики породных комплексов региона можно рассмотреть также величину суммарной интенсивности аномалий гамма-фона, зарегистрированных по данным аэросъемки [28]. Разумеется, на интенсивность этих аномалий влияют многочисленные факторы, главными среди которых являются состав пород, насыщенность радиогенными элементами, наличие покрывающих образований и их обводненность. Проведенные наблюдения, которые выполнялись современной высокочувствительной аппаратурой по всей территории полуостровов Средний и Рыбачий, в целом не дали однозначного ответа о возможном наличии скоплений углеводородов, однако вместе с аэромагнитными данными позволили наметить участки для последующих детальных геофизических работ.

С целью выделения преобладающих возможных аномалий гамма-фона анализ данных гамма-спектрометрической съемки был проведен по карте распределения общей интенсивности излучения. Карта этого параметра, показанная на рисунке 7 в виде отдельных аномальных областей, хорошо локализована в пространстве, что делает характеристику суммарной интенсивности излучения более удобной для последующего геолого-тектонического анализа.

Крайне важным результатом проведенных съемок явилось то, что в пределах центральной части п-ова Рыбачий практически отсутствуют значимые спектрометрические аномалии гамма-излучения. Отдельные повышения концентрации радиогенных элементов не образуют закономерного характера и являются, скорее всего, просто случайными ошибками наблюдений или технологическими особенностями методики съемки. В западном и восточном обрамлении п-ова Рыбачий отмечаются относительно протяженные аномалии гамма-фона, приуроченные к породам верхнего рифея (кильдинская серия). Эти аномалии свидетельствуют о возможном обогащении пород

радиогенными элементами, что характерно для большинства углеродсодержащих пород. На п-ове Средний отмечается закономерное возрастание интенсивности и количества изометричных аномалий суммарного гамма-фона, что свидетельствует об ином составе пород и частично о тектонической обособленности территории полуострова. Выявленные различия в характере гамма-фона изучаемых территорий полуостровов Средний и Рыбачий позволяют предположить различия в специфике взаимосвязи геохимических и геологических процессов на стадии формирования рифейских осадочных отложений в пределах этих единиц.

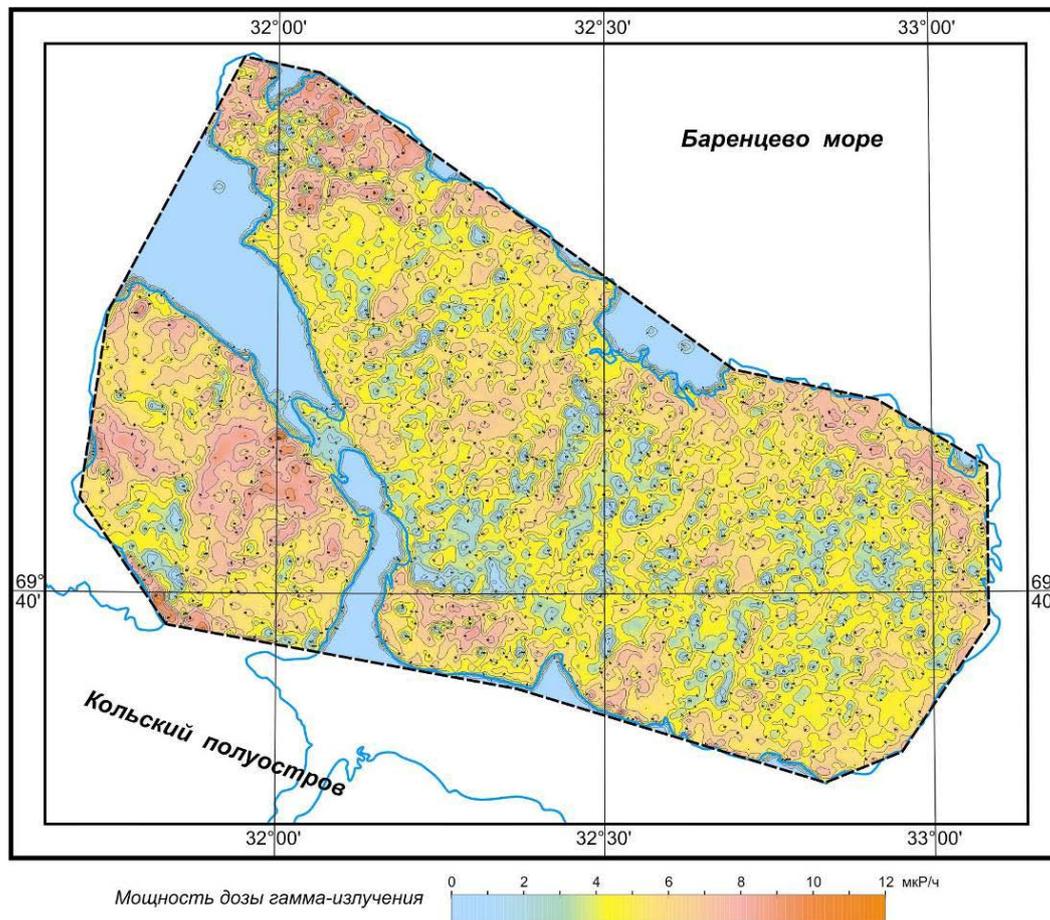


Рис. 7. Карта мощности экспозиционной дозы гамма-излучения

В целом результаты проведенных комплексных аэрогеофизических исследований и новая геологическая интерпретация этих данных, опирающаяся на материалы петрофизических исследований ядра скважин Пограничная-1 и Рыбачинская, а также данных ГИС по ним, обеспечила возможность выявления главных структурных и тектонических особенностей строения рифейского осадочного чехла и архейского кристаллического фундамента в районе исследований (рис. 8, 10). Полученные содержательные физические оценки положения фундамента и выявленная приуроченность магнитных аномалий к пластам основного состава позволили сформулировать ряд принципиальных выводов о строении верхней части земной коры нашего региона исследований.

Анализ комплексных геофизических и петрофизических данных по региону работ показывает существенные отличия в природе, строении и тектонике геологических образований полуостровов Средний и Рыбачий. В геофизических полях эти два объекта представляются принципиально различными блоками, вероятно, с различным типом осадочного чехла и кристаллического фундамента, причем фундамент в пределах п-ова Средний по петрофизическим параметрам и характеру аномальных полей можно считать прямым продолжением типичных кристаллических пород Мурманского блока. Максимально возможная мощность осадочного рифейского чехла в пределах п-ова Средний не должна превышать 1-2 км, что следует из петрофизических свойств пород фундамента и собственно чехла, а также из оценок поперечных размеров локальных аномалий гравитационного и магнитного полей в данном регионе.

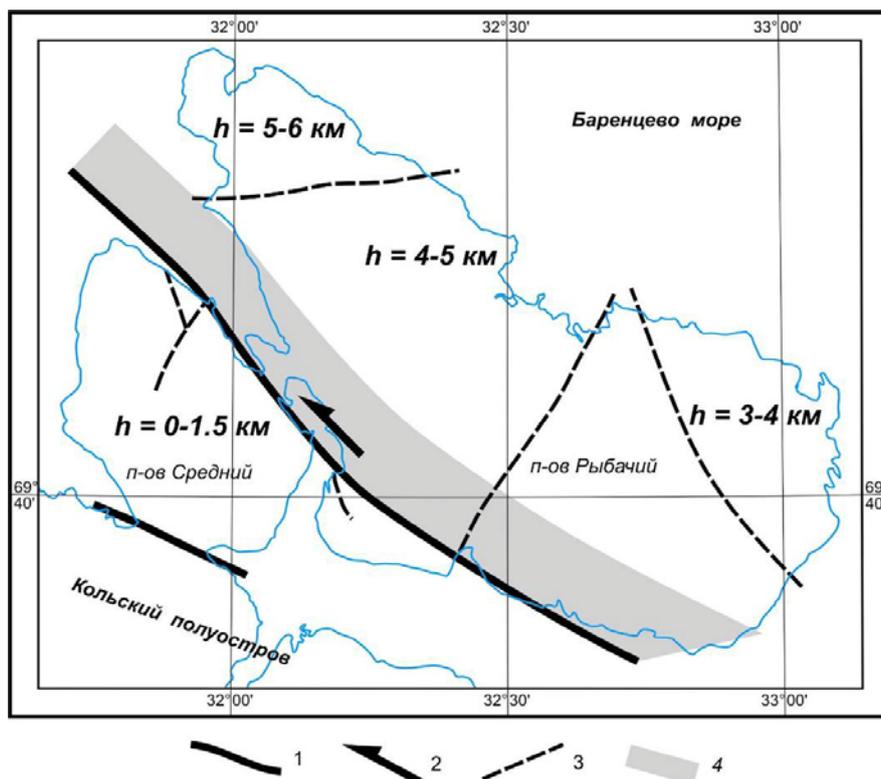


Рис. 8. Основные тектонические элементы района полуостровов Средний и Рыбачий (цифрами показана оценка мощности рифейского чехла). Условные обозначения: 1 – главные тектонические границы; 2 – направление горизонтального сдвига; 3 – второстепенные элементы тектоники; 4 – проекция сдвига-надвиговой зоны на дневную поверхность

В пределах п-ова Рыбачий по данным комплексной аэросъемки (магнитное поле, аномалии содержания легких углеводородов в приземном слое, гамма-спектрометрии) намечается существование трех различных блоков, отличающихся характером тектонического рисунка, выраженного в аномальных полях (рис. 10). Фундамент территории п-ова Рыбачий представляется иным, нежели примыкающий с юга архейский Мурманский блок. Ориентировка региональных аномалий в пределах п-ова Рыбачий не совпадает с ориентировкой локальных геофизических аномалий, что указывает на значительную роль более поздних тектонических процессов в формировании этой крупной структурной единицы. В развитии территории присутствуют элементы сдвиговой тектоники. Характер сочленения полуостровов Рыбачий и Средний представляется как сдвиг с надвиговой компонентой перемещений. Оценка мощности осадочного чехла дается в пределах первых километров (3-6 км), что согласуется с результатами сейсмических работ МОГТ.

Комплексный анализ геолого-геофизических данных с использованием программного модуля ArcGIS Spatial Analyst в пределах северной оконечности Кольского п-ова на территории п-ова Рыбачий позволяет выделить перспективную на поиски месторождений углеводородов площадь (рис. 9), уточняя ранее сделанные нами выводы [29]. Процедура моделирования сводилась к задаче классификации в некотором весовом пространстве определенных признаков, главными из которых являются: аномалии и зоны градиентов гравитационного поля; аномалии регионального и локального магнитного полей; аномалии газовой съемки по метану и пропану; аномалии суммарной интенсивности гамма-фона; поверхностное геологическое строение территории; тектоника изучаемой территории; структурные особенности изучаемой территории; суммарная мощность рифейского осадочного чехла.

Принципиально важным моментом в таком моделировании является выбор системы нормированных весовых функций, которые обеспечивают оптимальность классификации территории по некоторому априорному правилу для набора признаков.

В результате проведенных исследований достаточно уверенно просматривается сопряжение выделенной площади с развитым в центральной части п-ова Рыбачий срединного поперечного грабена, который был сформирован на стадии активного развития Норвежско-Мезенской системы

рифтов в прибрежной акватории Баренцева моря (рис. 3). Этот грабен по значениям комплексного параметра в целом характеризуется как область благоприятного сочетания признаков для поисков залежей углеводородов. В процессе моделирования рассматривалась также и степень изменения комплексного признака при вариациях нормированных весовых функций в некоторых разумных пределах. При этом исследовались наиболее устойчивые черты пространственного поведения комплексного признака и было просчитано более 50 моделей его распределения.

Исследования показали и то, что одну из основных ролей в формировании современного геологического облика территории играли тектонические процессы, обеспечившие сложное сочетание сдвиговой и частично надвиговой тектоники при совмещении комплексов пород полуостровов Средний и Рыбачий. Анализ региональных сейсмических материалов МОВ-ОТГ позволяет предполагать, что в пределах участков (прямоугольная и окружная площади) суммарная мощность рифейского осадочного чехла составляет 4.0-6.0 км, причем в нижних его горизонтах возможно обнаружение кильдинского комплекса (рис. 8, 9). Породы этого комплекса по своим геохимическим и петрофизическим характеристикам благоприятны для накопления крупных залежей углеводородов.

С 2003 по 2010 годы в пределах центральной и западной частей п-ова Рыбачий и на п-ове Средний велись интенсивные исследования на предмет поиска в рифейских отложениях промышленных скоплений углеводородного сырья. Эти работы проводились и проводятся ООО "Арктические технологии" в рамках лицензионного соглашения № 1145 от 05 марта 2003 года "Геологическое изучение Рыбачинского участка недр с целью поиска и оценки УВ сырья". В результате было выявлено более сложное, нежели предполагалось ранее, строение земной коры данного региона. Это привело к увеличению временного интервала, отпущенного лицензионным соглашением на выявление зон потенциальной концентрации УВ сырья и к сокращению времени необходимо-достаточного параметрического и поискового бурения глубоких скважин.

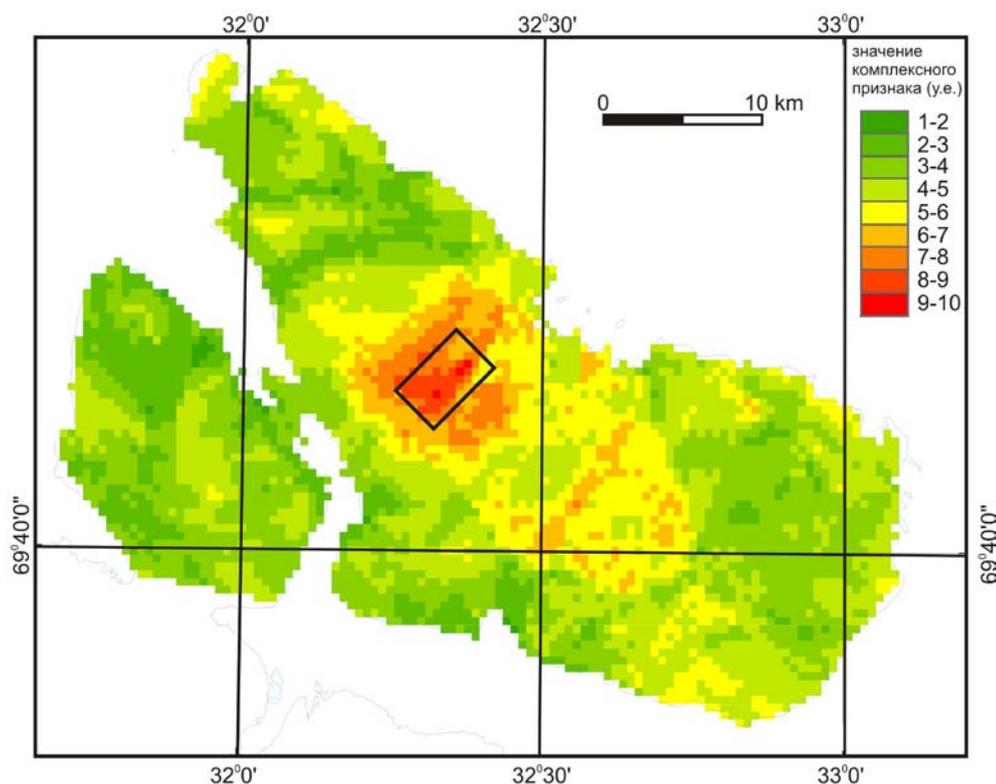


Рис. 9. Пример вычисления комплексного признака с равновесной весовой функцией для полуостровов Средний и Рыбачий (Кольский полуостров). Чем выше значение комплексного признака, тем выше потенциал территории. Прямоугольный полигон расположен в области максимального проявления комплексного признака. Кругиком отмечена перспективная территория по данным газовой съемки по метану и пропану и на основе структурного анализа

По совокупности всех геолого-геофизических данных, в пределах полуостровов Средний и Рыбачий в настоящее время можно выделить три отличные друг от друга структурно-фациальные зоны (рис. 10):

1) Северная или Скорбеевская, представлена сложноскладчатыми прорванными дайками диабазов и многочисленными кварцевыми и карбонатными жилами, сланцами скорбеевской свиты, развитыми на северо-западе Рыбачьего и предположительно одновозрастными им сланцами цыпнаволоковской свиты, составляющими северо-западное окончание п-ова Рыбачий;

2) Центральная или собственно Рыбачинская, представленная смятыми в ассиметричные слабопрокинутыми к югу пологими складками и нарушенными разновременными разрывами, частью прокварцованными, отложениями одноименного комплекса в составе эйновской и баргоутной серий, занимающих центральную и южную части полуострова;

3) Южная фиксируется пологодислоцированными прорванными дайками диабазов, отложениями кильдинской серии, развитыми на п-ове Средний, м. Мотка п-ова Рыбачий и волоковой серии, приуроченной к северо-западной части п-ова Средний. Их линияментный узор существенно различен: разная ориентировка разрывных деформаций: пологая северо-западная (280-290°) для скорбеевского, северо-западная (330-335°) и субмеридиональная (СЗ-350°, СВ-10°) для Рыбачинского и нечетко выраженная перекрестная северо-западная и субмеридиональная для Среднего.

Анализ приведенных выше данных показывает, что бурение первой (Пограничная-1, глубиной 5202м) и второй (Рыбачинская, глубиной 3001м) параметрических скважин силами ООО “Арктические технологии”, вскрывают разрезы только двух из трех структурно-фациальных зон лицензионной площади и не дают полного представления о перспективах остальной территории на поиски УВ сырья. Мало того, они были пробурены в пограничной зоне и, к сожалению, не подсекли продуктивные горизонты (рис. 10). Здесь следует отметить, что в 2009 и 2010 гг. на перешейке полуостровов Средний и Рыбачий были пробурены две поисковые скважины: Р-2 – 800 м и К-1 – 1 тыс. м (рис. 10). На глубинах 790 и 800 метров обе скважины вошли в брекчии с устойчивым притоком газа. Геохимический анализ проб в СКВ. Р-2 показал, что состав газа многокомпонентен и имеет явный метановый тренд (табл. 2).

Таблица 2

Средние значения компонентного состава по 5-ти пробам, скважина Р-2

Компоненты	Среднее значение, масс %	Среднее значение, объем %
Водород	0.001	0.0094
Углекислый газ	0.21	0.082
Азот	7.568	4.702
Гелий	0.074	0.3246
Метан	82.94	89.942
Этан	7.99	4.622
Пропан	0.256	0.1
И-бутан	0.042	0.015
Н-бутан	0.136	0.04
И-пентан	0.152	0.038
Н-пентан	0.128	0.032
Гексаны	0.206	0.048
Гептаны	0.21	0.036
Октаны	0.05	0.01

Одна из проб газа, отобранная в скважине Р-2, исследовалась в ЦИИ ВСЕГЕИ для выяснения его происхождения с помощью данных об изотопном составе углерода. Проба была отобрана в полиэтиленовую бутылку. По представленным ООО “Арктические технологии” данным газ состоял из метана (89.4–90.2%) – по объему, азота (4.5–5.1%), этана (4.3–5.0%), гелия (0.32–0.33%) и углекислого газа (0.04–0.06%). При этом был выполнен изотопный анализ углерода метана, этана и углекислого газа по методике IRM-MS с помощью масс-спектрометра DELTA plus XL, снабженного препаративной приставкой GC/C-III, работающей в режиме «on line» (аппаратура производства фирмы ThermoFinnigan). Результаты определения отношения двух стабильных изотопов углерода $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ в образцах, как обычно, представлены в виде смещения этого отношения относительно международного стандарта PDB в тысячных долях (‰ – промилле):

$$\delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = 1000 \left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}}{\text{обр}} / \frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}}{\text{станд}} - 1 \right).$$

Минимально необходимая для анализа объемная концентрация компонента составляла 0.1%, среднеквадратическая ошибка менее $\pm 0.2\%$. В данной пробе проводились полностью повторные измерения, результаты которых приведены в результирующей таблице (табл. 3).

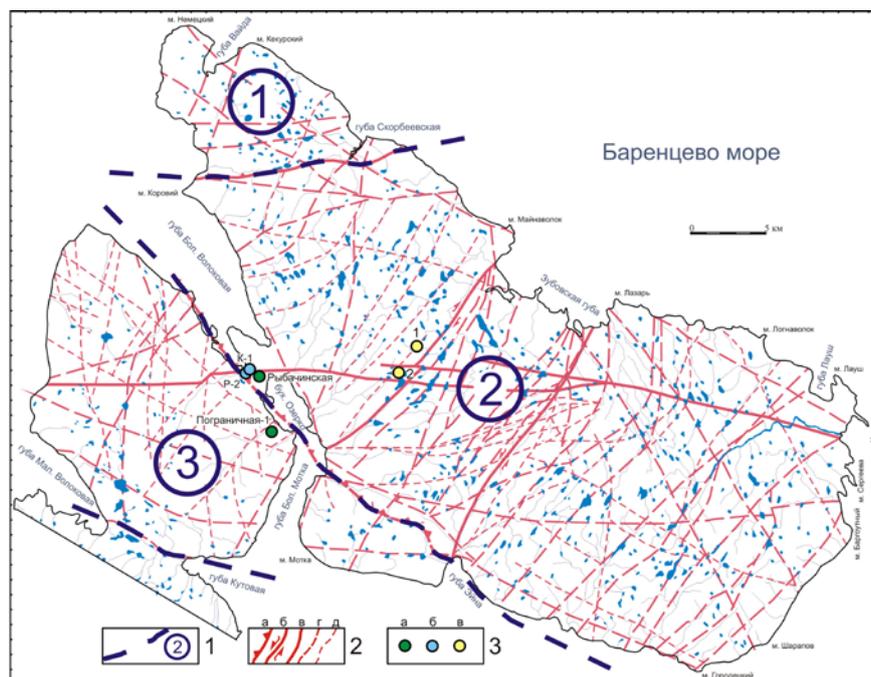


Рис. 10. Структурно-тектоническая схема районирования полуостровов Средний и Рыбачий. 1 – структурно-фациальные зоны (цифры в кружках): 1 – Северная или Скорбеевская, 2 – Центральная или собственно Рыбачинская, 3 – Южная (п-ов Средний и м. Мотка п-ова Рыбачий); 2 – а-в - разрывные нарушения первого ранга: а- надвижки и всбросо-сдвиги, б- сдвиги, в- разломы с неясной кинематикой; г – разрывные нарушения второго ранга; д – разломы третьего ранга; 3 – места расположения скважин: а – пробуренных параметрических, б – пробуренных поисковых, в – планируемых поисково-оценочных

Таблица 3

Изотопный состав углерода газов и нефти из месторождений и рассеянного органического вещества (РОВ) осадочных пород [31]

Вещество	Число залежей (образцов РОВ)	$\delta^{13}\text{C}_2$, ‰	$\pm\sigma$, ‰
Метан	520	-42.6	9
Этан	501	-31.3	4.5
Углекислый газ	93	-8.7	7
Нефть	260	-29.7	3.1
РОВ	768	-25.0	4.0

σ – среднеквадратическое отклонение.

При интерпретации полученных данных использовались накопленные сведения о распространенности изотопов углерода в биогенном метане, в месторождениях нефти и газа, в других объектах. Углерод биогенного (биохимического, болотного) метана очень легкий, ему свойственно крайне низкое значение $\delta^{13}\text{C}$ – обычно от -90 до -70‰ [30]. В качестве верхнего предела для такого типа метана можно назвать значение $\delta^{13}\text{C} = -65\%$. Достоверных сведений об изотопном составе углерода биогенного этана нет, считается, что этот газ таким путем почти не образуется. Углерод CO_2 , возникающий в результате биогенного окисления захороненного органического вещества, по видимому, характеризуется значениями $\delta^{13}\text{C}$ от -30 до -15‰.

В залежах нефти и газа углерод всех рассматриваемых компонентов значительно тяжелее [31], значение $\delta^{13}\text{C}$ метана в подавляющем большинстве случаев находится в пределах от -52 до -34‰. Результаты измерений представлены в таблице 4. Данные об изотопном составе и распространенности компонентов указывают на то, что возможные взаимные превращения С-

содержащих газов не могли заметно исказить величину $\delta^{13}\text{C}$ метана. Она (-53.4‰) отвечает катагенному (термогенному) метану, присутствующему в залежах. По методу, представленному в работе [31], температура генерации метана оценивается в $\sim 110^\circ\text{C}$. Температура и соответствующая ей глубина в действительности могли быть большими, если к глубинному метану примешался биогенный, что снизило осредненное значение $\delta^{13}\text{C}$. Примесный газ – этан – чрезвычайно изотопно легок. Возможно, он представляет прежде не выявлявшийся раннекатагенетический газ. Скорей всего, углекислый газ в большей части – продукт биогенного окисления органических веществ.

Таблица 4

Изотопный состав углерода газов из скв. Р-2

Измерение	$\delta^{13}\text{C}$, ‰			Соотношения (оценка)	
	CH_4	C_2H_6	CO_2	$\text{C}_2\text{H}_6/\text{CH}_4$	CO_2/CH_4
Основное	-53.4	-49.7	-26.7	~ 0.005	~ 0.01
Повторное	-53.3	-49.3	-26.1	-	-
Среднее	-53.4	-49.5	-26.4	-	-

Анализируя полученные данные об изотопном составе углерода можно заключить, что его природа определяется смешением двух генетических типов. С одной стороны, мы имеем низкотемпературный газовый компонент биогенного происхождения, а с другой – глубинный газ абиогенной природы. Более определенно данную совокупность генетических типов можно охарактеризовать, исследуя изотопы гелия и аргона.

Здесь следует отметить, что выделяемый нами новый, потенциально нефтегазоносный район, характеризуется, с одной стороны, формированием захороненных на больших глубинах осадочных толщ пассивной окраины рифейского континента, а с другой – развитием в каледонское и герцинское время Норвежско-Мезенской системы рифтов. Следовательно, газовые эманации в этой зоне должны быть многокомпонентными и относиться к углеводородам биогенного и абиогенного генетических типов. В этой же связи, важным представляется факт главенства тектонических структур, в качестве природных коллекторов изученного региона. Это подтверждается и тем, что устойчивый газовый приток в скв. К-1 и Р-2 был достигнут после вскрытия тектонических брекчий, на глубинах 790 и 800 м.

Все приведенные данные по обоснованию высокой потенциальной нефтегазоносности указанного региона и целесообразности продолжения на его территории поисковых работ, позволили нам выделить в пределах п-ова Рыбачий два локальных участка для постановки бурения глубоких поисково-оценочных скважин. Их строительство предполагается в пределах выделенного по комплексу признаков полигона, в узле скрещения нескольких крупных тектонических разломов (рис. 9, 10). Ввиду большой площади полигона и вариативности проявления структурообразующих процессов, с нашей точки зрения, целесообразно проектирование именно двух скважин на данной территории.

В процессе проведения поисковых работ геолого-геофизическими методами возможно не только подсечение тектонических зон брекчирования с промышленными притоками газа, но и охарактеризовать исследуемую территорию на предмет концентрации в толще рифейских осадков скоплений углеводородного сырья.

В заключение следует отметить, что прогнозирование областей, зон и районов локализации промышленно-значимых скоплений углеводородного сырья в пределах нефтегазоносных бассейнов и, прежде всего, их экономического потенциала, является крайне важной задачей при осуществлении поисковых работ и не должно игнорироваться при изучении слабоизученных территорий.

Данная работа частично выполнена в рамках программы Президиума РАН № 24.

ЛИТЕРАТУРА

- Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир, 2001. 606 с.
- Негрук В.З. Баренцевоморский фосфоритовый бассейн / В.З. Негрук, А.А. Басалаев, И.В. Чикирев. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1993. 119 с.
- Сорохтин О.Г. Глобальная эволюция Земли / О.Г. Сорохтин, С.А. Ушаков. М.: Изд-во МГУ, 1991, 446 с.
- Чумаков Н.М. Докембрийские тиллиты и тиллоиды (проблемы докембрийских оледенений // Тр. ГИН. Вып. 308. М.: Наука, 1978. 202 с.
- Raaben M.E. Correlation of stromatolitic formations of northern Norway (Finnmark) and northwestern Russia (Kildin Island and Kanin Peninsula) / M.E. Raaben, V.V. Lubtsov, A.A. Predovsky // Nor. Geol. Unders. Special Publ. Trondheim. 1995, P. 233–246.
- Сорохтин О.Г. Развитие Земли: учебник / О.Г. Сорохтин, С.А. Ушаков. М.: Изд. МГУ, 2002. 506 с.
- Милановский Е.Е. Геология России и ближнего

зарубежья (Северной Евразии). М.: Изд-во МГУ, 1996. 448 с. **8. Симонов А.П.** Рифейская нефть полуострова Рыбачий: миф или ключ к принципиально новому направлению нефтегазопоисковых работ на шельфе Баренцева моря? / А.П. Симонов, Д.М. Губерман, Ю.Н. Яковлев, П.П. Снетко, Ф.П. Митрофанов, В.В. Любцов, А.А. Предовский, В.А. Припачкин // Вестник МГТУ. 1998. Т. 1, № 2. С. 121–140. **9.** Сейсмогеологическая модель литосферы Северной Европы: Лапландско-Печенгский район / отв. ред. Н.В. Шаров. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. 225 с. **10. Чикирев И.В.** Верхнедокембрийские фосфоритсодержащие отложения Кольского полуострова: автореф. дис. ... канд. г.-м.н. М.: МГУ, 1995. 18 с. **11. Сорохтин О.Г.** Жизнь Земли. М.-Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика"; Институт компьютерных исследований, 2007. 452 с. **12. Дмитриевский А.Н.** Перспективы освоения нефтегазовых ресурсов Российского шельфа / А.Н. Дмитриевский, М.Д. Белонин // Природа. 2004. № 9. С. 6–15. **13. Беккер Ю.Р.** Возраст глауконитовых горизонтов и верхней границы гиперборей восточной части Балтийского щита / Ю.Р. Беккер, В.З. Негруца, Н.И. Полевая // ДАН СССР. 1970. Т. 193, № 5. С. 1123–1126. **14. Любцов В.В.** Литостратиграфия и микрофоссилии позднего докембрия Кольского полуострова / В.В. Любцов, Н.С. Михайлова, А.А. Предовский. Апатиты, 1989. 130 с. **15. Samuelsson J.** Biostratigraphy of Kildin Island and Sredni Peninsula: preliminary results // Norwegian-Russian Collaboration Programme «North Area», 1-st International Barents Symposium (Abstracts), 21–24 October, 1993, Kirkenes, Norway. **16. Келлер Б.М.** Поздний докембрий севера Мурманской области / Б.М. Келлер, Б.С. Соколов // ДАН СССР. 1960. Т. 133, № 5. С. 1154–1157. **17. Беккер Ю.Р.** Молассы докембрия. Л.: Недра, 1988. 198 с. **18. Gorokhov I.M.** A Rb-Sr study of multis tage illite generation in shales of Poropelonskaya and Pumanskaya Formations, Sredni Peninsula / I.M. Gorokhov, T.L. Turchenko, A.V. Baskakov, E.P. Kutuyavin, Melnikov & A.V. Sochava // Norwegian-Russian Collaboration Programme «North Area», 1-st International Barents Symposium (Abstracts), 21–24 October, 1993, Kirkenes, Norway. **19. Полканов А.А.** Дополнение к статье «Гиперборейская формация полуострова Рыбачий и острова Кильдина (Кольский полуостров)» // Проблемы Сов. Геол. 1934. Т. 4, № 10. С. 165. **20. Келлер Б.М.** Полуострова Рыбачий, Средний и остров Кильдин / Б.М. Келлер, А.В. Копелиович, Б.С. Соколов // Стратиграфия СССР, верхний докембрий. Т. 1. М., 1963. С. 103–113. **21. Коноплева Н.Г.** Верхнепротерозойская ритмичная толща п-ова Рыбачий // ДАН СССР. 1974. Т. 219, № 1. С. 175–178. **22. Люткевич Е.М.** Докембрийские отложения полуостровов Рыбачий, Среднего и острова Кильдина / Е.М. Люткевич, Л.Я. Харитонов // Геология СССР. Т. XXXVII. Мурманская область. Ч. 1. Геологическое описание. М.: ГОНТИ, 1958. С. 361–370. **23. Негруца В.З.** Стратиграфия гиперборейских отложений полуостровов Среднего, Рыбачьего и острова Кильдин. // Проблемы геологии докембрия Балтийского щита и покрова Русской платформы. Труды ВСЕГЕИ. Т. 175. Л.: Недра, 1971. С. 153–186. **24. Сергеева Э.И.** Главные черты строения сводного разреза позднего докембрия Кольского полуострова // Некоторые вопросы геологии Карело-Кольского региона. Тематический сборник научных трудов. Вып. 4. М., 1973. С. 3–15. **25. Коноплева Н.Г.** О стратиграфии рифейских отложений полуострова Рыбачий // Новые данные по геологии и стратиграфии Северо-Запада РСФСР: тр. Министерства геологии РСФСР. Вып. 6. М., 1977. С. 62–80. **26. Siedlecka A.** The bedrock geology of Varanger Peninsula, Finmark, North Norway: an excursion guide / A. Siedlecka, D. Roberts // Nor. Geol. Unders., Special Publ., 1992, Vol. 5, 45 p. **27. Torsvik T.** Paleomagnetic data from sedimentary rocks and dolerite dykes, Kildin Island, Rybachi, Sredni and Varanger Peninsulas, NW Russia and NE Norway / T. Torsvik, D. Roberts & A. Siedlecka // Norwegian-Russian Collaboration Programme «North Area», 1-st International Barents Symposium (Abstracts), 21–24 October, 1993, Kirkenes, Norway. **28.** Отчет по комплексной аэрогеофизической (магнитной, гамма-спектрометрической, газовой на метан и пропан) съемке масштаба 1 : 50000 на территории Мурманской области (район п-овов Средний и Рыбачий) / отв. исп. Гололобов Ю.Н. ФГУ НПП «Геологоразведка». СПб., 2003. 85 с. 12 граф. прил. **29. Сорохтин Н.О.** Нефтегазоносность Баренцево-Карского шельфа России и прогнозные критерии поиска УВ сырья в прибрежной зоне Кольского региона / Н.О. Сорохтин, Н.Е. Козлов, Н.В. Куликов, В.Н. Глазнев, И.В. Чикирев // Вестник КНЦ РАН. 2010. № 1. С. 66–82. **30. Хёфс Й.** Геохимия стабильных изотопов. М.: Мир, 1983. 200 с. **31. Прасолов Э.М.** Изотопная геохимия и происхождение природных газов. Л.: Недра, 1990. 284 с.

Сведения об авторах:

Сорохтин Николай Олегович – д.г.-м.н., ведущий научный сотрудник, e-mail: nsorokhtin@mail.ru

Козлов Николай Евгеньевич – д. г.-м.н., проф., зав. лаб., директор АФ “МТУ”, e-mail:

kozlovne@afmgtu.apatity.ru

Куликов Николай Владимирович – д.э.н., ген. директор

Глазнев Виктор Николаевич – д. ф.-м. н., зав. кафедрой, e-mail: victor.glaznev@smt.ru

Чикирев Игорь Владимирович – к. г.-м. н., зам. директора e-mail: chikiryeviv@afmgtu.apatity.ru

РЕАКЦИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД НА МОЩНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

С.А. Козырев, Е.А. Усачев
Горный институт КНЦ РАН

Аннотация

Установлены закономерности изменения параметров сейсмических волн при производстве короткозамедленных взрывов и их воздействие на блочную среду. Выявлены закономерности распределения техногенной сейсмичности в первые часы после проведения взрыва. Создана методика выявления сейсмически опасных зон при ведении горных работ в высоконапряженных массивах горных пород.

Ключевые слова:

промышленные взрывы, техногенная сейсмичность, горные работы, сейсмические волны, горные удары.



В последние годы вопросам поведения блочной среды при динамических воздействиях уделяется большое внимание, особенно в целях обеспечения устойчивости и надежности подземных сооружений в строительный и эксплуатационный периоды. Перемещение больших объемов породы при подземной добыче и постоянное воздействие мощных технологических взрывов влечет за собой перераспределение напряжений и изменения в структуре массива, которые отражаются как в динамических явлениях (горные и горно–тектонические удары, техногенные землетрясения), так и в

деформировании массива пород (крип по структурным нарушениям и дезинтеграция массива, обусловленная релаксацией напряжений).

Наиболее существенные результаты в изучении деформирования блочной среды при крупномасштабных взрывах получены в Институте горного дела СО РАН и Институте динамики геосфер (ИДГ) РАН [1–10], где установлены размеры зон необратимого деформирования и критические скорости в волне сжатия, при которых происходят необратимые локальные деформации; разработана расчетная модель взрывного деформирования блочной твердой среды; рассмотрена характеристика афтершоков подземных взрывов; выполнена оценка релаксационных напряжений в блочной среде. Установлено, что в результате крупномасштабных взрывов происходит пространственное перераспределение энергии и, как следствие, интенсификация релаксационных процессов (локальные разрушения и взаимная подвижка блоков), которые сопровождаются излучением сейсмических волн разной интенсивности.

Однако необходимо отметить, что основные результаты ИДГ РАН получены применительно к ядерным взрывам, которые имеют сферическую симметрию, а массив представлен оконтуренными со всех сторон блоками, промежутки между которыми заполнены менее прочным материалом по сравнению с материалом блоков. В реальной же среде тектонические нарушения малой амплитуды характеризуются небольшой протяженностью. Они нередко не соприкасаются друг с другом и не образуют полностью оконтуренных блоков, и только тектонические нарушения с большой амплитудой и протяженностью смыкаются друг с другом, образуя при этом отдельные тектонические блоки, размеры которых значительны по сравнению с очагом взрыва. Кроме того, при отбойке горных пород в рудниках применяют короткозамедленное взрывание рассредоточенных систем зарядов, действие которых на массив значительно отличается от ядерных взрывов.

Первые результаты регистрации относительных перемещений берегов разломов в Хибинских рудниках с использованием струнных датчиков перемещений применительно к короткозамедленным взрывам были также получены сотрудниками ИДГ РАН [5]. Они показали, что относительное движение породных блоков, возникшее под действием взрывной волны, имеет колебательный характер и продолжается длительное время после ее прохождения. Однако эти экспериментальные данные имеют единичный характер и не позволяют полностью охарактеризовать движение породных блоков.

Реакция массива горных пород на мощные технологические взрывы

Практика отработки глубоких горизонтов апатитовых рудников свидетельствует о том, что основная доля горных ударов приходится на участки с тектоническими нарушениями. Поэтому любые новые сведения о реакции блочной среды на динамические воздействия будут весьма полезны для разработки мероприятий по безопасному ведению горных работ.

Исследования на апатитовых рудниках позволили установить ряд новых закономерностей применительно к условиям производства короткозамедленных массовых взрывов. Эксперименты проводились на гор.+252 м Кукисвумчоррского крыла Объединенного Кировского рудника ОАО «Апатит» на участках под висячим боком месторождения, в блоке–целике и в лежащем боку. Регистрации подлежали массовые взрывы с одинаковыми параметрами буровзрывных работ и интервалами замедления ($t=23$ мс), но с разной массой зарядов ВВ.

На рис. 1 приведены наиболее характерные записи колебаний внутренних точек массива, представленные в форме графиков зависимости от времени скорости смещения, смещения и спектров скоростей смещения от взрывов в лежащем боку рудного тела (рис. 1а), под висячим боком в вырезных лентах блока–целика (рис. 1б,в) и в лежащем боку в непосредственной близости от ярко выраженного тектонического нарушения (рис. 1б,г). Результаты наблюдений показали существенное различие параметров сейсмических волн при указанных взрывах. Так, взрывы в лежащем боку (рис. 1а) генерируют колебания по всем трем компонентам, близкие к синусоидальным, а основная доля энергии переносится по компонентам X и Z на частоте около 23 Гц. По компоненте Y (перпендикулярно фронту отбойки) спектр колебаний несколько отличен, а основная доля энергии переносится на частотах 12, 18 и 35 Гц. При взрывах под висячим боком в вырезных лентах блока–целика (рис. 1 б,в) колебания внутренних точек массива имеют более сложный характер.

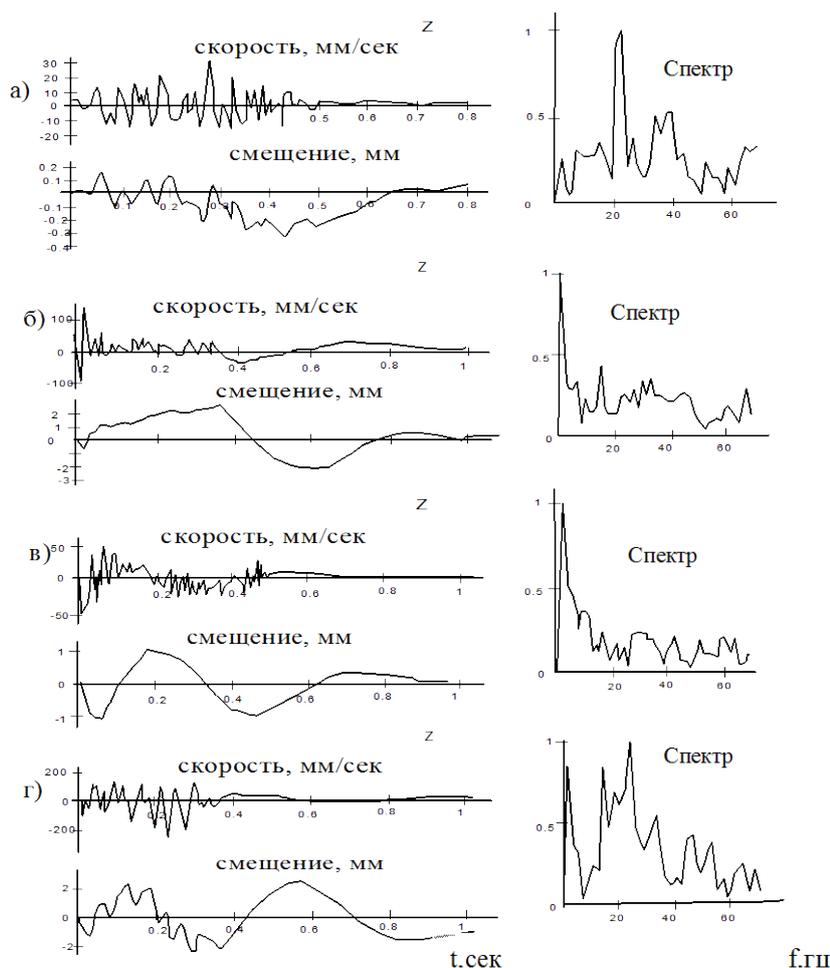


Рис. 1. Записи колебаний внутренних точек массива, представленные в форме графиков зависимости от времени скорости смещения, смещения и спектров скоростей смещения от взрывов, произведенных в лежащем боку месторождения (а), под висячим боком в вырезных лентах блока–целика (б, в) и в лежащем боку в непосредственной близости от тектонического нарушения (г)

Отличия обусловлены тем, что после взрыва первой ступени начинает формироваться низкочастотная волна с периодом колебаний 0.5 с. Спектральный анализ скорости смещения также показал, что по компоненте Z основная доля энергии переносится на частотах $f=2-3$ Гц. В двух других направлениях (компоненты X и Y) формируется довольно сложный пакет колебаний, но с преобладанием двух максимумов на частотах 2–4 и 53–60 Гц. Наиболее четко низкочастотная волна с характерным периодом колебаний $T=0.5-0.6$ с проявляется на графике зависимости смещения точек массива от времени (рис. 4.1 б,в).

При производстве массового взрыва в лежащем боку в непосредственной близости от тектонического нарушения (рис. 1 г) также наблюдается низкочастотная волна, но время ее зарождения приурочено к моменту завершения взрыва. По амплитуде компонент X и Y низкочастотная волна в данном случае значительно ниже основного тона колебаний, а по компоненте Z они сопоставимы по своему уровню.

Следует отметить, что низкочастотная волна наблюдается только в определенных горно-геологических условиях и фиксируется в зоне влияния массового взрыва. На дальних расстояниях зарегистрировать низкочастотную волну не удалось, что говорит о ее быстром затухании.

Экспериментальное изучение действия взрыва сосредоточенных и удлинённых зарядов вблизи свободных поверхностей показало, что взрыв таких зарядов необходимо рассматривать как двухстадийный источник колебаний. Впервые это предположение было сделано Б.Г. Рулевым [10]. Первый источник колебаний – это начальная стадия развития взрыва, когда продукты детонации симметрично распространяются во все стороны. В окружающем массиве возникают деформации сжатия, которые и порождают первичную объемную волну. Второй источник – это отделение расчлененного трещинами участка массива, вызванное остаточным давлением продуктов детонации в полости и связанное с этим отделением образование вторичных волн с большими периодами колебаний, так как на этой стадии процесс протекает значительно медленнее.

Таким образом, экспериментальные исследования показали, что формирование вторичной низкочастотной волны связано с вовлечением в движение расчлененного трещинами массива.

Применительно к условиям отбойки в зажиме, особенно в условиях высокого горного давления и при верном расположении скважин, отделение от массива раздробленного рядом скважин слоя весьма проблематично. Поэтому, по-видимому, при массовой отбойке руды механизм формирования низкочастотной волны связан с вовлечением в движение структурных блоков различного ранга и особенно консоли необрушенных пород висячего бока.

На Кукисвумчорском месторождении можно выделить ряд разломов различного ранга, которые и определяют блочное строение рудного тела. Выявленные в пределах шахтного поля четыре системы трещин делят массив на блоки более высокого уровня. При подработке рудного тела под висячим боком образуется консоль из необрушенных пород, которая способствует развитию трещин вдоль кромки обрушения. Образовавшиеся блоки в консоли покрывающих пород обладают большей подвижностью, чем блоки более низкого порядка, из-за подработки и потери связи с нижележащим массивом. То есть в данном случае имеет место геофизическая среда с разномасштабными неоднородностями (структурными блоками), причем расстояние между структурными блоками в висячем боку значительно меньше, чем в лежащем. Ведение взрывных работ в такой среде сопровождается значительным воздействием на нее знакопеременных сейсмических волн высокой интенсивности, которые нарушают ее равновесное состояние.

Принимая во внимание тот факт, что вблизи разломов и крупных трещин происходит усиление сейсмического действия взрыва, то и относительное смещение граней соседних структурных блоков на этих участках больше, чем в лежащем боку. В данных условиях требуется меньше энергии для вывода их из положения равновесия, что и наблюдается в натуральных условиях. То есть после взрыва первой ступени (1 б,в) через 10–20 мс происходит вывод структурных блоков из положения равновесия, чем и вызывается низкочастотная составляющая колебаний.

Таким образом, воздействие короткозамедленного взрыва на блочную среду за зоной дробления приводит к ее деформированию за счет относительного проскальзывания блоков, их вращения и поступательного движения, что вызывает образование вторичных длиннопериодных волн. Формирование последних проявляется для рассматриваемых условий только при определенном уровне воздействия, величина которого зависит от размера структурных блоков и «жесткости» их заделки во вмещающем массиве. В свою очередь, такое деформирование блочной среды обусловлено перераспределением в пространстве изначально высоких тектонических напряжений, что сопровождается явлениями, связанными с высвобождением запасенной массивом упругой энергии в

виде сейсмических толчков различной интенсивности.

Для оценки размеров зоны влияния массовых взрывов, где возможны необратимые локальные деформации массива использованы данные о сейсмическом действии массовых взрывов на различных расстояниях от границ отбойки. По аналогии с [9] зону, где возможны необратимые локальные деформации в массиве, оконтуривали по критической скорости смещения в волне сжатия, которая для рассматриваемых условий составляет величину 0.1–0.15 м/с. Радиус данной зоны описывается эмпирической зависимостью:

$$R = 3.125 \left[\frac{K_\alpha}{[V]} \right]^{-0.767} \sqrt[3]{\frac{SQW}{T}} \text{ м,}$$

где: R – расстояние от центра секции до границы зоны сотрясательного воздействия взрыва, м; $K_\alpha = 0.67 + 0.197\alpha + 0.081\alpha^2$ – коэффициент, учитывающий влияние угла прихода сейсмических волн в точку наблюдения; α – угол между фронтом отбойки и точкой наблюдения, рад.; Q – общий вес ВВ, кг; $[V]$ – критическая скорость смещения в волне сжатия, см/с; S – фронтальная площадь сечения отбиваемой секции, м; T – толщина взрывающей секции, м; W – величина линии наименьшего сопротивления, м.

Особенности проявления сейсмичности при производстве массовых взрывов

Анализ данных сейсмостанции ОАО "Апатит" показывает, что практически 70% всех сейсмических событий после массового взрыва происходит в зоне их влияния. На рисунке 2 в

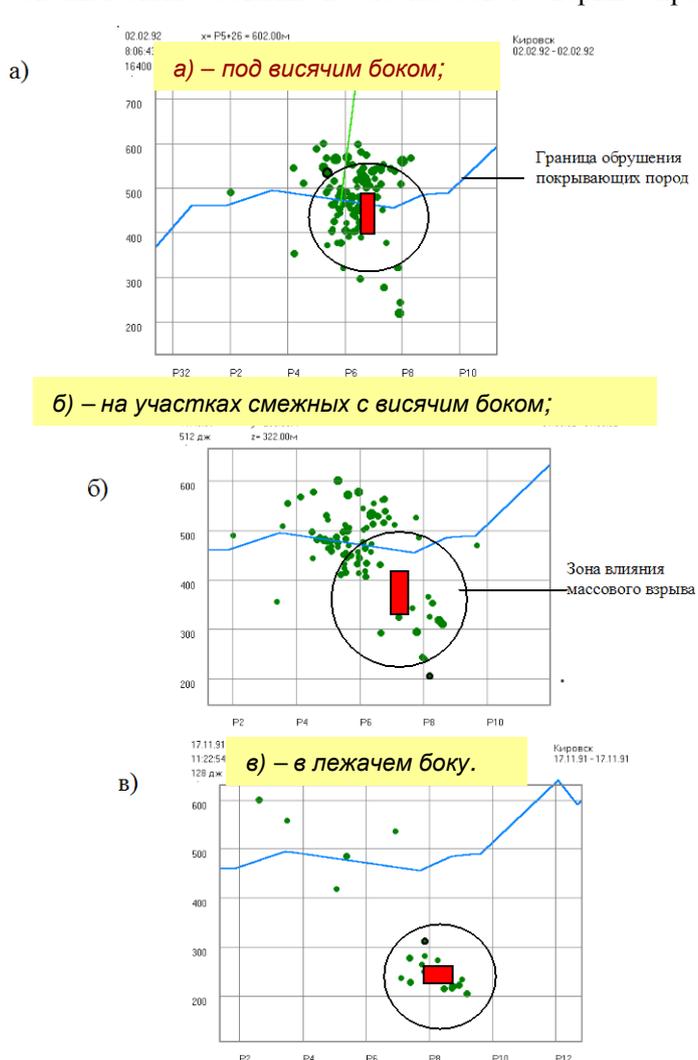


Рис. 2. Распределение сейсмических событий (●) в первые сутки после массовых взрывов, произведенных: а) под висячим боком; б) в смежных с висячим боком участках; в) в лежачем боку

качестве примера показано наиболее характерное распределение очагов сейсмических событий в течение суток после производства массовых взрывов на различных участках рудного тела.

При взрывах в лежачем боку, где зона необратимых локальных деформаций не выходит под висячий бок, имеет место незначительная сейсмическая активность, а все сейсмические события приурочены непосредственно к зоне влияния массового взрыва (рис. 2 в).

При отбойке секций под консолью необрушенных пород висячего бока и смежных с ними (рис. 2 а, б), при которых зона необратимых локальных деформаций проявляется и в массиве консоли, наибольшее число сейсмических событий приурочено именно к консоли, что подтверждает ранее сделанные выводы о преимущественном движении блоков, слагающих консоль необрушенных пород. Рассматривая очередность проявления сейсмических событий при данных взрывах, можно видеть, что первые события в большинстве случаев формируются в консоли, а затем непосредственно вблизи границ отбойки, а именно, в угловых зонах, т.е. в зонах концентрации статических напряжений. Очередность проявления сейсмических событий в данном случае носит периодический характер. Такая же тенденция проявления сейсмичности имеет место и при других взрывах, производимых под висячим боком, т.е. первоначально сейсмические события

появляются в консоли, а затем вблизи границ отбойки, чередуясь между собой. Продолжительность существования наведенной взрывом сейсмичности напрямую связана с уровнем динамического воздействия. При этом, чем больше зона влияния массового взрыва, тем более продолжительное время проявляется сейсмоактивность массива, что, в свою очередь, приводит к высвобождению на больших площадях накопленной в массиве упругой энергии с последующей разгрузкой массива. В данном случае увеличивается и промежуток времени, за который массив возвращается в устойчивое состояние.

С помощью операции статистической оценки пространственной переменной установлены некоторые закономерности проявления очагов сейсмических событий вокруг границ взрыва и очистного пространства, очередность и временные интервалы их проявления. При этом установлено, что в зоне действия массового взрыва, где возможны необратимые локальные деформации при динамическом нагружении, образуется несколько очаговых зон с определенной последовательностью и цикличностью их проявления (рис. 3). Для массива, находящегося в устойчивом состоянии, первоначально наиболее интенсивно сейсмические события проявляются, как правило, в границах наиболее ослабленных структурных блоков. Продолжительность проявления сейсмичности в этой зоне составляет первые десятки минут.

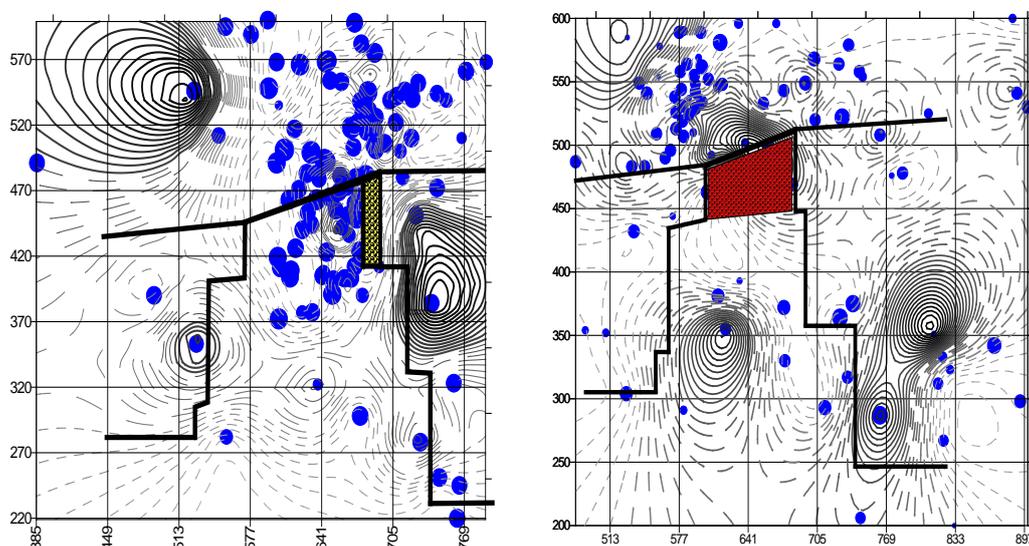


Рис. 3. Распределение сейсмических событий (●) в первые сутки после массовых взрывов: а – под висячим боком; б – в смежных с висячим боком участках; в – в лежащем боку

Последующие циклы продолжительностью от 1.5 до 3.5 ч и интервалом между ними от 2 до 4 ч происходят вокруг первоначально образованных зон, смещаясь к периферии и границам отбойки. Такая последовательность проявления зон активности связана с процессами накопления и диссипации энергии. При этом переход системы от одной структуры к другой происходит не постепенно, а скачкообразно в соответствии с изложенными ранее модельными представлениями формирования и реализации динамических явлений в рудниках. Выявленные закономерности позволяют при известной структуре массива определять места проявления сейсмических событий и избирательно воздействовать на массив путем выбора режима ведения взрывных работ и необходимой мощности массового взрыва.

Прогноз развития обрушений на подземных рудниках Хибин по кинетике техногенного сейсмического процесса

Горные работы на рудниках Хибин достигли таких объемов, которые обусловили существенное увеличение техногенного воздействия на тектонически напряженный массив, что проявляется в подвижках блоков, формировании на поверхности больших зон обрушения, трещин отрыва и других проявлений. Одновременно с этим резко повышается степень напряженности в отдельных структурных блоках, что, в свою очередь, приводит к повышению уровня сейсмичности.

Реакция массива горных пород на мощные взрывные воздействия в решающей мере зависит от степени подготовки массива к естественной разрядке. Поэтому не все естественные воздействия могут привести к высвобождению тектонических напряжений. Анализ имевших место на подземных рудниках горных ударов показал, что во многих случаях они возникают вслед за массовыми взрывами и около 70% всех проявлений горного давления отмечаются в основании блоков, в подсечных и откаточных выработках и в блоках–целиках. Но все же большинство наиболее крупных сейсмических событий происходит в промежутке между массовыми взрывами и приурочены они к консоли покрывающих пород.

Из динамики изменения энергии сейсмических событий во времени и их местоположения в пространстве (рис. 4 а, б) следует, что реализация крупных сейсмических событий (более 10^5 Дж) происходит в основном в консоли необрушенных пород в период подготовки массива к обрушению и его реализации. На рисунке 4 а максимальные пики соответствуют моментам обрушения консоли.

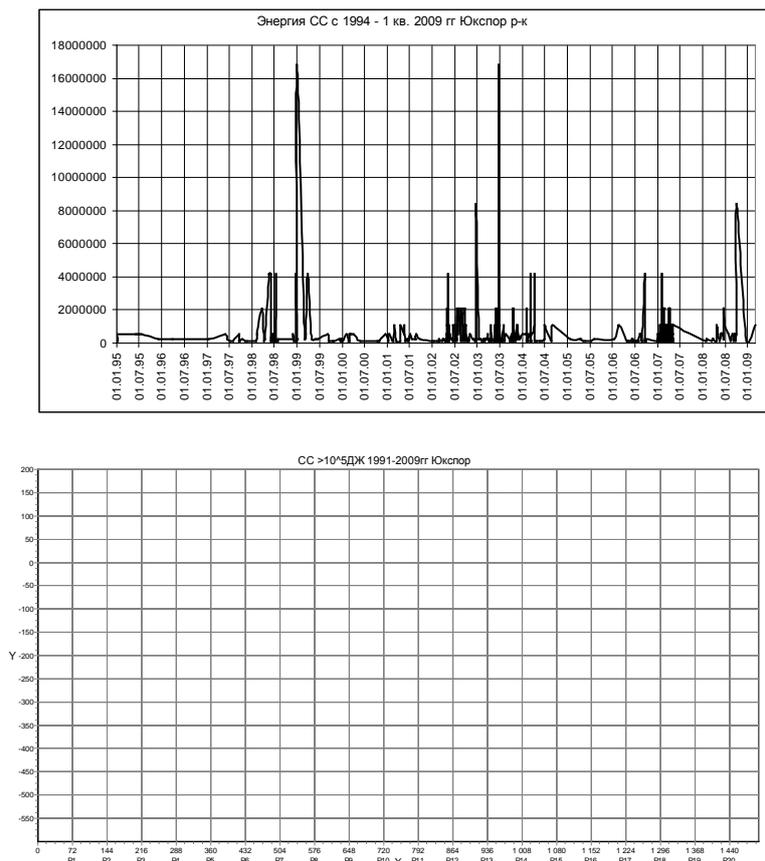


Рис. 4. Динамика изменения энергии сейсмических событий с энергией более 10^5 Дж в период 1994–2009 гг. (а) и распределение сейсмических событий в пределах шахтного поля Юкспорского крыла ОКР (б)

Для прогноза таких опасных явлений, как обрушение, весьма важным представляется выявление потенциально опасных зон в районе крупномасштабной выемки горных масс, где извлекаются и перемещаются значительные объемы горной массы и формируются значительные по площади подработанные пространства, которые и определяют процесс развития самообрушений.

Для решения данной задачи применительно к условиям подземных рудников Хибин адаптирована теория количественного описания сейсмических процессов в реальной среде, основанная на законе производства сейсмической энтропии [11]. Теория количественного описания – это установление в течение некоторого временного интервала T (сейсмического цикла) закономерностей между параметрами крупных сейсмических событий и кумулятивными параметрами событий индикаторов, которые позволяют с некоторой точностью предсказать поведение системы. Состояние сейсмической системы внутри сейсмических циклов (между двумя

крупными событиями) $t_{c_{j-1}} < t < t_{c_j}$ описывается кумулятивными параметрами E_c и S_c : $E_c = \sum_{i=1}^{N_{ct}} E_i$,

$$S_c(E_c, t) = (t - t_{c_{j-1}}) * E_c - \sum_{i=1}^{N_{ct}} \{(t_i - t_{c_{j-1}})\},$$

где t_i – время излучения событий-индикаторов; E_i – сейсмическая энергия событий-индикаторов; N_{ct} – число всех событий-индикаторов внутри сейсмического цикла на момент времени t , S_c – функция плотности состояния сейсмической системы.

По результатам вычислений строятся трековые диаграммы в плоскости WK (W – энтропия, K – класс сейсмического события). На диаграмме подготовка сильного сейсмического события изображается ступенчатой конечной траекторией, которая притягивается к определенной области на диаграмме, где система теряет устойчивость. Такие особые области принято называть странными аттракторами. Форма трека отражает механизм неустойчивости и подвижек на разломе, и по их конфигурации в принципе можно определить сегмент разлома, на котором произойдет локальная потеря неустойчивости.

За сейсмические системы были приняты шахтные поля Кукисвумчоррского и Юкспорского месторождений, включающие в себя события в диапазоне $E=10^2-10^7$ Дж. В качестве сейсмического цикла принимался интервал времени между событиями с энергиями $E>10^6$ Дж, события индикаторы – $E=10^2-10^5$ Дж (рис. 5).

Рис. 5. Пример сейсмического цикла для Юкспорского месторождения

В результате построены трековые диаграммы и аттракторы, в которых выделены зоны неустойчивости. Установлено, что эти зоны приурочены в основном к границам обрушения покрывающих пород и разломным структурам. Выявлена взаимосвязь между формой трека, показателем энтропии и потери устойчивости массива, что позволяет судить о состоянии массива в различные периоды его отработки.

Так, для Юкспорского месторождения (рис. 6) особенностью рассматриваемого сейсмического процесса является то, что четко выделяются четыре зоны с определенной последовательностью их проявления. Для зоны 1 характерно то, что реализация крупных сейсмических событий происходит без резких смещений треков, а продолжительность сейсмического цикла составляет от 4 до 24 месяцев. Эту зону можно охарактеризовать как переходную — от устойчивого к неустойчивому состоянию. Во второй и третьей зонах продолжительность циклов намного меньше, чем в первой и имеет место резкое смещение треков вверх, что говорит о потере устойчивости системы. Четвертая зона объединяет вторую и третью. Продолжительность циклов в этой зоне составляет от первых часов до нескольких суток и также имеет место резкое смещение треков вверх.

Для выявления критических зон в конкретных условиях на план горных работ переносились сейсмические события, завершающие циклы из каждой выделенной зоны и получено две характерные области с неустойчивым состоянием вблизи границы обрушения (рис. 6).

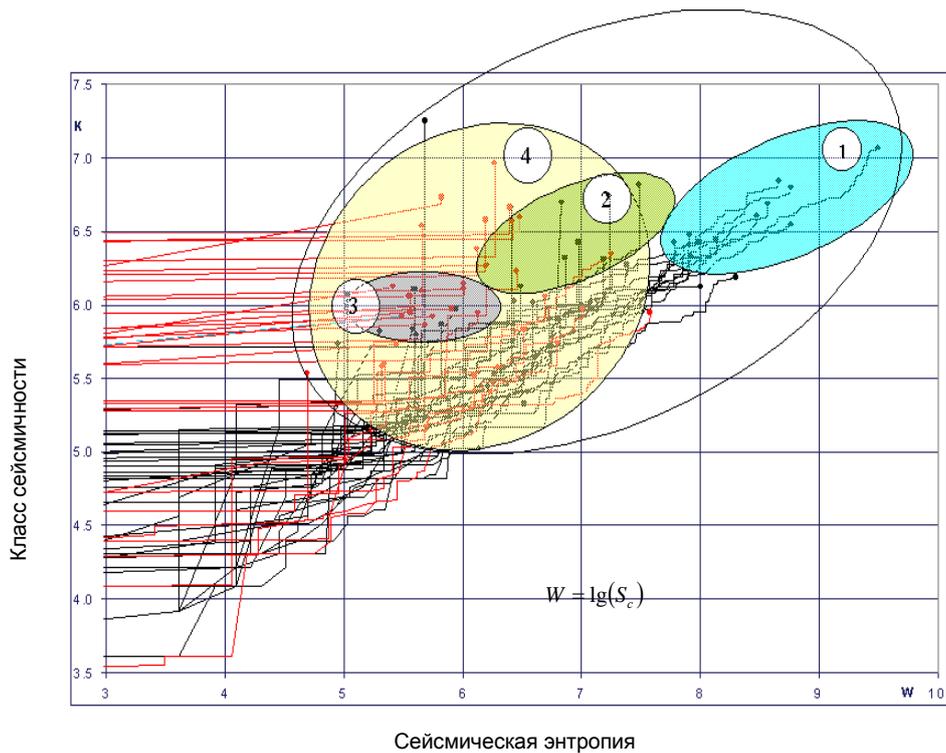


Рис. 6. Трековые диаграммы, аттрактор и однородные сейсмоструктурные зоны (1-4), в которых происходит потеря устойчивости для сейсмической системы Юкспорского месторождения

В первой области (разрезы 4–13) за рассматриваемый период за четыре акта произошла полная качественная перестройка системы от состояния покоя вплоть до полной потери устойчивости, выразившейся в образовании единичных трещин, их объединения, прорастания магистральной трещины вдоль кромки обрушения и непосредственно обрушения подработанных горными работами и оконтуренной трещинами отрыва части массива покрывающих пород (заштрихованная область).

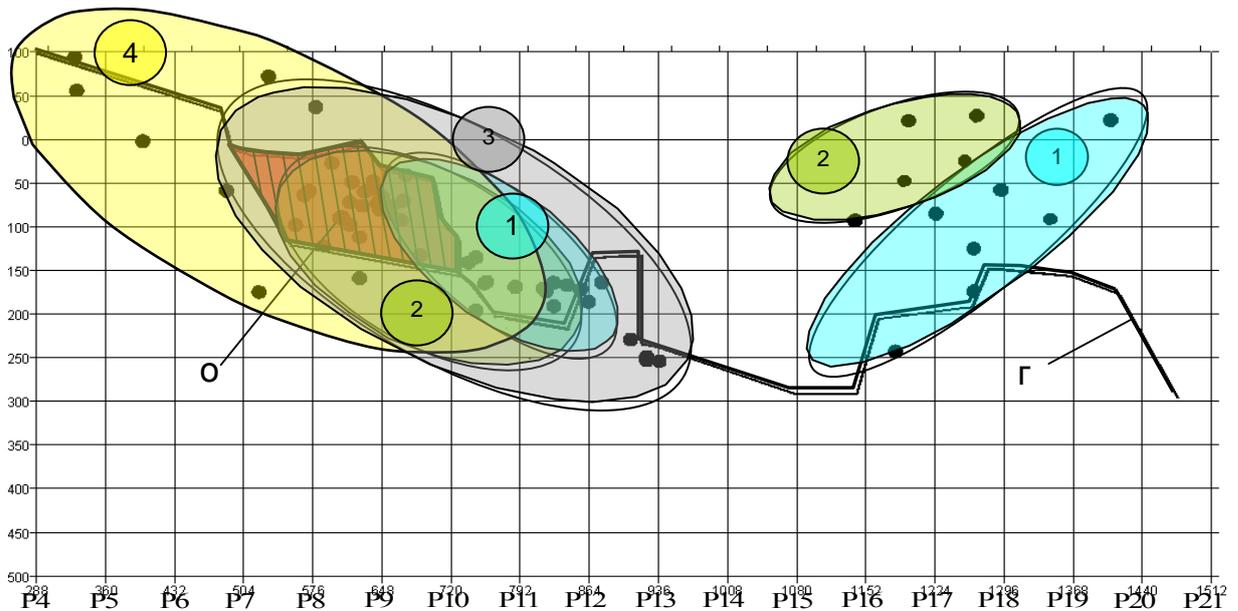


Рис. 7. Местоположение зон неустойчивости в границах шахтного поля Юкспорского месторождения (Г – граница обрушения покрывающих пород, О – обрушение части покрывающих пород после достижения массивом критического состояния)

Во второй области (разрез 15–20) в настоящее время просматриваются только две зоны – зона перехода от устойчивого состояния к неустойчивому, т.е. имеет место первая стадия неустойчивого состояния. Маркшейдерские съемки на этом участке зафиксировали развитие трещины отрыва в покрывающих породах.

Такая последовательность проявления зон неустойчивости связана как с технологией ведения горных работ, так и с воздействием на массив массовых и технологических взрывов. Динамические системы, имеющие несколько аттракторов, при незначительных внешних воздействиях могут "перескакивать" с одного аттрактора на другой. Такой скачок называется *бифуркацией*, а момент времени, в который он произошел, – *точкой бифуркации*. При бифуркациях происходит значительная качественная перестройка динамики системы. Несколько последовательных бифуркаций могут приводить к полной потере устойчивости, что и имело место для рассматриваемой сейсмической системы.

Таким образом, принятая методика выявления критических зон при ведении крупномасштабных работ в высоконапряженных массивах, основанная на кинетике реального техногенного сейсмического процесса, позволяет выявлять очаговые зоны с неустойчивым состоянием и степень их подготовки к естественной разрядке, определить последовательность проявления бифуркаций в очаговых зонах и их количество, определяющих стадии потери устойчивости массива в зависимости от внешнего воздействия, что позволяет повысить надежность районирования сейсмоопасных участков шахтного поля и создает реальные предпосылки для улучшения временной локализации периодов повышенного риска.

С другой стороны, зная последовательность проявления опасных зон и их критическое состояние можно прогнозировать участки обрушения покрывающих пород и выбирать порядок отработки нижележащих горизонтов, который бы максимально способствовал развитию самообрушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курленя М.В., Опарин В.Н. Некоторые особенности реакции горных пород на взрывные воздействия в ближней зоне: препринт. ИГДСО АН СССР. Новосибирск, 1984. № 10. 32 с.
2. Родионов В.Н. Основы геомеханики / В.Н. Родионов, И.А. Сизов, В.М. Цветков. М.: Недра, 1986. 301 с.
3. Адушкин В.В., Спивак А.А. Афтершоки подземных взрывов: препринт. ИГД АН СССР, 1991. 34 с.
4. Садовский М.А., Адушкин В.В., Спивак А.А. О размере зон необратимого деформирования при взрыве в блочной среде // Изв. АН СССР. Физика Земли, 1989. № 9. С. 9–16.
5. Кондратьев С.В. Методика измерения относительного движения породных блоков // Контроль состояния скального массива при долговременной эксплуатации крупногабаритных подземных сооружений. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1993. С. 64–74.
6. Явление знакопеременной реакции горных пород на динамические воздействия / М.В. Курленя, В.Н. Опарин, В.В. Адушкин и др. // Механика горных пород. Горное и строительное машиноведение. Технология горных работ. Новосибирск: ИГД СО РАН, 1993. 220 с.
7. Курленя М.В., Опарин В.Н. О явлении знакопеременной реакции массивов горных пород на динамические воздействия // ФТПРПИ, 1990. № 4. С. 3–13.
8. Курленя М.В., Опарин В.Н. О формировании упругих волновых пакетов при импульсном возбуждении блочных сред. Волны маятникового типа V_{μ} // ДАН, 1993. Т. 333, № 4. С. 515–521.
9. Адушкин В.В., Спивак А.А. Геомеханика крупномасштабных взрывов. М.: Недра, 1993. 319 с.
10. Рулев Б.Г. Динамические характеристики сейсмических волн при подземных взрывах // Взрывное дело, 1968. № 64/21. С. 109–158.
11. Акопян С.Ц. Количественное описание сейсмических процессов на основе сейсмической энтропии // Физика Земли, 1988. № 1. С. 11–26.

Сведения об авторах

Козырев Сергей Александрович – д.т.н., зав. лаб.; e-mail: skozirev@goi.kolasc.net.ru

Усачев Евгений Андреевич – младший научный сотрудник; e-mail: madly@bk.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМОТОМОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА УЧАСТКА БОРТА КАРЬЕРА

Э.В. Каспарьян, В.В. Рыбин, Ю.А. Старцев
Горный институт КНЦ РАН

Аннотация

Приведены результаты геомеханического мониторинга прибортового массива пород в окрестности крупной карьерной выемки с использованием сейсмотомографического метода. Показано, что с использованием метода сейсмической томографии можно получать достаточно надежные данные о динамике изменения геомеханического состояния приконтурного массива на достаточно большой площади и тем самым осуществлять геомеханический мониторинг устойчивости приконтурного массива карьера.

Ключевые слова:

открытые горные работы, геомеханическое состояние массива пород, сейсмическая томография.



В настоящее время при ведении крупномасштабных открытых горных работ практически повсеместно происходит значительное углубление карьерных выемок. При этом возникает вопрос об оптимизации конструкции бортов карьеров и, в частности, возможности увеличения углов откосов уступов и, как следствие, увеличения генеральных углов наклона бортов действующих карьеров.

Экономический эффект от повышения генеральных углов наклона бортов даже для среднего по масштабам карьера может быть весьма значителен за счет прироста запасов и уменьшения объема вскрыши. При этом для обоснования параметров уступов и бортов карьеров, обеспечивающих безопасность производства горных работ, необходимо детально исследовать свойства, структурные особенности и напряженное состояние приконтурного массива пород.

Учитывая высокую значимость определения оптимальных углов наклона бортов в предельном положении, Горный институт КНЦ РАН с начала 1990-х гг. проводит исследования в этой области с учетом фактического напряженно-деформированного состояния (НДС) вмещающего массива горных пород и параметров нарушенной зоны в приконтурной зоне карьеров [1-3]. При этом одним из основных вопросов, который приходится решать при формировании бортов карьеров на конечном контуре с повышенными углами откосов, является вопрос организации геомеханического мониторинга массива пород в окрестности карьерных выемок.

Для решения этой задачи Горным институтом КНЦ РАН была разработана комплексная методика, включающая в себя ряд методов локального мониторинга геомеханического состояния массива пород, таких как метод разгрузки, телесъемки стволов скважин, ультразвукового каротажа, контроля разрушения скважин и др. Одним из применяемых методов мониторинга является метод сейсмической томографии, который обладает существенными преимуществами перед другими локальными методами, поскольку позволяет получить картину состояния массива пород на достаточно большой его площади (в варианте 2D-измерений) или объеме (в варианте 3D-измерений) и проследить изменения состояния массива в различные моменты времени [4].

В связи с решением о строительстве крупного и глубокого карьера и формированием борта высотой около 800–900 м особую значимость приобретают вопросы организации геомониторинга в условиях карьера рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК» [5]. Объектом геомониторинга сейсмотомографическим методом на руднике «Железный» является прибортовый массив пород, в первую очередь, на участках борта с вертикальными углами откоса уступов.

Методика выполнения исследований

Сейсмотомографический полигон (рис. 1, 2) на северном борту карьера на горизонте +118 м был заложен в 2006 г.



Рис. 1. Общий вид сейсмотомографического полигона: красными метками обозначены места установки сейсмодатчиков

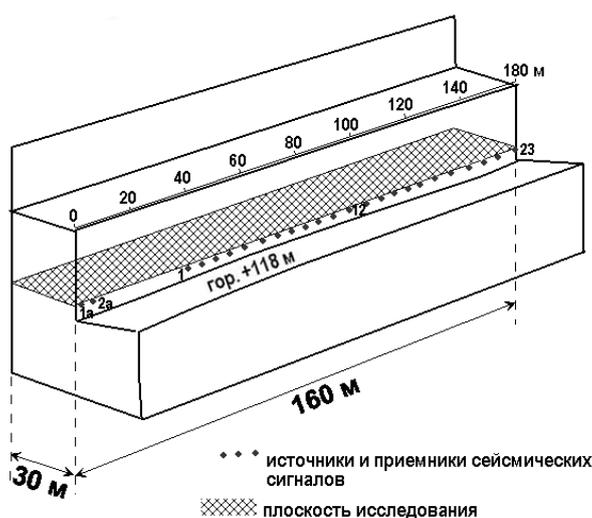


Рис. 2. Схема проведения сейсмотомографических измерений

Сейсмотомографические работы проводили по методике профилирования, при этом возбуждение и прием упругих колебаний осуществлялся вдоль общего профиля.

Для улучшения условий приема упругих волн, а также для обеспечения идентичности условий их приёма и возбуждения, вдоль измерительного профиля на высоте 1.5–2 м от подошвы уступа в коренных породах пробурены шпуров глубиной 0.5 м, в которых зацементированы металлические штыри (реперы). Шаг расстановки сейсмических датчиков и пунктов возбуждения выбран в пределах 5 м, что обеспечивает необходимую детальность исследований. Размеры контролируемого объёма массива составляют: общая длина исследуемого участка 160 м; глубина от контура борта уступа порядка 30 м.

Возбуждение упругих колебаний осуществлялось механическим способом. Для обеспечения большей достоверности получаемой сейсмотомографической информации на границах исследуемого участка, источники возбуждения вынесены за пределы крайних датчиков на 20 м. Обработка томографических наблюдений выполнена с помощью специализированной программы «ХТомо-LM». Координаты пунктов определялись инструментальным способом.

Результаты исследований

Всего к настоящему времени проведено пять циклов сейсмотомографических исследований.

В 2009 году на горизонте непосредственно под южной частью сейсмотомографического полигона проводились горные работы, в частности взрывная отбойка руды. В результате приконтурная часть уступа разрушилась, часть бермы горизонта +118 м в районе реперов 10–12 оказалась заваленной обвалившейся породой мощностью 1.5–2 м, а над реперами 9–11 стенка уступа приобрела отрицательный угол. В верхней части стенки на этом участке образовался большой закол. Реперы 1а, 2а оказались в заколах, отделенных от массива, что не позволило их использовать для дальнейших наблюдений. Таким образом, участок массива между пикетами 0 м – 40 м вынужденно был исключен из системы наблюдения. Кроме того, в 2010 г. поток воды левее репера 1, который

существовал на протяжении всех предыдущих измерений, был отведен, и это сказалось на состоянии массива между реперами 1 и 4. Остальная часть полигона изменений не претерпела.

На рис. 3 представлены скоростные модели исследованного участка массива с 2006 г. по 2010 г. (5 циклов измерений).

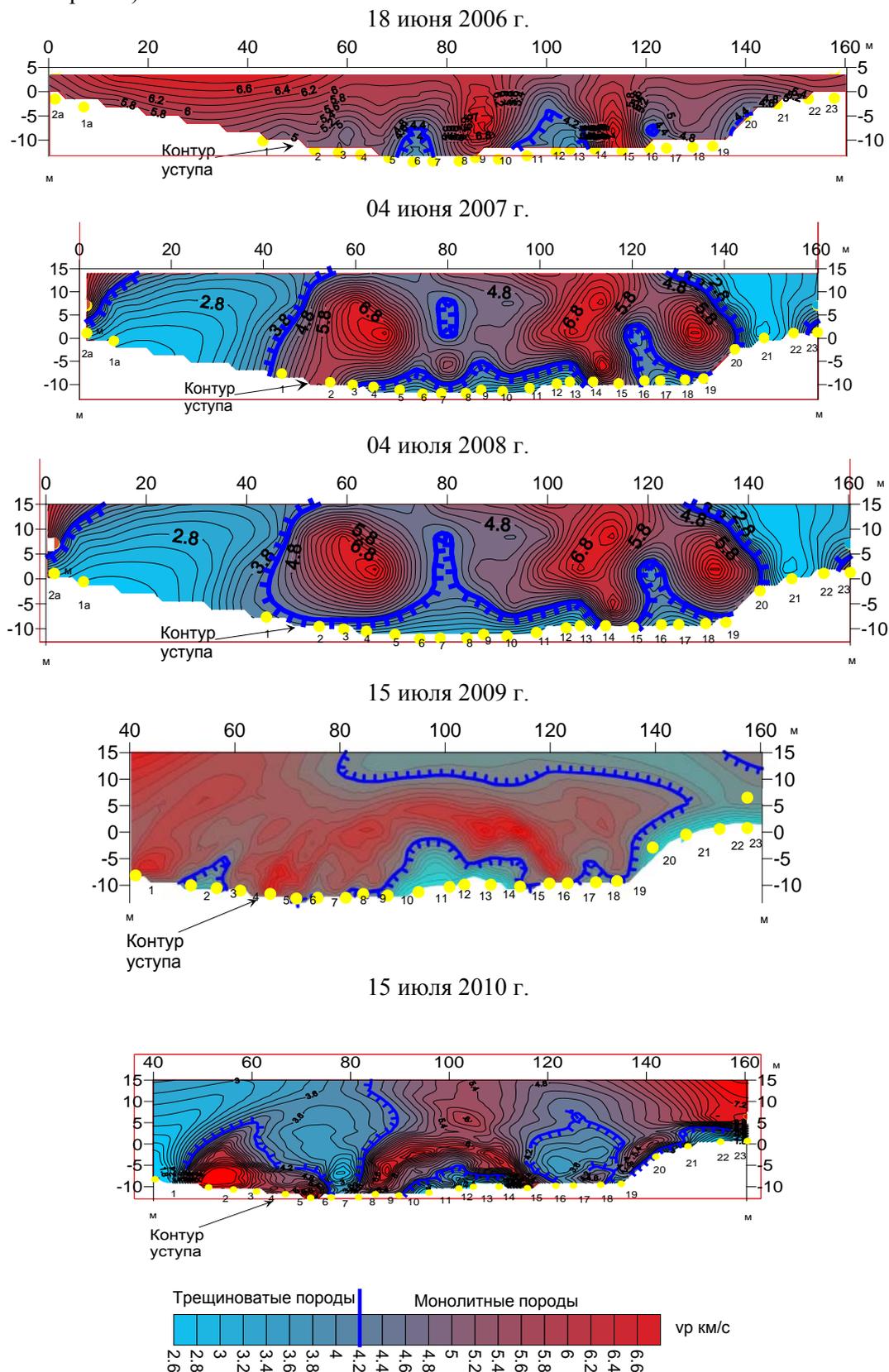


Рис. 3. Скоростные модели исследованного участка массива с 2006 по 2010 гг.

Анализ полученных результатов

По результатам трех первых этапов измерений (2006–2008 гг.) можно заключить, что контролируемый массив находился в устойчивом состоянии, за исключением приконтурной части уступа, где происходило постепенное разрушение пород.

Начиная с четвертого этапа измерений (2009 г.) разрушение приконтурной части массива приняло прогрессирующий характер, что выразилось прежде всего в ухудшении акустического контакта между реперами и массивом при возбуждении и приеме упругих колебаний. Кроме того, измерения двух последних этапов (2009 и 2010 гг.) проводились в условиях сильных помех от работающей техники на нижележащем горизонте, и это также повлияло на точность полевых и камеральных работ.

Результаты измерений 2010 г. свидетельствуют о том, что наблюдаемый участок характеризуется высокой неоднородностью скоростей распространения продольных упругих волн V_p , которые изменяются в интервале от 2.6 до 6.7 км/сек. Зоны массива, в которых скорости продольных волн находятся в интервале 2.6–4.2 км/с, отнесены к высоко-трещиноватым, разрушенным, а зоны со скоростями V_p в интервале 4.3–6.7 км/сек – к монолитным, прочным. При этом результаты пятого цикла измерений показывают, что скоростное поле стало более контрастным по сравнению с четвертым этапом. Как и ранее, нарушенные зоны формируются прежде всего на контуре уступа. Однако уже и в глубине массива наблюдается значительные изменения поля скоростей продольных волн. Это свидетельствует об изменении геомеханического состояния массива.

Низкоскоростные зоны в глубине массива между реперами 1–8, возможно, существовали раньше. Вода, которая стекала с вышележащих уступов, по трещинам проникала в массив до репера 8 и, по-видимому, сильно влияла на скорость продольных волн в сторону их увеличения. В данный момент этот участок массива перестал быть обводненным и скорости продольных волн уменьшились. На участке между пикетами 80 м – 160 м в глубине массива, наоборот, произошло увеличение скоростей продольных волн, связанное с процессом увлажнения этого участка. Вероятно, исследуемый массив в глубине имеет развитую трещиноватую структуру, сплошность и монолитность которой, по сейсмографическим данным может быть оценена различным образом в зависимости от увлажнения.

Низкоскоростные участки приурочены к борту карьера, и образовались, очевидно, во время отбойки уступа. В результате морозного выветривания и динамического воздействия от взрывов нарушенные породы теряют связь с массивом и осыпаются на уступ. Мощность трещиноватых пород вдоль контура уступа не превышает 10 метров.

Таким образом, проведенные работы позволяют сделать основной вывод о том, что с использованием метода сейсмической томографии можно получать надежные данные о динамике изменения геомеханического состояния приконтурного массива на достаточно большой площади и тем самым осуществлять геомеханический мониторинг состояния приконтурного массива карьера и дать заключение о состоянии его устойчивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Н.Н. О перспективных направлениях развития открытых горных работ / Н.Н. Мельников, С.П. Решетняк, А.А. Козырев, В.В. Рыбин // Труды международной конференции «Проблемы и перспективы развития горных наук»; 1–5 ноября 2004 г., Новосибирск, т. II. «Машиноведение. Геотехнологии». Новосибирск: Изд-во: Институт горного дела СО РАН, 2006. С. 212–218. 2. Козырев А.А. Исследование напряженного состояния массива пород в бортах карьера Ковдорского месторождения / А.А. Козырев, Э.В. Каспарьян, В.В. Рыбин, В.А. Мальцев, Ю.Г. Горбунов // Труды международной конференции «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли». Новосибирск: Изд-во: Институт горного дела СО РАН, 2001. С. 284–287. 3. Козырев А.А. О новых подходах к оценке устойчивости бортов карьеров в скальных породах / А.А. Козырев, Э.В. Каспарьян, В.В. Рыбин // Труды международной конференции: «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли». Новосибирск: Изд-во: Институт горного дела СО РАН, 2004. С. 231–237. 4. Абрамов Н.Н. Геофизический мониторинг при строительстве и эксплуатации объектов горнопромышленного комплекса и гидроэнергетики / Н.Н. Абрамов, Ю.А. Епимахов. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. 177 с. 5. Епифанова М.В. Инженерно-геологические аспекты проектирования глубокого карьера Ковдорского ГОКа / М.В. Епифанова, С.А. Фёдоров, А.А. Козырев, В.В. Рыбин, Ю.И. Волков // Горный журнал. 2007. № 9. С. 30–33.

Сведения об авторах

Каспарьян Эдуард Варужанович – д.т.н., ведущий научный сотрудник, e-mail: kasp@goi.kolasc.net.ru

Рыбин Вадим Вячеславович – к.т.н., старший научный сотрудник, e-mail: rybin@goi.kolasc.net.ru

Старцев Юрий Алексеевич – ведущий технолог, e-mail: gstar@goi.kolasc.net.ru

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАЛОСУЛЬФИДНЫХ РУД КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

В.В. Марчевская, Т.Н. Мухина
Горный институт КНЦ РАН

Аннотация

Представлены результаты исследований физико-механических свойств горных пород двух месторождений малосульфидных платинометалльных руд Кольского полуострова – нового для региона вида полезных ископаемых – расположенных в его центральной части.

Ключевые слова:

малосульфидные платинометалльные руды, предел прочности на одноосное сжатие, крепость, абразивность, дробимость, измельчаемость.



Изучение физико-механических свойств горных пород имеет важное значение для расчетов технологических процессов и проектирования конструктивных параметров машин во всех отраслях производства горной промышленности – от разведки месторождений полезных ископаемых до их обогащения. В настоящей работе представлены результаты исследований физико-механических свойств горных пород двух месторождений малосульфидных платинометалльных руд – нового для региона вида полезных ископаемых, расположенных в центральной части Кольского п-ова.

Верхние горизонты расслоенного массива первого месторождения сложены крупнозернистыми габбро, постепенно сменяющимися вниз по разрезу габбро-норитами, норитами и такситовые габброноритами в лежачем боку массива. В массиве выделено четыре типа сульфидного оруденения: вкрапленное, гнездово-вкрапленное, прожилково-вкрапленное, сплошных сульфидных руд. Вкрапленное оруденение имеет преимущественное распространение по всему разрезу массива. Как правило, на всех уровнях платинометалльная минерализация приурочена к сульфидной [1].

Рудная зона массива, к которому приурочено второе месторождение, сложена переслаивающимися метагабброноритами и метаплагиоклазитами, которые залегают под покровом базальтов и подстилаются метаморфизованными такситовыми габброноритами. Вкрапленное сульфидное оруденение образует группу разобщенных в вертикальном разрезе пластообразных и линзовидных тел. Оруденение представлено преимущественно бедным вкрапленным типом. Минералы благородных металлов в рудном слое ассоциируют с сульфидной вкрапленностью [2].

Классификация горных пород по коэффициенту крепости f , разработанная проф. М.М. Протодяконовым по результатам многолетней горной практики, долгое время оставалась основой для количественного представления свойств горных пород в инженерных расчетах технологических процессов и проектировании конструктивных параметров горных машин и систем разработки месторождений [3].

Поскольку по конструктивным соображениям в современной практике дезинтеграции основным разрушающим воздействием является раздавливание, для характеристики и общего сравнения прочностных свойств горных пород правильнее в качестве базового использовать показатель предела прочности на одноосное сжатие, который, как показано в работе [4], находится в достаточно тесных корреляционных связях со многими другими механическими свойствами горных пород.

Прочностные свойства и абразивность горных пород месторождений малосульфидных руд изучены на образцах пород, отобранных из kernового материала без видимой трещиноватости, которая значительно понижает предел прочности.

Определения предела прочности на сжатие выполнены на образцах размерами 25×25×25 мм по общепринятым методикам [5] на прессе, имеющем предел нагружения не менее 50 т. Образцы испытывали сжатием вплоть до разрушения плавно нарастающей нагрузкой со скоростью от 3 до 5 кгс/см² в секунду. Величина предела прочности вычислена по формуле:

$$\sigma_{pr} = 0.981 \cdot 10^5 \frac{P}{S}, \text{ н/м}^2,$$

где P – разрушающая нагрузка, кгс; S – площадь поперечного сечения образца, см².

Согласно статистической теории прочности твердых тел и из практики испытаний горных пород известна зависимость прочности от линейных размеров образцов пород, так называемый масштабный фактор. На практике принято прочностные свойства горных пород определять на образцах цилиндрической формы или прямоугольного сечения с линейными размерами 30-50 мм при соотношении диаметра и высоты 1:1. Так как размер испытываемых образцов незначительно отличался от минимально рекомендуемого и в связи с установленной при многочисленных испытаниях высокой степенью изменчивости экспериментальных показателей для образцов одних и тех же пород, нами принято решение масштабный фактор не учитывать. Значения коэффициента крепости пород по Протодюконову вычислены по формуле, предложенной Л.И. Бароном [3]:

$$f = \frac{\sigma_{pr}}{300} + \sqrt{\frac{\sigma_{pr}}{30}},$$

где σ_{pr} – предел прочности на сжатие, кг/см².

Плотность (объемная масса) кусков пород определялась известным способом гидростатического взвешивания, основанным на определении массы образцов и вычислении их объема по результатам взвешивания в воздухе и воде.

Абразивность характеризует способность горных пород изнашивать металлические рабочие органы в процессе переработки при трении. Ее величину определяют по износу металла, контактирующего с горной породой.

Предложено много различных методов для определения абразивности горных пород применительно к процессам разведки, добычи и переработки руд. В настоящей работе оценка абразивности изучаемых пород выполнена по упрощенной методике, разработанной в ИГД им. А.А. Скочинского [6]. Сущность методики заключается в истирании о необработанную (нешлифованную) поверхность образца горной породы торца вращающегося стержня из закаленной стали-серебрянки и последующем определении износа по массе стержня за период опыта. При этом за критерий абразивности принимается суммарная потеря в массе стержня за стандартное время опыта 10 мин.

Определения абразивности выполнены на образцах пород месторождения 1 размерами 25×25×70 мм на установке, оборудованной на базе обычного настольного сверлильного станка. Использовались эталонные стержни из инструментальной калиброванной прутковой стали-серебрянки диаметром 8 мм и длиной 70 мм, с высверленным с одного из торцов каждого стержня центральным глухим отверстием диаметром 4 мм и глубиной 10–12 мм. Истирание стержня производилось при осевой нагрузке 15 кг и скорости вращения 400 об/мин. двумя концами по 10 мин каждым. Перед испытанием и по окончании парного опыта производилось взвешивание стержня (с предварительной его очисткой и промывкой) на аналитических весах с точностью до 0.1 мг. Показатель абразивности образцов вычислялся на основании результатов опытов по формуле:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n_m} g_i}{2n_m},$$

где a – показатель абразивности горной породы, мг; g_i – потеря в массе эталонного стержня за каждый парный опыт (при истирании последовательно обоих торцов стержня), мг; n_m – число парных опытов.

Результаты определения физико-механических свойств пород приведены в таблице.

Из таблицы следует, что прочность всех разновидностей пород варьирует в широких пределах, что, вероятно, обусловлено разнообразием структур пород. В среднем наиболее прочными (крепкими) являются безрудные породы месторождения 2, наиболее низкой прочностью обладают сильно измененные породы ультраосновного состава месторождения 1. Коэффициент вариации предела прочности на сжатие у всех исследованных разновидностей руд и пород находится в пределах от 26 до 42%, коэффициента крепости – в пределах 18–30%. Коэффициент крепости всех пород, определенный по формуле (2), изменяется от 6.4 до 23.5, а его среднее значение – от 8 до 19. Согласно классификации пород по М.М. Протодюконову [7], в целом породы месторождения 1 могут быть отнесены к довольно крепким, крепким и очень крепким породам, а месторождения 2 – к

крепким, очень крепким и в высшей степени крепким породам. Плотность пород различного состава (за исключением массивных руд) отличается несущественно, о чем свидетельствуют как ее средние значения, так и очень низкий коэффициент вариации. Наибольшей абразивностью обладают породы ультраосновного состава, а из них – пироксениты, что согласуется со справочными данными [6].

Таблица

Физико-механические свойства горных пород месторождений малосульфидных благороднометалльных руд Кольского п-ова

Статистические величины	Плотность ρ , г/см ³	Прочностные свойства		Показатель абразивности a , мг
		Предел прочности на сжатие σ_{pr} , МПа	Крепость f	
Образцы пород месторождения 1				
Породы основного состава (габброиды)				
Пределы	2.90÷3.16	101.3÷216.4	9.3÷15.9	37.9÷45.9
Среднее	3.00	141.5	11.7	41.4
$K_{вар.}$, %	2.18	28.8	20.1	5.6
Породы ультраосновного состава				
Пределы	2.83÷3.23	57.4÷220.9	6.4÷16.2	39.9÷56.9
Среднее	3.05	122.9	10.5	48.7
$K_{вар.}$, %	3.35	42.4	29.8	12.9
Породы из зон сульфидного оруденения				
Пределы	2.94÷3.14	96.9÷224.7	9.0÷16.4	38.5÷48.7
Среднее	3.04	147.0	12.0	43.6
$K_{вар.}$, %	2.07	28.5	20.2	7.0
Массивные сульфидные руды				
Пределы	4.22÷4.42	65.9÷95.6	7.0÷8.9	21.6÷36.7
Среднее	4.31	80.7	8.0	25.5
$K_{вар.}$, %	3.27	26.0	17.6	7.2
Образцы пород месторождения 2				
Породы безрудные				
Пределы	2.92÷2.98	149.9÷365.2	12.2÷23.5	–
Среднее	2.94	280.5	19.2	–
$K_{вар.}$, %	2.03	29.1	22.8	–
Породы из зон сульфидного оруденения				
Пределы	2.90÷3.08	102.9÷320.2	9.4÷21.3	–
Среднее	3.00	235.0	16.7	–
$K_{вар.}$, %	2.13	39.0	30.1	–

Дробимость и измельчаемость горных пород, наряду с их прочностными свойствами и абразивностью, являются наиболее важными характеристиками для процессов рудоподготовки [3, 7, 8]. Дробимость является обобщающим параметром многих механических свойств горных пород и выражает энергоёмкость процесса дробления породы. Показатели дробимости горных пород по методам их определений делят на две группы. К первой относят показатели, определяемые на единичных образцах на установках, имитирующих различные виды напряжений, ко второй – показатели, определяемые при массовом дроблении непосредственно в дробилках.

Поскольку дробление является процессом массового разрушения, где действуют не только усилия раздавливания, но и взаимное влияние кусков дробимого материала в условиях динамических нагрузок, испытания на единичных образцах пород не позволяют достоверно оценить энергозатраты и гранулометрический состав дробленого продукта. Наиболее надежные показатели дробимости пород получают методами подобия при дроблении руд в дробилках малых размеров по методикам, разработанным в Механобре и Уралмеханобре [8, 9].

Для исследования дробимости пород месторождений малосульфидных руд выбрана наиболее предпочтительная методика, разработанная в институте Механобр, в которой, в отличие от второй из

упомянутых, показатели дробимости исследуемой руды в промышленных условиях оценивают без привязки к определенному типу дробильного оборудования.

Согласно этой методике [9], дробимость характеризуется двумя параметрами: индексом чистой работы дробления W_i и типовой характеристикой разгрузки стандартных дробилок.

По результатам испытаний в Механобре и в промышленных условиях установлено, что величина W_i является постоянной для каждого типа руды независимо от принятой схемы дробления, типоразмера оборудования и условий работы дробилок в режиме заполненного дробящего пространства. Для получения более исчерпывающей характеристики дробимости руды величина W_i дополняется типовой характеристикой продуктов дробления, в которой крупность классов выражается в долях номинальной крупности. В такой графической интерпретации типовые характеристики разгрузки щековых дробилок, конусных дробилок крупного, среднего и мелкого дробления объединяются для каждой конкретной руды в одну кривую, не зависящую от профиля дробящего пространства. Данная методика используется в практике работы института Механобр для расчета схем дробления и выбора дробильного оборудования при проектировании отечественных и зарубежных предприятий. Величина индекса чистой работы дробления W_i определяется из соотношения между энергией, затраченной на дробление, и результатами сокращения крупности руды [9]:

$$\frac{N - N_0}{Q} = \frac{10W_i}{\sqrt{F_{80}}} \left(\sqrt{\frac{F_{80}}{P_{80}}} - 1 \right),$$

где N – мощность, потребляемая на дробление при работе дробилки под нагрузкой, кВт; N_0 – мощность холостого хода дробилки, кВт; Q – производительность дробилки, т/час; W_i – индекс чистой работы дробления, (кВт·ч/т)·мкм^{0,5}; F_{80} , P_{80} – размеры квадратных отверстий сит, через которые соответственно проходит 80% питания и разгрузки дробилки, мкм.

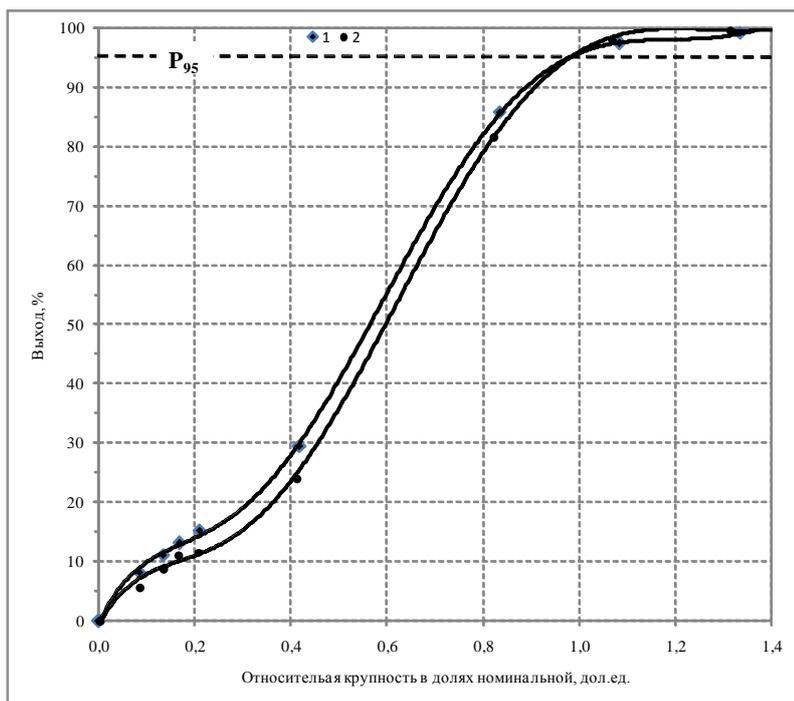


Рис. Типовые характеристики разгрузки дробилки при оценке дробимости руд месторождения 1 (1) и месторождения 2 (2)

(кВт·ч/т)мкм^{0,5}) выше соответствующей величины для пород месторождения 2 (30,9 (кВт·ч/т)мкм^{0,5}). Приведенные на рисунке типовые характеристики разгрузки дробилки соответствуют характеристикам дробления прочных руд [8, 9].

Измельчаемость – свойство, характеризующее сопротивление разрушению горных пород в мельницах. Ее величина определяется по удельной производительности мельницы по вновь

Требуемые для расчетов показатели определялись по результатам дробления в лабораторной щековой дробилке ДЛЩ 8Ø150 в условиях заполненного рабочего пространства при одновременной записи потребляемой энергии. В дробилку подавался предварительно раздробленный материал руды широкого диапазона крупности массой более 100 кг, из которого были удалены классы меньше ширины выходной щели 5 мм. Питание дробилки и ее разгрузка подвергались ситовому анализу на ситах с квадратными отверстиями, по результатам которого графическим способом оценивались параметры F_{80} , P_{80} и номинальная крупность продукта дробления P_{95} . По результатам вычислений установлено, что, несмотря на то, что горные породы месторождения 2 являются более крепкими, значение индекса чистой работы дробления пород месторождения 1 (32,4

образованному расчетному классу крупности. К наиболее распространенным методикам определения измельчаемости относят методики институтов Механобр и Механобрчермет, Ф. Бонда [8].

В настоящей работе измельчаемость оценена для малосульфидных руд месторождения 1, породы которого обладают более низкой дробимостью, с использованием методики Ф. Бонда. Методика основана на определении измельчаемости материалов по «индексу чистой работы» W_i , равному расходу электроэнергии на измельчение 907 кг исследуемого материала (бесконечной крупности) в шаровой мельнице сливного типа диаметром 2440 мм до крупности 80% класса минус 0.100 мм и определяемому по результатам сухого измельчения в лабораторных мельницах.

Испытания по определению измельчаемости выполнялись в мельнице периодического действия $D \times L = 305 \times 205$ мм с гладкой футеровкой, работающей с частотой вращения барабана 70 мин^{-1} . Полная шаровая загрузка состояла из 27 шаров диаметром 38 мм, 57 шаров диаметром 25 мм и 201 шара диаметром 19 мм. Объем исходной навески пробы руды крупностью минус 5 мм составлял 0.7 дм^3 . Измельчение велось при имитации замкнутого цикла при циркулирующей нагрузке 250%. Опыты проводились в течение достаточного количества циклов до стабилизации процесса измельчения, характеризуемой постоянством циркулирующей нагрузки. В соответствии с методикой Ф. Бонда, во время измельчения контролировалось постоянство величины мощности, потребляемой мельницей.

«Индекс чистой работы» рассчитывался по эмпирической формуле [8]:

$$W_i = \frac{44.5}{d^{0.23} q^{0.82}} 10 \left(\frac{1}{\sqrt{P}} - \frac{1}{\sqrt{F}} \right),$$

где W_i – «индекс чистой работы», кВт·ч/кор.т; d – размер ячейки сита, на котором проводилось выделение готового продукта, мкм; q – количество вновь образованного продукта «минус d » за один оборот барабана, г/об; F и P – 80 % крупность исходного и готового продуктов, мкм.

По результатам экспериментальных исследований установлено, что индекс чистой работы W_i равен 28.4 кВт·ч/кор., т.е. малосульфидные руды месторождения 1 относятся к трудно измельчаемым.

Выводы:

- по результатам исследований определены основные физико-механические свойства горных пород месторождений малосульфидных платинометалльных руд, нетрадиционного вида минерального сырья Кольского п-ова: показатель предела прочности на одноосное сжатие, коэффициент крепости, абразивность, плотность, дробимость и измельчаемость;
- показано, что согласно классификации пород по М.М. Протодяконову, в целом горные породы месторождений относятся к довольно крепким, крепким, очень крепким и в высшей степени крепким.

ЛИТЕРАТУРА

1. Додин Д.А. Федорово-Панское рудопоявление (Россия, Кольский полуостров) / Д.А. Додин, Н.М. Чернышов, Д.В. Полферов, Л.Л. Тарновецкий // Платинометалльные месторождения мира. Т. 1. Кн. 1: Платинометалльные малосульфидные месторождения в ритмично расслоенных комплексах. М.: Геоинформмарк, 1994. С. 90–103.
2. Гроховская Т.Л. Платинометалльная минерализация в габброноритах массива Вуручайвенч, Мончегорский Плутон (Кольский полуостров, Россия) / Т.Л. Гроховская, Г.В. Бакаев, Е.П. Шелелина и др. // Геология рудных месторождений, 2000. Т. 42, № 2. С. 147–161.
3. Барон Л.И. Горнотехнологическое породоведение. Предмет и способы исследования. М.: Наука, 1977.
4. Танайно А.С. О классификации горных пород по буримости. Каноническое представление показателей свойств горных пород в классификации сопротивляемости их разрушению // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2008. № 6. С. 86–104.
5. Турчанинов И.А. Комплексное исследование физических свойств горных пород / И.А. Турчанинов, Р.В. Медведев. Л.: Наука, 1973.
6. Барон Л.И. Абразивность горных пород при добычании / Л.И. Барон, А.В. Кузнецов. М.: Изд-во АН СССР, 1961.
7. Ржевский В.В. Физико-технические параметры горных пород / В.В. Ржевский. - М.: Наука, 1975.
8. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / под ред. О.С. Богданова, В.А. Олевского. М.: Недра, 1982. 366 с.
9. Аккерман Ю.Э. К вопросу определения дробимости руд / Ю.Э. Аккерман, И.М. Костин // Исследования по рудоподготовке, обогащению и комплексному использованию руд цветных и редких металлов: сб. науч. тр. / ВНИПИ Механобр. Л., 1978. С. 9–14.

Сведения об авторах

Марчевская Валентина Викторовна – к.т.н., старший научный сотрудник; e-mail: vvm@goi.kolasc.net.ru

Мухина Татьяна Николаевна – к.т.н., зав. сектором; e-mail: muhina@goi.kolasc.net.ru

ВСТРЕЧНОЕ ДВИЖЕНИЕ АВРОРАЛЬНЫХ СТРУКТУР ВО ВРЕМЯ ВЗРЫВНОЙ ФАЗЫ СУББУРИ

Т.А. Корнилова, И.А. Корнилов

Полярный геофизический институт КНЦ РАН

Аннотация

По данным станций авроральной зоны Ловозеро–Лопарская–Туманный и сети канадских all-sky камер наземной поддержки спутников THEMIS, с использованием эффективных методов фильтрации телевизионных изображений, анализируется динамика дрейфующих к экватору северных структур сияний и движущихся на север в это же время ярких авроральных форм суббуревых активизаций на юге. Обнаружен принципиально новый факт прохождения дрейфующих на юг структур северных активизаций через распространяющиеся на север сияния южных активизаций. Эффект проявляется статистически, и отчетливо виден только на фильтрованных кеограммах. Его наличие, возможно, означает, что северные структуры и активные сияния брейкапа на юге имеют принципиально различные источники и вызваны различными физическими механизмами ускорения и высыпания электронов.

Ключевые слова:

суббурия, авроральный овал, авроральный брейкап, динамика сияний, кеограммы.



Введение

Суббурия – комплекс геофизических явлений в разных областях магнитосферы, возникающих в результате взаимодействия возмущенных потоков солнечного ветра с магнитосферой Земли. Развитие суббури характеризуется тремя фазами: подготовительной, взрывной и восстановительной, которые отчетливо проявляются в полярных сияниях, наблюдающихся в северной и южной высокоширотной атмосфере Земли, в ночном секторе. Во время взрывной фазы происходит быстрое взрывообразное высвобождение большого количества энергии солнечного ветра, поступающей в магнитосферу, и/или уже накопленной в подготовительную фазу суббури. Одна из важных проблем физики магнитосферы – понять, где, как и почему происходит начало взрывной фазы суббури (называемое также фазой брейкапа или просто брейкапом). В ряде работ (например, [1, 2]) была рассмотрена динамика сияний на предварительной фазе суббури, когда авроральное свечение распределено в форме двойного овала с наиболее интенсивным свечением на его полярном и экваториальном краях. Было обнаружено, что во время сильных и/или продолжительных возмущений в около полуночном секторе полярный и экваториальный края овала активизируются почти одновременно вблизи одного меридиана. При этом наблюдается встречное движение авроральных форм южного брейкапа на север и северных активизаций на юг. Северные структуры, дрейфующие от полярной границы аврорального овала к экватору, как предполагается в работах [3, 4 и ссылки в них], могут быть связаны с интенсификациями полярной границы PBIs (Polar Boundary Intensifications) и, как показано в работах [5-7], могут рассматриваться как предвестники брейкапа. Приближаясь к предбрейкаповой дуге, они инициируют начало взрывной фазы суббури. Как известно [8-10], PBIs, а следовательно, и дрейфующие от приполюсной кромки овала к экватору структуры наблюдаются также и после начала брейкапа. Однако вопрос о взаимодействии движущихся навстречу авроральных структур после начала брейкапа, т.е. уже во время развития взрывной фазы суббури, ранее не рассматривался. Данная работа посвящена исследованию этого вопроса. Сияния на приполюсном и экваториальном краях аврорального овала проектируются в разные области магнитосферы, разнесенные в пространстве на несколько земных радиусов, поэтому информация о тонкой структуре и особенностях динамики сияний во время взрывной фазы важна для понимания физических процессов, происходящих в разных областях магнитосферы во время суббури, а следовательно, и для построения модели магнитосферной суббури.

Наблюдения

Для исследования динамики сияний были использованы телевизионные данные, полученные в обсерваториях Полярного геофизического института (ПГИ): Ловозеро (64.22N, 114.6E), Лопарская (64.94N, 113.6E) и Туманный (65.24N, 115.9E), с высоким пространственным и временным разрешением и полем зрения телевизионной камеры $\sim 180^\circ$. Различные методы фильтрации, использованные для обработки телевизионных данных, позволили обнаружить авроральные структуры с очень слабой интенсивностью свечения и проанализировать их динамику. Детальное описание телевизионной аппаратуры и процедуры обработки телевизионных данных представлено в работе [6]. Для оценки уровня геомагнитных возмущений рассматриваемых событий были использованы данные по межпланетному магнитному полю и плазме солнечного ветра, а также наземные магнитные наблюдения ПГИ и скандинавской сети магнитометров IMAGE.

Было проанализировано большое количество телевизионных записей полярных сияний и стандартных и фильтрованных кеограмм, когда активизации сияний наблюдались на полярной и экваториальной кромках аврорального овала. Особое внимание было уделено тонкой структуре сияний в пространственно-временной окрестности контакта движущихся навстречу авроральных форм, когда область контакта была расположена вблизи зенита станции наблюдения. Пример взаимодействия движущихся навстречу структур во время аврорального возмущения – 3 января 2003 г. по данным обс. Ловозеро (рис. 1).

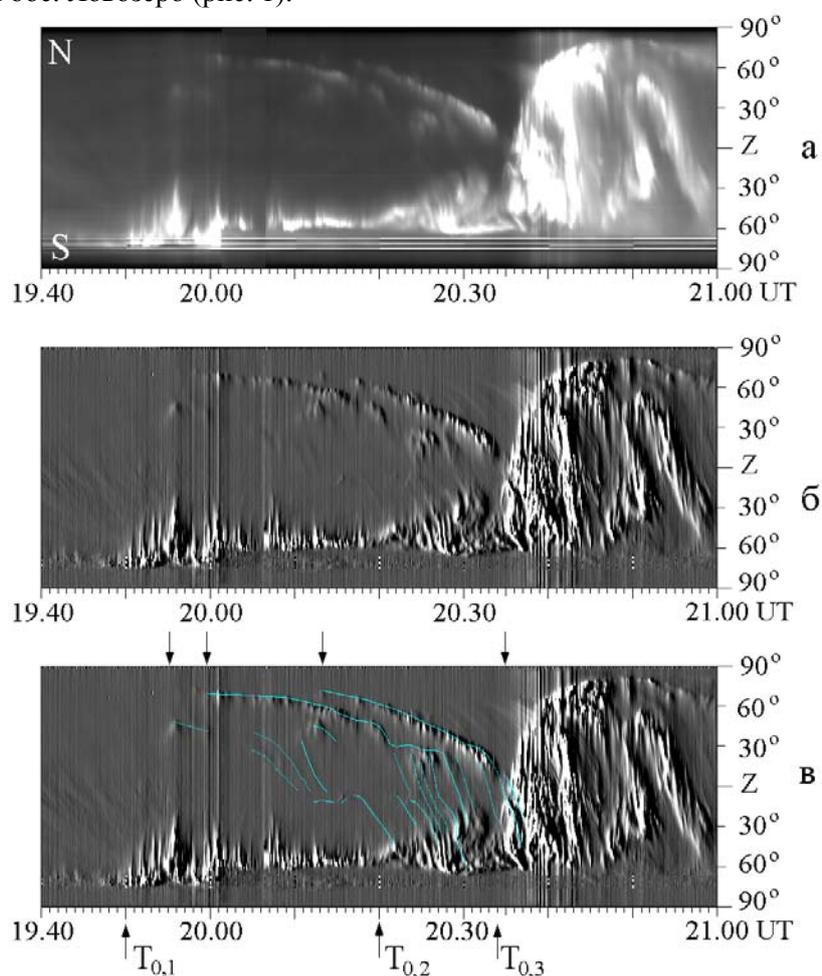


Рис. 1. Стандартная (а) и фильтрованные (б,в) кеограммы обс. Ловозеро, 3 января 2003 г. Вертикальная шкала на кеограммах дана в градусах зенитного угла. Направленные вниз стрелки на кеограмме (в) обозначают начала активизаций на севере, направленные вверх стрелки T_0 с индексами 1-3 отмечают начала брейкапов на юге

Представленные на рисунке 1 кеограммы (а-в) построены в направлении север–юг. Кеограмма (в) – та же фильтрованная кеограмма, что и на рисунке 1б, но на ней слабые структуры выделены голубыми линиями для большей наглядности. На кеограммах с 19.55 UT видна приполюсная кромка овала и очень слабые структуры, отделяющиеся от нее и дрейфующие к югу. Вертикальные стрелки

над и под кеограммой (в) указывают начало активизаций в северной и южной частях аврорального овала. Слабые структуры с 19.40 до 19.55 UT в южной части кеограмм не отмечены, так как они относятся к предыдущим активизациям на севере с 18.10 UT, не входящим в интервал кеограмм. Следы северных структур, приближаясь к активизациям сияний на юге, проходят сквозь них, продолжая дрейфовать к экватору. Это характерно как для псевдобрейкапа в 19.50, так и для двух последующих активизаций на юге в 20.20 и 20.34 UT. Особенно наглядно взаимодействие северных и южных сияний видно для интервала времени примерно 20.34-20.42 UT. Северная структура, активизировавшаяся в 20.17 UT, двигаясь к югу, затухает перед встречей с сияниями южного брейкапа (20.33 UT), затем следы ее явно проходят через южный брейкап, образуя в нем слабые характерные возмущения (20.35-20.42 UT). Следует подчеркнуть, что наблюдаемый эффект не является каким-либо паразитным процессом, связанным, например, с туманом или особенностями фильтрации, что специально и тщательно проверялось.

На рисунке 2 показаны магнитограммы станций LYR, SOR, LOZ и OUI, зарегистрированные скандинавской сетью IMAGE magnetometer network. Горизонтальным отрезком "TV" над X-компонентой в SOR, обозначен временной интервал кеограмм рисунка 1. Вертикальными стрелками над X-компонентой SOR и LOZ отмечены моменты, соответствующие активизациям на севере и на юге на кеограммах рисунка 1. Этим активизациям предшествовали значительные магнитные возмущения. Данные по солнечному ветру и межпланетному магнитному полю (на рисунке не показаны) также свидетельствуют о том, что в течение примерно 6 часов до начала суббури в межпланетной среде наблюдались продолжительные осциллирующие возмущения.

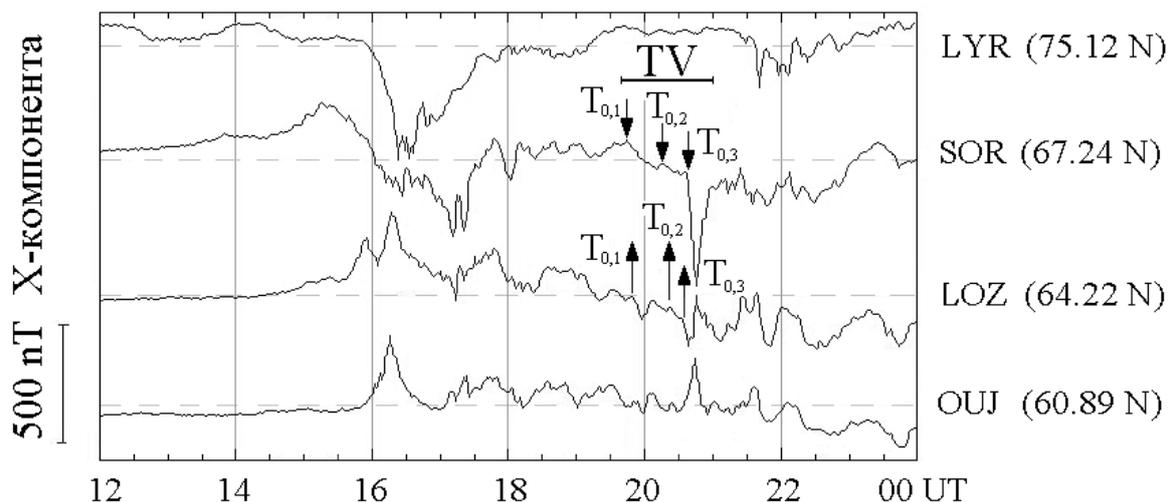


Рис. 2. Магнитограммы станций LYR, SOR, LOZ, OUI. В скобках указана исправленная геомагнитная широта. Горизонтальным отрезком "TV" обозначен интервал, соответствующий кеограммам на рис. 1. Вертикальными стрелками обозначены моменты начала активизаций на севере и на юге, согласно кеограммам рисунка 1

На рисунке 3 приведены три примера встречных движений авроральных структур. Для каждого из трех событий показаны стандартная и фильтрованная кеограммы. Хотя эти события отличались по интенсивности магнитных возмущений, общими чертами всех событий были: (1) – наличие дрейфующих на юг северных структур в поле зрения телевизионной камеры; (2) – развитие аврорального брейкапа на южной границе аврорального овала с экспансией лучистых авроральных структур на север; (3) – дрейф северных структур на юг до и после начала брейкапа на юге и последующее прохождение северных структур через южные после контакта движущихся навстречу авроральных активизаций. В случае 17.02.2002 г. это наблюдается как во время псевдобрейкапа, начавшегося в 20.17 UT, так и во время следующей за ним суббури с 20.23 UT. Во втором событии 26.03.1998 г. брейкап на юге возник в области диффузной пульсирующей предбрейкаповой дуги. Третье событие 09.02.1997 г. связано с сильными предшествующими магнитными возмущениями, и начало суббури наблюдалось намного южнее, чем в событиях на рисунке 3 а,б.

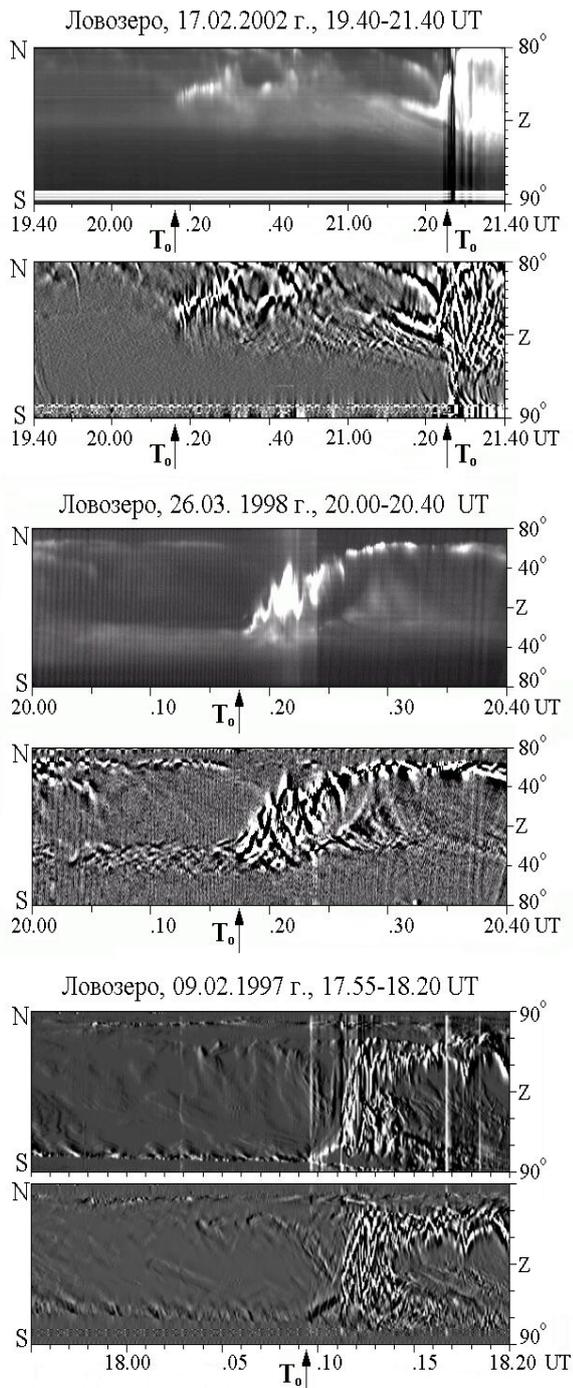


Рис. 3. Стандартные и фильтрованные кеогаммы сияний для трех событий, демонстрирующие прохождение структур северных активизаций через южные. Вертикальными стрелками T_0 обозначены начала брейкапов на юге

обеспечивать наблюдаемые характеристики высыпающихся частиц, т.е. требуются дополнительные механизмы ускорения, чтобы обеспечить интенсивности сияний, наблюдаемые в ионосфере.

Если следовать точке зрения, что и северные структуры сияний, и южные сияния брейкапа вызываются электронами, пришедшими в ионосферу из разных областей магнитосферы, то факт их взаимного проникновения вряд ли вообще возможно объяснить. Соображения вмерзленности, т.е. следования электронов силовым линиям магнитного поля, требуют совершенно невозможной топологии последнего. Силовые линии магнитного поля не могут проникать друг через друга без сложных и

Обсуждение

а В данной работе проанализировано большое количество ТВ записей полярных сияний и стандартных и фильтрованных кеограмм в периоды суббурь, развивающихся на фоне предыдущих возмущений, когда активизации сияний наблюдались на приполюсной и экваториальной кромках аврорального овала. Особое внимание было уделено тонкой структуре сияний в пространственно-временной окрестности контакта авроральных форм, движущихся от приполюсной кромки к экватору, с распространяющимися к полюсу формами сияний южных активизаций, когда область контакта была расположена вблизи зенита станции наблюдений.

б Слабые, но вполне различные следы северных структур, проникающие через активные, распространяющиеся на север авроральные формы брейкапа, – явление не исключительно редкое. Анализ большого количества фильтрованных кеограмм (за период наблюдений 1998–2010 гг.) показывает, что, по-видимому, оно наблюдается всегда, если северные и южные структуры, двигаясь навстречу, достигают друг друга. Однако это явление очень трудно зарегистрировать, т.к. сложная и динамичная картина ярких и быстро перемещающихся сияний брейкапа полностью его маскирует. Эффект практически невозможно обнаружить на отдельных кадрах с сияниями, он проявляется статистически и хорошо виден только на фильтрованных кеограммах.

в Во многих работах (например, [3, 4 и ссылки в них]) интенсификации полярной границы интерпретируются как результат пересоединения магнитных силовых линий в хвосте магнитосферы, сопровождаемого появлением BBFs (bursty bulk flows) на расстояниях 20-30 R_e , ионосферным проявлением которых являются авроральные стримеры, дрейфующие от полярной границы овала к экватору. В работе [11] было показано, что пересоединение – расширяющийся процесс, наблюдаемый вдоль полярной границы сияний. В той же работе было показано, что энергия частиц в области пересоединения не всегда достаточна, чтобы

динамических процессов пересоединения, чего явно не происходит, т.к. северные структуры (или их следы) проходят через южные без видимых изменений. Можно предположить, что основная часть электронов, вызывающих сияния брейкапа, вообще не была ускорена в магнитосфере и имеет чисто ионосферное происхождение. Действительно, в работе [12], где анализировались временные задержки появления свечения на разных высотах, было показано, что во время брейкапа электроны ускоряются вблизи ионосферы на высотах 5 тыс. – 10 тыс. км, и сделано предположение, что возможный механизм ускорения ионосферных электронов связан с генерацией сильного продольного электрического поля, возникающего в области ионосферной плазмы с аномальным сопротивлением, вызванным интенсивным продольным током.

Выводы

Проанализирована тонкая структура сияний в области взаимодействия движущихся навстречу активизаций сияний на приполюсной границе и суббуревых активизаций на южной границе аврорального овала в предполуночном секторе. Обнаружен принципиально новый факт: проникновение дрейфующих к экватору северных структур через активные, распространяющиеся на север авроральные формы брейкапа. Этот факт, возможно, означает, что северные структуры и активные сияния брейкапа на юге имеют принципиально различные источники высыпающихся электронов и вызваны различными физическими механизмами ускорения и высыпания электронов.

Авторы благодарны сотрудникам ПГИ за проведение телевизионных и магнитных наблюдений в обсерваториях Ловозеро, Лопарская и Туманный. Авроральные данные канадской сети телевизионных камер и данные по межпланетному магнитному полю и плазме солнечного ветра взяты на сайте http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/cdaweb/istp_public/, провайдеры V. Angelopoulos, S. Mende, E. Donovan, J.H. King, N. Papatashvilli, R. Lepping, K. Ogilvie. Магнитные данные скандинавской сети взяты на сайте <http://www.ava.fmi.fi/image/jpg>.

Работа поддержана РФФИ, гранты 09-05-00818 и 10-05-00247, Программой № VI.15 отделения физических наук РАН, а также частично грантами NORUSKA II of the Research Council of Norway и Nordauropt II of the Nordic Council of Ministers.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Elphinston R.D., Murphree J.S. et al.* The double oval UV auroral distribution 1. Implications for the mapping of auroral arcs / *R.D.Elphinston, J.S. Murphree, D.J. Hearn, L.L. Cogger, I. Sandahl, P.T. Newell, D.M. Klumpar, S. Ohtani, J.A. Sauvaud, T.A. Potemra, K. Mursula, A. Wright and M. Shapshik* // *J. Geophys. Res.* 1995. Vol. 100. (A7). P. 12075–12092.
2. *Lazutin L., Kauristie K. et al.* On the relation of auroral activity of the polar boundary arc and the equatorial part of an oval / *L. Lazutin, K. Kauristie, T. Kornilova, M. Uspensky* // *Proc. of the Sixth International Conference on Substorms*, University of Washington, USA March 25–29, 2002. P. 151–156.
3. *Lyons L.R., Nagai T. et al.* Association between Geotail plasma flows and auroral poleward boundary intensifications observed by CANOPUS photometer / *L.R. Lyons, T. Nagai, G.T. Blanchard, J.C. Samson, T. Yamamoto, T. Mukai, A. Nishida, S. Kokubun* // *J. Geophys. Res.* 1999. Vol. 104, (A3), P. 4485–4500.
4. *Kauristie K., Sergeev V. A. et al.* Bursty bulk flow intrusion to the plasma sheet as inferred from auroral observations / *K. Kauristie, V.A. Sergeev, O. Amm, M.V. Kubyshkina, J. Jussila, E. Donovan, K. Liou* // *J. Geophys. Res.* 2003. Vol. 108. (A1), 1040, doi:10.1029/2002JA009371.
5. *Корнилова Т.А., Корнилов И.А. и др.*, Структура и динамика авроральных интенсификаций в двойном овале: суббуря 26 декабря 2000 г. / *Т.А. Корнилова, И.А. Корнилов, О.И. Корнилов* // *Геомагнетизм и аэрономия*. 2006. Т. 46, № 4. С. 477–484.
6. *Kornilova T.A., Kornilov I.A. et al.* Fine structure of breakup development inferred from satellite and ground-based observations / *T.A. Kornilova, I.A. Kornilov, O.I. Kornilov* // *Ann. Geophys.* 2008. Vol. 26. (5), P. 1141–1148.
7. *Nishimura Y., Lyons L. et al.* Substorm triggering by new plasma intrusion: THEMIS all-sky imager observations / *Y. Nishimura, L. Lyons, S. Zou, V. Angelopoulos, and S. Mende* // *J. Geophys. Res.* 2010. Vol. 115. A07222, doi:10.1029/2009JA015166.
8. *Opgenoorth H.J., Persson M.A.L. et al.* The substorm onset seen with ground-based instrumentation results, problems future possibilities / *H.J. Opgenoorth, M.A.L. Persson, A. Olsson* // *Proc. Third International Conference on Substorms (ICS-3)*, Versailles, France, 12–17 May 1996, ESA SP-389 (October 1996). 1996. P. 307–314.
9. *Voronkov I.O., Donovan E.F., Dobias P., Prossolin V.I., Jankowska M., Samson J.C.* Late growth phase and breakup in the Near-Earth plasma sheet, *Proc. Of the 7th International Conference on Substorms, Helsinki*. 2004. P. 140–147.
10. *Akasofu S.-I., Lui A.T.Y et al.* Importance of auroral features in the search of substorm onset processes / *S.-I. Akasofu, A.T.Y. Lui, C.-I. Meng* // *J. Geophys. Res.* 2010. Vol. 115. A08218, doi:10.1029/2009JA014960.
11. *Ostgaard N., Snekvik K. et al.* Can magnetotail reconnection produce auroral intensities observed in the conjugate ionosphere? / *N. Ostgaard, K. Snekvik, A.L. Borg, A. Asnes, A. Pedersen, M. Oieroset, T. Phan, S.E. Haaland* // *J. Geophys. Res.* 2009. Vol. 114. A06204, doi:10.1029/2009JA014185.
12. *И.А. Корнилов* Локализация источника высыпающихся электронов в активных дугах во время брейкапа и пульсирующих сияниях // *Геомагнетизм и аэрономия*. 2009. Т. 49, № 3. С. 365–370.

Сведения об авторах

Корнилова Татьяна Андреевна – к.ф.-м.н, ст. научный сотрудник, e-mail: kornilova@pgia.ru

Корнилов Илья Александрович – к.ф.-м.н, ст. научный сотрудник, e-mail: kornilov@pgia.ru

НАБЛЮДЕНИЯ СПУТНИКАМИ СЕРИИ ТЕМИС СИНХРОННЫХ ВОЗРАСТАНИЙ ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОНОВ И ИОНОВ В ПЛАЗМЕННОМ СЛОЕ ВО ВРЕМЯ СУББУРИ

И.А. Корнилов, Т.А. Корнилова
Полярный геофизический институт КНЦ РАН

Аннотация

Анализировались результаты измерений спутников ТЕМИС с использованием телевизионных данных обсерватории ПГИ в Ловозере. Обнаружено, во время суббуревых возмущений в плазменном слое магнитосферы на расстояниях 5-10 Re наблюдаются быстрые синхронные возрастания потоков электронов и ионов в диапазоне 0.5-30 кеВ. За несколько секунд потоки возрастают в 5-50 раз, и отчетливо антикоррелируют с потоками в низких энергиях (10-500 еВ). Возрастания наблюдаются во время прохождения мимо спутника фронта движущейся к Земле волны диполяризации и сопровождаются быстрыми интенсивными вариациями амплитуд магнитного и электрического полей. Высказывается предположение, что происходит ускорение локальных электронов и ионов на фронте волны диполяризации.

Ключевые слова:

магнитосфера, суббуря, диполяризация, ускорение электронов и ионов.



Введение

Спутники серии Темис были выведены на околоземные орбиты в середине февраля 2007 г. Эта система состоит из пяти спутников (обозначаются в литературе как Темис А, В, С, D и E) с вытянутыми эллиптическими орбитами, лежащими в экваториальной плоскости магнитосферы. Спутники имеют кратные периоды обращения и периодически оказываются на одной линии в апогеях орбит. Такие баллистические параметры спутников позволяют одновременно наблюдать процессы в магнитосфере на разных расстояниях от Земли.

Вся система спутников медленно вращается вокруг Земли, т.е. ближние спутники остаются внутри магнитосферы, а более удаленные аппараты могут заходить в переходной слой и солнечный ветер, что предоставляет уникальные возможности для исследования влияния параметров солнечного ветра на внутри магнитосферные процессы в различных временных секторах. Спутники имеют идентичный набор детекторов, основные из них:

1. Векторные измерения электрических и магнитных полей в очень большом динамическом диапазоне (не менее 50–100 тысяч), что позволяет при фильтрации данных анализировать самые слабые вариации.

2. Электростатический анализатор для измерения потоков электронов и протонов в диапазоне энергий 10 еВ – 30 кеВ с высоким угловым разрешением в 32 энергетических каналах. Апертура детектора (т.е. статистика счета частиц) очень высокая, что позволяет строить детальные энергетические спектры.

3. Полупроводниковый твердотельный детектор измеряет потоки электронов и ионов с энергиями 30 кеВ – 2 Мев в 30 энергетических каналах также с хорошей статистикой.

4. Индукционный магнитометр позволяет анализировать пульсации магнитного поля с временным разрешением от 8 до 8192 измерений в секунду.

Спутниковые измерения поддерживаются большим комплексом расположенной на территории северной Канады наземной аппаратуры (более 20 магнитовариационных станций, риометров, телевизионных all-sky камер). Стандартное временное разрешение всех данных 3 секунды, но для отдельных событий (т.н. burst mode) может быть намного выше. Вся наземная и спутниковая информация по Темис представлена в свободном доступе в Интернет и непрерывно дополняется почти в реальном времени. Информация доступна как в виде готовых обзорных картинок, так и в виде удобных для обработки цифровых текстовых и CDF файлов.

Уникальные приборные и баллистические характеристики спутников серии Темис позволяли надеяться на быстрый и существенный прогресс в понимании физических процессов в магнитосфере, однако же, после почти 4 лет исследований явного прогресса не наблюдается. Хотя по данным Темис опубликовано очень большое количество работ, но физические выводы авторов часто противоречат друг другу, например, [1-5]. Более того, нередко одна группа авторов, критически анализируя данные, представленные другой группой, подвергает сомнению сделанные ими заключения [4, 5]. Трудности связаны с большими размерами исследуемой магнитосферы (сотни тысяч километров), исключительной сложностью физических процессов в магнитосферной плазме, а также сравнительно небольшим количеством исследовательских спутников (вместе с Темис общее количество их в околоземном пространстве около 12-15).

Основная проблема физики магнитосферы – локализация местоположения центра магнитосферной суббури, выяснение физических причин, ее вызывающих, и установление временной последовательности событий в ходе ее развития. Суббурия – это есть мощный, расширяющийся взрывной процесс (средняя суббурия выделяет энергию пяти водородных бомб), который является следствием высвобождения энергии, накопленной в магнитосфере под воздействием солнечного ветра. Во время суббурии происходит глобальная перестройка конфигурации околоземного магнитного поля, инжекция и ускорение заряженных частиц, генерация различных типов электромагнитных, магнитогидродинамических и плазменных волн и т. д. Всем известным наземным и хорошо видимым проявлением магнитосферной суббурии являются красочные и яркие полярные сияния. В настоящее время существенная часть авторов считает, что суббурия начинается с процесса взрывного пересоединения магнитного поля в хвосте магнитосферы на расстояниях 12–25 земных радиусов (Re). Этот процесс инжектирует энергичные частицы во внутреннюю магнитосферу, часть которых, высыпаясь в ионосферу, вызывает полярные сияния.

Результаты

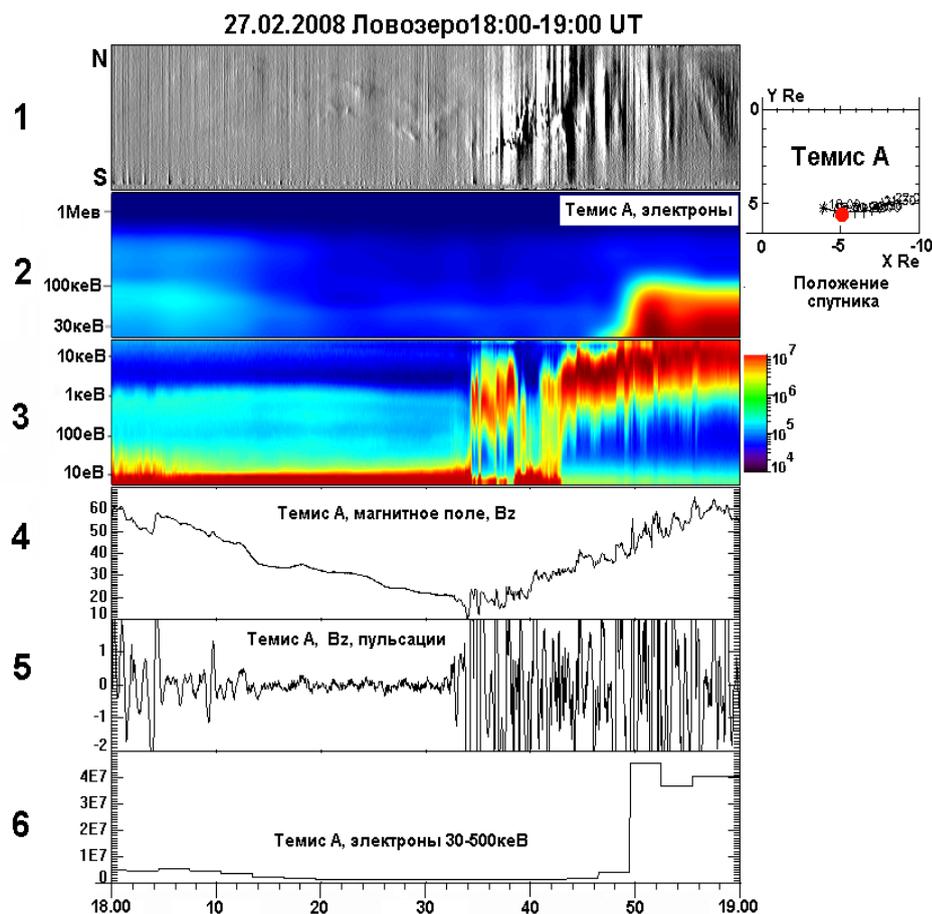


Рис. 1. Пример осциллирующего характера спектра электронов на 5 Re. Кеограмма сияний в Ловозере (1), энергетические спектры электронов в диапазонах энергий 10 eV-30 keV и 30 keV-2 MeV (2 и 3), а также вариации магнитного поля на спутнике Темис А (4, 5)

На рисунке 1 представлен 1-часовой интервал наземных и спутниковых данных для 27.02.2008.

Кеограмма, показывающая движения сияний вдоль направления север-юг (1), построена по данным телевизионной камеры, установленной в обсерватории ПГИ в Ловозере. К сожалению, эти наблюдения сопровождались сильным туманом, который практически полностью маскирует движения сияний на обычной кеограмме, поэтому на рисунке представлена кеограмма, подвергнутая высокочастотной фильтрации. Момент брейкапа, т.е. начало быстрого уярчения сияний и движения их к северу отмечается около 18.36 UT. Интенсивная подсветка тумана яркими сияниями брейкапа (проявляется протяженными вертикальными полосами на кеограмме) несколько искажает картину, однако движение сияний к северу видно вполне отчетливо. Перед брейкапом, на предварительной фазе суббури (18.10-18.36), видны слабые активизации сияний и регулярные движения их к югу. Ниже кеограммы данные детекторов спутника Темис А отображают энергетические спектры низко (3) и высокоэнергичных электронов (2), а также вариации магнитного поля в нанотесла (4), и его высокочастотные пульсирующие компоненты (5). Внизу (6) показан интеграл спектра высокоэнергичных электронов, т.е. их суммарный поток с энергиями 30-500 кеВ. Координаты спутника в экваториальной плоскости магнитосферы показаны в правой части рисунка. Проекция спутника на ионосферу явно находится несколько западнее обсерватории Ловозеро, но, по-видимому, определенно попадает в поле зрения телевизионной камеры. Важно также отметить, что примерно за 15-20 минут перед брейкапом (около 18.00–18.20) спутник регистрирует возрастание потоков электронов с энергиями 30-500 кеВ (2, 6), а через 15 минут после брейкапа резко усиливаются потоки с энергиями 30–100 кеВ (18.45-19.00). За 1-2 минуты перед моментом брейкапа спутник регистрирует прохождение волны диполяризации, т.е. распространяющийся вдоль хвоста магнитосферы процесс преобразования конфигурации магнитного поля от вытянутых в хвост силовых линий к более дипольному, что проявляется в регулярном возрастании V_z – компоненты (4). Высокочастотная фильтрация данных выявляет интенсивные пульсации после прохождения фронта волны диполяризации (5). Диполяризация сопровождается резким увеличением потоков электронов энергий 1-10 кеВ, причем потоки имеют ярко выраженный осциллирующий характер, что, по-видимому, говорит о наличии мощной плазменной неустойчивости на фронте волны диполяризации. Можно видеть признаки явной антикорреляции потоков электронов с энергиями 10-500 еВ и 2-20 кеВ.

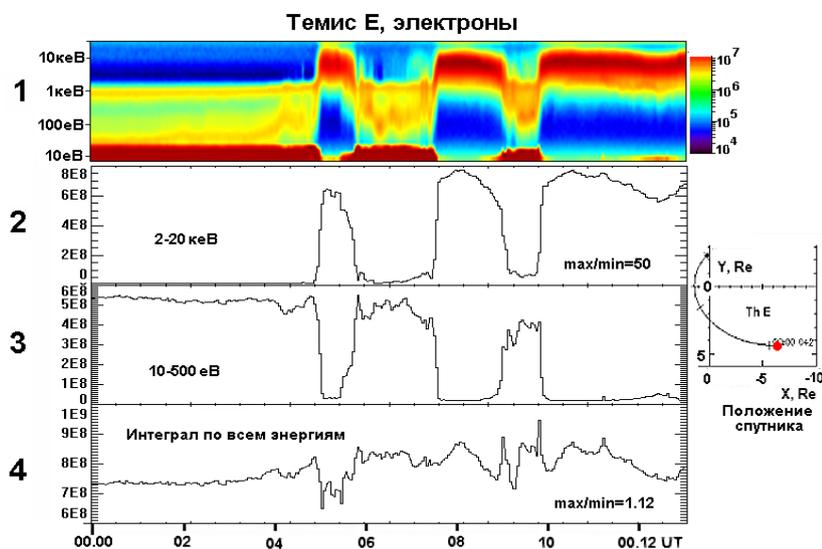


Рис. 2. Антикорреляция потоков низко (3) и высокоэнергичных (2) электронов

антикорреляция потоков электронов 2-20 кеВ и 10-500 еВ. Интегралы спектра в двух диапазонах энергий (2, 3) показывают, что модуляция потоков как в низких, так и в высоких энергиях очень глубокая – антикоррелирующая, потоки меняются более, чем в 50 раз. При этом потоки, проинтегрированные по всем регистрируемым детектором энергиям (3) варьируют не более, чем на 10 процентов. Скорее всего, вариаций в интегральном потоке вообще нет, просто небольшая часть электронов с энергиями более 30 кеВ не попадает в энергетический диапазон детектора. Этот важный факт показывает, что регистрируются не электроны, ускоренные в хвосте магнитосферы и инжектированные в околоземную область, а ускоряются (термализуются) локальные электроны в окрестности спутника некоторым активным процессом, связанным с развитием плазменной

Факт антикорреляции электронных потоков представляется очень важным для понимания физики магнитосферных процессов, и рассмотрен более детально для события 10 февраля 2008 года (рис. 2). На рисунке представлен 12-минутный интервал данных по потокам низкоэнергичных электронов (10 еВ – 30 кеВ), зарегистрированных на спутнике Темис Е. Энергетический спектр (1) демонстрирует быстрые вариации длительностью 1-2 минуты, на их фоне присутствуют еще более мелкомасштабные, длительность которых фактически ограничена временным разрешением детектора (3 сек.). В спектре отчетливо видна

неустойчивости на фронте волны диполяризации.

Данные Темис показывают, что всегда рост электронных потоков с энергиями 1-10 кеВ на фронте волны диполяризации сопровождается также возрастанием потоков ионов (протонов). На рисунке 3 приведен типичный пример. Рисунок представляет 10-минутный интервал данных с временным разрешением 3 секунды. Усиление потоков электронов (1) и ионов (2) в пределах временного разрешения детектора происходит одновременно, даже для ионов с энергиями около 1 кеВ. Направленная скорость таких ионов около 500 км/сек. Если бы эти ионы были ускорены в хвосте, на 15-20 Re, спутника они достигли бы не раньше, чем через 1.5-2 минуты. В отличие от предыдущих случаев, рисунок 3 показывает и наличие ранее ускоренных 10-кеВных электронов и ионов, по-видимому, оставшихся во внутренней магнитосфере от предыдущей суббури (интервал времени 02:50-02:56 UT). При прохождении волны диполяризации растет их количество и средняя энергия (3-4), при этом также можно отметить признаки антикорреляции потоков электронов низких и высоких энергий. Не исключено, что именно наличие ранее ускоренных частиц несколько подавляет развитие осциллирующего характера спектра. То, что ускорение частиц явно связано с некоторой токовой плазменной неустойчивостью, показывает тот факт, что быстрые вариации магнитного поля заметно опережают (на 20-30 сек.) возрастание потоков частиц (интервал 02:56-02:57 UT). Данные индукционного магнитометра, которые в данном событии регистрировались с разрешением 128 отсчетов в секунду, показывают, что характерный временной масштаб развития такой неустойчивости всего несколько секунд (6).

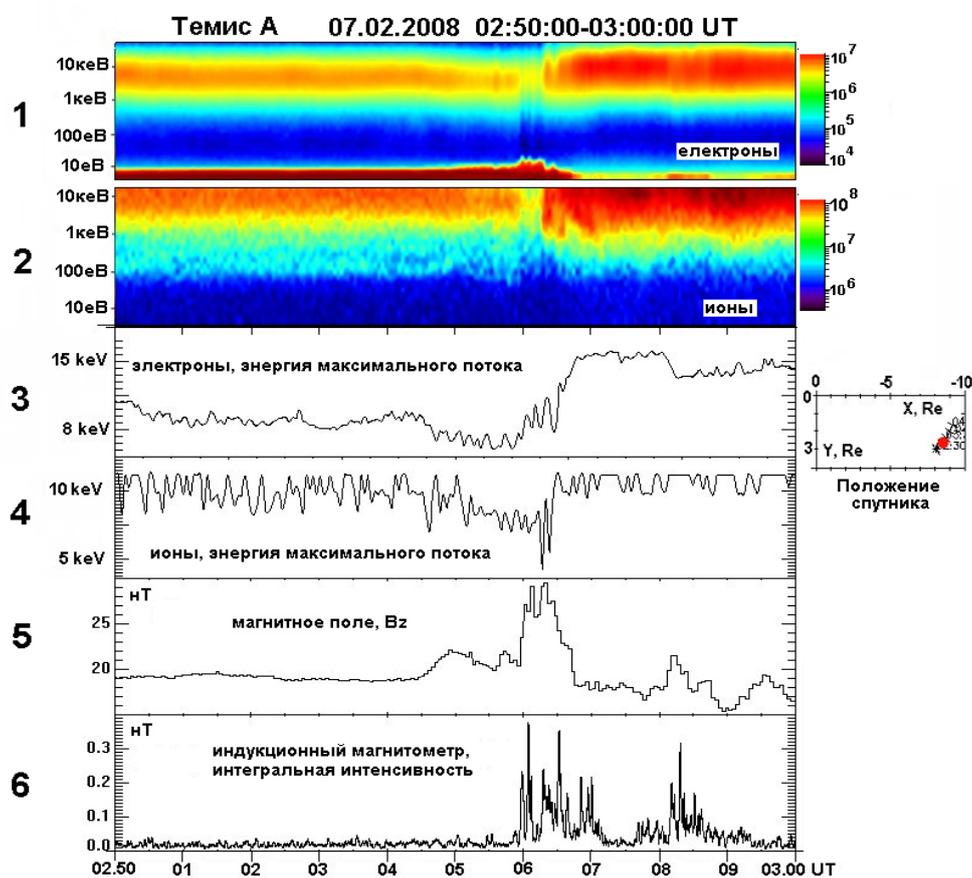


Рис. 3. Пример быстрого и синхронного ускорения электронов и ионов на фронте волны диполяризации. Вариации магнитного поля (5, 6) опережают рост потоков

Обсуждение

Ранее негласно считалось, что три главных процесса, сопровождающих суббурю – пересоединение, диполяризация и авроральный брейкап (активные сияния), являются тремя различными проявлениями некоего единого взрывного процесса. Кратко перечислим основные экспериментальные факты, известные на данный момент:

1. На предварительной фазе суббури, за 30–40 минут перед брейкапом, спутники регистрируют возрастание потоков энергичных электронов (и ионов) с энергиями 30–100 кеВ. Высыпания их в

ионосферу хорошо видны на стратосферных баллонах (возрастания тормозного рентгеновского излучения). На кадрах ТВ камеры они наблюдаются как малоактивные северные структуры сияний, предваряющие брейкап на южном горизонте [6]. На приведенной в статье кеограмме они не видны, т.к. находились севернее поля зрения камеры в Ловозере, но отмечаются на камере в Баренцбурге. От северных сияний отделяются движущиеся у югу слабые светящиеся структуры.

2. Прохождение фронта диполяризации сопровождается ускорением местных электронов и ионов до энергий 10-20 кеВ. Примерно в этот интервал времени в ионосфере наблюдается брейкап, - взрывное развитие расширяющихся к северу интенсивных ярких сияний. На их южной границе происходит развитие пульсирующих сияний.

3. Через 5-10 минут после брейкапа на спутниках Темис наблюдаются интенсивные потоки электронов с энергиями 30-200 кеВ.

Эти и другие известные факты позволяют нам предложить предварительную, но принципиально новую схему развития суббури, в которой пересоединение, брейкап и диполяризация рассматриваются как три связанных, но отдельных явления. На предварительной фазе суббури (около 30–40 минут до брейкапа) происходит накопление энергии солнечного ветра (вытягивание в хвост силовых линий, усиление токов поперек хвоста). Одновременно с этим (или немного позже) на 15–25 Re начинается процесс квазистационарного пересоединения, наполняющего внутреннюю магнитосферу горячей плазмой (северные структуры сияний и их смещение к югу). Достижение критической плотности тока поперек хвоста (следствие насыщения горячей плазмой и уменьшения толщины токового слоя) вызывает развитие плазменной неустойчивости на 10-12 Re. Происходит быстрый разрыв тока поперек хвоста и превращение его в продольный ток, замыкающийся через ионосферу. Процесс расширяется в виде волны диполяризации. Нарастание продольного тока неизбежно вызывает развитие аномального сопротивления в ионосфере и ускорение ионосферных электронов, наблюдаются яркие лучистые сияния брейкапа. Ускоренные на фронте волны диполяризации электроны вызывают расширяющиеся к югу пульсирующие сияния. Примерно через 10–15 минут после брейкапа в удаленном хвосте, возможно, происходит импульсное пересоединение, ускоряющие частицы до 300–500 кеВ. Они не видны в сияниях, и пополняют популяцию радиационных поясов.

Авторы благодарны сотрудникам ПГИ за проведение телевизионных наблюдений в обсерваториях Ловозеро и Лопарская. Данные Темис загружались с сайта базы данных CDAWeb, data providers V. Angelopoulos, C.W. Carlson, McFadden, and E. Donovan.

Работа поддержана РФФИ, гранты 09-05-00818 и 10-05-00247, Программой № VI.15 отделения физических наук РАН, а также частично грантами NORUSKA II of the Research Council of Norway и Nordauropt II of the Nordic Council of Ministers.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Naiguo Lin et al.* Statistical study of substorm timing sequence // *Jornal of Geophysical Research*. 2009. Vol. 114, A12204, P. 12, doi:10.1029/2009JA014381.
2. *Ergun R.E. et al* Observations of Double Layers in Earth's Plasma Sheet // *Phys. Rev. Lett.* 2009. 102, 155002.
3. *Liu J., Angelopoulos V. et al.* THEMIS observation of a substorm event on 04:35, 22 February 2008 / *J. Liu, V. Angelopoulos, H. Frey* // *Ann. Geophys.*, 27, 1831-1841, 2009 doi:10.5194/angeo-27-1831-2009.
4. *Angelopoulos V. et al.* Tail Reconnection Triggering Substorm Onset // *Science* 15 August 2008: Vol. 321, no. 5891. P. 931–935 DOI: 10.1126/science.1160495
5. *Lui A.T.Y.* Comment on "Tail Reconnection Triggering Substorm Onset" // *Science* 12 June 2009: Vol. 324, no. 5933. P. 1391 DOI: 10.1126/science.1167726
6. *Kornilova T.A., Kornilov I.A.* Fine structure of breakup development inferred from satellite and ground-based observations // *Ann. Geophys.* 2008. Vol. 26. P. 1141–1148.

Сведения об авторах

Корнилов Илья Александрович – к.ф.-м.н, ст. научный сотрудник; e-mail: kornilov@pgia.ru

Корнилова Татьяна Андреевна – к.ф.-м.н, ст. научный сотрудник; e-mail: kornilova@pgia.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ МОЩНЫМ КОНТРОЛИРУЕМЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА В СРЕДНЕЙ ЧАСТИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Е.Д. Терещенко, В.А. Любчик, В.Ф. Григорьев
Полярный геофизический институт КНЦ РАН

Аннотация

Рассмотрены результаты моделирования трехмерной неоднородной среды методом сеточной аппроксимации уравнений для векторного и скалярного потенциалов электромагнитного поля, выполненного для интерпретации экспериментальных данных, полученных при электромагнитных зондированиях с мощным контролируемым источником экстремально низкочастотного диапазона в средней части Кольского п-ова. Моделирование показало, что значительное влияние на результаты экспериментальных измерений оказывает сеть высокопроводящих тектонических разломов, частично заводненных в Баренцевом море. Установлено, что для локализации проводящих тектонических зон в пространстве целесообразно амплитудные измерения дополнять исследованием фазовых характеристик электромагнитного поля.

Ключевые слова:

электромагнитное зондирование, магнитное поле, амплитудно-фазовые измерения, метод сеточной аппроксимации, тектонический разлом.



Введение

Одной из актуальных задач геофизики является изучение глубинного строения земной коры. Немаловажное значение в решении этой задачи отводится электромагнитным зондированиям с мощными контролируемыми источниками экстремально низкочастотного диапазона. Так, к примеру, на Кольском п-ове подобные работы проводились

сотрудниками Геологического и Полярного геофизического институтов КНЦ РАН [1, 2]. Естественно, что на результаты исследований, особенно в экстремально низкочастотном диапазоне, сильное влияние оказывает блочное строение, характерное для кристаллического щита Кольского п-ова [3]. Поэтому сотрудники Геологического института КНЦ РАН, решая задачу построения обобщенного геоэлектрического разреза восточной части Балтийского щита, выбирали местоположение точек наблюдений в пределах более-менее однородных блоков кристаллического щита, чтобы ослабить эффект от геоэлектрических неоднородностей. Напротив, в Полярном геофизическом институте КНЦ РАН особое внимание уделялось проблеме исследования этих геоэлектрических неоднородностей и их влияния на результаты экспериментальных исследований.

Изучению этого вопроса и посвящена данная работа. В первой главе дано краткое описание проведенных в 2009–2010 гг. сотрудниками Полярного геофизического института КНЦ РАН экспериментов по электромагнитному зондированию в КНЧ и СНЧ-диапазонах, в ходе которых было установлено существенное влияние сети проводящих тектонических разломов на амплитудно-фазовые характеристики вертикальной компоненты магнитного поля H_z . Было показано, что для локализации в пространстве тектонических зон амплитудные измерения необходимо дополнять изучением фазовых характеристик компонент магнитного поля.

Во второй главе представлена методика решения прямой задачи распространения электромагнитного поля в трехмерной неоднородной среде, основанная на сеточной аппроксимации уравнений для потенциалов поля, описанная в работе [4]. В отличие от метода интегральных уравнений, который использовался в работе [1], данная методика позволяет получить систему линейных уравнений с ленточной матрицей, обладающей свойством диагональной доминантности, что существенно упрощает вычислительный процесс.

Третья глава посвящена обсуждению результатов моделирования в обширной области диаметром порядка 100 километров, включающей и прибрежный участок Баренцева моря, которое было проведено с целью объяснения экспериментальных данных. В итоге была уточнена модель проводящей тектоники, представленная в работе [1], таким образом, чтобы добиться соответствия модельных и экспериментальных данных на более высоких частотах (40-80 Гц), которые использовались в эксперименте 2010 г.

Экспериментальные исследования по глубинному электромагнитному зондированию земной коры

Одним из перспективных направлений геофизических исследований глубинного строения земной коры являются электромагнитные зондирования с мощными контролируруемыми источниками экстремально низкочастотного диапазона. При работах на Кольском п-ове в качестве такого источника использовалась дипольная антенна длиной порядка 60 километров. Ток в антенне создавался мощным высокостабильным генератором в диапазоне частот от 0,01 до сотен герц и достигал 80 ампер и более [5].

В апреле 2009 г. сотрудниками Полярного геофизического института КНЦ РАН проводились экспериментальные работы по электромагнитному зондированию в средней части Кольского п-ова, в пределах Мурманского гранитогнейсового блока. Известно, что кристаллический фундамент Кольского п-ова разбит мощными тектоническими зонами, обладающими высокой электропроводностью, на отдельные блоки [3]. Но сеть тектонических разломов обладает иерархической структурой, вследствие чего отдельные блоки, в частности, Мурманский гранитогнейсовый блок, также покрыты сетью разломных нарушений. Целью проводившегося эксперимента было изучение возможностей глубинных электромагнитных зондирований на кристаллическом щите и исследование влияния геоэлектрических неоднородностей, к которым, безусловно, относятся проводящие тектонические разломы, на результаты измерений.

В ходе эксперимента выполнялись измерения трех компонент магнитного поля по широтному профилю, точки наблюдения 1–7 на рисунке 1, расположенному на участке автодороги Мурманск – Туманный. Профиль наблюдений располагался практически параллельно излучающей антенне, на удалении примерно 20 километров от нее [1]. Измерения проводились трехкомпонентным индукционным магнитометром с цифровой системой регистрации и сбора информации на одиннадцати частотах в диапазоне от 0.01 до 40 Гц. Магнитные датчики ориентировались взаимно ортогонально, ось X была направлена вдоль магнитного меридиана.

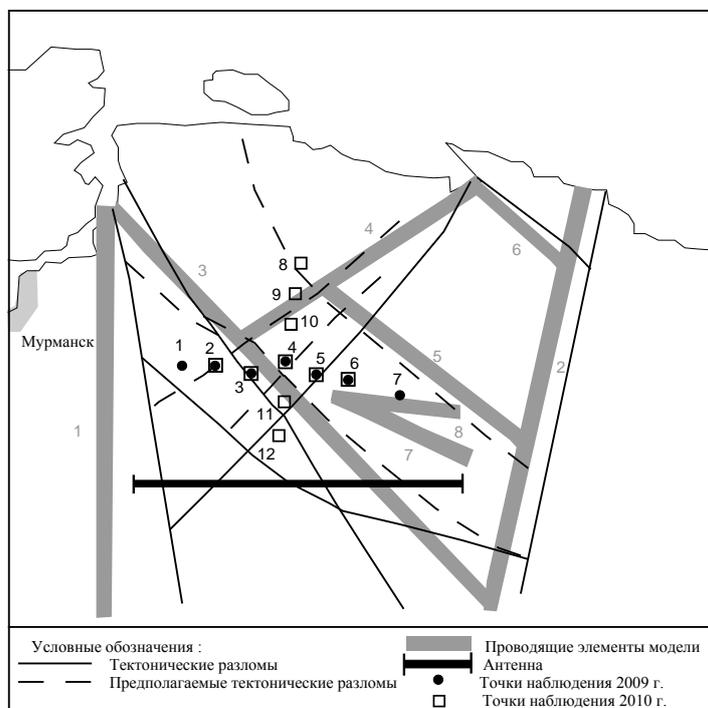


Рис. 1. Модель проводящей тектоники, предложенная по результатам интерпретации измерений в эксперименте 2009 г.

В качестве примера на рисунке 2 приведены результаты измерений для частоты 3.822 Гц. Характерной особенностью полученных результатов является значительное превышение амплитуды вертикальной компоненты магнитного поля H_z над горизонтальными. Объяснение этого факта в рамках однородной горизонтально-слоистой модели среды оказалось невозможным. Горизонтально-однородная двухслойная модель среды с верхним слоем мощностью 2 километра и проводимостью 10^{-4} См/м и нижним основанием проводимостью 10^{-5} См/м, позволяющая получить значения для горизонтальных компонент магнитного поля близкие к экспериментальным, дает максимальное соотношение между амплитудами вертикальной и горизонтальной компонент поля около 1.5, тогда как в эксперименте наблюдалось десятикратное превышение. Очевидно, что для объяснения экспериментальных данных необходимо учитывать проводящие тектонические разломы, характерные для кристаллического щита Кольского п-ова [3]. В модели разломы представлялись вертикально-падающими структурами глубиной 4 километра и проводимостью 1 См/м. Учет разломной тектоники данного района действительно позволил значительно увеличить соотношение между вертикальной и горизонтальной компонентами магнитного поля, но недостаточно для объяснения экспериментальных данных. Поэтому в работе [1] была предложена гипотеза о формировании глобальной замкнутой «рамки», состоящей из антенны, прибрежного участка Баренцево моря и проводящих тектонических разломов, часть которых заводнена в Баренцево море. Результаты моделирования для области диаметром порядка 100 километров показали, что учет подобного эффекта

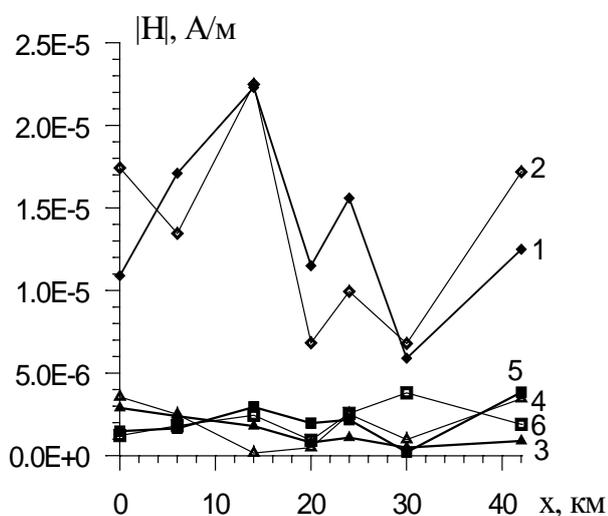


Рис. 2. Значения амплитуд компонент магнитного поля на частоте 3.822 Гц вдоль широтного профиля: 1 – экспериментальные, 2 – модельные значения для вертикальной компоненты H_z , 3 – экспериментальные, 4 – модельные значения для горизонтальной компоненты H_x , 5 – экспериментальные, 6 – модельные значения для горизонтальной компоненты H_y

замкнутой «рамки» обеспечивает аномально высокие значения вертикальной компоненты магнитного поля, близкие к экспериментальным данным. На рисунке 1 представлена предложенная в работе [1] оптимальная модель сети тектонических разломов, заводненных в Баренцевом море, обеспечивавшая наилучшее соответствие рассчитанных и экспериментальных данных.

Использованный при электромагнитных зондированиях комплекс передающей и приемной аппаратуры позволял измерять абсолютную разность фаз компонент магнитного поля и тока в передающей антенне, благодаря точной привязке ко времени по сигналам спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS [6]. Было выявлено, что наличие сети высокопроводящих тектонических разломов оказывает влияние на фазовые характеристики компонент магнитного поля, а именно, при пересечении профилем наблюдений проводящего тектонического разлома изменялся знак вертикальной компоненты аномального магнитного поля на противоположный.

В декабре 2010 г. был проведен эксперимент с целью опытной проверки предложенной модели разломной тектоники и изучения возможности локализации высокопроводящих тектонических разломов с помощью измерения фазовых характеристик магнитного поля. Для этого измерения проводились на более высоких частотах: 41, 62 и 82 Гц по двум взаимно перпендикулярным профилям. Точки наблюдений на широтном профиле соответствовали точкам наблюдений предыдущего эксперимента на автодороге Мурманск – Туманный (точки 2-6). При этом оказалось, что амплитудные характеристики магнитного поля в этих точках, измеренные на более высоких частотах, качественно повторяют данные, полученные в предыдущем эксперименте на экстремально низких частотах. Поэтому на перпендикулярном меридиональном профиле (точки 4, 8-12) измерения были проведены только на более высоких частотах 41, 62 и 82 Гц. Местоположение точек наблюдений показано на рисунке 1.

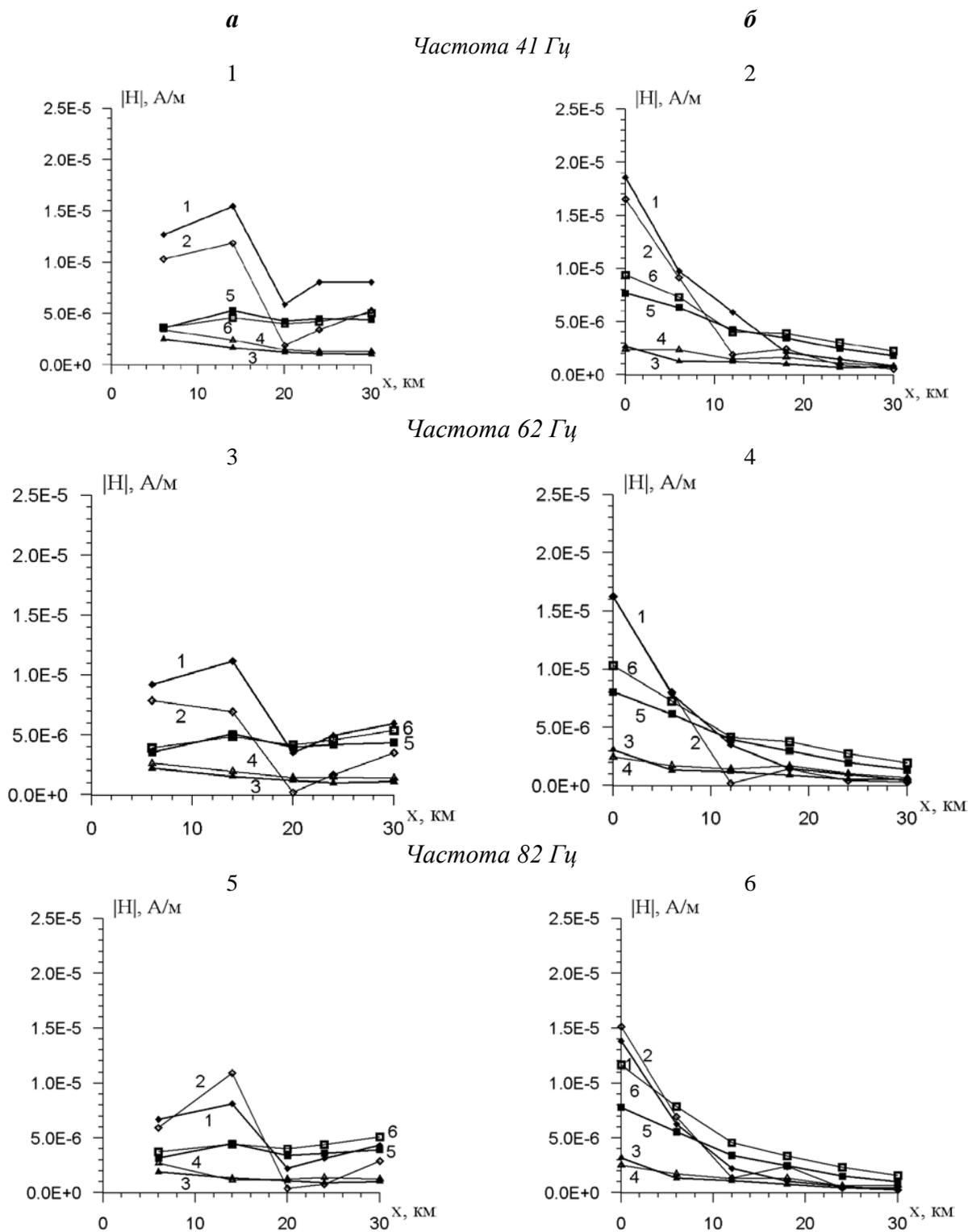


Рис. 3. Значения амплитуд компонент магнитного поля вдоль широтного (а) и меридиального (б) профиля: 1, 3, 5 – экспериментальные, 2 – модельные значения для вертикальной компоненты H_z ; 4 – модельные значения для горизонтальной компоненты H_x , 6 – модельные значения для горизонтальной компоненты H_y

На рисунке 3 представлены результаты измерений амплитуды трех компонент магнитного поля по профилям наблюдений на частотах 41, 62 и 82 Гц, на рисунке 4 показаны фазовые характеристики вертикальной компоненты магнитного поля H_z . По результатам измерений видно, что эффект значительного превышения амплитуды вертикальной компоненты магнитного поля над горизонтальными по-прежнему сохраняется на широтном профиле, хотя и слабеет с увеличением

частоты. Кроме того, наблюдаются скачки фазовой характеристики вертикальной компоненты магнитного поля H_z приблизительно в 180° между точками 3 и 4, 5 и 6 на широтном профиле и между точками 10 и 4, 4 и 11 на меридиональном профиле. Согласно геологической карте Кольского п-ова [7] этот район характеризуется пересечением разнонаправленных тектонических разломов, которые формируют здесь сложный тектонический узел. Вследствие этого можно предположить, что часть тектонических разломов гальванически запитывается дипольным источником переменного тока, что и вызывает скачки фазовой характеристики вертикальной компоненты магнитного поля H_z при пересечении профилем наблюдений тектонических зон.

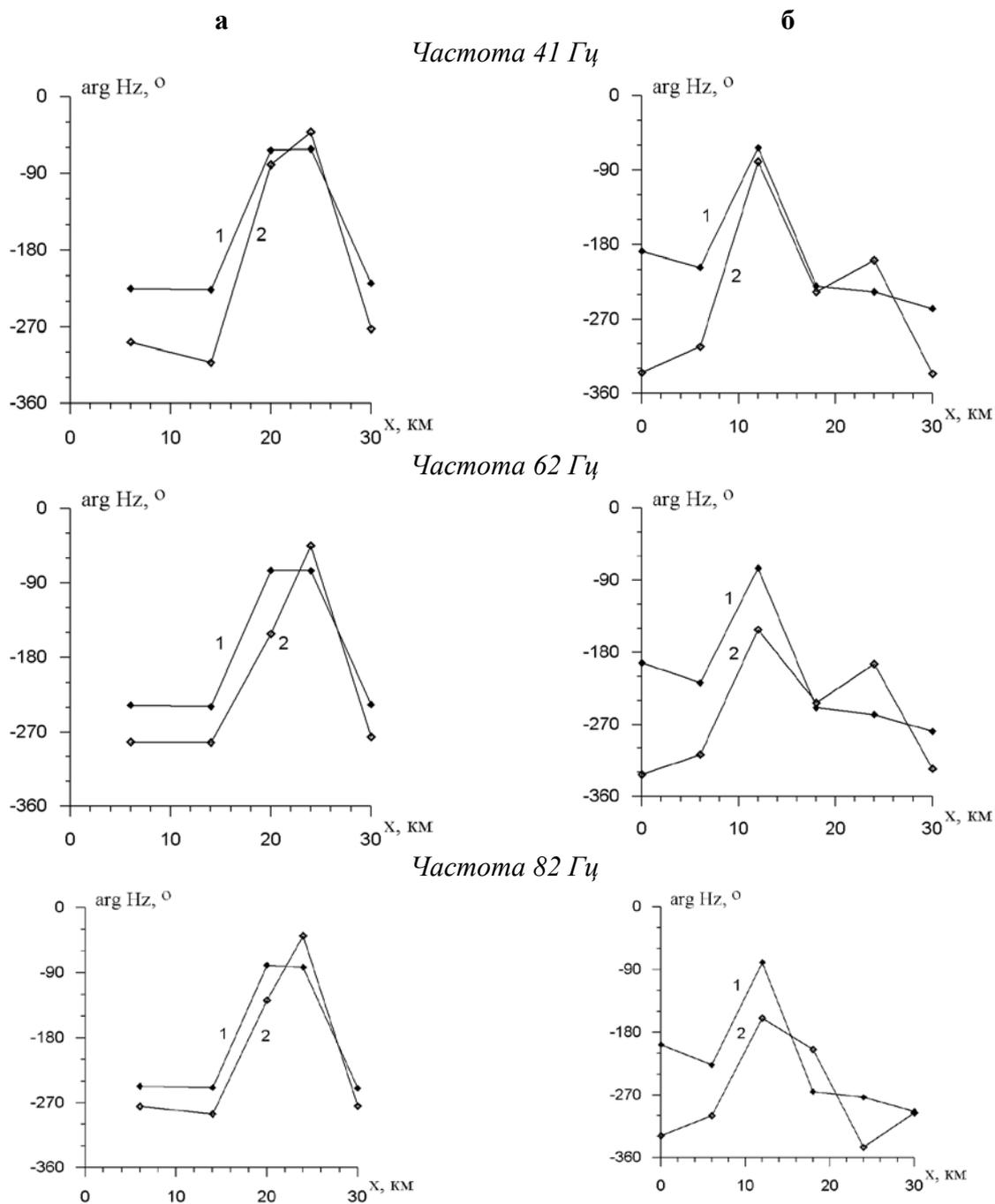


Рис. 4. Фазовые характеристики вертикальной компоненты H_z магнитного поля вдоль широтного профиля (а) и меридионального профиля (б): 1 – экспериментальные значения; 2 – модельные значения

Методика решения прямой задачи распространения электромагнитного поля в трехмерной неоднородной среде

В отличие от работы [1], где для моделирования использовался метод интегральных уравнений, в данной работе используется метод сеточной аппроксимации уравнений для векторного и скалярного потенциалов электромагнитного поля, изложенный в статье [4]. В этой работе традиционно электрические и магнитные поля представлены в виде суммы нормального поля $\mathbf{E}_0, \mathbf{H}_0$, обусловленного сторонним током J , и аномального \mathbf{E}, \mathbf{H} , связанного с избыточной проводимостью $\Delta\sigma$ в некоторых ограниченных областях среды. Для аномального электрического поля вводятся векторный \mathbf{A} и скалярный φ потенциалы.

$$\vec{\mathbf{E}} = \vec{\mathbf{A}} + \nabla\varphi \quad (1)$$

Для однозначного определения векторного потенциала используется калибровка Кулона.

$$\nabla \cdot \vec{\mathbf{A}} = 0 \quad (2)$$

Подставляя выражение (1) в уравнение Гельмгольца для аномального электрического поля, авторы после некоторых преобразований получают исходную систему дифференциальных уравнений для векторного \mathbf{A} и скалярного φ потенциалов:

$$\begin{aligned} \nabla^2 \vec{\mathbf{A}} + i\omega\mu\sigma(\vec{\mathbf{A}} + \nabla\varphi) &= -\mathbf{S}_E \\ \nabla \cdot (\sigma\vec{\mathbf{A}}) + \nabla \cdot (\sigma\nabla\varphi) &= -(i\omega\mu)^{-1} \nabla \cdot \mathbf{S}_E \end{aligned} \quad (3),$$

где

$$\mathbf{S}_E = i\omega\mu(\sigma - \sigma_0)\vec{\mathbf{E}}_0,$$

$\sigma - \sigma_0$ – избыточная проводимость среды, μ – магнитная проницаемость среды, ω – частота поля.

Данная система дифференциальных уравнений удобна тем, что после сеточной аппроксимации мы получим систему линейных уравнений с ленточной матрицей, которая будет обладать свойством сильной диагональной доминантности, что значительно упростит решение системы. В качестве граничных условий для векторного и скалярного потенциалов выбраны условия Дирихле на границе области моделирования $\delta\Omega$:

$$\begin{aligned} \vec{\mathbf{A}}|_{\delta\Omega} &= 0 \\ \varphi|_{\delta\Omega} &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Для сеточной аппроксимации системы уравнений (3) вводится трехмерная прямоугольная сетка, в узлах которой и будут определяться искомые значения трех компонент векторного потенциала \mathbf{A} и скалярного потенциала φ . Чтобы удовлетворить граничным условиям Дирихле (4), линейные размеры ячеек увеличиваются по определенному правилу по мере удаления от источников аномального поля – ограниченных областей с избыточной проводимостью. Трехмерная сетка разбивает пространство моделирования на ячейки – параллелепипеды, каждой из которых приписывается свое значение проводимости $\sigma_{i-1/2,j-1/2,k-1/2}$ и значение избыточной проводимости $\Delta\sigma_{i-1/2,j-1/2,k-1/2}$, если эта ячейка относится к аномальной области. Интегрируя уравнения (3) по элементарным объемам $V_{i,j,k}$ вокруг узлов данной сетки и аппроксимируя дифференциальные операторы разностными, можно получить линейную систему уравнений для значений компонент векторного потенциала $A_{i,j,k}^{(l)}$, $l=\{x,y,z\}$ и скалярного потенциала $\varphi_{i,j,k}$ в узлах сетки.

Матрица полученной таким образом системы линейных уравнений будет иметь ленточную форму и являться диагонально доминантной. Точные выражения для элементов этой матрицы приведены в статье [4]. Для решения систем линейных уравнений с диагонально доминантной матрицей удобно применять итерационный метод Зейделя:

$$\vec{\mathbf{x}}^{k+1} = \mathbf{B}^{-1}(\vec{\mathbf{F}} - \mathbf{C}\vec{\mathbf{x}}^k) \quad (5),$$

где $\vec{\mathbf{x}}^k$ – итерация порядка k искомого решения – вектора значений компонент векторного потенциала $A_{i,j,k}^{(l)}$ и скалярного потенциала $\varphi_{i,j,k}$ в узлах сетки, $\vec{\mathbf{F}}$ – правая часть системы линейных уравнений, определяемая источниками аномального поля, \mathbf{B} – нижняя треугольная матрица с доминантной диагональю, \mathbf{C} – верхняя треугольная матрица с нулевой диагональю, такие что их сумма $\mathbf{B} + \mathbf{C} = \mathbf{A}$ дает исходную матрицу линейной системы уравнений. Итерации продолжаются, пока не будет достигнута требуемая точность вычислений.

Значения аномального магнитного поля \mathbf{H} определяются векторным потенциалом \mathbf{A} :

$$\vec{\mathbf{H}} = (i\omega\mu)^{-1} \nabla \times \vec{\mathbf{A}} \quad (6)$$

Результаты моделирования методом сеточной аппроксимации

Данный метод сеточной аппроксимации уравнений для векторного и скалярного потенциалов электромагнитного поля был апробирован на модели тектонических разломов, предложенной в работе [1] для объяснения результатов экспериментальных работ 2009 г. и изображенной на рисунке 1, с учетом «берегового» эффекта Баренцева моря. Полученные результаты моделирования для

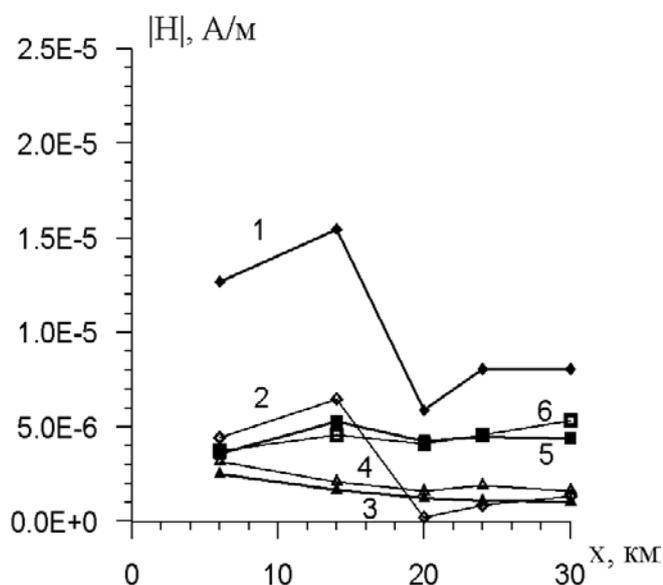


Рис. 5. Значения амплитуд компонент магнитного поля на частоте 41 Гц вдоль широтного профиля, модельные значения рассчитаны для исходной модели: 1 – экспериментальные, 2 - модельные значения для вертикальной компоненты H_z , 3 – экспериментальные, 4 - модельные значения для горизонтальной компоненты H_x , 5 – экспериментальные, 6 - модельные значения для горизонтальной компоненты H_y

горизонтальной H_z/H_x имеет тенденцию к уменьшению (рис. 3, фрагменты 1, 3, 5).

Для согласования результатов моделирования с экспериментальными данными необходимо было откорректировать модель тектонических разломов. В частности, для того чтобы обеспечить anomalно высокие значения амплитуды вертикальной компоненты магнитного поля H_z в точках наблюдения 2 и 3, проводящий элемент 3, простирающийся с северо-запада от Кольского залива на юго-восток к реке Воронья, надо было изогнуть так, чтобы северная его часть шла более полого, в субширотном направлении, как изображено на рисунке 6. При этом широтный профиль пересекается этим элементом между точками 3 и 4, а меридиональный профиль между точками 4 и 11. В целом, такое положение этого элемента соответствует геологической границе гнейсо-диоритового блока [7], вследствие чего можно предположить о наличии здесь тектонического разлома. Кроме того, проводящий элемент 4, простирающийся с северо-востока от Териберской губы на юго-запад, необходимо сместить так, чтобы он пересекал широтный профиль между точками 4 и 5, а меридиональный профиль между точками 4 и 11. Такое положение этих проводящих элементов обеспечивает скачки модельных значений фазовой характеристики вертикальной компоненты магнитного поля H_z , близкие к экспериментально наблюдаемым. Из модели были исключены проводящий элемент 6, так как его влияние на результаты моделирования на частотах 41, 62 и 82 Гц пренебрежимо мало, и элементы 7 и 8, наличие которых было излишним для интерпретации экспериментальных данных.

частоты 3.822 Гц представлены на рисунке 2, видно, что рассчитанные значения компонент магнитного поля хорошо согласуются с экспериментальными данными и демонстрируют anomalный эффект значительного превышения амплитуды вертикальной компоненты магнитного поля H_z над горизонтальными.

Однако для более высоких частот 41, 62, 82 Гц, на которых производились измерения в эксперименте 2010 г., предложенная модель тектонических разломов перестает быть адекватной. На рисунке 5 приведены модельные значения компонент магнитного поля, рассчитанные для частоты 41 Гц. Видно, что данная модель не позволяет получить anomalно большие значения вертикальной компоненты магнитного поля H_z на широтном профиле. Это можно объяснить тем, что характерный размер, определяющий распространение электромагнитного поля в среде, – толщина скин-слоя на более высоких частотах значительно сокращается, так, если для частоты 3.822 Гц он составляет 25.7 км, то для 82 Гц – уже 5.6 км. Поэтому «береговой» эффект Баренцева моря на более высоких частотах ослабевает, и основной вклад в формирование anomalного поля вносят близлежащие к точкам наблюдения проводящие тектонические зоны. Подтверждением этого может служить тот факт, что с повышением частоты отношение амплитуд вертикальной компоненты магнитного поля к

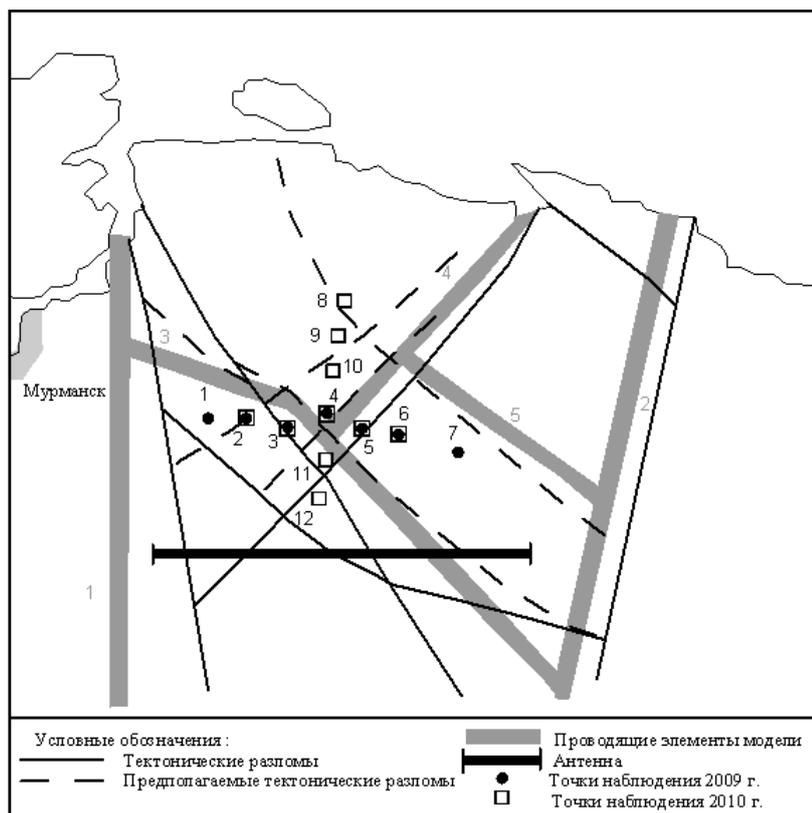


Рис. 6. Модель проводящей тектоники, скорректированная с учетом результатов интерпретации измерений в эксперименте 2010 г.

Амплитудные значения трех компонент магнитного поля H_z , H_x , H_y , полученные по результатам моделирования для откорректированной модели проводящей тектоники на частотах 41, 62 и 82 Гц, на двух взаимно перпендикулярных профилях наблюдений, представлены на рисунке 3. Из графиков видно, что предложенная модель проводящей тектоники объясняет anomalously большие значения амплитуды вертикальной компоненты магнитного поля H_z . Некоторые количественные расхождения модельных и экспериментальных результатов объясняются грубостью сеточной аппроксимации, так как при моделировании обширной области диаметром порядка 100 километров, горизонтальный линейный размер ячеек сетки составил 2 километра, что ограничивает возможность более точных модельных построений.

Как уже упоминалось выше, наличие сети проводящих тектонических зон, в пределах которых протекают anomalous токи, может вызывать скачки фазовой характеристики вертикальной компоненты магнитного поля H_z на 180° при пересечении профилем наблюдений таких зон, что и демонстрируют полученные экспериментальные данные. На рисунке 4 представлены рассчитанные значения фазовой характеристики вертикальной компоненты магнитного поля H_z . Таким образом, результаты моделирования для откорректированной модели проводящей тектоники методом сеточной аппроксимации уравнений для потенциалов электромагнитного поля в целом согласуются с экспериментальными данными.

Можно сделать вывод о том, что anomalously превышение амплитуды вертикальной компоненты магнитного поля H_z над амплитудами горизонтальных компонент, а также скачки фазовой характеристики этой компоненты, обусловлены наличием сети высокопроводящих тектонических разломов.

Выводы

Электромагнитные зондирования с мощными контролируруемыми источниками экстремально низкочастотного диапазона открывают новые перспективы в изучении глубинного строения земной коры. При интерпретации результатов экспериментальных работ, проводившихся на кристаллическом щите Кольского п-ова, необходимо учитывать блочную структуру строения Балтийского щита [3]. Наличие сети высокопроводящих тектонических разломов оказывает

существенное влияние на полученные результаты, особенно в экстремально низкочастотном диапазоне. С целью локализации в пространстве проводящих тектонических зон целесообразно амплитудные измерения компонент магнитного поля дополнять исследованием их фазовых характеристик.

Использование метода сеточной аппроксимации уравнений для потенциалов электромагнитного поля при моделировании распространения электромагнитного поля в трехмерной неоднородной среде позволяет получить неплохие результаты, согласующиеся с экспериментальными данными и геологическим строением исследуемого района.

Авторы благодарны сотрудникам Полярного геофизического института КНЦ РАН С.В. Полуянову, Е.В. Дубровскому, А.Е. Сидоренко, А.В. Роскуляку, М.В. Швецу за помощь при проведении экспериментальных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Велихов Е.П., Григорьев В.Ф. и др.* Электромагнитное зондирование Кольского полуострова мощным крайне низкочастотным источником / *Е.П. Велихов, В.Ф. Григорьев, М.С. Жданов, С.М. Коротаев, М.С. Кругляков, Д.А. Орехова, И.В. Попова, Е.Д. Терещенко, Ю.Г. Щорс* // ДАН. 2011. Т. 438, № 3. С. 390–395.
2. *Жамалетдинов А.А., Шевцов А.Н. и др.* Глубинные электромагнитные зондирования литосферы восточной части Балтийского (Фенноскандинавского) щита в поле мощных контролируемых источников и промышленных ЛЭП (эксперимент FENICS) / *А.А. Жамалетдинов, А.Н. Шевцов, Т.Г. Короткова, Ю.А. Копытенко, В.С. Исмаилов, М.С. Петрищев, Б.В. Ефимов, М.Б. Баранник, В.В. Колобов, П.И. Прокопчук, М.Ю. Смирнов, С.А. Вагин, М.И. Пертель, Е.Д. Терещенко, А.Н. Васильев, В.Ф. Григорьев, М.Б. Гохберг, В.И. Трофимчик, Ю.М. Ямпольский, А.В. Колосков, А.В. Федоров, Т. Корья (T. Korja)* // Физика Земли. 2011. № 1. С. 4–26.
3. *Рубинраут Г.С.* Морфотектоника Кольского полуострова. Апатиты, 1987.
4. *Aruliah D.A., Ascher U.M., Haber E., Oldenburg D.* A method for the forward modelling of 3D electromagnetic quasi-static problems // *Mathematical Models in Applied Sciences (M3AS)*. 2001. Vol. 11. P. 1–21.
5. *Терещенко Е.Д., Баранник М.Б. и др.* Повышающий преобразователь и система энергопередачи генератора «Энергия-2» для электромагнитных зондирований и мониторинга очаговых зон землетрясений / *Е.Д. Терещенко, М.Б. Баранник, А.Н. Данилин, Б.В. Ефимов, В.В. Колобов, П.И. Прокопчук, В.Н. Селиванов, Ю.А. Копытенко, А.А. Жамалетдинов* // Сейсмические приборы. 2008. Т. 44, № 4. С. 43–65.
6. Электромагнитное зондирование Кольского полуострова с использованием мощного стационарного источника излучения КНЧ диапазона / *Е.П. Велихов, В.Ф. Григорьев, М.С. Жданов, С.М. Коротаев, М.С. Кругляков, Д.А. Орехова, И.В. Попова, Е.Д. Терещенко, Ю.Г. Щорс* // *Материалы Пятой всероссийской школы-семинара имени М.Н. Бердичевского и Л.Л. Ваньяна по электромагнитным зондированиям Земли. Книга 1.* Санкт-Петербург, 2011. С. 197–200.
7. Геологическая карта-схема Кольского полуострова / под ред. Горбунова Г.И. и Загородного В.Г. Апатиты: Геологический институт КФАН СССР, 1980.

Сведения об авторах

Терещенко Евгений Дмитриевич – д.ф.-м.н., директор; e-mail: general@pgi.ru

Любчик Владимир Алексеевич – к.ф.-м.н., научный сотрудник; e-mail: lubchich@yandex.ru

Григорьев Валерий Федосеевич – помощник директора; e-mail: valgri@pgi.ru

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Е. Весселов¹, В.В. Ярошевич², Е.А. Токарева², Г.П. Фастий²

¹ КФ ПетрГУ

² Центра физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН

Аннотация

Рассмотрены технические мероприятия по энергосбережению в распределительных электрических сетях. Выполнен анализ их применения в муниципальных схемах 6 и 10 кВ Мурманской области. Показано, что внедрение рассмотренных энергосберегающих мероприятий позволит существенно повысить эффективность использования сетевого электрооборудования и получить значительный экономический эффект.

Ключевые слова:

распределительные электрические сети, силовой трансформатор.

Муниципальные предприятия городских электрических сетей Мурманской области осуществляют централизованное электроснабжение всех потребителей, обеспечивая потребности жилищно-коммунального сектора населенных пунктов в электроэнергии, а также промышленных предприятий, расположенных в черте города. Основным источником питания муниципальных сетей являются, как правило, подстанции глубокого ввода, с шин 6-10 кВ распределительных устройств которых поступает электроэнергия к потребителям.

Критерием, позволяющим дать достаточно объективную оценку работы муниципальных сетей, служит энергетический баланс, который составляется по каждому источнику питания для определенной административной территории. Одной из важнейших составляющих расходной части энергобаланса являются потери активной электроэнергии в элементах системы электроснабжения на пути ее транзита от источника питания к месту потребления.

В технической литературе [1, 2] достаточно подробно рассматриваются методы расчета и анализа потерь электроэнергии в электрических сетях, выбора мероприятий по их снижению. Потери электроэнергии в распределительных сетях должны быть пропорциональны величине технологического расхода энергии при ее передаче, преобразовании и распределении. Корректировка величины потерь в сторону ее уменьшения проводится в тех электрических сетях, где имеются отклонения от рациональной схемы и режима эксплуатации.

Все мероприятия по снижению потерь электроэнергии в муниципальных электрических сетях можно условно разделить на две группы: 1) мероприятия по общей оптимизации структуры всей распределительной сети; 2) мероприятия по снижению в первую очередь технических потерь.

К мероприятиям первой группы относятся:

- перевод действующих линий с 6 на 10 кВ с использованием существующих кабелей, проводов и соответствующего оборудования или с прокладкой новых линий и заменой оборудования;
- усиление элементов действующей сети путем прокладки новых и дополнительных линий, а также замены проводов и кабелей меньшего сечения проводами и кабелями большего сечения;
- проведение работы по компенсации реактивных нагрузок с устранением излишних перетоков реактивной мощности в сетях;
- переход на замкнутые сети 0.4 кВ;
- поддержание оптимального уровня напряжения в распределительной сети с использованием, как правило, общесетевых регулирующих средств.

Анализ режимов работы муниципальных электрических сетей в Мурманской области, например, в г. Мончегорске показал, что мероприятия этой группы постоянно находятся в центре внимания служб эксплуатации и практически все они реализованы или находятся в стадии реализации.

К мероприятиям второй группы относятся:

- установление оптимальных точек разрыва в замкнутых распределительных сетях;
- уменьшение числа отключений линий или участков линий на ремонт; сокращение времени, необходимого для проведения ремонта;

- устранение неравномерной загрузки фаз распределительных сетей с достижением практической симметрии нагрузок по фазам;
- замена малозагруженных трансформаторов трансформаторами меньшей мощности и отключение на летний период малозагруженных трансформаторов.

Эти мероприятия следует классифицировать как малозатратные технические мероприятия, не требующие дополнительных капитальных вложений. Экономическая эффективность этих мероприятий обычно оценивается стоимостью сэкономленных потерь

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta A \cdot C, \text{ руб.},$$

где ΔA – величина снижения потерь электроэнергии в результате проведения мероприятия, кВт·ч;
 C – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб./кВт·ч.

Уменьшение числа отключений линий определяется уровнем эксплуатации и техническим состоянием электрической сети. Рациональная организация труда ремонтного персонала выполняется по ежегодным планам профилактических (эксплуатационных) работ по всем подразделениям электросетей.

При коэффициенте загрузки трансформаторов 10/0.4 кВ, меньшем 0.5, имеет место относительное увеличение потерь электроэнергии за счет потерь холостого хода. Анализ показателей загрузки трансформаторных подстанций даже в режимные дни зимнего максимума показывает, что значительная часть трансформаторов городских сетей работает с нагрузкой порядка 20–30% от номинала. В качестве мероприятия, позволяющего снизить потери холостого хода и уменьшить стоимость сети, теоретически может быть рекомендована замена малозагруженных трансформаторов трансформаторами меньшей мощности. Снижение суммарных потерь энергии в результате замены трансформаторов определяют по формуле:

$$\Delta A = (\Delta P_{xx1} - \Delta P_{xx2}) \cdot T + (\Delta P_{K31} \cdot K_{31}^2 - \Delta P_{K32} \cdot K_{32}^2) \cdot \tau,$$

где ΔP_{xx1} , ΔP_{xx2} – потери мощности холостого хода трансформаторов до и после замены соответственно, кВт;

ΔP_{K31} , ΔP_{K32} – потери мощности короткого замыкания трансформаторов, кВт;

K_{31} , K_{32} – коэффициенты загрузки трансформаторов в нормальном режиме;

T – время подключения трансформаторов к сети, в пределах $T = 8760$ ч;

τ – число часов максимальных потерь, час в год.

При замене трансформаторов происходит изменение как стоимости установленного оборудования, так и ежегодных отчислений, обусловленных ее изменением. В [1, 2] приводятся достаточно подробные примеры расчета экономической эффективности от замены малозагруженных трансформаторов, например, мощностью 180 кВА на трансформаторы мощностью 100 кВА и др. Однако, применительно к условиям работы конкретных электрических сетей, реализация этого мероприятия в настоящее время представляется проблематичной.

Практически отключение трансформаторов должно быть согласовано с графиком изменения их нагрузок, стремясь к минимально возможному числу переключений в распределительной сети. Поэтому отключения трансформаторов обычно производят на сравнительно длительный период: на ночь, на выходные дни, на летний период. При этом надо иметь в виду, что для выполнения отключений трансформаторов должна иметься соответствующая коммутационная аппаратура. При условии электроснабжения ответственных потребителей в случае отключения одного из трансформаторов должно быть предусмотрено устройство автоматического ввода резерва (АВР). В [1, 2] приводятся расчеты экономических режимов работы трансформаторов с обоснованием целесообразности их отключения.

Увеличение эффективности использования трансформаторов в условиях эксплуатации возможно за счет сезонного отключения одного из двух трансформаторов двухтрансформаторной подстанции. При этом обычно отключается трансформатор, работающий с наименьшей нагрузкой, и его нагрузка переводится на второй трансформатор. Потери электрической энергии при отключении одного трансформатора на летний период уменьшаются. Обычно летний период отключений трансформаторов для условий Мурманской области может быть принят равным 2 тыс. – 3 тыс. ч.

Характерной особенностью режима работы значительной части муниципальных электрических сетей является неравномерность загрузки фаз, что приводит к дополнительным потерям мощности и энергии в этих сетях.

Это обусловлено присоединением многочисленных однофазных электроприемников (бытовых электроприборов, светильников и т.п.), работа которых к тому же взаимонезависима. Это вызывает асимметрию нагрузок в трехфазных распределительных линиях, в результате чего по нулевому проводу

начинает протекать ток. С ростом числа присоединенных электроприемников асимметрия фазных нагрузок уменьшается, что особенно отчетливо видно на примере жилых зданий. В 20–40-квартирных домах асимметрия на вводе обычно составляет 30–40%, а в 100-квартирных и более – менее 20%. Выравнивание фазных нагрузок позволяет не только снизить потери мощности в нулевом проводе, но и в ряде случаев улучшить качество напряжения. Переключение нагрузки с одной фазы на другую следует осуществлять только по результатам нескольких повторных замеров нагрузки в период вечернего максимума (или в часы собственного максимума), сопоставляя результаты этих замеров с уровнями электропотребления отдельными квартирами и другими потребителями.

Выравнивание нагрузки фаз следует осуществлять на ответвлениях от магистралей, на головных участках магистралей, на низкой стороне трансформаторов, на вводах в многоэтажные здания. При распределении однофазных нагрузок в городских воздушных сетях следует обеспечить их симметричное распределение не только по фазам, но и по длине фазных проводов. Методика оценки экономической эффективности от реализации данного мероприятия изложена в [1, 2].

Установление оптимальных точек разрыва в замкнутых сетях производится на основе анализа результатов электрического расчета сети [2]. В настоящее время муниципальные электрические сети 10 кВ, как правило, эксплуатируются по разомкнутым схемам с возможностью взаимного резервирования. В этих условиях основным средством оптимизации режима эксплуатации сетей, обеспечивающим надежность электроснабжения и минимальные потери мощности и энергии электрических сетей без дополнительных капиталовложений, является правильный выбор точек разрывов, под которыми понимают места размыкания сети. Положение разрывов обуславливает конфигурацию электрических сетей и должно обеспечивать токораспределение, максимально приближающееся к экономичному. В большинстве случаев на практике положение мест размыкания определяется эмпирически, на основе личного опыта и интуиции обслуживающего персонала так, чтобы они обеспечивали необходимые условия эксплуатации и возможность скорейшего восстановления электроснабжения при аварии.

Расчет муниципальных электрических сетей и выбор оптимального с точки зрения уменьшения потерь электроэнергии режима их эксплуатации является сложной инженерной задачей и требует большого объема измерительных и вычислительных работ. Для решения этой проблемы необходимо применение специальных программ расчета на персональных компьютерах.

Возникающий при анализе режимов электропотребления небаланс потерь электрической энергии в городских электрических сетях обусловлен погрешностями расчета расхода электроэнергии и измерительных приборов, а также возможным недоучетом расхода электроэнергии у потребителей.

В идеальном, чисто теоретическом случае, небаланс потерь равен нулю, на практике его величина может быть как положительной, так и отрицательной.

Для устранения небаланса потерь необходимо, прежде всего, обеспечить высокие метрологические характеристики приборов учета электроэнергии и систем их расстановки в распределительной сети, например, применение электронных счетчиков. В тех случаях, когда абсолютное значение небаланса потерь невелико, то есть не превышает $\pm 0.5\%$ суммарной величины приходной или расходной части энергии, он может быть отнесен к "метрологическим" потерям, так как такая величина соответствует требованиям ГОСТ к точности приборов учета электрической энергии.

Если небаланс потерь превышает 1%, то необходимо принимать меры к установлению и устранению причин небаланса. В целях уменьшения небаланса потерь электроэнергии необходимо:

- обеспечивать регулировку и проверку счетчиков энергии на всех питающих линиях в соответствии с требованиями ГОСТ;
- избегать установки счетчиков в неотапливаемых помещениях и работы их в условиях перегрузки или значительной недогрузки;
- не допускать случаев хищения электрической энергии, детально инструктировать персонал Энергосбыта по способам хищений и неисправностей в работе приборов учета, то есть исключить получившие достаточно широкое распространение в последнее время случаи безучетного использования электроэнергии.

Выводы

1. В муниципальных электрических сетях Мурманской области накоплен многолетний положительный опыт рациональной, технически правильно ориентированной эксплуатации распределительных сетей 6–10 кВ с использованием современных принципов построения высокоэффективного электрооборудования.

2. Значительное место в практической деятельности эксплуатационных служб уделяется применению технических и организационных мероприятий по экономии электроэнергии и

энергосбережению, в первую очередь, по уменьшению потерь активной электроэнергии в распределительных электрических сетях.

3. Рассмотрены и достаточно подробно проанализированы малозатратные мероприятия по снижению технических потерь электроэнергии, не требующие дополнительных капитальных вложений.

Следует отметить, что эти мероприятия находятся на текущем контроле производственно – технических отделов муниципальных электрических сетей и практически все они находятся в стадии постоянной реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Тарнижевский М.В., Афанасьева Е.И.* Экономия энергии в электроустановках жилищно-коммунального хозяйства. М.: Стройиздат, 1989. 275 с. 2. *Железко Ю.С., Артемьев А.В.* и др. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях / *Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко.* М.: Изд. НЦЭНАС, 2002 г. 208 с.

Сведения об авторах:

Веселов Анатолий Евгеньевич – доцент кафедры «Электроэнергетики и электротехники», к.т.н.; e-mail: veselov@ien.kolasc.net.ru;

Ярошевич Вера Васильевна – младший научный сотрудник лаборатории надежности и эффективности оборудования энергосистем; e-mail: yaroshevich@ien.kolasc.net.ru;

Токарева Евгения Александровна – младший научный сотрудник лаборатории надежности и эффективности оборудования энергосистем;

Фастий Галина Прохоровна – научный сотрудник лаборатории надежности и эффективности оборудования энергосистем; e-mail: fastiy@ien.kolasc.net.ru

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ МУЛЬТИПРЕДМЕТНЫХ ВЕБ-РЕСУРСОВ НА БАЗЕ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ОБРАБОТКИ ФОРМАЛИЗОВАННОЙ СЕМАНТИКИ

В.В. Диковицкий, П.А. Ломов, Р.Р. Сепеда-Эррера, М.Г. Шишаев

Институт информатики и математического моделирования
технологических процессов КНЦ РАН

Аннотация

Рассмотрены современные методы создания мультипредметных веб-ресурсов, основанных на формализованном представлении, обработке и визуализации семантической составляющей информации. Отдельное внимание авторы уделяют современным подходам к визуализации «многомерной» информации на базе методов визуального анализа, а также проблематике обеспечения релевантности поисковых запросов. В качестве основополагающего механизма для создания высокоэффективных веб-ресурсов, основанных на формализованном представлении семантики в виде сетевых структур, авторами предлагается концепция «пользователь как эксперт», обеспечивающая создание самонастраивающихся интеллектуализированных информационных систем с обратной связью. Применение описанных методов рассматривается на примере мультипредметного веб-ресурса, ориентированного на информационную поддержку развития приарктических территорий Российской Федерации.

Ключевые слова:

мультипредметный ресурс, семантика, формализация, визуализация, релевантность, онтология, интеграция онтологий.

Введение

В информационном пространстве, окружающем современного человека, все более возрастающую роль играет Интернет. Всемирная сеть сегодня включает информационные ресурсы самой различной тематики и назначения. В развитии информационных ресурсов Интернета (прежде всего, веб-ресурсов, созданных с применением соответствующей технологии) можно отметить несколько заметных тенденций:

- непрерывно растущий объем информации, заключенный в ресурсах всемирной сети. Эта тенденция отражает своего рода экстенсивную составляющую развития Интернета;
- уже накопленный и постоянно увеличивающийся огромными темпами объем разного рода данных, представленных в электронном виде, как правило, находит отражение и в ресурсах Интернета;
- информационная насыщенность Интернет-ресурсов порождает для пользователей проблему адекватного их задачам поиска и интерпретации больших объемов данных: сегодня практически каждый из нас знаком с ситуацией, когда поисковая система выдает тысячи ссылок на информационные ресурсы, далеко не все из которых релевантны запросу.

Вместе с экстенсивным развитием, выражающимся в накоплении данных, очень быстро изменяются и формы представления и оперирования информацией глобальной сети. В своем развитии Интернет за короткое время (датой «рождения» Интернета принято считать 29 октября 1969 года) прошел огромный путь от примитивных сервисов, используемых в основном в режиме командной строки, до современной концепции семантического веба (semantic web), основанного уже не на данных, а на знаниях. Поворотным моментом в истории всемирной сети, обеспечившим лавинообразный рост популярности Интернета, стало появление технологии World Wide Web, обеспечившей представление и, впоследствии, оперирование мультимедийной информацией (текстом, графикой, аудио, видео). Обеспечив для пользователей невероятную простоту поиска информации, Интернет стал одним из главных компонентов информационного пространства для огромного количества пользователей с самыми различными профессиональными и личными интересами. Это нашло отражение в тематическом и функциональном спектре современных веб-ресурсов: Интернет стал источником информации, относящейся к различным видам профессиональной деятельности, средством межличностных коммуникаций, средой для проведения досуга. Все это обеспечено различного рода веб-ресурсами.

Сегодня многие пользовательские информационные задачи являются мультипредметными по своей сути. Так, задумав, например, построить дом, человек сталкивается с необходимостью изучить или, по крайней мере, ознакомиться с большим объемом информации, связанной с инженерными вопросами, вопросами правового обеспечения собственности, вопросами экологии жилья и многими другими. Это обстоятельство естественным образом подталкивает к идее создания мультипредметных информационных ресурсов, способных удовлетворить все или почти все информационные потребности пользователей в той или иной ситуации. К подобным мультипредметным ресурсам можно отнести и веб-сайты, посвященные вопросам текущего состояния и развития крупных регионов. В частности, потенциально востребованным может стать ресурс, посвященный вопросам развития арктических территорий Российской Федерации.

В настоящее время социально-экономическое развитие Российской Арктики рассматривается как стратегически важная задача государственной политики. Это обусловлено, с одной стороны, геополитическим положением региона, а с другой – его огромным природно-ресурсным богатством. Как и любой регион, Российская Арктика имеет множество аспектов развития: это и социально-экономическая среда региона, включающая множество компонентов (промышленный, научно-образовательный, культурный и так далее), и государственная политика на арктических территориях, и вопросы обеспечения национальной безопасности и многие другие. Таким образом, задача информационного обеспечения развития Российской Арктики является комплексной, требующей в том или ином виде создания мультипредметных информационных ресурсов.

Традиционным на сегодняшний день средством обеспечения мультипредметных информационных запросов пользователей являются веб-порталы, в общем представляющие собой набор гиперссылок на разнородные ресурсы, которые могут быть востребованы пользователем в контексте решения той или иной проблемы или группы проблем. Однако такое решение проблемы «в лоб» путем простого формирования набора слабо связанных друг с другом ресурсов имеет существенный изъян. Заключается он в том, что такое собирание разнородных ресурсов «под одну крышу» не только не решает, но и усугубляет проблему поиска и обработки большого объема информации. На изучение собранных в рамках портала ресурсов пользователь, как правило, вынужден тратить огромное количество драгоценного времени, даже если его информационные потребности не подразумевают сколько-нибудь глубокого изучения некоторой группы смежных вопросов. Простое объединение нескольких разнородных ресурсов существенно усложняет для пользователя задачу оперирования представленной на них информацией. Среди наиболее значимых причин этого можно обозначить:

- различные структура и навигационные схемы, реализованные на ресурсе;
- различные контексты представления информации (например, на новостных сайтах информация представляется, как правило, во временном контексте, тогда как на сайтах различных организаций контекст обычно определяется их внутренней структурой);
- различные подразумеваемые шаблоны интерпретации информации (сайты, ориентированные на различные категории пользователей, подразумевают разную интерпретацию внешне идентичной или схожей информации);
- наконец, различные стили оформления (цветовые схемы и т.п.).

Проблема быстрого и адекватного поиска и обработки информации не будет полностью решена даже в случае объединения информации, хранящейся на множестве ресурсов, в рамки одного единственного веб-ресурса с единой структурой и навигационной схемой, единым дизайном, контекстом и подразумеваемой интерпретацией. Этому препятствует, помимо попросту большого объема данных, то обстоятельство, что подобный мультипредметный ресурс используется различными по роду занятий и ментальным стереотипам людьми. Это означает, что удобные для одного класса пользователей навигационная схема и структура будут неудобными для другого, естественные для одного пользователя шаблоны интерпретации будут противоестественными для другого и так далее.

Таким образом, проблема быстрого и удобного поиска и восприятия информации стала в настоящее время весьма актуальной, и современные исследователи и разработчики информационных систем уделяют ей большое внимание. Результатом этого стало появление множества технологий, существенно облегчающих работу с современными информационными ресурсами. В качестве основного направления развития в данной области, пожалуй, следует обозначить интеллектуализацию информационных систем (ИС), направленную на обеспечение их реактивности (обратной связи с пользователем) и выполнение большей части рутинных операций по обработке

информации. Современные ИС все больше перестают быть статичным монументом, запечатлевшим в собственной структуре, логике поведения и пользовательском интерфейсе субъективные представления их разработчика. Теперь системы способны в некотором роде «ощущать» того, кто ими пользуется, и учитывать эти ощущения в собственном поведении, способны во многом предугадывать желания пользователя, брать на себя большую часть рутинной работы, видоизменяться в соответствии с пользовательскими потребностями.

В данной работе рассмотрен ряд современных концепций, методов и технологий, обеспечивающих создание мультипредметных информационных ресурсов. К ним относятся: концепция Semantic web, методы и технологии представления и обработки семантики информационных ресурсов, технологии визуализации разнородной информации и ее представления в веб-среде. Рассмотрение ведется в контексте задачи создания мультипредметного веб-ресурса, посвященного проблематике освоения и развития арктических территорий России.

Концепция мультипредметного веб-ресурса, посвященного проблемам развития арктических территорий РФ

Современная Российская Арктика представляет собой макрорегион, имеющий специфические природно-климатические, социально-экономические, геополитические характеристики. В Арктическую зону Российской Федерации полностью или частично входят территории Республики Саха (Якутия), Мурманской и Архангельской областей, Красноярского края, Ненецкого, Ямало-Ненецкого, Таймырского (Долгано-Ненецкого) и Чукотского автономных округов, включая земли и острова, указанные в Постановлении Президиума Центрального исполнительного комитета СССР от 15 апреля 1926 г. «Об объявлении территорией СССР земель и островов, расположенных в Северном Ледовитом океане», а также прилегающие к северному побережью Российской Федерации внутренние морские воды, территориальное море, исключительная экономическая зона и континентальный шельф, в пределах которых Россия обладает суверенными правами и юрисдикцией в соответствии с Конвенцией ООН по морскому праву 1982 года.

Специфическое геополитическое положение и огромные природные богатства Российской Арктики заставляют уделять особое внимание социально-экономическому развитию данных территорий. Это внимание выразилось, в частности, в принятии Правительством РФ «Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» [1]. Особенности Арктической зоны Российской Федерации, оказывающими влияние на развитие региона, являются:

а) экстремальные природно-климатические условия, включая постоянный ледовый покров или дрейфующие льды в арктических морях;

б) очаговый характер промышленно-хозяйственного освоения территорий и низкая плотность населения;

в) удаленность от основных промышленных центров, высокая ресурсоемкость и зависимость хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от поставок топлива, продовольствия и товаров первой необходимости из других регионов России;

г) низкая устойчивость экологических систем, определяющих биологическое равновесие и климат Земли, и их зависимость даже от незначительных антропогенных воздействий.

Рост интереса к Арктическому региону в последние годы значительно повлиял на появление новых информационных ресурсов, в том числе новых веб-ресурсов, посвященных проблематике развития Российской Арктики. Данные ресурсы можно классифицировать по различным признакам. *По уровню доступности информации:*

- открытые – вся информация полностью доступна для любых посетителей и пользователей, пример – новостной сайт <http://arctic.ru/>;

- полукрытые – для доступа необходимо зарегистрироваться (обычно бесплатно), пример – городской форум <http://www.apatity.ru/forum/>;

- закрытые – полностью закрытые служебные сайты организаций (в том числе корпоративные сайты), личные сайты частных лиц, доступные для узкого круга людей; сюда можно отнести любые интранет-сайты, доступные только изнутри организации.

По особенностям представления информации и категориям решаемых задач:

- коммерческие ресурсы. Сайты банков, электронных магазинов или других коммерческих организаций, например: <http://www.barentsbank.ru/>;

- ресурсы территориально-административных образований, расположенных в регионе, например: <http://www.apacity-city.ru/>;
- новостные ресурсы, например: <http://arctic.ru/>;
- культурно-исторические, например: <http://www.modnt.ru/>;
- туристические, например: <http://www.kolatravel.com/>;
- ресурсы, затрагивающие вопросы научных исследований приарктических территорий, например: <http://pgia.ru/>;
- развлекательные ресурсы, например: <http://mout.ru/>;
- площадки обсуждения, например: <http://www.apacity.ru/forum/>;
- электронные журналы, например: <http://arctic-ru.livejournal.com/>.

Многие веб-ресурсы работают в межклассовом поле и сразу по нескольким направлениям. В частности, гибридными можно назвать популярные в последние годы социальные сети. Практически все существующие веб-ресурсы в той или иной мере ориентированы на узкую предметную область или на небольшой регион, город. В основном это разного рода информационные сайты, в том числе и городские порталы. Вместе с тем существуют и довольно крупные информационные порталы, претендующие на охват многих или даже всех сторон жизни региона. Среди крупных информационных порталов можно выделить:

- 1) <http://arctic.ru/> – информационно-новостной проект РИА Новости;
- 2) <http://arcticfocus.com/> – новости Арктики;
- 3) <http://www.arcticuniverse.com/> – Информационно-аналитический портал ARCTICuniverse;
- 4) <http://www.arctictoday.ru/> – новости и информация.

Проект <http://arctic.ru/> – наиболее масштабный веб-ресурс, посвященный Российской Арктике. На сайте представлены новости, аналитика, фото и видеоматериалы по Арктике. Основная версия сайта представлена на английском языке, существуют версии и на других языках, в том числе и на русском. Сайт обновляется достаточно часто, однако, он изначально ориентирован на новости. Хотя на сайте и существуют информационно-справочные разделы по разным предметным областям, они являются лишь дополнением к общему новостному portalу и достаточно скудны в своем наполнении. Источником всего материала на сайте является одно информационное агентство. При этом, учитывая масштабность региона, материала (в том числе и новостей) мало. Особенно, если сравнивать с региональными новостными ресурсами.

Новостной сайт <http://arcticfocus.com/> также представлен на английском языке. Однако, в отличие от <http://arctic.ru/> он не так часто обновляется, и объем материала невелик. Отчасти это связано с тем, что он создается не на коммерческой основе, а силами нескольких энтузиастов.

Информационно-аналитический портал «ARCTICuniverse» <http://www.arcticuniverse.com/> основан Международным Институтом Стратегических Исследований "Vector" и группой профессиональных социологов, политологов и журналистов. На сайте представлены собственные новости, аналитические статьи и интервью об Арктике. Весь материал на русском языке.

Сайт <http://www.arctictoday.ru/> также является информационно-аналитическим порталом. В отличие от других рассмотренных ресурсов, новостей здесь меньше, основным содержанием контента является справочная и нормативно-правовая информация о регионе.

В контексте рассматриваемой задачи в приведенных выше ресурсах (и практически всех остальных подобных) можно выделить два основных недостатка:

- 1) отсутствие полноценной площадки для обсуждения материала. Предложенная посетителю сайта информация в таком варианте становится довольно субъективной;

- 2) отсутствие возможности адаптировать поиск и навигацию для разнородных пользователей. Искать нужную информацию в жесткой структуре разделов для пользователей, имеющих различные профессиональные и культурные традиции, не всегда удобно. В этой ситуации приходится использовать контекстный поиск (поиск по ключевым словам), релевантность результатов которого чаще всего оставляет желать лучшего.

Таким образом, можно утверждать, что на сегодняшний день не существует полноценного мультимедийного веб-ресурса, посвященного проблемам развития арктических территорий РФ. Вся существующая информация разбросана по региональным или даже городским информационным сайтам. Зачастую обсуждение материала и аналитика размещаются в популярных социальных сетях и часто закрыты для общего доступа, что создает еще большую разобщенность информационного освещения проблем развития Российской Арктики. Кроме того, некоторые стороны жизни региона, в

частности вопросы развития региональной науки в целом, практически не представлены на существующих ресурсах, а информацию о них можно встретить лишь в форме упоминаний в материалах другой тематики. Вследствие этого становится актуальной задача построения единого информационного пространства Арктического региона, позволяющего в максимально удобной форме получить информацию о всех сторонах его современной жизни и будущего развития.

В рамках задачи построения единого информационного пространства Арктического региона необходимо создание информационного ресурса, обеспечивающего логическую интеграцию общедоступных информационных ресурсов по Арктическому региону, предоставление унифицированного удобного доступа к информации о Российской Арктике для различных категорий пользователей. Решающим фактором, обуславливающим активное использование и развитие подобного ресурса, является эффективность используемой модели хранения и поиска информации в разнородном (с точки зрения предметных областей) информационном контенте.

В рамках веб-ресурса предлагается использовать две структуры интеграции разнородной информации:

1. Иерархическую базовую структуру, описывающую промышленность, науку, образование, культуру, и иные аспекты жизни и развития региона.

2. Сквозную семантическую модель связей между элементами контента, основанную на формализованном представлении знаний о различных предметных областях.

Иерархическая базовая структура портала является основной структурой разделов сайта. Она позволяет пользователям сразу получить общее представление о регионе и задает простейшую базовую схему навигации и поиска. Семантическая модель предназначена для задания сквозной схемы связей внутри каталога, что позволит осуществлять адаптивную смысловую выборку и поиск информационных ресурсов.

Основу семантической модели составляет динамическая схема онтологий разных предметных областей, которая формируется с помощью методов и технологий семантической интеграции разнородных информационных ресурсов, специальных алгоритмов поиска связей и аналогий [2, 3]. Использование данного подхода позволяет обеспечить пользователей сайта удобными и эффективными инструментами навигации и поиска по сайту, учитывающими особенности предметной области/профессии, в которой они работают.

Визуализация «многомерной» информации

Одной из существенных проблем, возникающих при попытке создания информационного ресурса, объединяющего тем или иным способом большой объем информации, является сложность интерпретации и обработки данных. Проблема усугубляется и тем, что, кроме собственно большого объема, данные могут иметь «многомерный» характер, то есть могут быть структурированы множеством способов: например, по временной шкале, по принадлежности тому или иному источнику, по ассоциированной с ними области знаний и т.д. Частично решить данную проблему позволяют некоторые современные технологии автоматизированной обработки данных, например, data mining [4]. Однако возможности современных программных средств и вычислительной техники в ряде случаев безнадежно уступают человеческому мозгу, в частности в образном мышлении, а также при обработке многомерных данных, требующей рассмотрения имеющейся информации в различных, часто неявных, контекстах. С другой стороны, человеческий мозг, обладающий мощным потенциалом творческого, ассоциативного мышления, сильно уступает возможностям вычислительных машин в смысле обработки больших объемов информации. Обеспечить при обработке подобных данных эффективное совместное использование как человеческого мозга, так и вычислительных машин призваны активно развиваемые в настоящее время методы визуального анализа данных.

Целью визуального анализа информации является представление большого объема сложной для алгоритмической обработки информации в таком виде, в котором ее восприятие человеком не вызывает особого труда. Визуальный анализ данных призван вовлечь человека в процесс отыскания знаний в данных. Основная идея заключается в том, чтобы представить данные в такой форме, где человек мог бы увидеть то, что трудно выделить алгоритмически. Существует множество способов поиска закономерностей в данных алгоритмами, но также не стоит упускать из вида возможности человека по анализу данных: полезно сочетать вычислительные ресурсы современных компьютеров с творческим мышлением человека.

С помощью новых технологий пользователи способны оценивать большие объекты и маленькие, далеко они находятся или близко. Пользователь в реальном времени может двигаться вокруг объектов и рассматривать их со всех сторон. Это позволяет использовать для анализа естественные человеческие перцепционные навыки в обнаружении неопределенных образцов в визуальном трехмерном представлении данных [5].

Визуальный анализ данных особенно полезен, когда цели исследования до конца не определены. К таким задачам можно отнести, например, поиск информации, т.к. не представляется возможным с абсолютной точностью выразить конечную информационную потребность пользователя. Это обстоятельство обуславливает применение визуального анализа данных для представления знаний сложных ИС, в частности семантических баз знаний (БЗ) ИС.

Наиболее важным условием применения методов визуального анализа является обеспечение пользователей ИС развитым пользовательским интерфейсом. Применительно к информационно-поисковым системам основным требованием к интерфейсу является обеспечение пользователей возможностями поиска необходимой информации в БЗ ИС и осуществление навигации.

В работах [6, 7] представлен метод формирования графовой структуры данных по текстовой информации в виде визуальной интерактивной среды. Достоинством визуального отображения информации является возможность воспринимать содержимое текста не последовательно, а одномоментно. Это позволяет воспринимать структуру связей предметной области в комплексе, притом именно в том, который соответствует связям, сформированным специалистом, а не формировать его самостоятельно при прочтении груды технической документации [7]. Примером навигационной структуры, реализующей одномоментное восприятие информации пользователем, является облако тегов (tag cloud) – визуальное представление списка гиперссылок, используемых в веб-ресурсах. В работе [8] изложена идея модификации облака тегов для реализации сквозной семантической модели навигации.

Модель пользователя, отражающая его интересы, может быть представлена как множество взвешенных тем для поиска, соответствующих концептам базы знаний. Текущий интерес пользователя выражается через запрос пользователя к системе поиска, а также через контекст просматриваемой в данный момент страницы. Запрос пользователя определяется как разность множеств, характеризующих его информационную модель в текущий и предыдущий момент времени.

Общий интерес пользователя определяется как нечеткое множество – пересечение множества концептов БЗ, находящихся в запросе пользователя и множества концептов БЗ, определяющих контекст просматриваемой в данный момент страницы, дополненное моделью пользователя.

Информационное содержание навигационной структуры ИС формируется динамически как *множество смежных тем просматриваемого документа, расширенных и ранжированных моделью пользователя.*

Данное множество составляет основу для динамического формирования навигационных структур – набора ссылок для поиска (меток), отражающих в форме поиска документы, соответствующие данным меткам в контексте области интересов пользователя. Набор ссылок для поиска ранжируется по значимости отдельных меток, которым соответствуют термины в модели пользователя.

Динамическое формирование информационного содержания навигационной структуры ИС как набора смежных тем просматриваемого документа, расширенных и ранжированных моделью пользователя, позволяет не потеряться пользователю, обеспечивая возможность быстрой интуитивно-понятной навигации в пространстве информационного ресурса.

Помимо навигации важным является обеспечение пользователя развитым интерфейсом взаимодействия с БЗ ИС. Применение методов визуального анализа позволяет осуществить человеко-машинное взаимодействие в более простой форме, а также представлять большие объемы данных в более удобной форме в силу следующих аспектов:

одномоментное (симультанное) восприятие области поиска. При использовании простых интерфейсов, например, таких как поисковая строка, пользователю необходимо знать терминологию поиска и выполнять множество запросов, итеративно корректируя свой запрос. Использование интерфейса многомерной визуализации семантической сети БЗ позволит избавить пользователя от этой необходимости;

динамическое отслеживание запроса во время работы с интерфейсом. Навигация в семантическом пространстве сети позволяет выявить реальную информационную потребность

пользователя, определяемую как множество концептов семантической сети, выбранных/отмеченных пользователем, задающее некоторую область текущих интересов пользователя;

улучшенное зрительное восприятие информации за счет пространственной модели визуализации. Основой интерфейса поисковой формы является семантическая сеть. В силу сложности структур визуализации сеть отображается в трехмерном пространстве с возможностью поворота и перемещения виртуальной сцены.

При создании интерфейса использовался метод иерархических образов с возможностью динамического проецирования, интерактивной фильтрации и масштабирования образов [9].

Основным положением является максимально возможное исключение пересекающихся связей между концептами семантической сети за счет разделения отображаемого множества концептов на подмножества и последующее их размещение на отдельных плоскостях многомерного интерфейса пользователя. Деление концептов семантической сети на множества производится по типам отношений семантической сети, которые делятся на горизонтальные, и вертикальные. Обычно к горизонтальным относят отношения типа ассоциаций и коннотаций, к вертикальным – отношения часть–целое, принадлежности, классификации и т.п.

Горизонтальные отношения отражают отношения набора элементов семантической сети, находящихся на одной плоскости интерфейса, вертикальные отношения реализуют связь плоскостей интерфейса друг с другом. Таким образом, семантически близкие концепты размещены в одной плоскости, а переход на другую плоскость осуществляется преимущественно в процессе уточнения/обобщения запроса пользователем.

С одной стороны, выбор альтернатив происходит привычным для пользователя образом: в одной из плоскостей трехмерного пространства, с другой стороны, возможность перехода в другую плоскость позволяет не ограничивать количество альтернатив выбора. Таким образом, применение методов визуального анализа позволяет осуществить человеко-машинное взаимодействие в более простой форме, представлять большие объемы данных в более удобной форме, а также сократить вероятность потери пользователя, обеспечивая возможность быстрой интуитивно-понятной навигации и поиска необходимых сведений в пространстве информационного ресурса.

Формализованное представление и обработка семантики информационных ресурсов

Вторым направлением повышения эффективности использования современных ресурсов, аккумулирующих в себе большие объемы разнородной информации, является интеллектуализация обработки данных. Подобная интеллектуализация заключается в том, что на вычислительные машины возлагается функция обработки не только неких абстрактных данных, но и данных, наделенных семантикой, то есть знаний. Обработка семантики данных позволяет в еще большей степени освободить человека от необходимости выполнения рутинных операций. Технологически для реализации такой обработки необходимо некоторое формализованное («машинопонимаемое») представление знаний, накопленных в различных предметных областях. Одним из решений данной проблемы является использование онтологических моделей для описания некоторой предметной области или задачи.

Существует множество определений понятия онтологии. Довольно известно определение, данное Грубером [10]: онтология – спецификация концептуализации. Данное определение позволяет называть онтологиями огромное множество моделей, используемых для описания понятийных систем предметных областей. Более четкое определение онтологии сформулировано Н. Гуарино в работе [11]. Н. Гуарино разделяет понятия «концептуализация» и «онтология». Онтология определяется им как явное частичное представление подразумеваемых в соответствии с некоторым онтологическим соглашением (ontological commitment) моделей логического языка. Онтологическое соглашение есть отображение константных и предикатных символов логического языка на элементы концептуализации (объекты реального мира и концептуальные отношения на них). Моделью (интерпретацией) логического языка является отображение символов логического языка на элементы структуры некоторого возможного мира (possible world), представляющего некоторую часть концептуализации.

Достоинствами онтологий являются большие выразительные возможности, наглядность, и наряду с этим еще и возможность формального отражения семантики. Последняя черта позволяет связывать контент информационного ресурса с понятийной системой, представленной в онтологии, и впоследствии обеспечивать обработку его фрагментов в соответствии с сопряженными с ними понятиями онтологии. Таким образом, использование онтологии позволяет задать и представить

метаданные, необходимые для определения правильных алгоритмов обработки данных информационного ресурса.

Концепция Семантик-веб

На сегодняшний день в глобальной сети Интернет представлено огромное множество различных информационных ресурсов. Их использование человеком заключается в отборе ресурсов и содержащихся в них данных, наиболее релевантных решаемой задаче. Данный процесс можно рассматривать как проведение семантической интеграции информации человеком с целью образования информационного пространства, на основании которого он способен выработать определенное решение некоторой задачи. Существенной трудностью при этом является гигантский объем данных в сети Интернет.

Для решения данной проблемы используются поисковые машины. Они позволяют облегчить сбор информации путем предоставления ранжированного согласно субъективной релевантности (т.е. «с точки зрения поисковой машины») перечня ресурсов, который можно также отнести к своего рода интегрированному представлению информации об объекте запроса. Однако такое представление, как правило, включает большие фрагменты данных, в которых может находиться лишь небольшое количество нужной пользователю информации. Это приводит к необходимости последующей обработки представленного набора информационных ресурсов уже человеком.

Усложнение же механизмов индексации и поиска хоть и позволяет в некоторой степени повысить эффективность информационного обеспечения пользователя, но оно также имеет свои пределы. Например, использование в поисковых машинах методов компьютерной лингвистики позволяет повысить релевантность результатов. Это достигается за счет выявления семантики в индексируемых ресурсах в процессе их комплексного языкового анализа, но ценой такого повышения релевантности является существенное уменьшение быстродействия поисковых систем и необходимость привлечения дополнительных вычислительных ресурсов [12].

Основной технологической проблемой, принципиально ограничивающей возможности оперирования семантикой в рамках современного Интернета, является то, что веб-ресурсы представлены в большинстве своем отформатированными при помощи HTML-разметки текстовыми блоками, связанными друг с другом URL-ссылками. Никакой машинопонимаемой семантики информации такие ресурсы не несут. Данное обстоятельство является следствием того, что с появлением ЭВМ долгое время не уделялось должного внимания проблеме сопряжения данных, хранимых в ЭВМ, и их смысла, подразумеваемого человеком. Разумеется, в рамках решения одиночных задач это не так важно. Программист в этом случае создает некоторую структуру с данными и программный код, в котором реализует свои знания о семантике данных. Это приводит к тому, что программа «знает» смысл того или иного фрагмента информации, и каким образом он должен быть обработан, однако, для другой обрабатывающей программы эта информация становится в смысле семантики черным ящиком, набитым абстрактными данными, интерпретировать которые можно как угодно.

Концепция глобальной сети Интернет предполагает общий доступ к информационным ресурсам, то есть их обработка может осуществляться впоследствии множеством программ и людей. Но если для людей, как правило, семантика информации представлена, ввиду описания данных посредством естественного языка, то для программ такого сказать нельзя. Это не позволяет использовать ЭВМ для осуществления эффективной обработки большого объема данных и приводит к проблеме информационного хаоса в сети Интернет.

На решение обозначенной проблемы направлен проект построения так называемой *семантической сети (Semantic Web)*[13]. Основной идеей данного проекта является формальное представление семантики любой информации посредством метаинформации в рамках одного информационного ресурса. Это позволит сделать данные *машинопонимаемыми (machine readable)* и соответственно обеспечить их обработку с помощью программных агентов.

В качестве основных средств описания и последующей работы с метаинформацией, представляющей семантику, в рамках проекта *Semantic Web* используются:

- *XML (Extensible Markup Language)* [14] – расширяемый язык разметки, являющийся гибким текстовым форматом для описания документов произвольной структуры. XML обеспечивает возможность включения метаинформации, несущей машинопонимаемую семантику, в контент ресурса;

- *RDF (Resource Definition Framework)* [15] – стандарт, принятый в 1999 г. консорциумом W3C и поддержанный ведущими производителями программного обеспечения. Он включает две части:

способ описания ресурсов и способ задания схем, по которым ресурс описывается. Первая часть (RDF) определяет простую модель для описания информационного ресурса в виде троек или триплетов, состоящих из элементов: объект, атрибут и значение. Вторая часть (RDF Schema) определяет более сложную модель, позволяющую представить структуру предметной области в виде, сходном с диаграммой классов UML;

- *OWL (Web Ontology Language)* [16] определяет модель и язык, расширяющие возможности RDF и RDFS. Язык OWL использует синтаксис XML, включает конструкции для представления таксономии классов их свойств и экземпляров. Основной целью языка OWL является описание онтологий в виде веб-ресурсов. Онтологии в этом случае используются для определения семантики метаданных, которыми в свою очередь аннотируются фрагменты данных в информационных ресурсах;

- *SPARQL (Protocol and RDF Query Language)* [17] – язык запросов к RDF ресурсам и одновременно протокол передачи информации в виде RDF троек.

Использование технологий, стандартов и языков Semantic Web в решении различных задач обработки данных позволяет применять качественно иные методы, ориентированные на учет представляющих семантику метаданных.

Задача информационного поиска в этом случае будет сводиться к нахождению в онтологиях ресурсов понятия, соответствующего объекту поиска и представления сопряженного с ним фрагмента данных. Разумеется, это сокращает объем данных, обрабатываемых поисковыми машинами, за счет использования лишь онтологий ресурсов, отражающих понятийную систему. Однако это в свою очередь делает приоритетной довольно непростую задачу интеграции онтологий множества ресурсов.

Интеграция онтологий на базе концепции ‘user as an expert’

В общем интеграцию онтологий принято определять как процесс построения новой онтологии, описывающей некоторую предметную область, на основе имеющихся онтологий, описывающих схожие между собой предметные области [18].

Интеграция онтологий является довольно сложной проблемой, решение которой осуществляется, как правило, с помощью привлечения экспертов, осуществляющих сопоставления понятий. В этом случае машина может лишь предлагать определенные соответствия и проверять валидность соответствий, заданных человеком-оператором.

На сегодняшний день существует несколько программных продуктов, направленных на решение задачи отображения онтологических понятий, среди которых можно выделить:

- *PROMPT* [19] представляет собой подключаемый модуль к редактору онтологий Protege. Процесс работы системы заключается в анализе онтологий и представлении эксперту списка предложений по объединению и последующей его корректировке списка путем выбора того или иного действия. Формирование списка предложений осуществляется на основе схожести символических имен понятий, их словоформ, а также таксономических связей между ними;

- *Chimaera* [20] является компонентом сервера Ontolingua. Выполняет задачи объединения онтологий и выявления последующих логических несогласованностей. При генерации списка своих предложений Chimaera основывается главным образом на сходстве имен понятий, учитываются также непосредственные таксономические связи;

- *ONION* [21] в результате анализа онтологий предлагает пользователю набор правил объединения. Сам анализ включает две стадии: лингвистическую и структурную. На лингвистической – определяются сходства названий терминов, а также их определений, полученных из стороннего словаря. На структурной стадии осуществляется оценка близости понятий на основе их отношений со схожими терминами. Эксперт в итоге определяет применение тех или иных правил, предлагающих различные разрешения неоднородностей в соответствии с их эвристической оценкой.

- *OntoMerge* [22] строит объединенную онтологию из исходных. Данный процесс включает фазу унификации представлений онтологий путем их описания на внутреннем языке, определение связывающих аксиом экспертом и последующего автоматического вывода заключения, формирующего объединенную онтологию. Авторы данного программного продукта указывают на целесообразность его применения для онтологий, содержащих большее количество аксиом *Abox* (*Assertional box*), определяющих различные отношения принадлежности конкретных объектов (экземпляров) к классам (понятиям) онтологии, нежели *Tbox* (*Terminological box*), представляющих иерархию классов (понятий).

Однако не всегда привлечение эксперта возможно и целесообразно. Примером такой ситуации является интеграция онтологий для осуществления последующего семантического поиска на основе

их единого представления. В этом случае большое количество онтологий многочисленных ресурсов повлечет за собой существенный объем трудозатрат на их интеграцию, предполагающую участие эксперта. Еще одной проблемой является наличие различных точек зрения на сходные понятия у эксперта и пользователя поисковой системы. И, наконец, наиболее серьезным, на наш взгляд, фактором, сдерживающим быстрое и широкое распространение онтологий для формального представления знаний, является динамичность самих правил интерпретации формально идентичных данных. Если зимой температура воздуха за пределами помещения в +2° С интерпретируется как «на улице тепло», то через несколько месяцев, летом, эта же температура обозначается словами «на улице ужасный холод». В таких условиях попытки формально представить семантику данных становятся подобны погоне за собственной тенью.

Выходом из положения в данной ситуации является реализация концепции ‘user as an expert’, заключающейся в предоставлении пользователю возможности влиять на результаты интеграции. Это достигается путем учета статистики использования нескольких понятий в одном поисковом запросе. Если статистика высока, то это говорит о большом сходстве понятий в представлениях данного пользователя, и если большая часть пользователей также демонстрируют интерпретацию рассматриваемых понятий как идентичных, то понятия следует считать эквивалентными. Пользователь в этом случае выступает в качестве эксперта, который в ходе работы корректирует единое представление онтологий, сформированное на этапе их начальной интеграции.

Однако необходимо учесть тот факт, что точки зрения на близость тех или иных терминов у пользователей также могут отличаться в зависимости от целей их деятельности. Поэтому необходимо использовать связи и их оценки, заданные при интеграции онтологий, как исходные, а все изменения сопрягать с пользователем, вызвавшим их. Это позволит адаптировать интегрированное представление онтологий под множество пользователей, выполняющих различные задачи. В этом случае пользователь будет оперировать единым представлением онтологий, персонализированным в соответствии с данными статистики его предыдущих сеансов работы. Таким образом, такая технология интеграции с использованием пользователя в качестве эксперта позволит снизить стоимость и время интеграции многочисленных онтологий ресурсов и образовать интегрированное информационное пространство, способное подстраиваться под представление конечного пользователя. В итоге это позволит повысить релевантность результатов поисковой системы. Одна из технологий интеграции формально представленных знаний, реализующая концепцию ‘user as an expert’ и обеспечивающая перечисленные возможности, предложена в работах [2, 3].

Заключение

Создание по настоящему эффективного мультипредметного веб-ресурса, способного привлечь к себе широкую пользовательскую аудиторию, является весьма нетривиальной задачей. Многочисленные примеры попыток создания ресурсов такого сорта показывают, что простое слияние множества ресурсов в рамках одного веб-сайта или одного веб-портала не обеспечивает жизнеспособность вновь созданного интегрированного ресурса. Это обусловливается высокой трудоемкостью для человека задач поиска и интерпретации данных среди больших массивов информации. Вместе с тем, создание мультипредметных ресурсов не перестает быть актуальной задачей, но, напротив, становится все более востребованным в условиях современного глобализованного мироустройства. Для решения этой проблемы необходимы новые подходы к организации человеко-машинного взаимодействия, обеспечивающие более эффективное использование как потенциала человеческого интеллекта, так и возможностей современной вычислительной техники. В данной работе рассмотрены некоторые из наиболее активно развиваемых в последнее время направлений компьютерной науки и технологии, призванные решить эту задачу, основанные на формализованном представлении и обработке семантики информационных ресурсов. Авторы не претендуют на сколько-нибудь полный обзор очень большого пласта разработок и научных исследований в данной области, но лишь поверхностно затрагивают некоторые концепции и технологии, способные, на наш взгляд, побудить интерес читателя к проблематике разработки веб-систем, основанных на знаниях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу / Утверждены Президентом Российской Федерации Д.А. Медведевым 18.09.2008 // Российская

газета. 30 марта 2009 г. **2. Ломов П.А., Шишаев М.Г.** Интеграция данных на основе онтологий для обеспечения информационной поддержки управленческих решений // Прикладные проблемы управления макросистемами: труды Института системного анализа Российской академии наук (ИСА РАН). М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. Т. 39. С. 159–173. **3.** Информационные технологии поддержки инноваций / А.Г. Олейник, Ю.С. Попков, В.А. Путилов, М.Г. Шишаев. М.: Едиториал УРСС, 2010. 503 с. **4. Чубукова И.А.** Data Mining: уч. пособие. М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ: Лаборатория знаний, 2006. 382 с. **5.** База знаний кафедры ИКТ. Режим доступа: <http://wiki.auditory.ru>. **6.** Александров В.В. и др. Системное моделирование. Методы построения информационно-логистических систем: уч. пособие / В.В. Александров, Н.А. Андреева, С.В. Кулешов. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2006. 95 с. Режим доступа: <http://sial.iias.spb.su/files/semsys.pdf> **7.** Кулешов С.В. Разработка автоматизированной системы семантического анализа и построения визуальных динамических глоссариев: автореф. ... дис. канд. техн. наук. СПб., 2005. 20 с. **8. Диковицкий В.В. и др.** Применение метода семантического поиска на основе семантической сети с субтрактивными связями для реализации сервисов интернет-портала / В.В. Диковицкий, М.Г. Шишаев // Труды международной летней школы-семинара IsyT 2011. **9. J.J. Thomas and K.A. Cook** (Eds.), Illuminating the Path: The Research and Development Agenda for Visual Analytics. IEEE Press, 2005. **10.** Gruber T.R. «Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing». Presented at the Padua workshop on Formal Ontology, March 1993, later published in International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 43, Issues 4–5, November 1995. P. 907–928. **11.** Guarino N. «Formal Ontology in Information Systems. Proceedings of FOIS'98», Trento, Italy, 6-8 June 1998. Amsterdam, IOS Press, P. 3–15. **12. Осипов Г.С. и др.** Семантический поиск в сети Интернет средствами поисковой машины Exactus / Г.С. Осипов, И.А. Тихомиров, И.В. Смирнов // Труды 11-й национал. конф. по искусственному интеллекту КИИ-2008. 2008. С. 323–328. **13. Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O.** The Semantic Web // Scientific American, May 2001. P. 29–37. **14.** Extensible Markup Language (XML) 1.0, W3C Recommendation 10.02.1998. Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210>, свободный. **15.** Resource Description Framework (RDF), 2004. Режим доступа: <http://www.w3.org/RDF>, свободный. **16.** OWL – Web Ontology Language. Overview, 2004. Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/owl-features>, свободный. **17.** SPARQL Query Language for RDF W3C Candidate Recommendation 14 June 2007. Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query>. **18.** Pinto H.S., Gómez-Pérez A., Martins J.P. (1999) Some Issues on Ontology Integration // In Proc. of IJCAI99's Workshop on Ontologies and Problem Solving Methods: Lessons Learned and Future Trends. Stockholm, Sweden, 1999. Vol. 18, P. 1–12. **19. Noy N.F., Musen M.A.** Prompt: Algorithm and tool for automated ontology merging and alignment // Proceedings of the Seventeenth National Conference on Artificial Intelligence. 2000. P. 450–455. **20. McGuinness D.L., Fikes R., Rice J., Wilder S.** (2000) An environment for merging and testing large ontologies. Proc. 7th International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning, Breckenridge, Colorado, April 2000, P. 483–493. **21. Gangemi A., Pisanelli D.M., Steve G.** An Overview of the ONIONS Project: Applying Ontologies to the Integration of Medical Terminologies // Data & Knowledge Engineering 31(2), P.183–220. **22. Dou D., McDermott D., Qi P.** Ontology translation by ontology merging and automated reasoning // EKAW'02 workshop on Ontologies for Multi-Agent Systems. Spain, 2002. P. 3–18. **23.** Madhavan J., Bernstein P., Rahm E. Generic Schema Matching with Cupid The VLDB Journal, 2001. P. 49–58. **24.** Fellbaum C. WordNet – an Electronic Lexical Database. MIT Press, Cambridge, 1998. **25. Ломов П.А. и др.** Разработка метода семантической интеграции информации в сфере государственного и муниципального управления / П.А. Ломов, М.Г. Шишаев // Труды XI Всероссийской научной конференции Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 78–86. **26. Бархатов А.В.** Разработка и интеграция веб-ресурсов на основе их семантического представления в виде онтологий. Режим доступа: <http://rrc.krasu.ru/node/1885>

Сведения об авторах

Диковицкий Владимир Витальевич – стажер-исследователь; e-mail: dikovitsky@iimm.kolasc.net.ru

Ломов Павел Андреевич – стажер-исследователь; e-mail: lomov@arcticsu.ru

Сепеда-Эррера Рафаэль Рафаэлевич – программист; e-mail: sepeda@mail.ru

Шишаев Максим Геннадьевич – д.т.н., с.н.с., зав.лаб; e-mail: shishaev@iimm.kolasc.net.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИИММ КНЦ РАН В СФЕРЕ ПРОМЫШЛЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

С.Ю. Яковлев, А.А. Рыженко, Н.В. Исакевич

Институт информатики и математического моделирования
технологических процессов КНЦ РАН

Аннотация

Рассматриваются информационные технологии и методы оценки техногенно-природного риска промышленных объектов и комплексов. Особое внимание уделено вопросам внедрения разработок в практику управления безопасностью предприятий и регионов.

Ключевые слова:

информационные технологии, промышленно-экологическая безопасность, оценка риска, опасный объект, градообразующее предприятие.



Введение

Проблемы снижения риска и уменьшения последствий техногенных и природных катастроф входят в число критических технологий федерального уровня. Одним из актуальных подходов к решению этих проблем является рациональное использование информационных ресурсов, в частности, современных информационных технологий. Институт

информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра Российской академии наук (ИИММ КНЦ РАН) вопросами промышленно-экологической безопасности, управления рисками занимается с момента основания (1989 г.). В статье представлены основные инновационные направления и результаты за последние годы. Разделы статьи построены однотипно: характеризуется актуальность направления, описываются научно-методические наработки Института, приводятся краткие сведения о внедрении. Порядок разделов примерно соответствует хронологии выполнения работ.

1. Исследование устойчивости функционирования организаций

Оценка устойчивости крупных (категорированных, градообразующих) предприятий – одно из обязательных регулярных мероприятий, проводимых под эгидой МЧС России. Если в прежние годы основное внимание уделялось чрезвычайным ситуациям (ЧС) военного времени, то на данном этапе концепция гражданской обороны пересматривается, и акцент переносится на исследования ЧС мирного времени. Это тем более актуально, что количество техногенно-природных ЧС имеет тенденцию к возрастанию и именно крупные градообразующие предприятия (региональные комплексы) являются одним из основных источников потенциальных опасностей. Оценка устойчивости крупного предприятия – масштабное и системное исследование, требующее учета разнородных опасностей.

Для более эффективного проведения этой работы в Институте была разработана методика комплексной оценки устойчивости градообразующего предприятия к воздействию ЧС техногенного, природного и социального характера. Особенностью методики является учет не только разнородных опасных объектов в составе предприятия, но и опасных технологических процессов (например, оборот опасных веществ). Выполняется анализ техногенных, природных и социальных опасностей градообразующего предприятия. Для уровней предприятия и отдельных производственных подразделений определяются разнородные источники и объекты воздействия ("приемники") опасностей, описываются связи между ними. В результате формируется система вложенных таблиц (матриц) "источники – объекты", отражающая реляционную природу проявления потенциальных опасностей предприятия (рис. 1). Данная структура, учитывающая взаимосвязь источников и

"приемников", является более полной и точной моделью, нежели традиционное представление опасных источников (в отрыве от "приемников") в виде векторов характеристик.

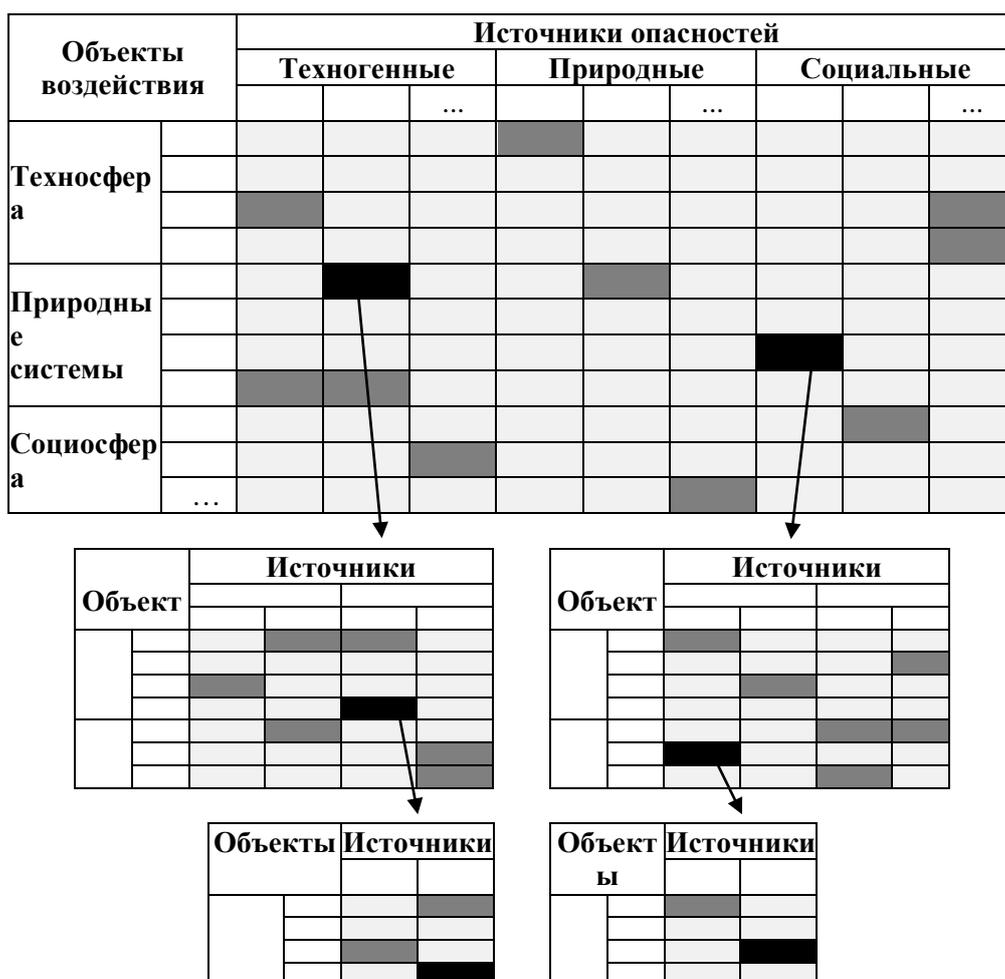


Рис. 1. Иерархическая структура потенциальных опасностей предприятия

Воздействие чрезвычайных ситуаций на экосферу, техносферу и социосферу оценивается величиной возможного ущерба. В итоге строится комплексная матричная характеристика безопасности предприятия, являющаяся основой для принятия решений по повышению устойчивости.

На основе предложенной методики выполнена комплексная оценка устойчивости ОАО "Апатит". Для хвостового и хлорного хозяйств, склада взрывчатых материалов, четырех рудников, двух апатитонепелиновых обогатительных фабрик, системы энергоснабжения, зданий, сооружений и оборудования определены внутренние и внешние ЧС, установлены основные поражающие факторы, оценен возможный ущерб, выявлены наиболее уязвимые места. Результаты оценки предназначены для обоснования плана мероприятий по повышению устойчивости горно-химического комплекса.

2. Оценка риска аварий на гидротехнических сооружениях

Расчет возможного ущерба от аварий – необходимая составная часть процесса управления промышленно-экологической безопасностью предприятий и регионов. Гидротехнические сооружения (ГТС) – потенциально опасные производственные объекты, имеющие свою специфику. Огромный ущерб от гидродинамических аварий (в России и за рубежом), разнообразие типов и назначения ГТС, предаварийное состояние и отсутствие собственника у многих отечественных ГТС – делают актуальной задачу анализа риска гидросооружений. Определение вероятного вреда при авариях – обязательный элемент в федеральной системе регулирования промышленной безопасности ГТС. Полный расчет вероятного вреда в соответствии с нормативными документами требует многочисленных исходных данных и представляет собой весьма трудоемкое исследование.

В связи с этим был создан экспресс-метод определения последствий аварий на ГТС. В ходе обоснования метода получены следующие результаты: построена информационная модель расчета; уточнены определения основных понятий; сформулированы возможные упрощающие расчет предположения и допущения, позволяющие корректно ограничить работу; разработан алгоритм определения вероятного вреда; обоснована целесообразность использования геоинформационных технологий.

Эффективность метода подтверждена в ходе расчета вероятного вреда для следующих комплексов ОАО "Апатит": ГТС АНОФ-2 с хвостохранилищем в губе Белой оз. Имандра, ГТС АНОФ-3 с хвостохранилищем на р. Жемчужной, ГТС Восточного рудника с отстойниками Коашвинского и Ньоркпахкского карьеров. Для указанных сооружений определены натуральные и стоимостные показатели возможного ущерба (социального, материального, экологического) при авариях, выявлены сценарии наиболее тяжелых и наиболее вероятных аварий.

Расчеты согласованы с ОАО "Апатит", администрациями городов Кировск и Апатиты, Главным управлением МЧС России по Мурманской области, администрацией Мурманской области, утверждены Управлением природных ресурсов и охраны окружающей среды по Мурманской области, Управлением по надзору в электроэнергетике Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.

Пример расчета и отображения последствий возможных аварий с использованием геоинформационных технологий приведен на рисунке 2.

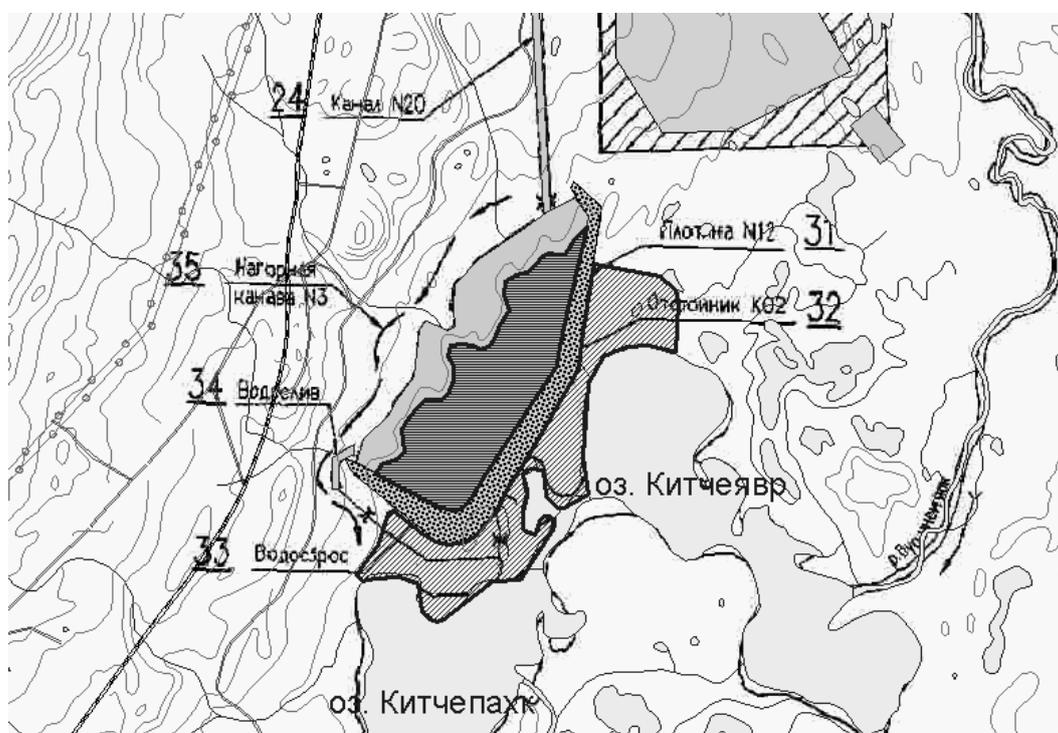


Рис. 2. Зоны возможного затопления при авариях на ГТС (пример)

3. Автоматизация управления промышленно-экологической безопасностью

Внедрение информационных технологий признается необходимым условием повышения уровня промышленной безопасности, но осуществляется оно относительно медленными темпами, особенно на объектовом уровне. Это объясняется, во-первых, сложностью и (как следствие) слабой формализованностью предметной области, во-вторых, спецификой и новизной промышленной безопасности как объекта управления. К числу субъективных причин, сдерживающих информатизацию, можно отнести ограниченность финансовых ресурсов предприятий и неразвитость сети автоматизированного мониторинга опасностей. Отметим междисциплинарный характер предметной области, обилие нормативных и законодательных актов, многообразие опасных объектов и процессов, отсутствие апробированных методик расчета опасностей и рисков, несвоевременность и недостоверность информации об обстановке.

Эти особенности были учтены при создании концептуальной модели автоматизированной системы поддержки принятия решений (СППР) по управлению промышленно-экологической безопасностью горно-химического комплекса (рис. 3).

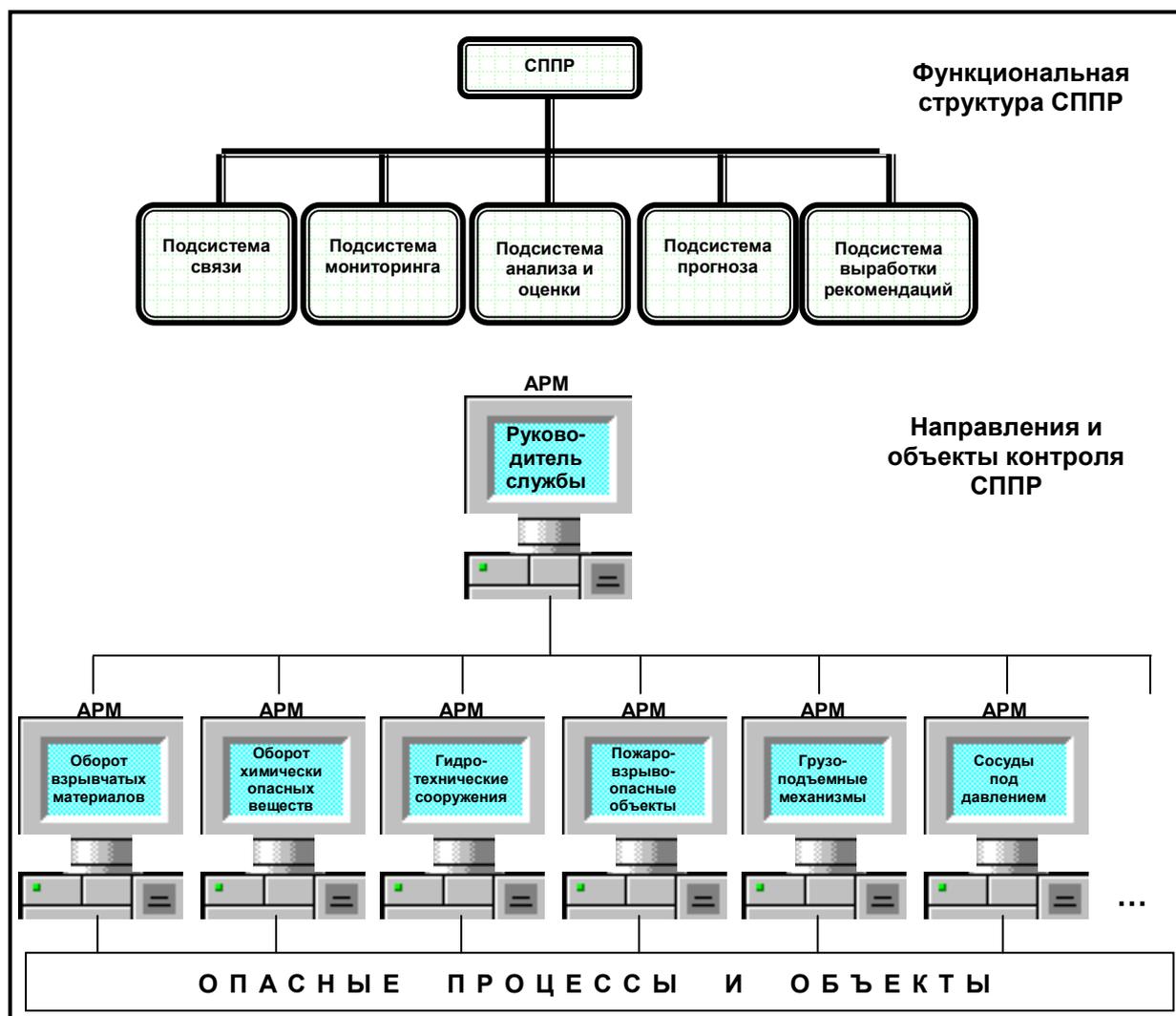


Рис. 3. Общая структура СППР

В рамках модели определены функциональные и информационные подсистемы, сформулированы исходные требования к типовым автоматизированным рабочим местам. Новой и важной частью модели является система проектирования интерфейсов для поддержки принятия решений по управлению промышленной безопасностью крупных предприятий. Основные блоки системы – текущая версия интерфейса и встроенный редактор интерфейсов. Редактор обеспечивает возможность создания и изменения типовых окон, что позволяет ускорить процесс отладки пользовательских свойств СППР. Адаптация к конкретным приложениям производится с помощью специально разработанного интерфейса настройки, структура которого представлена на рисунке 4.

Такая структура: позволяет увязать воедино многообразные опасные процессы и объекты, а также функции управления ими; обеспечивает настройку процесса управления на конкретную задачу, функцию или под конкретного специалиста; допускает адекватную реализацию в структуре программного обеспечения СППР.

Апробация полученных результатов выполнена при создании проекта автоматизированной системы управления промышленной безопасностью ОАО "Апатит". Целью работы являлось повышение уровня безопасности за счет автоматизации рутинной деятельности, внедрения информационных технологий и математических методов в практику управления. Новизна и сложность проекта обусловлены комплексным охватом основных опасностей предприятия, а также учетом основных форм и направлений работы

специалистов. Реализована компьютерная модель типового рабочего места системы, при этом для разнородных опасных процессов и объектов предусмотрена возможность работы с различными формами представления информации. Достоинством модели является возможность оперативного формирования информационного обеспечения для поддержки принятия решений по управлению промышленной безопасностью градообразующего предприятия.

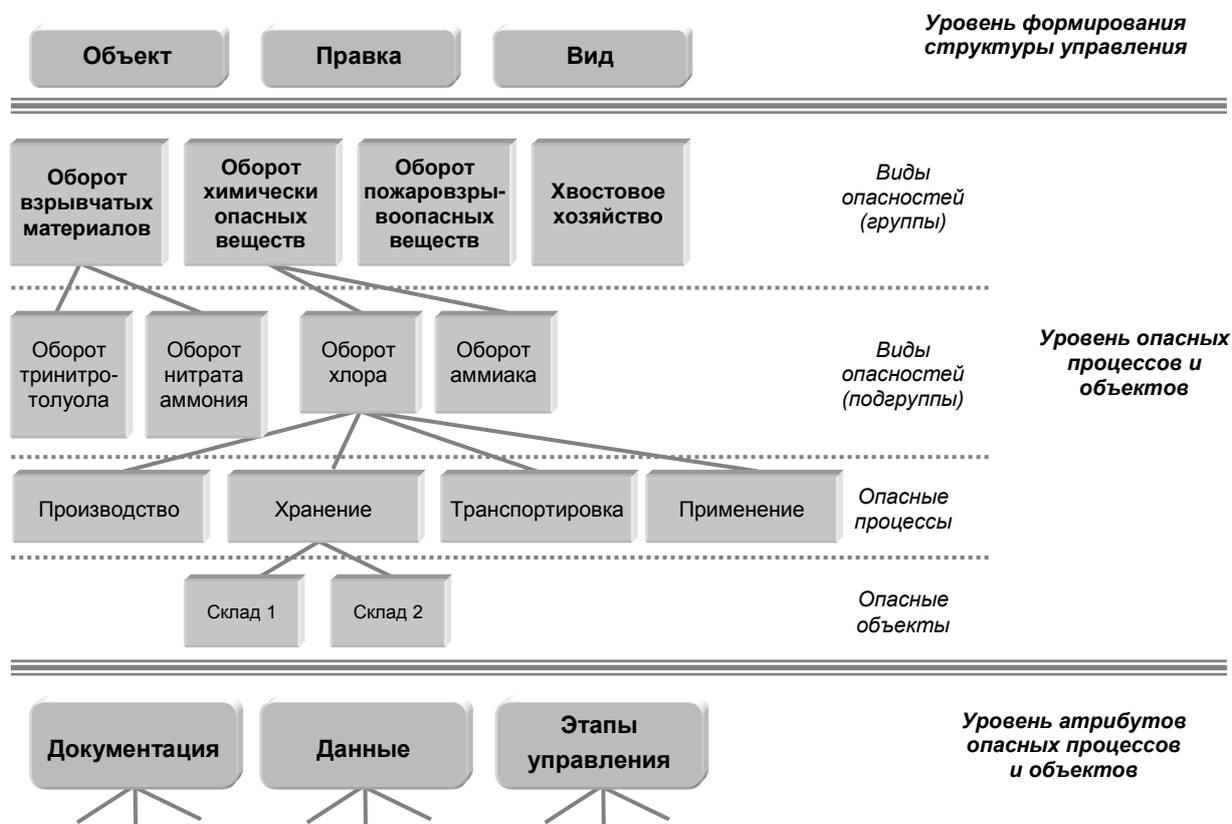


Рис. 4. Структура интерфейса настройки СППР

4. Разработка деклараций промышленной безопасности

Набирает силу процесс анализа и документирования опасностей промышленных объектов. Одним из первых по времени и важных направлений этой деятельности является разработка деклараций безопасности крупных промышленных объектов. Необходимость в привлечении значительных научных сил объясняется новизной процесса декларирования, широтой охвата возможных опасностей, недостаточностью нормативно-методической базы. В результате разработка декларации (в особенности раздела "Анализ риска") представляет собой в настоящее время самостоятельное научное исследование.

Для повышения оперативности и обоснованности управления безопасностью регионов и предприятий в Институте создана информационная технология оценки техногенно-природного риска, реализующая единый подход к управлению разнородными опасностями и комплексную обработку данных по типовым опасным объектам и процессам. Особенностью технологии является возможность ранжирования элементов по степени опасности, а также выбора рационального уровня безопасности. Для количественной характеристики опасности источника по отношению к объекту предложена случайная величина возможного ущерба от аварий за фиксированный период времени. Естественным обобщением является использование случайных функций ущерба, зависящих от координат и времени. Важным теоретическим достоинством такого обобщения является возможность математически выразить разнообразные используемые риск-показатели в единых терминах законов распределения ущерба. В результате строится унифицированное математическое описание безопасности предметной области.

С использованием этого подхода разработаны декларации безопасности ряда опасных объектов региона: склада взрывчатых материалов, хлорного хозяйства, хранилищ отходов обогатительных фабрик, газонаполнительных станций. Декларации прошли экспертизу Ростехнадзора. На рис. 5

приведен пример отображения результатов декларирования – изолиний территориального риска, нанесенных на топографическую основу.

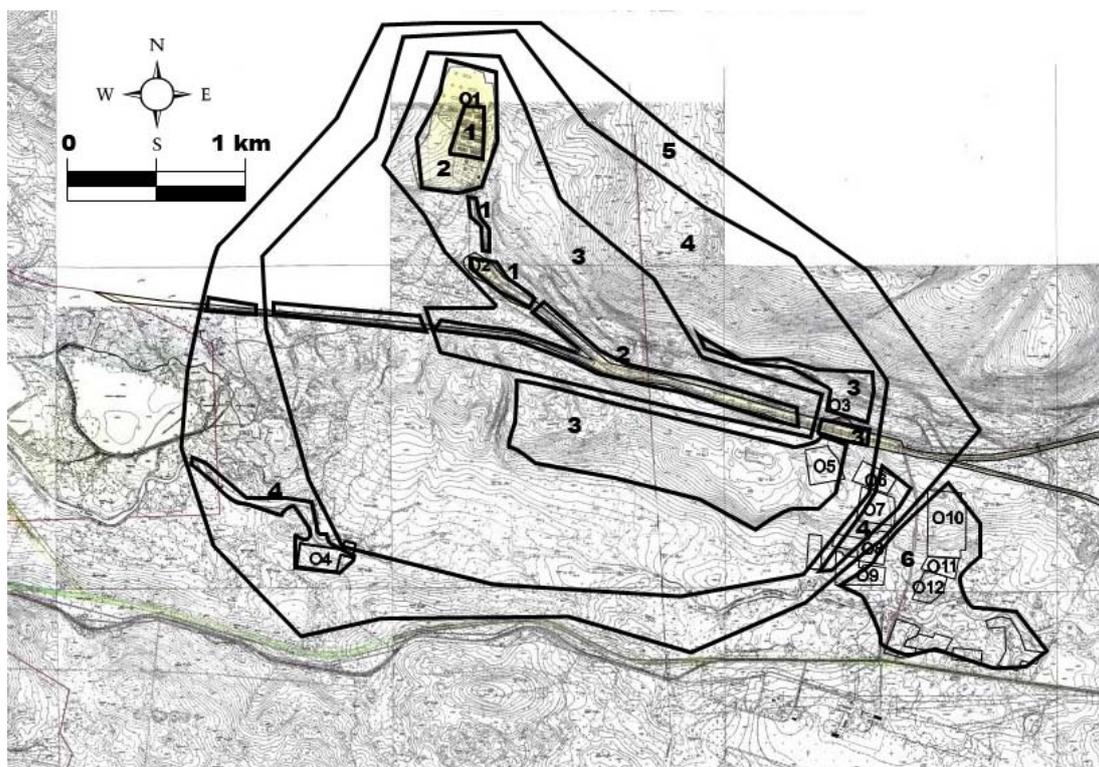


Рис. 5. Территориальный риск (фрагмент декларирования безопасности)

5. Разработка паспортов безопасности

Решение совместного заседания Совета безопасности Российской Федерации и Президиума Государственного совета Российской Федерации (ноябрь 2003 г.) имело ряд важных для национальной безопасности последствий. Одно из них – паспортизация безопасности объектов и территорий – массовая и относительно новая процедура в системе регулирования промышленной безопасности предприятий и регионов.

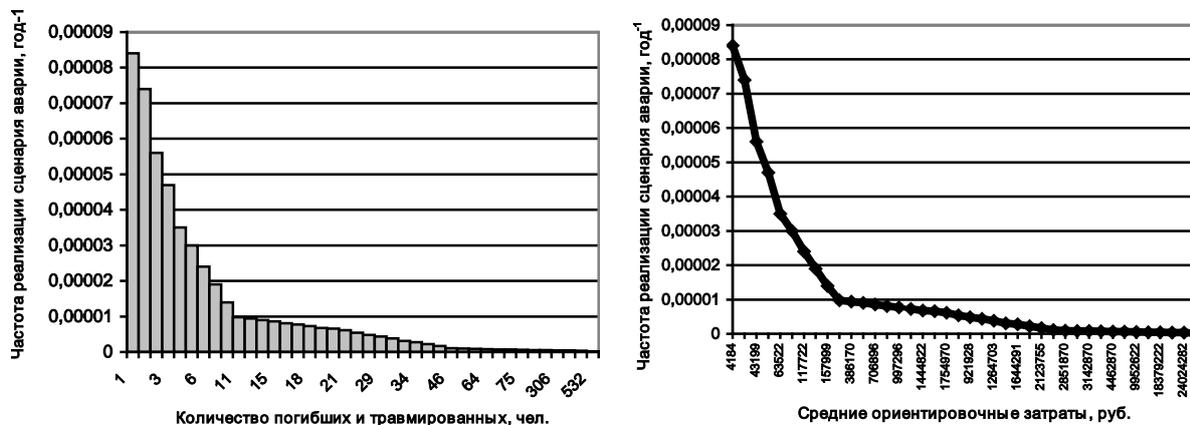
Коснемся вопроса о соотношении паспортизации и декларирования безопасности. Можно отметить следующие отличия:

- декларирование выполняется для наиболее опасных и крупных объектов, паспортизация охватывает гораздо более широкий круг потенциально опасных объектов;
- декларирование осуществляется в основном под эгидой Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору России (Ростехнадзор), паспортизация – по линии МЧС России;
- декларирование в России проводится около 15 лет и представляет собой достаточно отлаженную процедуру, паспортизация (в современном формате) начата несколько лет назад;
- паспорта безопасности содержат ряд новых элементов оценки риска.

Для поддержки создания паспортов безопасности в Институте реализован комплекс инструментальных программных средств экспресс-анализа риска возможных техногенно-природных аварий для типовых действующих и проектируемых опасных объектов. На основе обработки разнородных данных об авариях и инцидентах на аналогичных объектах генерируется описание возможных аварий, выполняется предварительная оценка их вероятности и ущерба для данного объекта. Выделены следующие группы характеристик аварий: причины аварий; факторы, способствовавшие возникновению и развитию аварий; сценарии развития аварий (в виде деревьев) от исходного (инициирующего) события до ликвидации последствий; ущерб (социальный, материальный, экологический). Предложена унифицированная структура описания техногенно-природных аварий.

С использованием программного комплекса разработаны паспорта безопасности двадцати пяти разнородных опасных объектов Мурманской области. Паспорта согласованы Главным управлением МЧС

России по Мурманской области, один документ прошел экспертизу Северо-Западного регионального центра МЧС России. Разработаны паспорта безопасности двух образовательных учреждений региона. На рис. 6 представлен пример отображения результатов паспортизации – графиков зависимости частоты реализации сценария развития аварии от количества пострадавших, а также от ущерба (так называемые F/N- и F/G-диаграммы или диаграммы социального риска).



На основе технологии за последние годы разработаны десять ПЛРН от локального до федерального уровней. Планы прошли Госэкспертизу МЧС России, получены все необходимые согласования и утверждения.

Заключение

В 2005–2007 гг. Институтом пройдена добровольная аккредитация в Северо-Западном региональном центре МЧС России, получены аттестаты аккредитации и заключение о готовности на разработку паспортов безопасности и ПЛРН. Имеется свидетельство на право проведения экспертизы ПЛРН, полученное в Госэкспертизе МЧС России. Исследования Института по анализу риска удостоены серебряной медали 10-й юбилейной выставки-конгресса "Высокие технологии. Инновации. Инвестиции" (Санкт-Петербург, 26–29 сентября 2005 г.) и золотой медали VIII Московского международного салона инноваций и инвестиций (Москва, 3–6 марта 2008 г.). Основные работы Института в сфере техногенно-природной безопасности отражены в списке литературы. Главными направлениями продолжения исследований представляются обоснование и внедрение новых методов управления безопасностью, современных информационных технологий и систем моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Яковлев С.Ю.* Идентификация опасных производственных объектов // Идентификация систем и задачи управления (SICPRO'2000): тр. междунар. конф. Вып. на CD-ROM. М.: Изд. ИПУ РАН, 2000. С. 890–897.
2. *S.Yu. Yakovlev.* Occupational Safety and Industrial Safety // Barents Newsletter on Occupational Health and Safety. Helsinki, 2001. Vol. 4, № 1:32–36.
3. *Ржевский Б.Н., Каретников Е.В. и др.* Особенности идентификации, декларирования, экспертизы и страхования опасных производственных объектов ОАО "Апатит" / *Б.Н. Ржевский, Е.В. Каретников, С.Ю. Яковлев, М.А. Драновский* // Безопасность труда в промышленности. 2002. № 12. С. 6–8.
4. *Яковлев С.Ю., Рыженко А.А.* Концептуальная модель системы поддержки принятия решений по управлению промышленно-экологической безопасностью градообразующего предприятия // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах: тр. междунар. науч. школы МАБР-2003. СПб.: Изд. СПбГУАП, 2003. С. 424–430.
5. *Яковлев С.Ю.* Информационные технологии поддержки промышленно-экологической безопасности регионов и предприятий // Информационные ресурсы России. 2004. № 2. С. 15–17.
6. *Яковлев С.Ю., Матвеев П.И.* Основы расчёта вероятного вреда при авариях на гидротехнических сооружениях // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах: тр. междунар. науч. школы МАБР-2004. СПб.: Изд. СПбГУАП, 2004. С. 424–429.
7. *Яковлев С.Ю., Рыженко А.А. и др.* Проект автоматизированной системы управления промышленной безопасностью горно-химического комплекса / *С.Ю. Яковлев, А.А. Рыженко, Б.Н. Ржевский, О.В. Натаров* // Безопасность труда в промышленности. 2004. № 11. С. 44–47.
8. Грант РФФИ по региональному конкурсу "Север", проект № 05-01-97500: Разработка моделей оценки техногенно-природной безопасности градообразующих предприятий европейского Севера (на примере ОАО "Апатит"). 2005–2007.
9. *Яковлев С.Ю., Исакевич Н.В.* Количественный анализ промышленно-экологического риска на объектовом уровне // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах: тр. междунар. науч. школы МАБР-2007. СПб.: ГУАП, 2007. С. 461–465.
10. *S.Yu. Yakovlev, N.V. Isakevich, A.A. Ryzhenko, A.Ya. Fridman.* Risk assessment and control: Implementation of information technologies for safety of enterprises in the Murmansk Region // Barents Newsletter on Occupational Health and Safety. Helsinki, 2008. Vol. 11, № 3:84–86.
11. *Яковлев С.Ю., Исакевич Н.В. и др.* Информационная поддержка принятия решений по предупреждению и ликвидации последствий аварий на объектах нефтепереработки / *С.Ю. Яковлев, Н.В. Исакевич, А.А. Рыженко* // Прикладные проблемы управления макросистемами: труды ИСА РАН. М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2008. Т. 39. С. 417–422.
12. *Яковлев С.Ю., Рыженко А.А. и др.* Разработка планов по предупреждению и ликвидации разливов нефтепродуктов для территориальных объектов / *С.Ю. Яковлев, А.А. Рыженко, Н.В. Исакевич* // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах: тр. междунар. науч. школы МАБР-2010. СПб.: ГУАП, 2010. С. 447–452.

Сведения об авторах

Яковлев Сергей Юрьевич – к.т.н., доцент, старший научный сотрудник; e-mail: yakovlev@iimm.kolasc.net.ru

Рыженко Алексей Алексеевич – к.т.н., старший научный сотрудник; e-mail: ryzhenko@iimm.kolasc.net.ru

Исакевич Наталья Валентиновна – старший специалист; e-mail: isakevith@iimm.kolasc.net.ru

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПОЛИТИКОЙ СЕТИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.В. Горохов¹, К.И. Иванов², Д.Н. Халиуллина¹

¹ИИММ КНЦ РАН, г. Апатиты

²ГОУВПО «МарГУ», г. Йошкар-Ола

Аннотация

Предложена информационная технология поддержки управления инвестиционной политикой сети инновационных предприятий. Технология основана на имитационном моделировании взаимодействия предприятий между собой и с инвесторами. Технология обеспечивает синтез и анализ приемлемых сценариев развития сети предприятий для заданных объема и формы инвестиций.

Ключевые слова:

инновационное предприятие, имитационное моделирование, информационная технология, сценарий, поддержка управления, инвестиции.



Проблема перехода на инновационный путь развития весьма актуальна для современной России. Сырьевая направленность экспорта и преобладание топливно-энергетического комплекса в структуре промышленности, позволяют, так или иначе, решать текущие народнохозяйственные задачи, однако в обозримой перспективе именно инновации позволят повысить эффективность использования природных ресурсов и

производительность труда. Развитие инновационной деятельности даст возможность в большей мере использовать потенциал Российской академической науки.

Предприятие – это самостоятельный хозяйствующий субъект, созданный в порядке, установленном законодательством о предприятиях и предпринимательской деятельности для производства продукции, выполнения работ и оказания услуг в целях удовлетворения общественных потребностей и получения прибыли. Инновационное предприятие отличается тем, что более 70% объема его продукции (в денежном выражении) за отчетный налоговый период является инновационными продуктами и/или инновационной продукцией. Производство инновационной продукции сопряжено с дополнительными затратами на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, что обуславливает снижение конкурентоспособности такого предприятия на ранних фазах его развития. С другой стороны, в более поздних фазах развития – при выходе на проектную мощность, инновационное предприятие за счет применения новых технологий и выпуска новой продукции может оказаться более конкурентоспособным и приносить большую прибыль по сравнению с другими предприятиями. Поэтому актуальной является задача управления инвестиционной политикой для группы инновационных предприятий, находящихся в разных фазах развития.

Применение имитационного моделирования для исследования процесса развития инновационного предприятия

В современных условиях существенно возросли требования к рациональному обоснованию управленческих решений, которые влияют на различные стороны функционирования сложных экономических систем, к которым относятся инновационные предприятия, и реализуют стратегии их бескризисного развития. Под «бескризисным» развитием понимается не отсутствие кризисов в развитии системы, а эффективное преодоление их на основе прогнозирования динамики развития сложной системы [1]. В России мощным толчком для исследований в этой области послужили социально-экономические трансформации в стране, начавшиеся в 1990-х гг. Быстрое изменение старого уклада жизни привело к неопределенности в решении задач управления экономическими системами.

В современной экономической теории существует два подхода к рациональному обоснованию управленческих решений: традиционный – выявление экспертных знаний и представление их в виде документа; второй подход связан с моделированием и формализацией. Здесь также существуют разные направления:

- оптимизационное моделирование;
- имитационное моделирование;
- энтропийное моделирование.

Любое моделирование экономических систем с достаточной для получения практически значимых результатов полнотой и многосторонностью заставляет рассматривать их как сложные динамические системы. Одной из важнейших особенностей таких систем является наличие большого числа петель обратной связи и сильное взаимное влияние между параметрами системы. То есть в системе практически отсутствуют независимые управляющие параметры. Это приводит к появлению в развитии систем периодов неожиданного, непредсказуемого поведения. На принципиальную невозможность полноты информации о сложной экономической системе в окрестности бифуркации указывал в начале 1980-х гг. акад. Н.Н. Моисеев [2]. Задача такого моделирования выходит за рамки формальных постановок и существенно ограничивает возможность применения традиционных математических методов описания поведения систем на базе эмпирического материала.

Поиск путей решения этих проблем привел к появлению в 1960-х годах специализированного метода имитационного моделирования – системной динамики [3]. Системная динамика в настоящее время успешно развивается в разных странах. Этот метод позволяет моделировать и исследовать поведение сложных систем, опираясь на компьютерное моделирование. В отличие от «традиционных» методов компьютерного моделирования здесь не нужно строить математические модели исследуемого объекта в традиционной форме. Системная динамика дает исследователю необходимый инструментарий для моделирования: компьютерные модели системных элементов и связей между ними. Системная динамика является весьма мощным средством моделирования сложных систем. Подобно всем мощным средствам, системная динамика существенно зависит от искусства ее применения. Она может дать как очень хорошие, так и очень плохие результаты. Поэтому для принятия решений на основании результатов имитационного моделирования важно ясно представлять смысл вводимых допущений при создании модели.

Моделирование инновационного предприятия

Развитие предприятия, как и любой сложной системы, не может происходить только поступательно, в жизни растущей компании неизбежно возникают проблемы, противоречия, вследствие чего периоды стабильного развития сменяются кризисами, разрешение которых является, в свою очередь, базой для дальнейшего роста. Жизненный цикл предприятия представляет собой последовательность фаз развития. В пределах каждой фазы происходит накопление или исчерпание каких-либо ресурсов. Смена фаз развития происходит в виде кризисов. Кризис является экстраординарным механизмом адаптации предприятия к новым условиям и одновременно механизмом физического его сохранения. С середины 1980-х гг. школа И. Пригожина [4] развивает подход, согласно которому в развитии любой сложной системы чередуются периоды, в течение которых система ведет себя, то как «в основном детерминированная», то как «в основном случайная».

По мере развития предприятия его структура меняется, превращаясь из простой в разветвленную и многоуровневую. На рисунке 1 изображены три основные фазы развития инновационного предприятия. В соответствии с ними разработаны три модели, первая – работает в первой фазе и останавливается в момент первого кризиса, вторая – аналогично во второй и третья – в третьей.

Каждая фаза развития предприятия по-своему уникальна и требует «особенного» к ней отношения. Так, смыслом существования организации в пионерной фазе выступает максимально полное удовлетворение требований конкретного и немногочисленного клиента. Организация приспособлена под личностные качества руководителя и зависит от тех нужд потребителей, которые предприятие намерено удовлетворить. По мере роста предприятие вступает в фазу дифференциации. Одной из главных задач становится создание и совершенствование структуры управления. В дальнейшем такое предприятие либо «исчезает», и его ресурсы будут использованы для создания других предприятий, либо оно переходит в следующую фазу – «интеграции». В фазе интеграции определяющим фактором развития становится коллектив совместно работающих людей, что позволяет обновить организацию для достижения поставленных целей. После фазы интеграции предприятие вступает в ассоциативную фазу, которая является фазой партнерства и кооперации.

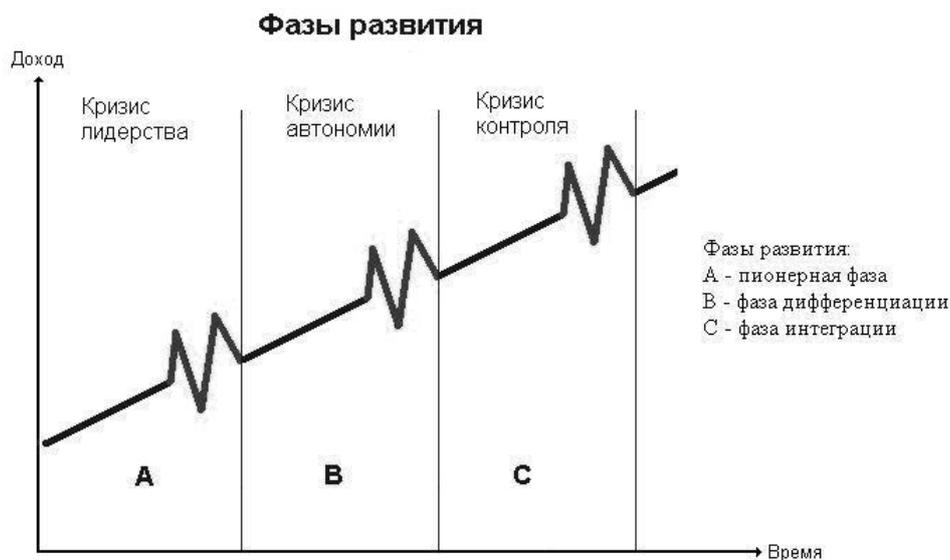


Рис. 1. Фазы развития предприятия

Развитие предприятия представляет собой последовательность фаз, в пределах которых происходит рост (количественное изменение параметров), а при переходе в следующую фазу происходят структурные изменения. Структурными изменениями являются: введение многоуровневой структуры управления; формирование новых структур (стратегическое планирование, логистика и т.д.); децентрализация управления; организация территориально распределенного производства.

Модель реализована средствами системы имитационного моделирования AnyLogic и представляет собой композицию типовых конструкций, обеспечивающую имитацию основных процессов развития предприятия: производство продукции; потребление ресурсов; финансовые потоки; управление [5]. Упрощенно модель состоит из следующих основных блоков:

- доход (представлен балансом наличности, доходами и расходами);
- персонал (представлен персоналом, процессами найма, распределения и увольнения);
- производство (представлено производством, ценой изделия и процессом продаж);
- менеджмент (представлен управлением персоналом);
- рынок (представлен оценкой попадания в нужный сегмент рынка).

Перечисленные блоки взаимозависимы: например, чем больше доход предприятия, тем больше средств можно вложить в разработку продукции, и соответственно, чем больше продуктов производится, тем быстрее пополняется доход предприятия. Менеджмент по-разному влияет на производство и на персонал, так как не вовремя введенная должность управленца может вызвать спад производства и увольнение персонала. А если она введена в нужный момент – это даст новый всплеск роста.

Технология поддержки принятия решений по управлению развитием инновационного предприятия

На имитационной модели, задавая внешние условия и значения параметров предприятия, а также управляющие параметры, определяем пределы роста предприятия в каждой фазе его развития. Внешние условия (характеристики рынка, географическое положение) определяют в модели длительность и размер каждой фазы роста предприятия до наступления кризиса. Внутренние условия (средняя заработная плата, показатель попадания в нужный сегмент рынка, затраты на 1 изделие) определяют на модели траекторию развития предприятия внутри каждой фазы. Многократная имитация процесса развития в каждой фазе позволяет определить область принятия эффективного решения. Данная область находится между периодами роста и деградации предприятия.

Задавая внутренние условия, мы получаем различные варианты развития предприятия в первой фазе. По результатам имитации определяется завершение первой фазы развития предприятия (рис. 2).

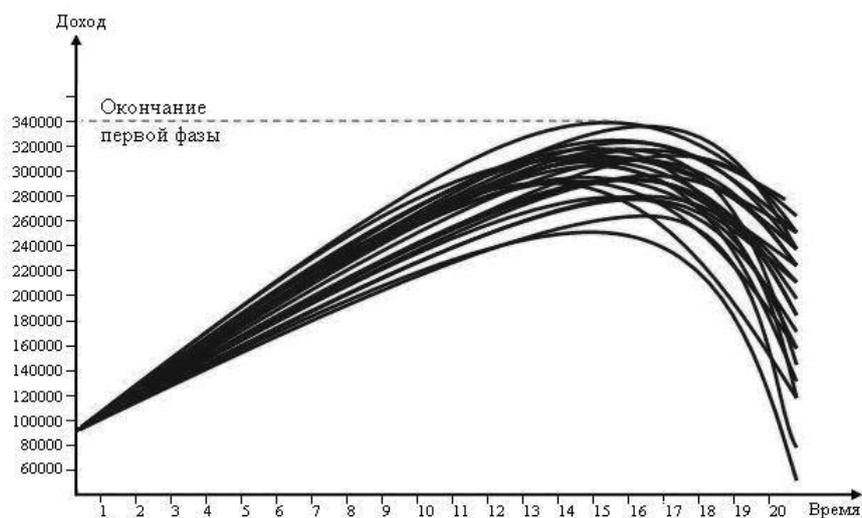


Рис. 2. Варианты развития предприятия на первой фазе

Конец первой фазы и начало второй позволяют оценить возможность дальнейшего самостоятельного развития предприятия. Пересечение этих фаз на шкале доходов предприятия говорит о том, что при «правильном» управлении предприятие может развиваться самостоятельно, а отсутствие пересечения говорит о том, что в таких условиях предприятию требуется поддержка – инвестиции. Для научно-инновационного предприятия характерна вторая ситуация.

Для выбора одного из вариантов развития предприятия, необходимо задать предпочтения по следующим частным критериям:

- максимальный общий доход;
- максимальный доход предприятия;
- минимальное время достижения максимального дохода.

Решив задачу свертки и максимизации, получаем один из сценариев развития предприятия, для которого показатель интегрального критерия является наилучшим.

Далее, изменяя структуру предприятия, добавляя новое звено управления, проводя многократную имитацию, получаем различные варианты перехода предприятия во вторую фазу. При этом «приемлемые» варианты развития позволяют определить начало второй фазы и выделить область принятия решения, а в ней – точку принятия решения (рис. 3).

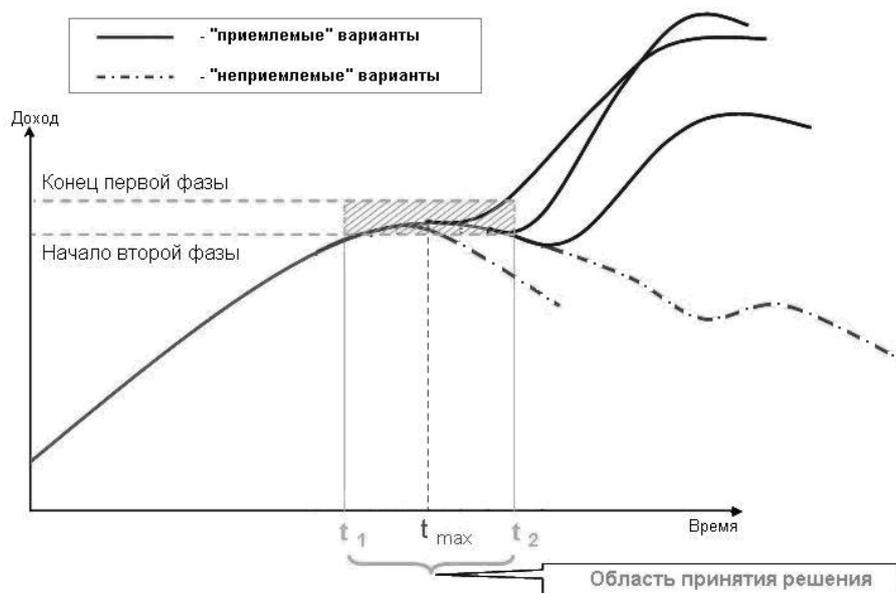


Рис. 3. Выделение области принятия решения

От времени принятия решений в каждой фазе развития зависит то, каким образом предприятие будет развиваться дальше. Из графиков на рис.3 видно, что не вовремя принятое решение негативно сказывается на развитии предприятия. Следующие операции повторяются аналогично первой фазе, при этом технология позволяет изменять предпочтения по частным критериям, меняя значение интегрального критерия.

Таким образом, технология поддержки принятия решений по управлению развитием инновационного предприятия обеспечивает выделение критических точек развития предприятия и нахождение своевременных и обоснованных управленческих решений.

Технология поддержки управления инвестиционной политикой сети инновационных предприятий

Для инновационного предприятия большую роль играет инновационное инвестирование в нематериальные активы и новое строительство.

В имитационной модели предусмотрен выбор следующих форм инвестиций:

- инновационное инвестирование (разработка новой научно-технической продукции);
- новое строительство (создание филиалов, дочерних предприятий и т.п.).

При выборе первой формы инвестиций увеличиваются отчисления на научные исследования и разработки, изменяется проект, но структура предприятия не меняется. При выборе второй формы инвестиций в рамках имитационной модели создается сеть виртуальных предприятий с общим финансовым фондом, причем каждое предприятие развивается самостоятельно, начиная с первой фазы, а «первичное» предприятие выступает в качестве головного (рис. 4).

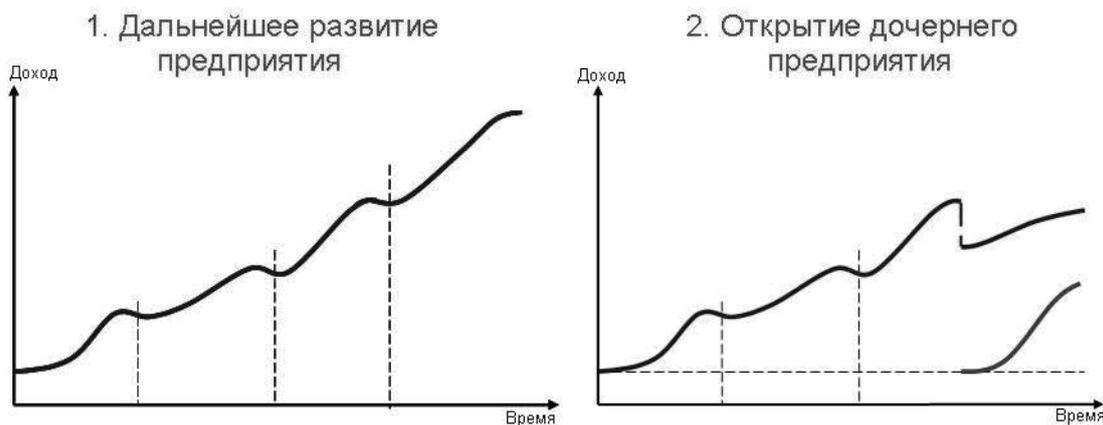


Рис. 4. Варианты инвестиционной политики

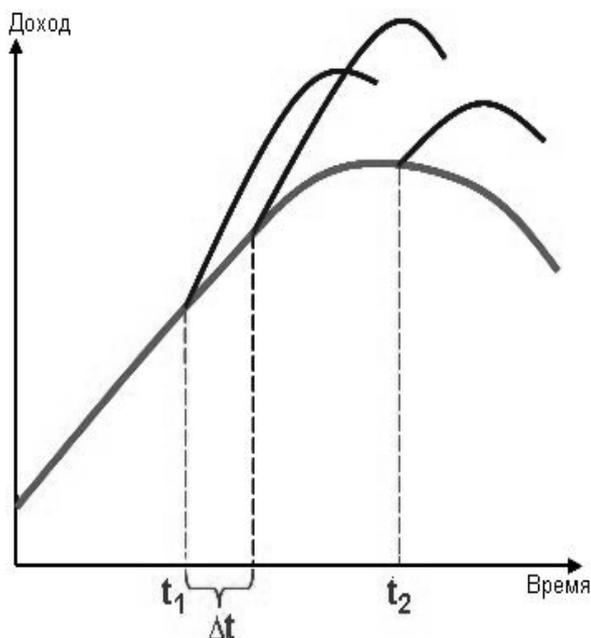


Рис. 5. Результат третьего шага алгоритма

Для определения желаемого пути развития предприятия на модели производится многократная имитация с варьированием суммы и времени инвестирования. При этом вначале устанавливается цель инвестирования – получение максимальной прибыли на данном этапе, скорейший переход в следующую фазу или компромисс между ними. Затем определяется инвестиционный капитал. На модели определяется эффективная схема инвестирования – порядок и объем конкретных инвестиций для получения наибольшего эффекта.

Инновационное инвестирование

Рассмотрим вариант, когда инвестиции направлены на разработку новой научно-технической продукции. Последовательность операций с моделью может быть выражена следующим алгоритмом:

1. Определяется цель инвестирования.
2. Устанавливается инвестиционный капитал, требуемый отрезок времени функционирования

- модели путем задания интервала времени $\Delta t: [t_1, t_2]$, с которым будет производиться инвестирование.
3. Запускается модель. При этом производится $(t_2 - t_1) / \Delta t + 1$ сеансов имитации. Во время первого сеанса имитации инвестирование выполняется в начальный момент выбранного отрезка времени, во время последующих сеансов имитации время инвестирования увеличивается на Δt (рис. 5).
 4. При необходимости достижения более высокой точности в качестве исследуемого отрезка берется интервал с лучшими показателями и идет возврат на шаг 2.
 5. После определения времени, при котором показатели развития модели являются удовлетворительными, начинается варьирование суммы инвестирования. Для этого определяются максимальный S_{max} и минимальный S_{min} размер инвестиций, шаг варьирования размера инвестиций ΔS и модель исследуется с учетом момента вложения инвестиций, определенного на первом шаге. При этом производится $(S_{max} - S_{min}) / \Delta S + 1$ сеансов имитации.

Результатирующими параметрами являются: максимальная отдача с начала момента инвестирования ΔS и время ее достижения Δt (рис. 6).

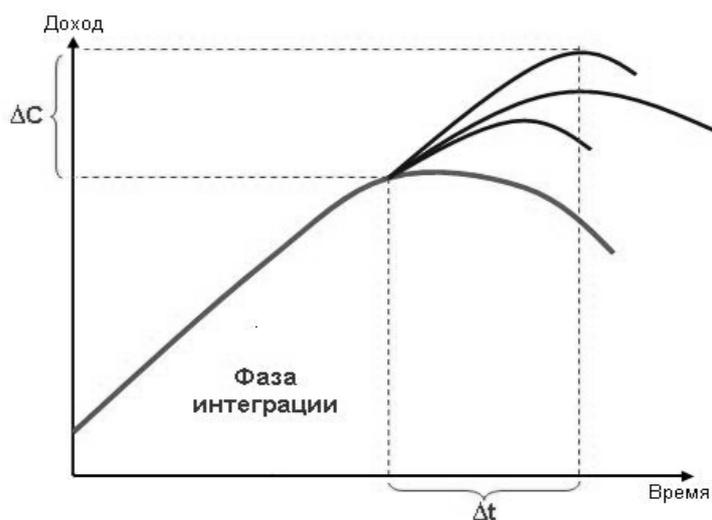


Рис. 6. Результат пятого шага алгоритма

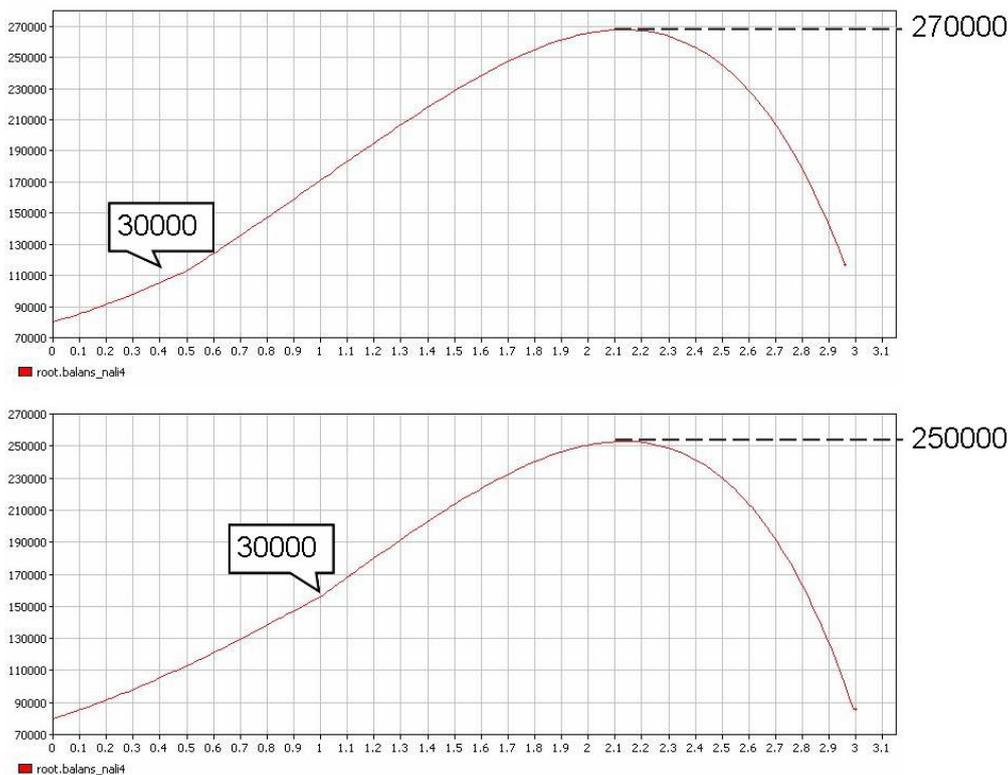


Рис. 7. Оценка эффективности инвестирования в различное время

В качестве примера применения данной технологии можно представить оценку эффективности инвестирования в различное время (рис. 7). В первом случае (верхний график) инвестиции поступают в начале фазы интеграции – на 4-м шаге имитации, в то время, как вся фаза длится около 30 шагов. Во втором случае (нижний график) инвестиции поступают на 10-м шаге имитации – это примерно середина периода стабильного роста фазы интеграции.

Графики на рисунке 7 позволяют оценить вклад одинакового объема инвестиций (30 тыс. условных единиц) в различное время. В первом случае отдача больше на 20 тыс. условных единиц. Не вовремя вложенный капитал может привести к значительной потере денежных средств, что может негативно сказаться на дальнейшем развитии инновационного предприятия. На модели потери от несвоевременно выполненных инвестиций сопоставимы с объемом инвестиций.

Инвестирование в новое строительство

Вторым направлением инвестиционной политики является создание и развитие дочерних предприятий. На стадии интеграции, когда предприятие работает стабильно, часть средств можно вложить в новое строительство (создание филиалов, дочерних предприятий и т.п.).

В рамках модели создается сеть виртуальных предприятий с общим финансовым фондом, причем каждое предприятие развивается самостоятельно. Выбирается способ распределения финансовых средств и формирования общего финансового фонда. В качестве критерия выбора сценария развития берется максимальная отдача с начала момента инвестирования и время ее достижения.

Дочерние предприятия могут создаваться одновременно или последовательно.

В случае одновременного создания сети предприятий ($t_1=t_2=...=t_n=t$) финансовые средства (инвестиции) разделяются между предприятиями согласно выбранному способу распределения.

В качестве примера применения данной технологии рассмотрим вариант создания трех дочерних предприятий.

1. Предприятия создаются одновременно.

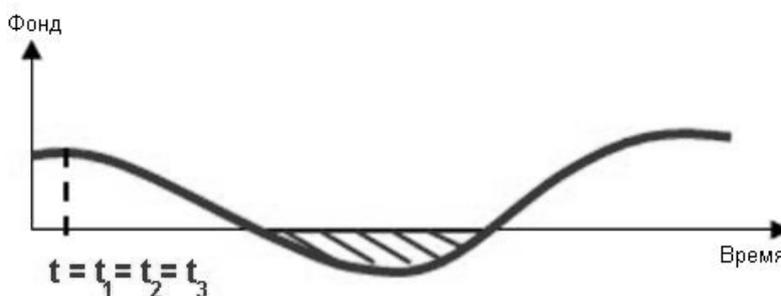


Рис. 8. Предприятия создаются одновременно

Как видно из рисунка 8, в период развития дочерних предприятий пополнение общего фонда не происходит. И с течением времени возникает ситуация, когда общий фонд становится отрицательным (заштрихованный участок). В реальной жизни фонд не может быть отрицательным, поэтому заштрихованный участок графика определяет объем и порядок необходимого для данного сценария инвестирования.

2. Предприятия создаются последовательно.

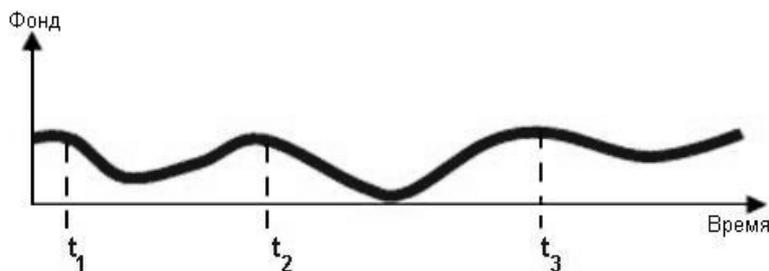


Рис. 9. Предприятия создаются последовательно

Как видно из рисунка 9, выделенного объема инвестиций достаточно для создания 3-х дочерних предприятий, но этот процесс затягивается во времени. Подбирая на модели коэффициенты, которые оценивают объемы инвестиций в дочерние предприятия и время их создания, можно получить «в лабораторных условиях» любое количество подобных сценариев. Выбор приемлемого сценария развития сети инновационных предприятий осуществляется согласно принятому критерию качества.

Заключение

Разработана технология поддержки управления инвестиционной политикой сети инновационных предприятий. Технология базируется на разработанной в ИИММ КНЦ РАН имитационной модели научно-инновационного предприятия. Технология обеспечивает выбор сценария развития предприятия в зависимости от размера и формы инвестиций, начиная с интеграционной фазы. Технология позволяет оценить необходимый объем и порядок инвестирования инновационного предприятия для достижения определенной на модели цели.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Олейник А.Г., Путилов В.А.* Организация информационно-аналитической инфраструктуры поддержки управления региональным развитием // Прикладные проблемы управления макросистемами: труды Института системного анализа РАН / под ред. Ю.С. Попкова, В.А. Путилова. М.: КРАСАНД, 2010. Т. 59. С. 175–192. 2. *Моисеев Н.Н.* Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981. С. 56–58. 3. *Forrester, Jay W.* Industrial Dynamics, Portland, OR: Productivity Press, 1961. С. 88. 4. *Николис Г., Пригожин И.* Познание сложного. Введение: пер. с англ. М.: Мир, 1990. С. 114–115. 5. *Халиуллина Д.Н.* Имитационная модель малого инновационного предприятия // Труды Кольского научного центра РАН. Информационные технологии / под ред. В.А. Путилова. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. Вып. 1. С. 67–69.

Сведения об авторах

Горохов Андрей Витальевич – д.т.н., главный научный сотрудник; e-mail: gorokhov@iimm.kolasc.net.ru

Иванов Кирилл Игоревич – аспирант; e-mail: iv.kirill@bk.ru

Халиуллина Дарья Николаевна – аспирант, e-mail: abalymka@mail.ru

УДК 330.1 : 061.6 (470.21)

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КОЛЬСКОЙ БАЗЕ И ИХ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ В КОЛЬСКОМ ФИЛИАЛЕ АН СССР (Н.М. ТОЦКИЙ, Г.Н. СОЛОВЬЯНОВ, И.Т. КУЗЬМИНОВ, Б.И. КОГАН)

М.А. Тараканов

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

Аннотация

Работа основана на многих фактах, которые публикуются впервые. Ознакомление с реальными документами 1930-х и начала 1950-х годов позволило серьезно скорректировать ряд распространенных представлений об организации экономических исследований в Кольской базе и в Кольском филиале АН СССР в эти периоды.

Ключевые слова:

экономические исследования, Кольская база, Кольский филиал, Тоцкий, Соловьянов, Кузьминов, Коган.

*Философ сказал: «Кто повторит старое
и узнает новое, тот может быть
руководителем для других».*

Конфуций



В начале 2011 г., в связи с предстоящим 25-летием Института экономических проблем Кольского научного центра РАН, заместитель директора Института по научной работе В.В. Дидык по решению ученого совета Института предложил мне написать статью об организации экономических исследований в Кольской базе в 1930-х гг. и о начальном периоде их возобновления в 1950-х гг. в Кольском филиале АН СССР.

Работа по данному поручению позволила серьезно скорректировать два распространенных представления (см.: [1]):

1) о начале экономических исследований в Кольской базе АН СССР «в июне 1936 г.», когда «в структуре Кольской базы АН СССР появился экономико-географический отдел, руководителем которого был назначен профессор Г.Н. Соловьянов»;

2) о начале возобновления экономических исследований в Кольском филиале АН СССР в 1952 г., когда в составе Геологического института появилась группа экономики.

Ознакомление с реальными документами 1930-х и начала 1950-х годов показало, что:

1) **начало** организации экономических исследований в Кольской базе должно быть отнесено к **1935 году**, когда в составе Базы была организована **экономическая группа, а имя действительного первопроходца экономических работ в Кольской базе – Н.М. Тоцкий;**

2) экономические исследования в Кольском филиале возобновились благодаря активной и целеустремленной деятельности Б.И. Когана в 1950 г., когда в составе Филиала в качестве самостоятельного структурного подразделения был образован Отдел экономики.

Данная работа основана на фактах, о которых (за малым исключением) до сих пор не было никаких публикаций. Кроме соответствующих архивных документов (с указанием источника), для полноты показа контекста событий того времени в данной работе в значительной мере использованы статьи, опубликованные в 1930–1935 гг. в сборниках «Хибинские апатиты» (под ред. акад. А.Е. Ферсмана), и изданный в 1935 г. Наркомпросом РСФСР справочник «Университеты и научные учреждения» [2].

Выражаю сердечную признательность за помощь, оказанную мне при проведении данной работы, главному ученому секретарю Президиума КНЦ РАН, к.г.-м.н. А.Н. Виноградову, начальнику научно-организационного отдела Президиума КНЦ РАН, к.т.н. А.Ф. Усову, главному специалисту научно-организационного отдела Президиума КНЦ РАН А.Д. Токареву, заведующей Центральной

научной библиотекой КНЦ РАН Л.М. Кабдуловой, главному хранителю Кировского историко-краеведческого музея (КИКМ) В.С. Худобиной, заместителю директора Кировского филиала ГОУ «Государственный архив Мурманской области» (КФ ГАМО) С.М. Салимовой, заведующей архивом ОАО «Апатит» Н.А. Михеевой, заведующей научно-технической библиотекой ОАО «Апатит» Г.М. Бурдинской.

Н.М. ТОЦКИЙ

Специальная фиксация отнесения начала экономических исследований в Кольской базе АН СССР произведена в двух официальных документах Базы:

1) Общая объяснительная записка к плану работ Кольской базы Академии наук СССР на 1936 г. (Научный архив (НА) КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.31. Л.8-12) (далее – Общая записка к плану работы Базы на 1936 г.), направленная за подписью Ученого секретаря Базы А.М. Оранжевой в Комитет по базам и филиалам АН СССР;

2) следующая за ней Объяснительная записка к плану работ экономо-географического отдела Кольской базы Академии наук СССР (далее – Записка к плану работы Отдела на 1936 г.).

В первом документе отмечено, что «в 1935 году впервые были включены в план работы Базы темы по изучению экономики Кольского полуострова». Второй документ начинается словами: «В 1935 году в план работ Кольской базы впервые были включены работы по экономике Кольского полуострова, главным образом по Кольскому горнопромышленному комплексу».

Структурно, о чем подробно будет сказано позже, это было выражено в 1935 г. созданием в Кольской базе экономического отряда и экономической группы (с конкретной темой), руководителем которых был Н.М. Тоцкий.

Что касается 1934 г., то, согласно годовому статистическому отчету Кольской базы АН СССР за 1934 г., в состав Базы входили: Полярно-альпийский ботанический сад (4 чел.), геохимическая лаборатория (4 чел.), климатолого-метеорологический отдел (3 чел.), музей и библиотека. (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.17. Л.12). В 1934 г. Хибинской горной станцией были организованы 5 экспедиционных отрядов: радиологический, геологический, минералогический, климатологический и биоценологический, кроме того, на станции работали 2 стационара – почвенный и геоботанический, организованные СОПС в составе Кольской комплексной экспедиции (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.18. Л.3 об.).

До работы в Кольской базе АН СССР Н.М. Тоцкий был *старшим ученым специалистом* Бюро экономических исследований (БЭИ) СОПС Академии наук. В утвержденном 18 декабря 1934 г. Общим собранием Академии наук СССР Положении об Экономическом совещании и БЭИ СОПС Академии наук в качестве задач БЭИ были сформулированы: экспедиционные исследования Академии наук, разработка отдельных народнохозяйственных проблем, а также перспектив хозяйственного развития районных комплексов на основе материалов научно-исследовательской деятельности Академии наук. В тематическом плане работ Экономического совещания и БЭИ на 1935 год в разделе консультаций, посвященном проблемам, выдвигаемым местными органами, говорится, что «вопросы организации районных комплексов Карело-Мурманского края ставят целый ряд крупных проблем общесоюзного характера (размещение производства черного рядового и качественного металла, медно-никелевой промышленности, промышленности алюминия и криолита, осеверенение земледелия и т.п.) и неразрывно связаны с использованием ресурсов Арктики» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.23. Л. 1-3, 5, 27).

Именно характером этой (союзного масштаба) работы можно объяснить и название первого доклада Н.М. Тоцкого, сделанного им на заседании научного кружка Кольской базы 21 марта 1935 г. – «Пути колонизации на Севере» (НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп.6. Д.24. Л.2).

Имеющиеся в КНЦ РАН документы позволяют в определенной степени проследить основные вехи пути Н.М. Тоцкого как *основателя экономических работ в Кольской базе АН СССР*.

25 марта 1935 г. на заседании Кольской базы был утвержден план экспедиционных исследований на Кольском полуострове в 1935 г., в котором среди 15 экспедиционных отрядов назван *экономический отряд*, в качестве руководителя которого определен Н.М. Тоцкий (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.24. Л.5 об.). Источниками финансирования работы этого отряда в размере 20 тыс. руб. были указаны Мурманский Окрисполком и СОПС.

13 июля 1935 г. на производственном совещании Кольской базы по вопросу о «Штатном расписании и смете расходов по госбюджету на 1936 г.» была признана «необходимость значительного расширения работ Кольской базы в 1936 году, включения новых тем в ее план, расширения уже существующих отделов, так как объем и масштаб Базы не соответствуют тем

требованиям, которые предъявляются к Базе местными партийными, советскими и хозяйственными организациями». Среди основных моментов, лимитирующими развертывание научно-исследовательской деятельности Базы, названы как ограниченный штат постоянных научных сотрудников, так и крайняя недостаточность жилой площади, что создает ненормальные бытовые условия. Исходя из построения работ Базы на комплексном географическом принципе была определена структура Базы с обеспечением каждого отдела основными кадрами по союзному бюджету, *экономическая группа* определялась «со штатом 2 ученых специалиста экономиста и 1 специалист эконом-картограф» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.24. Л.28).

24 июля 1935 года на Базе состоялось производственное совещание по экономической группе (присутствовали Тоцкий, Биркенфельд, Оранжиреева), на котором было заслушано «сообщение Н.М. Тоцкого о положении дела с работой экономического отряда». Протокол этого совещания с достаточной полнотой характеризуют многочисленные перипетии в работе Н.М. Тоцкого. Так, в нем отмечается, «что письма Кольской базы остаются без ответа Управляющего трестом «Апатит», что устное согласие на совместную разработку Кольского горнопромышленного комплекса было дано Управляющим трестом, что переговоры, имевшие место 23 июля 1935 г., оставили вопрос о совместной работе снова в неопределенном положении»¹.

На совещании было признано «необходимым немедленно войти в связь с работниками треста «Апатит», а случае каких-либо затруднений обратиться с письмом к Управляющему трестом «Апатит». Относительно распределения работ было решено «разработку Ловозерского промышленного узла считать за Биркенфельдом Л.К., остальные проблемы за тов. Тоцким с приглашением ГЭНИИ² и других научно-исследовательских организаций. В связи с затруднениями получения материалов считать необходимым вызвать из Москвы тов. Луцкого» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.24. Л.32).

В декабре 1935 г. на состоявшемся в Москве Совещании отдельных экономических бригад СОПС, работавших в 1935 году в Карело-Мурманском крае, Н.М. Тоцким был сделан доклад о работах Кольского экономического отряда Кольской базы. На этом Совещании было получено указание о продолжении работ в том же направлении (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.24. Л.76).

22 сентября 1935 г. на заседании Президиума Кольской базы АН СССР³ был заслушан доклад Н.М. Тоцкого «О состоянии и перспективах работ экономической группы». В постановлении по докладу было отмечено, что «благодаря неясному финансовому положению до 1 июля 1935 года группа не была оформлена, нормальное развертывание работ по теме «Кольский горнопромышленный комплекс» задерживалось вследствие непредставления отдельными работниками треста «Апатит» необходимых материалов». Вместе с тем подчеркивалось, что «Тоцким Н.М. своевременно были приняты меры к широкому ознакомлению партийных, советских и хозяйственных организаций с задачами и программой исследования “Кольского горнопромышленного комплекса”». По существу произведенных исследований Президиум Кольской базы отметил, что «экономическая группа за короткий срок своей деятельности (6 месяцев, 1 лицо) при наличии всякого рода организационных затруднений и неполадок достигла значительных успехов, которые вполне гарантируют возможность занять ведущую роль в разработке экономического развития всего Кольского полуострова в целом, что анализ отдельных производств произведен в общем правильно, как в части отчетных данных, так и в части перспектив развития, что пути комбинирования и кооперирования производств, а также развитие системы энергоснабжения и транспорта намечены в основном правильно, что вопросы исследования труда и быта трудящихся района должны быть темой специального исследования». Было признано необходимым обсудить зимой по частям работу экономической группы.

¹ Здесь и далее сохраняются оригинальная орфография и пунктуация и стиль цитируемых источников.

² ГЭНИИ – Географо-экономический научно-исследовательский институт – самое старое географо-экономическое научно-исследовательское учреждение СССР. По информации от 1935 г. Наркомпроса РСФСР, в ведении которого был ГЭНИИ, Институт являлся пионером комплексного исследования Кольского полуострова, в истории института не было такого года, когда бы сотрудники не участвовали в экспедициях, работавших в районе Кольского полуострова [2]. В 1933 году был создан Мурманский филиал ГЭНИИ. Организатором и председателем его был В.П. Воцинин. Работа велась в основном по заданию Облплана. В ответ на запросы местных организаций отделом были составлены два тома географического словаря Кольского полуострова, географо-экономический атлас Мурманской области и ряд разрозненных карт, комплексное описание национальных районов округа [3].

³ До этого были заслушаны: сообщение зав. геохимической лаборатории Борнеман И.Д. о работах лаборатории (10 сентября), доклад Захаровой А.Ф. о работах климатолого-метеорологического отдела Кольской базы (11 сентября), доклад Н.А. Аврорина о работах Полярно-альпийского ботанического сада (20 сентября).

На этом заседании Президиума Кольской базы был принят план работы экономической группы в составе следующих тем:

Кольский горно-промышленный комплекс (окончание);

Исторические миграции населения на территории Союза (начало);

Проблема хозяйственного освоения Ловозерской тундры (или же «Пути развития апатитового производства»).

Штат экономической группы в связи с указанной программой был утвержден на 1936 г. в составе 3 единиц: 1 старший ученый специалист (руководитель группы) и 2 научных сотрудника (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.24. Л.53-53 об.).

Вопрос «О плане работ экономической группы в 1936 году» заслушивался на заседании Президиума Кольской базы 4 декабря 1935 г., где было принято предложение акад. Струмилина о снятии с плана работ экономической группы темы «Исторические миграции населения Союза ССР», а также было признано желательным организовать на Базе в 1936 году специальное экономическое совещание по вопросам экономики Кольского полуострова и поручить тов. Тоцкому проработать примерную программу такого совещания. На этом заседании Президиума Базы было решено также предусмотреть в плане издательства Базы на 1936 г. листаж для напечатания экономической работы тов. Тоцкого (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.24. Л.76-76 об.).

Относительно перспективных вопросов, обсуждавшихся по экономической группе в 1935 году, необходимо отметить, что 2 октября 1935 г. состоялось заседание Кольской базы АН СССР по организационным и административно-хозяйственным вопросам (присутствовали акад. А.Е. Ферсман, И.Д. Чернобаев, А.М. Оранжевская), в протоколе которого по вопросу «О руководстве отделами Базы» в п. 5 записано: «*организовать географо-экономический отдел* и утвердить заведующим отделом Тоцкого Н.М.» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.24. Л.56).

Каких-либо конкретных работ Н.М. Тоцкого за 1935 г. в документах Научного архива КНЦ РАН не обнаружено. Однако в Научной библиотеке КНЦ РАН сохранилась карточка на микрофильм с названием «Тоцкий Н.И. Очерки Кольского горнопромышленного комплекса. Ч. 1. 1935» (инициал отчества ошибочен, но для документов тех времен такого рода ошибки довольно типичны). К сожалению, самого микрофильма в библиотеке нет, попытка разыскать эту работу Н.М. Тоцкого в других библиотеках не увенчалась успехом.

В Кировском историко-краеведческом музее имеется документ, из содержания которого можно сделать вывод, что Н.М. Тоцкий посылал свой текст для статьи «Апатит» в Редбюро ЛИГЕМ⁴. Речь идет о письме Редбюро от 21 апреля 1936 г., адресованном Г.Н. Соловьянову, в котором говорится: «Многоуважаемый Георгий Николаевич. ... Редакцией принято решение, ... снять часть статьи «Апатит», написанную Н.М. Тоцким и напечатать вместо снятой части Вашу и А.Н. Лабунцова ...».

Имеющиеся в данном письме реквизиты позволили мне определить, что речь в данном случае идет о статье «Апатит», которая была помещена в первом томе справочника «Неметаллические ископаемые СССР» (сдан в набор 21.01.1936 г., подписан к печати 23.10.1936 г.), вышедшем в Издательстве Академии наук СССР в 1936 г. Авторами отдельных частей этой статьи являются А.Н. Лабунцов, П.Н. Владимиров, Г.Н. Соловьянов (т.е. среди ее авторов Н.М. Тоцкого нет). Часть же статьи, о которой идет речь в вышеуказанном письме, напечатана под заголовком «Статистика и экономика» под авторством Г.Н. Соловьянова и А.Н. Лабунцова.

Конечно, довольно трудно более конкретно представить то, о чем было исследование Н.М. Тоцкого по Кольскому горнопромышленному комплексу. Можно лишь сделать некоторые ассоциативные предположения об этом, если взять из отчета о работе экономической группы от 22 сентября 1935 г. в качестве ключевых слова о «путях комбинирования и кооперирования производств».

Эти проблемы были поставлены в то время в связи со строительством Северного химкомбината. Именно в этом ключе говорил проф. Г.И. Войнилович, открывая 24 апреля 1931 г. первое заседание организованного 10 марта 1931 г. Научно-технического совета при тресте «Апатит», председательствующий на том заседании: «В начале я должен отметить то обстоятельство, что НТС, организованный трестом «Апатит», имеет несколько иные задачи, чем имело апатитовое бюро. Задачи заключаются в том, что НТС должен вести подготовительные работы к созданию Северного Химкомбината и этим самым несколько расширяются задачи, которые возложены на отдельные научно-исследовательские учреждения. Если нас раньше интересовало только сырье –

⁴ ЛИГЕМ – Ломоносовский институт геохимии, кристаллографии и минералогии.

апатит и нефелин, то теперь мы должны знать, что потребуется для проработки этого сырья, т.е. топливо, местные известняки и разные другие сырьевые источники для того, чтобы на основе комбинации разных сырьевых источников можно было бы дать наиболее правильное построение Северного Химкомбината. Это первое отличие от предыдущих задач, которые решало апатитовое бюро Института Прикладной Химии⁵. Второе отличие – мы сейчас предполагаем нашу работу вести, связывая одновременно лабораторную работу с научно-исследовательскими учреждениями. Химпроект должен совместно с научно-исследовательскими учреждениями вести работу, помогать проводить технико-экономические анализы, давать темы, указывая на целесообразность и нецелесообразность отдельных работ, выявляя те методы, которые будут рентабельны и тем самым поможет подойти ближе к Северному Химкомбинату» (КФ ГАМО. Ф. Р-179. Оп.1. Д.1. Л.15).

Прежде чем начать рассматривать работу проф. Г.Н. Соловьянова⁶ в Кольской базе, начавшуюся во II квартале 1936 г., приведем в части, касающейся организации экономических исследований, несколько документов, относящихся к I кварталу 1936 г., когда определяющая роль в этом деле была еще у Н.М. Тоцкого, с тем чтобы показать с какой легкостью и быстротой перекраивались тогда планы работ и не только они, но и само наименование экономического подразделения Базы, а именно: *в документах 1936 года наблюдается отсутствие определенной устойчивости в наименовании экономической структуры Кольской базы.*

В относящейся к началу 1936 г. Докладной записке зам. Председателя Базы тов. Чернобаева И.Д. по работам Кольской базы АН СССР в 1936 г. (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.34. Л.27-38) указываются новые аспекты требований к работе Базы, в частности, «упрек Мурманского Исполкома в том, что База обслуживает интересы только одного горно-промышленного района, в связи с этим ставится задача создать условия для превращения Базы в крупный научно-исследовательский центр, который сможет расширить свои работы не только тематически, но и территориально» и предлагается построение Базы по трем большим группам – геологическая, биологическая и географо-экономическая; в перечне структурных составляющих Базы назван *географо-экономический отдел.*

В Примерном штатном расписании Кольской базы на 1936 год (по расширенной программе), приложенном к Докладной записке, в отношении эконом-географического отдела записано следующее: «заведующий отделом – 1, старший научный сотрудник – 2, младший научный сотрудник – 1». Для этих 4 специалистов (средний оклад – 600 руб. в месяц) намечено разрешение следующих проблем:

1. Кольский горнопромышленный комплекс (окончание работы 1935 года).
2. Проблема хозяйственного освоения Ловозерских тундр.
3. Заселение как момент промышленного освоения Севера Союза.
4. Проблема прибрежного и морского хозяйства.
5. Проблема дорожного строительства на Кольском полуострове.
6. Проблема развития химпромышленности на Кольском полуострове.
7. Гидроэнергетические ресурсы.
8. Проблема топлива (торф, дрова, ягель).

При этом напротив 4-й проблемы отмечено «не обеспечена», а напротив 6–8-й – поставлены знаки вопроса.

Ситуация с включением в план работы тем, не обеспеченных кадрами, будет характерна позднее и для И.Т. Кузьмина, она будет иметь место и у Г.Н. Соловьянова в части уточнения исполнителей по взятым договорным работам с хозяйственными организациями.

В этом отношении планы работ 1930-х гг. в корне отличаются от планов работ начала 1950-х гг., в последних включались лишь те темы (одна, максимум две!), выполнение которых обеспечивалось штатными сотрудникам (пусть даже работающих на неполную ставку по совместительству).

Г.Н. СОЛОВЬЯНОВ

В Отчете о научной деятельности Кольской базы АН СССР за 1936 г. (Ф.1. Оп.6. Д.49) (далее – Отчет Базы за 1936 г.) говорится, что «структура Кольской базы Комитетом Филиалов и Баз Академии наук утверждена в следующем виде:

А. Отделы: 1) геолого-минералогический, 2) *географо-экономический*, 3) климатологический, 4) зоогеографический, 5) ботанический.

⁵ О работе этого Бюро см. [4].

⁶ Г.Н. Соловьянов (р. 1897) профессор Ленинградского института внешней торговли [5, с.199].

Б. Лаборатории: 1) геохимическая, 2) биохимическая, 3) почвенная.

В. Экспедиции: 1) почвенная, 2) петрографическая, 3) ботаническая.

В соответствии с данной структурой и запросами социалистического строительства Крайнего Севера к науке и был построен план работ каждого отдела, состояние выполнения которого видно в специальной ведомости приложенной к данному отчету». «Ведомость выполнения плана научно-исследовательских работ географо-экономического отдела Кольской базы Академии наук СССР в 1936 г.» далее сокращенно будем именовать «Отчет о плане работ Отдела в 1936 г.».

В Общей записке к плану работ Базы на 1936 г., упомянутой ранее, в разделе «Кадры» по экономо-географическому отделу названы:

«Руководитель Отдела – проф. Соловьянов Г.Н. Научные сотрудники – эконом-географы – Луцкий С.Л., Ковальская Н.Я.» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп. 6. Д.31. Л.11).

С.Л. Луцкий и Н.Я. Ковальская являлись прикомандированными к Кольской базе аспирантами Географического института Московского государственного университета⁷. Согласно Отчету Базы за 1936 г. по географо-экономическому отделу (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.49. Л.41-51) (далее - Отчет Отдела за 1936 г.) они работали в 1936 г. соответственно над следующими проблемами:

1) о населении Кольского полуострова, его составе, его занятиях и т.д. в данное время и сравнительно с дореволюционным периодом [6, 7]⁸;

2) о возможности организации промышленного предприятия по добыче редких элементов в Ловозерской тундре Кольского полуострова.

В Записке к Плану работы Отдела на 1936 г. соответствующие этим вопросам темы были сформулированы следующим образом:

«Тема «Методы освоения заселения Кольского горнопромышленного района». Эта тема является частью большой темы по политической и социально-экономической истории Кольского полуострова. Задачей темы является изучение методов организации сложного хозяйства комплекса района, путей его развития, способов преодоления и использования Советским освоением специфической природы Севера. Эта задача необходимо включает в себя исследование проблемы заселения района, транспорта, снабжения, проблемы сельского хозяйства, изучение опыта капиталистической колонизации с тем, чтобы опыт района мог быть использован для дальнейшей работы по освоению Севера».

Тема «Проблема освоения Луяврурта». Редкие металлы (цирконий, тантал, ниобий, титан), содержащиеся в минералах Ловозерских тундр (эвдиалит, лопарит) исследованы, хотя и недостаточно полно в части геологической и технологической. Разработка этих минералов может быть осуществлена лишь на базе всестороннего освоения Луяврурта и включения его в общий комплекс хозяйства района. Помимо решения вопросов этих металлов в рамках Союза, необходимо исследовать вопросы заселения, транспорта, снабжения и пр. вопросы, решение которых необходимо для хозяйственного освоения Луяврурта».

Здесь специально был сделан акцент на таких формулировках тем, так как в 1939 г. С.Л. Луцкий и Н.Я. Ковальской соответствующие этим темам статьи были опубликованы в Ученых записках Московского университета [8, 9].

В своей статье С.Л. Луцкий, в частности, сообщает, что материалы для своей работы были собраны им при поездках на Кольский полуостров в 1935, 1936 и 1937 гг. [8, с. 15].

Необходимо отметить, что в документах Базы за 1936 год создание в 1936 году эконом-географического отдела под руководством проф. Г.Н. Соловьянова, геолого-геохимического отдела под руководством А.Н. Лабунцова и биоценотической группы под руководством В.Ю. Фридолина характеризовались как знаковые события того года.

Учитывая активную роль Г.Н. Соловьянова в начальный период разрешения Хибинской апатитонепелиновой проблемы по экономической части, кратко осветим значимые для раскрытия этой стороны дела события.

⁷ Сектор экономической географии был организован в Географическом институте МГУ в 1929 г., сначала сектор был очень малочисленным и в отношении научных работников, и в отношении аспирантов, но затем в 1930-х гг. сильно разросся, особенно за счет аспирантуры [2].

⁸ См. также статью в «Кировском рабочем» за 26 мая 1937 г. «Научные командировки на Кольский полуостров», где сообщается, что «в ближайшие дни ожидается приезд группы научных работников Москвы и Ленинграда для работы в Кольской базе АН СССР... Для продолжения своей работы над темой «Методы освоения и население Кольского горнорудного района» придет аспирант Географического института Луцкий С.Л.».

В соответствии с постановлением заседания сырьевой секции Комитета по химизации народного хозяйства СССР при СНК СССР от 6 февраля 1929 г., на котором были заслушаны доклады акад. А.Е. Ферсмана и инж. В.И. Влодавца «О работах по изучению Хибинских апатитовых месторождений», на заседании ЛОСНХ 10 марта 1929 г., впредь до создания соответствующего хозоргана, была создана координационная структура, которая получила наименование «Апатито-нефелиновая комиссия Главхима ВСНХ СССР при ЛОСНХ». Мандат на ведение дел этой комиссии был ВСНХ предоставлен ЛОСНХ, который немедленно назначил в эту комиссию своего уполномоченного П.И. Игнатьева.



Рис. 1. КП-4485 ОДФ-2616. Удостоверение № 436. 27.06.1929. Соловьянов Г.Н.⁹

Как пишет П.И. Игнатьев, «исследование экономического порядка в Комиссии было поручено экономисту ЛОСНХ Г.Н. Соловьянову (рис. 1). В трех месячный срок им был произведен анализ внешнего рынка, а к октябрю была закончена вторая часть экономических исследований. С очевидностью была выявлена полная безнадежность отечественной фосфатной базы и дефицитность в фосфорите Германии» [10, с. 226].

Акад. А.Е. Ферсман по состоянию работ на 15 октября 1929 г. выпустил монографию [11], где отмечает, что «очень ценные экономические и хозяйственные материалы сведены в рукописных отчетах Г.Н. Соловьянова (осень 1929 г.)» [там же, с. 11], и кратко излагает «тезисы из экономической записки Г.Н. Соловьянова» [там же, с. 24-25].

Формально трест «Апатит» был создан в середине ноября 1929 г., но «до середины декабря, фактически работал лишь в виде небольшого ядра сотрудников, перешедших в него из вышеупомянутой Апатито-нефелиновой комиссии» [10, с. 271]. В числе этого ядра был и Г.Н. Соловьянов. 9 декабря 1929 г., согласно приказу по гос. тресту «Апатит» за № 7, Г.Н. Соловьянов был назначен экономистом треста.

В архиве ОАО «Апатит» сохранились документы, указывающие ряд должностей Г.Н. Соловьянова в тресте «Апатит», которые изменялись в связи с реорганизацией структуры управления трестом:

- старший экономист треста (приказы от 4 и 7 июня 1930 г.),
- зав. планово-экономическим, статистики и калькуляции отделом (приказ от 1 июля 1930 г.),
- зав. планово-экономическим сектором (приказ от 5.09.1930 г., в котором говорится, что на старшего экономиста треста Г.Н. Соловьянова возлагается руководство этим сектором в плановом отделе треста),
- зав. отделом перспективного планирования и научно-технической пропаганды (приказ от 14 сентября 1933 г.).

Указание в последней должности Г.Н. Соловьянова на его обязанности по научно-технической пропаганде отражает большой вклад его в этом деле (см.: например [12]).

Г.Н. Соловьянов был членом редакционной коллегии первых шести сборников «Хибинские апатиты», вышедших в 1930 – 1933 гг. под редакцией акад. А.Е. Ферсмана.

⁹ Здесь и далее в рисунках используются документы КИКМ.

18 октября 1931 г. взамен НТС, подчиненного тресту «Апатит», было организовано при Центральном научно-исследовательском секторе ВСНХ СССР специальное Научно-исследовательское бюро по вопросам комплексного использования хибинской апатитонефелиновой породы (Бюро ЦНИС). Г.Н. Соловьянов был постоянным членом этого Бюро (рис. 2, 3).



Рис. 2. КП-4486 ОДФ-2617. Удостоверение. 22.07.1932. Соловьянов Г.Н.



Рис. 3. КП-4488 ОДФ-2619. Справка № 6/3. 26.05.1933. Соловьянов Г.Н.

Решения и постановления Бюро, а равно и запросы последнего в отношении научно-исследовательских работ, обращенные в научные институты и хозяйственные объединения системы ВСНХ, были признаны, согласно приказу ВСНХ, обязательными к выполнению, и этот пункт и составлял одно из существенных отличий функций Бюро от функций НТС при тресте «Апатит». Перед Бюро были поставлены следующие основные задачи: объединение, планирование и координирование научно-исследовательских работ, рассмотрение новых возможностей использования апатитонефелиновой породы, постановка работ в этом направлении, продвижение достижений институтов в промышленность, созыв съездов и конференций, консультации, содействие обмену опытом, издание специального печатного органа и т.д.¹⁰ [13].

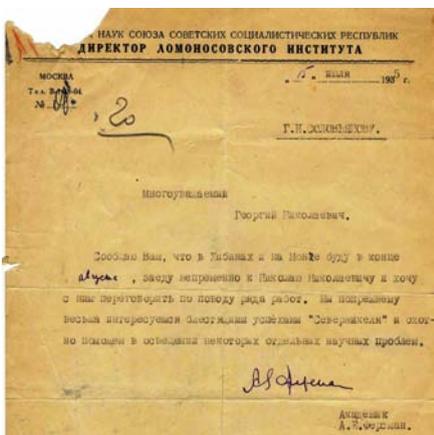


Рис. 4. КП-4875 ОДФ-2760. Телеграмма Соловьянову Г.Н. от Ферсмана А.Е. 15.07.1935

В 1935 г. проф. Г.Н. Соловьянов перешел работать из треста «Апатит» в управление «Североникель» (рис. 4) на должность начальника планового отдела [14, с. 266]. В Кольской базе АН СССР он работал по совместительству [15].

25 июня 1936 г. Ученый секретарь Кольской базы А.М. Оранжевская в сопроводительном письме к посланному в Комитет по базам и филиалам Академии наук СССР «уточненному плану работ Базы на 1936 год с Общей пояснительной запиской к нему и с записками к планам работ по отделам» сделала особый акцент на то, что «план работ экономико-географического отдела изменен полностью в связи с заключением договоров с трестом Апатит и со строительством «Североникель». При этом она поясняла, что «задержка в предоставлении уточненного плана была вызвана заключением договора с «Североникелем»» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.31. Л.7).

В Отчете Отдела за 1936 г. отмечалось, что «бюджетных средств на организацию и работу ГЭО выделено не было и единственной

финансовой базой нового отдела явились заключенные договора с хозяйственными организациями, работающими на Кольском полуострове. Первый договор был заключен с трестом «Апатит» на сумму 30 тыс. руб. Далее был заключен договор с Управлением строительства «Североникель» на сумму 40 тыс. руб., причем, однако, указанная сумма была за снятием со стороны заказчика некоторых тем уменьшена до 27 тыс. руб. Помимо вновь заключенных договоров на 57 тыс. руб., по

¹⁰ См.: Стенограмма заседания Бюро НИС НКТП по вопросам комплексного использования хибинской апатитонефелиновой породы от 11 февраля 1936 г. по вопросу «Отчет о работе Бюро НИС за 1935 г.» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.43).

договоренности с «Североникелем» был пролонгирован старый договор (1935 г.) на экономические работы на сумму 7,5 тыс. руб. Таким образом, общая сумма действующих договоров ГЭО составила 64,5 тыс. руб.» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.49. Л.42). В работе географо-экономического отдела по выполнению договорных работ участвовало 11 привлеченных работников.

Изменение плана работ по экономике на 1936 г., предложенного в начале года Н.М. Тощим, началось буквально с первых же дней работы Г.Н. Соловьянова в Кольской базе.



Рис. 5. КП-4876. ОДФ-2761. Удостоверение. 08.04.1936. Соловьянов Г.Н.

Так, в Кировском историко-краеведческом музее имеется удостоверение, выданное Г.Н. Соловьянову 8 апреля 1936 г. Кольской базой, о том, что «он действительно является Заведующим Экономико-географического отдела Кольской Базы» с особой дополнительной припиской, что «при разъездах, связанных с выполнением плана работ, настоящее удостоверение заменяет собой командировочное удостоверение» (рис. 5).

11 апреля 1936 г. было проведено Совещание у главного инженера треста «Апатит» Н.Н. Владимировой совместно с представителями Кольской базы Академии наук СССР по вопросу рассмотрения плана работ экономического сектора базы во II и III кварталах 1936 г.

Приводим полное содержание протокола по всем вопросам этого совещания, так как это имеет

большое значение для характеристики взаимоотношений руководства треста «Апатит» и Кольской базы АН СССР в то время.

«От Треста «Апатит» присутствовали: начальник научно-исследовательского сектора¹¹ М.Е. Раковщик, инженер Кожевников А.В., зам плановым отделом Краснов В.А. ...

От Кольской базы АН СССР – и.о. Ученого Секретаря А.А. Петухов, Зав. Экон. Сектором проф. Соловьянов Г.Н., научные работники – аспиранты т.т. Ковальская Н.Я. и Луцкий С.Л.

I. Слушали: Информационное сообщение и.о. Ученого Секретаря Кольской базы Академии наук СССР т. Петухова о реорганизации Базы согласно распоряжения Непременного секретаря Академии Наук акад. Горбунова, произведенной с той целью, «чтобы развернуть ее всесторонне в соответствии с интересами хозяйственного освоения богатств Кольского полуострова» (письмо № 62-125 от 26, 02.1936 г. на имя тов. Кондрикова), а именно ряда работ, как-то вопроса изучения лавин, изучения использования нефелина и изучения сейсмических явлений, а также укрепления штата Базы новыми сотрудниками.

Постановили: Признать большое значение произведенной реорганизации, имея в виду, что ранее существовавшее положение, в особенности в области экономики, не обеспечивало развития хозяйства трест «Апатит».

II. Слушали: Доклад Зав. Экон. сектором Базы проф. Соловьянова Г.Н. о плане работ сектора во II и III кв. текущего года.

Постановили: Признать доложенную тематику, как-то:

1. Рассмотрение н/х эффективности производства из апатита концентрированных удобрений.
2. Рассмотрение возможностей экспорта концентрированных удобрений.
3. Определение роли и значения апатита в металлургии.
4. Выявление ближайших путей использования нефелина и точек его переработки.
5. Детальный экономический просчет строительства глиноземного, цементного и термофосфатного завода в Кандалакше в связи с новой народно-хозяйственной конъюнктурой, выраженной в решениях и постановлениях партии и правительства – правильной.

Также правильными и отвечающими запросам хозяйства признать следующие намечаемые экономическим сектором базы работы:

¹¹ Заметим, что кроме названного ранее Бюро ЦНИСа, являющегося органом консультирующим и объединяющим все учреждения, работающие над апатитонепфелиновой проблемой, трест «Апатит» для своей повседневной работы организовал собственное научно-исследовательское подразделение. См.: например [16].

1. Рассмотрение в новом разрезе всей проблемы топливоснабжения промышленности Кольского полуострова (торф, лесные отходы, вторичный уголь, конкуренция в завозе мазута и углей).

2. Построение энергобаланса Кольского промышленного узла по периодам.

3. Исследование проблемы получения местной серной кислоты.

4. Исследование возможного значения методов хлорирования.

5. Изучение отходов производства на предмет их использования (шлаки, шламы, жидкие отходы).

6. Всестороннее определение значения оленеводства в современной обстановке развития производительных сил и значения Кольского полуострова.

7. Анализ первоочередного ж.д. строительства на севера (соединение севера с Москвой и Ленинградом широтными и меридиональными линиями).

В свою очередь, Совещание полагает необходимым дополнить предложенную докладчиком тематику следующими вопросами:

1. Изысканием способов улавливания отходящих жиров (флото-реагентных) обогатительной фабрики с их последующим использованием.

2. Изучение возможностей промышленного использования эвдиалитов в огнеупорной промышленности.

3. Уточнением ближайших перспектив сфена.

III. Слушали: Сообщение и.о. Ученого Секретаря Базы т. А.А. Петухова о финансовом положении Базы и в связи с этим о заявлении Управляющего Трестом тов. Кондрикова, сделанном непременно секретарю Академии Наук СССР акад. Н.Н. Горбунову о выделении Трестом специальных сумм для финансирования работы Базы.

Постановили: По приезде тов. Кондрикова¹² уточнить вопросы финансирования Кольской базы Академии наук СССР и утвердить обсужденный на данном совещании план с внесением в него необходимых дополнений и замечаний» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.51. Л.2-3).

В Плане работ экономо-географического отдела Кольской базы Академии наук СССР на 1936 г. (далее – План работ Отдела на 1936 г.), посланном в Комитет по базам и филиалам Академии наук СССР 25 июня 1936 г., перечень проблем (тем) по заключенным договорам с трестом «Апатит» с указанием их содержания, руководителя и исполнителей выглядит следующим образом:

1. Проблема получения на Кольском полуострове окиси алюминия // Детальный экономический просчет Кандалакшского глиноземного комплекса в связи с новой народнохозяйственной конъюнктурой // (Соловьянов, Талмуд, Волинец).

2. Рассмотрение народнохозяйственной эффективности производства из апатита концентрированных удобрений // Выгодность и целесообразность производства двойных суперфосфатов // (Соловьянов, Сакович, Кабанова).

3. Выявление ближайших путей использования нефелина и точек его переработки // Нефелин из сернокислого глинозема. Нефелин для получения геля и инсектоfungистов // (Соловьянов, Волков, Влодавец).

4. Рассмотрение возможности экспорта концентрированных удобрений за пределы Кольского полуострова // Экспорт двойных суперфосфатов // (Соловьянов, Кабанова, Покшишевский).

5. Использование апатита в металлургии и ее отходах // Утилизация шлаков Монче тундры на новый вид фосфорных удобрений // (Соловьянов, Черников, Баженов, Кожевников).

6. Выявление себестоимости Кольского никеля на основе данных СНОПа¹³ и всех прочих материалов // Учет ценообразующих факторов, оценка и анализ отходов с целью их комбинирования и утилизации // (Соловьянов, Баженов, Хахам, Беленький).

7. Изучение возможности использования сфена // Возможность получения титановых белил // (Соловьянов, Джексон, Райко).

8. Изучение местного редкометалльного сырья и его сопоставления с аналогичным сырьем в других районах и импортными странами // Выгодное получение ниобия и тантала // (Соловьянов, Дибман, Червинский и другие еще не назначенные).

¹² Отметим, что 1 июня 1936 г. приказом народного комиссара тяжелой промышленности СССР Г.Г. Гербер был назначен управляющим трестом «Апатит» [17, с. 79].

¹³ «Союзникельоловопроект».

Переходя к обзору характера выполнения тем по договору с трестом «Апатит», отметим, что только *три темы были выполнены* в пределах установленных в договоре сроков, по всем остальным сроки выполнения были не соблюдены. Представляется, что это во многом было обусловлено такими обстоятельствами, что все работы выполнялись «сторонними» исполнителями, которые при представлении работ были далеко не те, что намечались первоначально в плане.

Так, например, первоначально в *Плане работ Отдела на 1936 г.* была заявлена работа с названием темы «Выявление ближайших путей использования нефелина и точек его переработки» с исполнителями: Соловьянов, Волков, Влодавец. В *Отчете Отдела за 1936 г.* она фигурирует под названием «Определение направлений и пунктов потребления нефелина внутри СССР /кроме алюминиевой промышленности/. В *Отчете о плане работ Отдела в 1936 г.* она представлена как «О современных направлениях в деле внедрения нефелина в промышленность и точках возможного использования последних» с исполнителями Коган Б.И. и Кагли Б.И. В описи № 5 есть работа на титуле которой указано: «Технико-экономический обзор современного состояния применения нефелина во всех отраслях промышленности /кроме производства алюминия / Кировск – Москва – Ленинград. 1937 г.».

О завершении работы к 15 июня 1936 г. по трем темам, выполняемым по договору с трестом «Апатит», рапортуется уже в Отчете Отдела за 1 полугодие 1936 г.

Дадим собственное впечатление о сути этих работ, а по третьей о соответствии содержания выполнения ее названию.

В качестве первой возьмем тему, названную «Выявление себестоимости Кольского никеля на основе данных СНОПа и всех прочих материалов». В Отчете о плане работ Отдела в 1936 г. эта тема стоит уже под названием «К вопросу определения себестоимости кольского никеля» с исполнителями: Кожевников А.В., Левин Л.А., Соловьянов Г.Н.

Имеются два документа по выполнению этой темы (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.59):

«Предварительная записка об элементах снижения стоимости никеля в комбинате Монче-Тундра. 1 вариант» от 24 апреля 1936 г. с местом для подписи «проф. Соловьянов» и «горный инженер Кажевников»¹⁴. (Л. 1-10) с приложением «Подсчеты к записке по возможности снижения стоимости никеля» (Л.11-13).

«Докладная записка о возможном снижении стоимости никеля на комбинате «Североникель» в Мончегорске. 2-ой вариант» от 16 июня 1936 г. с местом для подписи «Левин» (Л. 14-24).

Как заявлено в этих записках, в них «рассматривается технико-экономическая сторона» законченного СНОПом проекта комбината «Североникель». При ознакомлении с содержанием этих записок создается впечатление, что в рамках обыденной деятельности специалистов предприятия произведены подсчеты того, на сколько возможно понизить стоимость никеля путем списания с нее серы (для выпуска серной кислоты), кобальта, платины, палладия, золота, шлаков при нахождении путей их использования. Но вот оформлены эти подсчеты почему-то как договорная работа.

В качестве второй возьмем тему, названную «Определение возможности использования шлаков медно-никелевого комбината в Монче-тундра на удобрения». В Плане работы Отдела на 1936 г. она шла под названием «Использование апатита в металлургии и ее отходах» с пояснением «Утилизация шлаков Монче-тундры на новый вид фосфорных удобрений», в перечне исполнителей тогда были указаны Соловьянов, Черников, Баженов, Кожевников. В Отчете о плане работ Отдела в 1936 г. эта тема вновь идет под первоначальным названием, но с сокращенным перечнем исполнителей: Соловьянов Г.П., Черников Л.А. Необходимо отметить, что инженер Л.А.Черников был очень известен в те времена¹⁵. Его работы регулярно финансировал трест «Апатит», поэтому довольно необычно звучит выделенная нами фраза в предложении из Отчета Отдела за 1936 г.: «Кольская База АН проявила инициативу в разработке этого вопроса, как путем *помощи инж. Черникову в деле технологического освоения нового метода*, так и в рассмотрении и детальном подсчете производства синтетического томас-шлака с технико-экономической стороны». Экономическая сторона этой темы находится полностью в пределах названной первой темы, что собственно и отмечается в сделанном кратком пояснении ко второй теме. Т.е. подсчеты произведены, как и в первом случае, в рамках обыденной деятельности специалистов предприятия, но оформлены как договорная работа.

¹⁴ В отличие от написания через «о» этой фамилии в ряде других документах архива КНЦ РАН написание через «а» вернее. См. статьи [18, 19].

¹⁵ См., например, «Использование апатитов в металлургии и ее отходах. Кировск – Москва – Ленинград. 1937 г.» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.55), где в отношении Монче-тундры особо отмечено (Л. 12-15).

В «Научных документальных материалах Отдела экономики за 1932–1957 гг.» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5) никаких следов о выполнении работы по данной теме нет.

Третья тема, работа по которой представлена в качестве законченной на 15 июня 1936 года в отчете за 1 полугодие 1936 г., имела название «Проблема получения на Кольском полуострове окиси алюминия». По ней в Плане работ Отдела на 1936 г. было сделано добавление «Детальный экономический просчет Кандалакшского глиноземного комплекса в связи с новой народнохозяйственной конъюнктурой» и в графе «Руководитель и исполнители» указаны: Соловьянов, Талмуд, Волынец.

В Записке к плану работы Отдела на 1936 г. было сказано, что «недостаток угля, имевший место раньше и повлекший за собой консервацию строительства в Кандалакше, ныне в значительной мере изжит. Еще недавно не имевшие место особенно крупного значения щелочные удобрения типа термо-фосфат, в связи решением партии и правительства использовать в ближайшие годы нечерноземный почвы прямо ставит вопрос о подыскании для этой цели новых видов туков, среди которых термо-фосфат является одним из наилучших. Тоже самое и цемент: в период начала первой пятилетки индустриализация Кольского полуострова на вяжущие материалы, как это имело место в данный момент. Из перечисленных положений вытекает, что Кандалакша, как сосредоточение комплексного использования нефелинового сырья за последние годы приобрела еще большее значение, чем это имело место тогда, когда этот вопрос был снят с порядка дня по причине отсутствия топлива».

В этом контексте (цемент и термо-фосфат) идет речь в «краткой записке», представленной в документах Отдела без указания ее авторов, под названием «О комплексной переработке нефелиновых отходов в г. Кандалакше на Кольском полуострове» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.36). Заметим, что завод окиси алюминия в Кандалакше на 40 тыс. т окиси требовал не только 180 тыс. тонн нефелинового концентрата [20, с. 120], но и 300 тыс. тонн известняка [21, с. 141], последний являлся одним из определяющих факторов выбора места размещения такого завода, но в «краткой записке» об этом не сказано ни одного слова. Разумеется, здесь нет ничего такого, что, в общем-то, является обязательным для детального технико-экономического анализа (описания схемы производства, спецификации и сметы, расходные коэффициенты, калькуляции и т.д.).

Никаких других материалов Отдела по этой теме в архиве КНЦ РАН нет.

В Отчете о плане работ Отдела в 1936 г. эта тема стоит под (довольно многообещающим) названием «Детальный экономический просчет Кандалакшского глиноземного комплекса», однако указан только один исполнитель – Соловьянов Г.Н. Причем к этой работе сделано пояснение, что «непосредственно зав. отделом проф. Соловьяновым проработан вопрос экспорта кольского нефелина на внешние рынки. В результате этой работы из заграницы поступили первые крупные запросы на нефелиновое сырье как постоянный источник снабжения предприятий иностранной алюминиевой промышленности». В отчете Отдела за 1 полугодие наряду с сообщением о том, что «в трест поступил ряд запросов на крупные партии образцов нефелиновых концентратов», также сообщалось, что «имеется предложение Чехословацкой фирмы на постройку на своей территории завода по переработке нефелина на окись алюминия (заявление представителя Промэкспорта тов. Васильева)».

Из отмеченного выше следует, что содержание проведенного исследования имеет мало общего с названием «Детальный экономический просчет Кандалакшского глиноземного комплекса». Учитывая большое число работ, имевших место в то время по Кандалакше, можно с большой долей вероятности сказать, что *ничего нового в отношении экономической части глиноземного комплекса в работе по этой теме не было*¹⁶.

Высказанное здесь собственное впечатление о трех так скоропалительно завершенных договорных работах было вызвано тем, *что нередко приходится встречаться чуть ли не с рекламой такого рода работ у авторов, которые не утруждали себя каким-либо большим ознакомлением с такими работами, кроме как только с их заголовкам* (но и даже заголовки-то одного и того же могут быть в разных местах разные!).

Работы по всем остальным темам из договора с трестом «Апатит» не были выполнены в установленные сроки. О судьбе их будет сказано позже.

¹⁶ Заметим, что в книге «Кандалакша», вышедшей в 1968 г. в серии «Города и районы Мурманской области», нет даже и маленького намека на то, что в 1930-е годы обсуждалось строительство в Кандалакше глиноземного комплекса. Ни один из заводов, планируемых тогда к размещению в Кандалакше для комплексного использования апатитнефелиновой породы, не был построен.

Перейдем к рассмотрению выполнения в Отделе в 1936 г. работ по договорным темам с «Североникелем».

Как уже было сказано, договор с Управлением строительства «Североникель» первоначально был заключен на сумму 40 тыс. руб., но затем указанная сумма была за снятием со стороны заказчика некоторых тем уменьшена до 27 тыс. руб. Кроме этих договоров 1936 г., по договоренности с «Североникелем» был пролонгирован старый договор (1935 г.) на экономические работы на сумму 7.5 тыс. руб.

Подробности об этой пролонгации можно прочитать на титульном листе представленной в 1937 г. И.Н. Левиным работы «Экономическое исследование о месте медно-никелевого комбината в системе горнопромышленного комплекса Кольского полуострова», на котором за подписью Соловьянова написан следующий текст: *«Настоящая работа составлена по договору Кольской базы с «Североникелем, заключенному еще в 1935 г. (в бытность экономистом базы т. Тоцкого Н.М.). По нерадению базы и полной бездеятельности администрации базы договор был пролонгирован и выполнен. Об указанном факте я рапортом довел до сведения зав. базы – летом истекшего (1936) г. Соловьянов».*

Что касается тем, снятых со стороны заказчика, то их было две.

Первая из них в Плане работ отдела на 1936 г. имела название «Анализ экономической части проекта строительства Североникель», а в Отчете о плане работ Отдела в 1936 г. она названа как «Анализ технико-экономической части проекта Комбината «Североникель»¹⁷ с указанием исполнителя по ней – Левин Л.Н. и с пояснением: «Данная работа была по желанию заказчика прекращена в стадии окончания сбора материалов, так как, якобы, судя по письму заказчика первоначальные данные настолько изменились, что самая работа не представляла бы того интереса, который ей придавался при заключении договора».

Вторая тема в Плане работ отдела на 1936 г. имела название «Экономическое обоснование соотношений стоимости металлов в послевоенный период (1920-1934 гг.)». В Отчете о плане работ Отдела в 1936 г. она названа «О ценах за границей в послевоенный период на платиновую группу металлов и золото» с указанием исполнителя по ней – Попов К.А. и с пояснением о том, что, согласно письму «Североникель», эта работа должна была быть снята, однако «письмо запоздало, и работу, несмотря на предложение «Североникеля» немедленно свернуть, База продолжила и сдала заказчику в более широком рассмотрении вопроса».

В архиве КНЦ эта работа в 1936 г. представлена под названием «Попов П.А. Современное состояние применения, добычи и потребления платиновой группы металлов в капиталистических странах. Научная работа» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.39).

Тема работы, выполняемой в 1936 г. по пролонгированному с 1935 г. договору, в годовом Отчете называлась «Технико-экономическое исследование «О месте Мончегорского медно-никелевого комбината в народном хозяйстве СССР». Работа была закончена с запозданием «ввиду запоздания финансирования со стороны заказчика». В архиве КНЦ РАН есть экземпляр соответствующей работы с названием «Левин И.Н. Экономическое исследование о месте медно-никелевого комбината в системе горнопромышленного комплекса Кольского полуострова» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.60).

Фактически по договору, заключенному Управлением строительства «Североникель» с Базой в 1936 г., с учетом отмеченого выше снятия двух тем, выполнялась только одна тема, которая в Отчете о плане работ Отдела в 1936 г. названа «О сравнительной эффективности кап. вложений в 3 комбината < : > Прибалхаш., «Североникель», Орский (ЮМЗ)», в списке исполнителей которой было указано: Вольнец Ф.С., Гензелович М.О., Рура Д.М. и др. Эта работа также не была закончена в срок «ввиду несоблюдения заказчиком плана финансирования».

В Отчете Отдела за 1936 г. относительно этой работы написано: «База считает, что сложность этой работы настолько велика, что данный этап работы никак не может считаться окончательным и что данная работа подлежит развитию в дальнейшем, что будет согласовано с «Североникелем» в ближайшие дни».

¹⁷ Снятие этой темы по договору с «Североникелем» было вполне ожидаемое, так как такого рода вопросы решаются на уровне экономистов самого предприятия (плановый отдел возглавлял в то время как раз Г.Н. Соловьянов). См.: например, Приказ по Северному горно-химическому тресту «Апатит» № 139 от 16 марта 1932 г., в котором написано: «В связи с окончанием Технического проекта Гипрохимом Аллюминиевого завода в Кандалакше, предлагаю нижеуказанным сотрудникам треста «Апатит» приступить к рассмотрению проекта и дать письменное заключение... Экономисту Соловьянову Г.Н. по экономической части, ... инж. Владавцу Н.И. по технологической части» (Архив ОАО «Апатит»).

Как отмечено в Отчете Отдела за 1936 г.: «сверх плана, в связи с отсутствием литературы по изучению производительных сил Кольского полуострова ГЭО предпринял крупную работу по составлению монографии на эту тему. Объем намеченной к изданию в 1937 г. книги по этому вопросу равен 20 печатным листам. Книга рассматривает историю развития производительных сил Кольского полуострова и историческое прошлое этого района не только с точки зрения освещения нашей русской литературы, но с точки зрения литературы финской и скандинавской. Необходимость организации такой работы диктовалась еще и тем, что в ближайшее время состоится Геологический конгресс, значительная часть делегатов которого особенно интересуется Кольским полуостровом и, по-видимому, будет предъявлен большой спрос на материал по этому вопросу. Если представится возможным, а это всецело зависит от помощи Президиума АН и ленинградских областных организаций – книгу хотелось бы издать к 20-летию Октябрьской революции с тем, чтобы предварительные данные были выпущены в виде краткой брошюры к Геологическому Конгрессу в июле 1937 г.»

Однако в 1937 г. экономические исследования в Кольской базе были прекращены. Приведем касающиеся этой проблемы пункты из Постановления заседания Президиума Комитета по филиалам и базам Академии наук СССР от 26 июля 1937 г.:

«2. До окончательного принятия плана работ Базы на 3 пятилетие считать, что основными направлениями в работе Кольской базы должны быть разработка геолого-геохимических, ботанических, климатологических и зоогеографических проблем.

3. В дальнейшем, по мере накопления научных сил, База должна организовать разработку техно-экономических проблем Мурманского округа, оказывая в разрешении этих вопросов научную помощь и консультацию местным организациям, объединяя для осуществления этой цели местные и центральные научно-экономические силы.

4. Для осуществления указанного в п.3 направления, до окончательного подбора научных сил, считать возможным объединение работ Базы с филиалом Географо-Экономического Института, путем организации постоянного отделения Базы с нахождением его в г. Мурманске.

5. Работы указанного отделения проводятся по планам Базы, согласованным с Окрпланом Мурманского округа и окончательно утвержденным Академией наук» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.55. Л.18).

Некоторые сведения о судьбе договорных работ, о судьбе Г.Н. Соловьянова в 1937 г., а также о судьбе Отдела в 1937 г. содержатся в Акте от 15 сентября 1937 г. о сдаче и.о. ученого секретаря Кольской базы АН СССР тов. Дараганом Венедиктом Харлампиевичем вновь назначенному Президиумом АН СССР ученому секретарю Кольской базы тов. Барышеву Тимофею Тимофеевичу дел Базы АН СССР (Ф.1. Оп.6. Д.57).

Относительно выполнения научно-тематического плана отделами Базы в качестве общего по отделам Базы записано: «Утвержденный Комитетом по Зав. Филиалами и Базами АН СССР план научных работ отсутствует¹⁸. Отделы в своей работе в 1937 году руководствовались научным планом, утвержденным директором Базы, академиком Ферсманом А.Е. в марте с.г.», а по географо-экономическому отделу: «В 1937 году работы планом не предусмотрены. Работы же 1936 года по договорам с трестами «Североникель» и «Апатит» по вине б. заведующего названным отделом Г.Н. Соловьянова не выполнены в установленный срок, признаны заказчиком¹⁹ в качественном отношении неудовлетворительными и не подлежат оплате, в связи с чем против Соловьянова было возбуждено Кольской базой судебное дело. В настоящее время работы Соловьянова направлены судебными органами на экспертизу». В разделе «Выполнение плана издательства на 1937 год» среди работ, которые не будут выполнены, отмечено: «История развития народного хозяйства Кольского полуострова» автор Соловьянов Г.Н.»²⁰.

¹⁸ В записке от 25 января 1937 г. зам директора Базы Чернобаева сообщается, что «в программном Отделе Академии наук СССР стоял доклад о программе работ Кольской базы Академии наук на 1937 год, от Базы присутствовали кроме меня, проф. Г.Н. Соловьянов, А.И. Лабунцов и А.В. Гурский. ... В 1937 г. произошло новое в деле слушания и утверждения планов работ Филиалов и Баз, в этом году докладчиками являлись не представители мест, а рецензенты Академии наук, а представители мест выполняли роль защитников программ» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.32. Л.3).

¹⁹ Как уже было отмечено, 1 июня 1936 г. управляющим трестом «Апатит» был назначен Г.Г. Гербер, т.е. работу Г.Н. Соловьянова по договорам 1936 года уже оценивало новое руководство. Более того, ситуация в начале 1937 года была такова: 16 марта 1937 г. был арестован В.И. Кондриков (расстрелян в декабре этого же года как «враг народа»).

²⁰ В 1941 году Г.Н. Соловьянов опубликовал свою статью «Пути промышленного развития Мурманской области» в «Известиях Всесоюзного Географического общества» (Том 73, вып.1. С. 41–49).

В сопроводительном письме заместителя председателя Комитета по филиалам и базам АН СССР И.А. Дорошева от 14 октября 1937 г. на имя ученого секретаря Кольской базы АН СССР т. Барышева Т.Т. перечисляются направляемые на Базу «работы и данные заключения экспертов по ним:

1. П.А. Попов. «Современное состояние применения, добычи и потребления платиновой группы металлов в капиталистических странах» с отзывом проф. О.Е. Звягинцева.
2. «Сравнение народно-хозяйственной эффективности капиталовложений в комбинаты цветной промышленности: Кольский, Орский и Прибалхашский» с отзывом проф. В.А. Пазухина.
3. «Экономическое исследование о месте медно-никелевого комбината в системе горно-промышленного комплекса Кольского полуострова» с отзывом проф. В.А. Пазухина.
4. Б.Н. Коган. «Применение нефелина в сельском хозяйстве» с отзывом Ученого специалиста Научно-исследовательского Института Удобрений и инсектофунгесидов тов. Л.И. Королева».

При этом в конце письма сделана приписка: «Отзывы по этим работам направлены в Мурманск следователю облпрокуратуры т. Смирнову» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.62. Л.1а).

Чтобы получить представление о сути и назначении этих отзывов, приведем некоторые места из них по работам, приведем под номерами 1, 3 и 4. Так как неудовлетворенность по второй работе была выражена уже в Отчете Отдела за 1936 г.

В отзыве по первой работе пишется, что «не обладая специальными знаниями в области экономики и техники благородных металлов, представляющих довольно запутанные области, автор не подошел к собранному материалу критически. Доверившись иностранным источникам, он часто берет на веру рекламные сведения ... Сводку П.А.Попова нельзя считать квалифицированной научной работой. Это лишь свodka материалов, в большинстве случаев уже появившихся в печати в СССР, ... материалы требуют критической переработки и дополнения квалифицированными силами» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.36. Л.1-2.).

В отзыве от 6 октября 1937 г по третьей работе в заключении читаем:

«Изложенное выше показывает, что рецензированная работа является весьма слабой во всех частях. Совершенно непонятно для какой цели эта работа было выполнена, т.к. по самому существу она и при блестящей разработке отдельных глав не имела бы никакой практической ценности для «Североникеля». хотя и была бы весьма полезна лицам, желающим ознакомиться с общими вопросами экономики минеральной промышленности Кольского полуострова» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д. 62. Л.15).

В отзыве по четвертой работе написано:

«Не совсем понятно, какую цель преследовал автор при составлении данного обзора и какое конкретное задание давалось ему лицами, поручавшими составить такое описание. Во всяком случае, считать рецензируемую работу обзором дающим «наиболее полные и свежие данные по вопросу о применении нефелина в сельском хозяйстве» (см. резолюцию на титульном листе) нельзя и, конечно, данная работа такой цели не соответствует. Составление таких поверхностных обзоров может иметь место в тех случаях, когда в короткий срок необходимо получить общее представление о состоянии разработки того или иного вопроса, причем эти обзоры предназначаются для текущей работы того или иного учреждения (так сказать для «внутреннего обихода»). Если же при выполнении этой работы преследовались цели полного освещения вопроса о применении нефелина в сельском хозяйстве и она выполнялась по специальному заданию заинтересованного учреждения (с отпуском по договору соответствующих ассигнований), то заказчик не должен был бы удовлетвориться такого рода поверхностными компиляциями». (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д. 56. Л.1).

На увесистую (более 100 напечатанных на машинке страниц) работу, выполненную для Кольской базы проф. Кочетковым В.П. и инж. Левенсоном Р.И. по теме «К вопросу о производстве двойных суперфосфатов из флотированного апатита на Кольском полуострове (в г. Кировске)», Комитет по заведыванию филиалами и базами АН СССР определил три специалиста для экспертизы. Общая оценка работы такова:

«Никакой научной ценности данная работа не представляет. Она даже не может претендовать на название самостоятельной исследовательской работы, которая освещала бы хоть какую-либо сторону затрагиваемого вопроса. В подавляющей своей части она является неудачной компиляцией некоторых технологических и физико-химических работ НИУИФ, причем во многих вопросах эта компиляция просто искажает и передает неверно исследовательские работы. Неясно почему Эконом.-Географич. Отдел Кольской Базы Академии Наук вел подобного рода работы, к тому же передавая их выполнение на сторону отдельным лицам не специалистам. Очевидно, своих специалистов

соответствующей квалификации он не имел. Само собою разумеется, что поставленный в заглавии вопрос о производстве двойного суперфосфата на Кольском полуострове не получил ни малейшего освещения в данной работе» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.58. Л.11).

Сегодня можно лишь предположить, почему такой разброс по темам договоров был у Г.Н. Соловьянова, почему работа по ним была от нескольких листочков до целых пространных фолиантов с претензией на обобщение. По своей сути они, конечно, явно не были рассчитаны на использование в конкретном предприятии, а вот для уровня информирования НКТП СССР (о чем, кстати, есть отдельные примечания к этим работам), тем более для работы Бюро НИС при нем, о чем было выше сказано, это были вполне действенные внутренние документы.

Исходя из предложенного видения ситуации, следует, что Г.Н. Соловьянов как бы предвосхитил предложение акад. А.Е. Ферсмана, высказанное им в начале 1937 г. относительно судьбы ликвидируемого тогда Бюро НИС НКТП по хибинским проблемам: «Кольской базе АН СССР должна перейти одна из функций этого Бюро, а именно увязка и согласование всех научно-исследовательских работ по проблемам полезных ископаемых Кольского полуострова, которые в то время прорабатывались целым рядом научных учреждений и заводскими лабораториями, просмотр всех планов, заслушивание отчетов и составление первых докладных записок по отдельным вопросам на имя Главков и в органы тяжелой промышленности» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.47. Л.41).

В Кировском историко-краеведческом музее есть запись телефонного разговора главного хранителя музея В.С. Худобиной с дочерью Г.Н. Соловьянова, в котором дочь рассказала, что 5 ноября 1937 г. Г.Н. Соловьянов был арестован, а в 1940 году освобожден.

Отчет о работе Кольской базы Академии наук Союза СССР за 1937 г. содержит характерные для того времени пассажи, в одном из которых говорится о «врагах народа Чернобаеве (Зам. Директора Базы) и Кондрикове (бывш. Упр. треста «Апатит»), которые направляли деятельность базы... на удовлетворение интересов людей, не заслуживающих ни политического доверия (сосланные за контрреволюцию – Тихомиров И.К., Тереховко), ... или проходимцев типа Соловьянова, Маляровского и проч.» (НА КНЦ РАН. Ф. 1. Оп.6. Д.50. Л.1).

В постановлении Общего собрания сотрудников Кольской базы Академии наук СССР от 16 января 1938 г. по годовому бухгалтерскому отчету за 1937 год было отмечено, что «не было достаточного контроля со стороны бухгалтерии за финансированием заключенных договоров (договора с Маляровским и Соловьяновым)» (Ф.1. Оп.6. Д.66. Л.88).

В одном из комментариев к опубликованным дневникам В.И. Вернадского содержатся следующие сведения относительно Г.Н. Соловьянова в эти тревожные для него годы: «В июне 1938 на имя президента АН СССР В.Л. Комарова поступила жалоба бывшего заведующего экономическим отделом профессора Г.Н. Соловьянова, в которой А.Е. Ферсман обвинялся в «самоустранении от постановки и проработки актуальной для народно-хозяйственной тематики», «отмежевании в отношении мурманских руководящих, хозяйственных, научных и общественных организаций» и т.п. При этом Г.Н. Соловьянов указал, что им в прокуратуру направлена соответствующая документация (см.: АРАН. Ф. 188. Оп. 1. Д. 655. Л. 1-2)» [22].

И.Т. КУЗЬМИНОВ

Экономические исследования в Кольской базе возобновились лишь в 1938 г., когда в его структуре был образован географический отдел в составе 4 групп: а) *эконом-географической*, б) *физико-географической*, в) *климатологической с метеорологической станцией*, г) *торфяной*.

Заведующий географическим отделом Кузьминов И.Т., в единственном числе представивший эконом-географическую группу, начал работу в августе 1938 г.²¹ (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.63. Л.10, 78).

В Отчете о научно-исследовательской работе Кольской базы за второй квартал 1938 г. от 2 августа 1938 г., подписанном ученым секретарем Кольской базы, по географическому отделу записано: «Утвержденный Президиумом Академии заведующий географическим отделом Базы Кузьминов Иван Тихонович и старшие научные сотрудники Тарасов и Казанов до сего времени не приехали. Следовательно, работы по теме «Изучение экономической и физической географии» не проводилось» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп. 6. Д.74. Л.12).

²¹ Заметим, что уже в сентябре 1938 г. И.Т. Кузьминов опубликовал в «Кировском рабочем» статью о географических и экономических проблемах Мурманской области в связи с разработкой плана научно-исследовательских работ Кольской базы АН СССР на 3-ю пятилетку [23].

В эконом-географической группе по плану на 1938 г. намечалась подготовительная работа по составлению эконом-географической монографии Кольского полуострова²². Эта работа была выполнена в части составления и утверждения программы монографии, сбора и систематизация материалов. Кроме того, в этой группе, как отмечено в Кратком отчете о деятельности Кольской базы Академии наук СССР за 1938 г. (подписанном и.о. ученого секретаря Кольской базы АН СССР, зав. географическим отделом И.Т. Кузьминовым), была проведена следующая работа: «*Дан анализ географо-экономических работ базы 1936-37 гг., проводившихся под руководством бывшего Заведующего географо-экономическим отделом Соловьянова и заключение послано в Комитет по Филиалам и Базам. Анализ показал неактуальность проводившейся тематики и неправильное направление в работе*».

В «Объяснительной записке к плану научно-исследовательских работ Кольской базы им. С.М. Кирова Академии Наук СССР на третью пятилетку и 1939 год» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.82. Л. 1-18) относительно географического отдела по группе экономическая география было отмечено, что эта группа на Кольской базе создается вновь во второй половине 1938 г. Задачей ее является изучение экономики и географии природных ресурсов Кольского полуострова, разработка и постановка перед соответствующими хозяйственными и планирующими органами вопросов использования этих ресурсов для нашего социалистического народного хозяйства, а также составление эконом-географической монографии по Кольскому полуострову. Перед группой поставлены следующие темы:

- а) Составление эконом-географической монографии Кольского полуострова;
- б) Использование Кейвских кианитов (район реки Поноя и Семиостровского погоста);
- в) Использование Кольских диатомитов;
- д) Проблема создания Кольско-Печорского металлургического комбината;
- г) Организация ниобо-танталового производства на базе Ловозерских лопаритов;
- е) Перспективы развития промышленности Мурманской области на 3-ю пятилетку.

Как говорится, планов по эконом-географической группе было громадье. Определенная виртуальность подобного перечисления тем вскрывается тут же, ибо сразу после перечисления тем говорится, что «эконом-географическая и физико-географическая группы совершенно не укомплектованы работниками и в этом вопросе нужны помощь Отдела кадров Академии Наук и Мурманских областных организаций» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.82. Л. 18).

В апреле 1939 г. из состава географического отдела была передана в Гидрологический отдел климатологическая группа и метеостанция (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.84. Л.22), а вскоре по Базе было произведено сокращение штата и географический отдел был полностью ликвидирован (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.84. Л.44) и экономические исследования тем самым прекращены.

Б.И. КОГАН

Возобновление экономических исследований в Кольском филиале АН СССР относится к 1950 г. Постановление Президиума АН СССР от 15 февраля 1950 г., определившее структуру Кольского филиала, было доведено до его сотрудников 10 марта 1950 г. (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.6. Д.177. Л.44-47). В перечне научных учреждений этой структуры был обозначен и *отдел экономики*.

Первое перспективное на многие годы видение работы отдела экономики было сделано старшим научным сотрудником этого отдела, к.э.н. Б.И. Коганом²³, имя которого сегодня в исторических материалах КНЦ РАН, не упоминается вовсе.

²² Надо отметить, что написание такого рода монографий было характерно для ГЭНИИ. Так, в информации, посвященной работе этого Института, Наркомпрос РСФСР в 1935 г. отмечал, что «самое существенное в проводимых за последние годы экспедициях – это собирание материалов для составления комплексно-географических монографий по отдельным районам СССР. Придавая исключительное значение этим монографиям, в настоящее время институт работает над созданием монографического очерка Мурманского округа, Ленинградской области в целом, по ДВК, Восточно-Сибирскому краю, Крыму» [2].

²³ Коган Борис Иосифович (р. 1908). В 1947 г. вышла из печати подготовленная в марте 1945 г. объемная книга А.Е. Ферсмана и Б.И. Когана «Минеральное сырьё зарубежных стран». В предисловии к ней академик П. Семенов пишет: «Академик А.Е. Ферсман до последних дней своей жизни продолжал работать на этой книгой при непосредственном и постоянном участии своего ближайшего сотрудника и соавтора по рукописи Б.И. Когана. ... Она впервые дает научно обоснованную трактовку понятия стратегического сырья... Она представляет собой синтез обширного материала, разбросанного по различным источникам, и освещает исключительно большой комплекс вопросов на основе нового понятия о геохимических узлах, узлах полезных ископаемых ... на фоне многочисленных данных о тех или иных месторождениях, о добыче того или иного вида сырья авторы вскрывают сложную картину экономических взаимоотношений, борьбы интересов различных стран» [24, с. 3].

В 1950 г. Б.И. Коган вел в Филиале большую научно-организационную работу: «составлял программу сессии Ученого Совета Филиала, готовил материалы для Президиума АН СССР и для Совета Министров СССР в связи с рассмотрением вопроса о структуре и штатах Филиала, готовил материалы для сессии Совета Филиалов, помогал акад. Белянкину в проведении ряда текущих вопросов» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.91.Л.4).

Суть проблем, на исследование которых была нацелена работа отдела экономики, была изложена Б.И. Коганом в его научном отчете за 1950 г. «Перспективы и пути промышленного использования полезных ископаемых Больших Кейв» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д. 84). Уже 1 июня 1950 г. (с окончанием 1 ноября 1953 г.), как написано в «Кратком отчете отдела экономики за 1951 г.» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д. 86), в отделе экономики началась работа по теме «Перспективы промышленного использования полезных ископаемых Кейвского района», руководителем этой работы назначен старший научный сотрудник, к.э.н. Б.И. Коган, в качестве исполнителя в ней определен младший научный сотрудник М.К. Мазуров²⁴ (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.86. Л.1).

Залогом успешного продолжения работы по экономике, начатой в КФАН СССР в 1950 г. Б.И. Коганом, являлось то, что она была тесно связана с работами других подразделений КФАН²⁵. Собственно, этим и была обусловлена передача исследований отдела экономики в группу экономики, образованную в Геологическом институте, согласно приказу по Кольскому филиалу АН СССР № 60 от 6 мая 1952 г. Этим приказом было предписано: «в целях обеспечения комплексных исследований по полезным ископаемым Кольского полуострова передать в состав Геологического института *группу экономики*»²⁶. Употребление в данном случае названия «группы экономики» было обусловлено тем, что наряду с названием «отдел экономики» в одном и том же документе того времени употреблялись для обозначения одного и того же и такие названия, как экономический отдел и экономическая группа²⁷.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экономические исследования в Кольском научном центре РАН, 1931-2001 годы. Институт экономических проблем и его предыстория. Краткий исторический очерк. Апатиты, 2002. 76 с.
2. Университеты и научные учреждения. Второе переработанное и дополненное издание. Москва-Ленинград: Объединенное Научно-Техническое Издательство, 1935. Режим доступа: http://leftinmsu.narod.ru/library_files/books/Univertsytety_narkompros_files/Univertsytety_narkompros.html.
3. *Золотницкая Р.Л.* Истоки и продолжение жизни // Санкт-Петербургский университет. 8 февраля 2004 года. № 3-4 (3659-3660). Режим доступа: http://journal.spbu.ru/2004/03/num_index.shtml.
4. *Тищенко В.Е.* Результаты химико-технологических исследовательских работ по использованию апатита и сопровождающих его пород в 1930 г. // Хибинские апатиты. Сб. III. Л.: Гостехиздат, Ленхимсектор, 1931. С. 3-22.
5. *Дюжилов С.А.* Развитие научных исследований на Кольском Севере. 1920–1941: дисс. канд. истор. наук.: 07.00.02. Петрозаводск, 2001. 235 с.
6. *Луцкий С.Л.* Без окраин // Кировский рабочий. 16.07.1936.
7. *Луцкий С.Л.* Заселение Кировского района // Кировский рабочий. 23.07.1936.
8. *Луцкий С.Л.* Кольский горнопромышленный район // Ученые записки Московского университета. Выпуск 24. География. М, 1939. С. 15-87.
9. *Ковальская Н.Я.* Экономико-географический очерк Ловозерского района // Ученые записки Московского университета. Выпуск 24. География. М, 1939. С. 88-115.
10. *Ивантьев П.И.* Хозяйственное освоение Хибинского месторождения // Хибинские апатиты. Сб. I. Л.: Издание Гостреста «Апатит». 1930. С. 264-273.
11. *Ферсман А.Е.* Апатито-нефелиновая проблема Хибинских тундр. Л., 1929. 96 с.
12. *Соловьянов Г.* Хибинский горно-химический комбинат (трест «Апатит») // Большая советская энциклопедия. Том 55. М.: ОГИЗ РСФСР, 1935. С. 516-522.
13. *Соловьянов Г.Н., Маркова Н.Н.* К вопросу планирования научных исследований по Кольскому промышленному комплексу (с приложением схемы «Научная база Кольского горно-энерго-химического комплекса») // Хибинские редкие элементы и пирротины. Сб. V. Л., 1933. С. 210-224.
14. *Киселев А.А.* Родное Заполярье. Мурманск: Кн. Изд-во, 1974. 512 с.
15. *Дараган, Луцкий, Аврорин.* Превратить Кольскую базу Академии наук в боевое научное учреждение // Кировский рабочий. 28.08.1937.
16. *Раковщик М.Е.* (трест «Апатит») Исследовательские работы по Кольскому Горно-Химическому Комбинату // Хибинские апатиты. Сб. VI. Л., 1933. С. 59-62.
17. *Барabanов А.В., Калинина Т.А.* «Апатит» – из века в век. Апатиты: Изд. Минералы Лапландии, 2004. 284 с.
18. *Кажевников. А.В.*

²⁴ Приказом по Кольскому филиалу АН СССР № 179 от 9 декабря 1950 г. на М.К. Мазурова было возложено также исполнение обязанностей заведующего аспирантурой Кольского филиала.

²⁵ См., например, Коган Б.И., Бельков И.В. Докладная записка «По вопросу строительства опытного горно-обогатительного кианитового предприятия на месторождении Тяпыш-Манюк в Кейвах, взамен Хизоварского месторождения» (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.92. Л.1-5).

²⁶ В 1957 г. на базе группы экономики Геологического института в образованном в Кольском филиале Институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья была организована *лаборатория экономики редкометалльного сырья*. В качестве параллельной справки заметим, что в 1956 г. на базе созданной в системе АН СССР 12 октября 1952 г. Лаборатории минералогии и геохимии редких элементов (ЛАМИГЭ) был образован первый и единственный в мире специализированный Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов АН СССР (ИМГРЭ), в котором *Б.И. Коган возглавил отдел экономики редких элементов*.

²⁷ См., например, материалы ученого секретаря Отделения экономики и права АН СССР о работе экономической группы Кольского филиала АН СССР, датированные февралем 1952 г. (НА КНЦ РАН. Ф.1. Оп.5. Д.91).

Обработка хибинских молибденовых руд // Хибинские редкие элементы и пирротиты. Сб. V. Л. 1933. С. 40-48. **19.** *Кажевников А.В.* (трест «Апатит»). Научно-исследовательские работы по технологии медно-никелевых руд Монче-тундры // Хибинские апатиты. Сб. VI. Л., 1933. С. 176-178. **20.** *Брусиловский И.К.* Техничко-экономические предпосылки производства окиси алюминия на нефелинах // Хибинские апатиты и нефелины. Сб. IV. Л.: Госхимиздат, Ленинградское отделение, 1932. С. 118-126. **21.** *Кондриков В.И.* Выбор площадки Химического комбината на базе апатито-нефелинового сырья // Хибинские апатиты и нефелины. Сб. IV. Л.: Госхимиздат, Ленинградское отделение, 1932. С. 138-146. **22.** *Вернадский В.И.* Дневники, кн. 1. Режим доступа: <http://www.srcc.msu.su/uni-persona/site/authors/vernadsky/1938.htm>. **23.** *Кузьминов И.Т.* Географические и экономические проблемы Мурманской области. К плану научно-исследовательских работ Кольской базы АН СССР на 3-ю пятилетку // Кировский рабочий. 29.09.1938. **24.** *Ферсман А.Е., Коган Б.И.* Минеральное сырье зарубежных стран. М.; Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1947. 566 с.

Сведения об авторе

Тараканов Михаил Афанасьевич – старший научный сотрудник; e-mail: tarakanov@iep.kolasc.net.ru.

22 июня 2011 г.

Указом Президента Российской Федерации за заслуги в области геологии и многолетнюю плодотворную деятельность присвоено почетное звание «Заслуженный геолог Российской Федерации» академику РАН, главному научному сотруднику – консультанту-советнику Геологического института Феликсу Петровичу Митрофанову.

25–28 августа 2011 г.

В Полярно-альпийском ботаническом саду-институте КНЦ РАН проводились мероприятия, посвященные его 80-летию. В торжественном заседании 26 августа, проходившем в Большом зале Дворца культуры г. Кировска, приняли участие более 200 человек. ПАБСИ поздравили представители Президиума РАН и КНЦ РАН, институтов Кольского, и Карельского научных центров, Уральского Отделения РАН, Мурманской областной думы, администраций Мурманской области, Мурманска, Кировска, Апатитов и других, вузов области, градообразующих предприятий, образовательных, медицинских и социальных организаций, с которыми проходит тесное сотрудничество ПАБСИ.

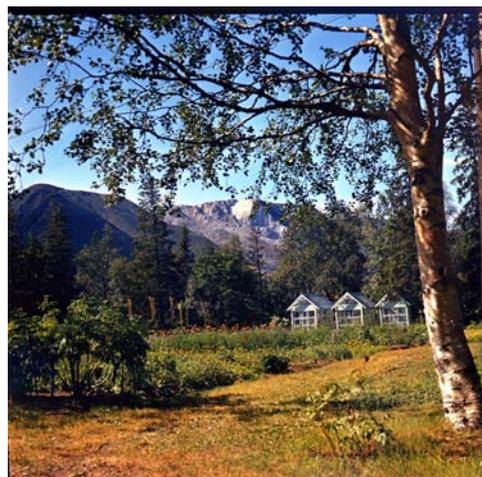


Посещение оранжереи ПАБСИ президентом РАН ак. Г.И. Марчуком в 1987 г.

Почетными грамотами и благодарственными письмами глав городов Апатиты и Кировск награждены: зам. директора института Е.Ю. Полоскова, зам. директора С.М. Руденко, гл.н.с. В.И. Костюк, н.с. А.Ю. Лихачев, ст.н.с. О.А. Белкина, ст. лаборант-исследователь И.О. Наглис, ст. лаборант-исследователь Т.А. Стеценко, с.н.с. Н.С. Рак, руководитель лаборатории флоры и растительных ресурсов Н.А. Константинова, н.с. В.А. Костина, зав. архивом В.И. Москалева, ст. лаборант-исследователь А.С. Залесова, ст. лаборант-исследователь А.Г. Травинова. Ученый секретарь института О.Б. Гонтарь награждена Почетной грамотой РАН и Профсоюза работников РАН.

В дни юбилейных торжеств проводились экскурсии по Кировской и Апатитской территориям Полярно-альпийского ботанического сада, участники которых ознакомились с обновленными экспозициями музея, коллекциями оранжерейных, аборигенных и интродуцированных растений открытого грунта, с естественной растительностью склонов г. Вудъяврчорр, дендрарием северных и высокогорных интродуцентов. Участники юбилейных торжеств отметили повышение научной и образовательной активности, расширение проблематики исследований, укрепление материально-технической базы и положительные перемены в облике Ботанического сада в целом.

В связи с юбилеем института большая группа сотрудников была отмечена наградами. Почетными грамотами и Благодарственными письмами Губернатора Мурманской области награждены: директор института В.К. Жиров, гл. бухгалтер Н.С. Кабасова, с.н.с. Л.А. Казаков, гл. н.с. Г.М.Кашулина, с.н.с. Л.М. Лукьянова и зав. лабораторией почвоведения В.Н. Переверзев, благодарственные письма Мурманской областной думы вручены: зам. директора по административно-хозяйственным вопросам Ю.И. Зарембе, зам. гл. бухгалтера О.С. Лемец, ст. мастеру по снабжению Т.Е. Пикушевой, н.с. Н.Н. Тростенюк



Опытная делянка ПАБСИ

**Всероссийская (с международным участием) научно-практическая конференция
«Уникальные геологические объекты Кольского полуострова: Пирротиновое ущелье»
ГИ КНЦ РАН, г. Апатиты, 27–30 июня 2011 г.**

Кольское отделение Российского минералогического общества и Геологический институт КНЦ РАН провели Всероссийскую (с международным участием) научно-практическую конференцию «Уникальные геологические объекты Кольского п-ова: Пирротиновое ущелье». Рудопоявления пирротинов протягиваются вдоль южного контакта Хибин с породами свиты Имандра-Варзуга. В восточной части полосы находится живописное ущелье, названное акад. А.Е. Ферсманом Пирротиновым. Интерес к пирротинам в 1930-е гг. был вызван идеей их использования для производства серной кислоты, необходимой для динамично развивавшейся промышленности СССР.

В истории геологических исследований хибинских пирротинов выделяют три периода: 1920–1929, 1930–1935 и 1939–1941 гг. В первый период поисковые работы вела Академия наук. Во второй – Ленинградский геологоразведочный трест, а с 1933 г. – комбинат «Апатит», подразделение которого – управление «Новопроемапатит» – было специально создано для разведки, оценки и испытания новых перспективных геологических объектов. В итоге обширных геофизических и геолого-разведочных работ установлены Восточные пирротины (Пирротиновое ущелье и р. Ловчорройок), Западные пирротины (ЮЗ подножье г. Тахтарвумчорр) и Аномальный район (ст. Апатиты – пос. Титан), легко доступные для наблюдения. Вопрос о производстве серной кислоты из хибинских пирротинов отпал с середины 1940-х гг., поскольку выяснилось, что ее можно получить из различного сырья: элементарной серы, пирита, газов металлургического производства, сероводорода, сульфатов, хвостов флотации. На повестке дня остались сугубо специальные вопросы их геологии, минералогии, геохимии и генезиса. Первоначально его связывали с внедрением щелочной магмы в эффузивно-осадочные толщи. Но затем залежи пирротинов были найдены и вдали от контакта интрузива, по-видимому, магма сыграла метаморфизирующую роль, а сульфиды железа были сингенетичны вмещающим породам. Сегодня нас интересует еще более глубокий вопрос о природе колчеданной минерализации в эффузивно-осадочных породах серии Имандра–Варзуга, особенно в связи с дискуссиями о древних «черных курильщиках» и формировании колчеданов в активных структурах современных океанов.

**Всероссийская (с международным участием) научная конференция
«Ботанические сады и устойчивое развитие северных регионов»
(посвящена 80-летию юбилею ПАБСИ КНЦ РАН)
ПАБСИ КНЦ РАН, г. Апатиты, 27–28 августа 2011 г.**

Международная научно-практическая конференция «Ботанические сады и устойчивое развитие северных регионов» организована при поддержке Отделения биологических наук РАН и Российского Фонда фундаментальных исследований. В конференции приняли участие более 100 исследователей из различных вузов, академических институтов и ботанических садов России и ближнего зарубежья от Сахалина до Украины, от Мурманской области до Азербайджана.

На пленарных и секционных заседаниях было заслушано и обсуждено 46 докладов и сообщений. В них отражены результаты исследований участников конференции по следующим направлениям:

- интродукция растений и озеленение;
- физиология и биохимия растений;
- почвоведение;
- экология;
- флора и растительность;
- фауна;
- социальная и медико-биологическая деятельность ботанических садов;
- эколого-биологическое образование.

На основе присланных статей был сформирован и опубликован сборник материалов конференции.

**IV Российская (с международным участием) конференция по лесному почвоведению
«Экологические функции лесных почв в естественных и нарушенных ландшафтах»
(памяти проф. В.В. Никонова)**

ПАБСИ КНЦ РАН; ИППЭС КНЦ РАН, г. Апатиты, 12–16 сентября 2011 г.

Организаторами конференции выступили Институт проблем промышленной экологии Севера, Полярно-альпийский ботанический сад-институт, а также Московский государственный университет и МОО «Общество почвоведов им В.В. Докучаева». Финансовую поддержку конференции оказали Российский фонд фундаментальных исследований и Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН. Конференции по лесному почвоведению в России проводятся с периодичностью в два года под эгидой Межрегиональной общественной организации «Общество почвоведов им В.В. Докучаева», отделение которого имеется в Кольском научном центре.

В работе IV Конференции приняли участие 78 человек. Среди участников конференции – ученые из Москвы, Санкт-Петербурга, Петрозаводска, Архангельска, Сыктывкара, Пушино, Мичуринска, Красноярска, Новосибирска, Иркутска, Томска и Колари (Финляндия). Они представляли 22 научные и вузовские организации, среди которых ведущие научно-исследовательские центры в области почвоведения (факультет Почвоведения МГУ, Институт физико-химических проблем почвоведения РАН, Институт почвоведения и агрохимии СО РАН), а также крупные научные организации, в структуре которых длительное время существуют подразделения, занимающиеся почвоведением (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Институт леса Карельского НЦ РАН, Finish Forest Research Institute). Экологическая направленность тематики конференции привлекла внимание специалистов смежных областей знаний, например, из Института водных и экологических проблем СО РАН, Института геохимии им. А.П. Виноградова, Государственного горного института им. Г.В. Плеханова, Научно-исследовательского центра экологической безопасности РАН, Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН и других организаций. Основными направлениями в работе конференции были: генезис и классификация лесных почв; функциональная роль почв в круговороте веществ и устойчивости лесных экосистем; почва как среда обитания живых организмов и лесные почвы в современном антропогенезе. Всего было представлено и обсуждено 42 устных и 3 стендовых доклада.

Впервые данная тематическая конференция была посвящена памяти профессора В.В. Никонова, работавшего в Кольском научном центре РАН с 1973 по 2003 гг. Областью его научных интересов был широкий круг проблем: генетическое почвоведение, биогеоценология, теоретические и прикладные аспекты экологического почвоведения. Научный вклад профессора В.В. Никонова в развитие представлений о лесных почвах был представлен в докладе Н.В. Лукиной.

Традиционно для этой тематической конференции основными фундаментальными проблемами, затрагиваемыми и обсуждаемыми участниками, является генезис и классификация лесных почв, а также функциональная роль почв в круговороте веществ в биосфере. Последняя проблема особенно актуальна в свете современных тенденций в изменении климата. Особенностью IV Конференции было значительное число докладов по биологии лесных почв.

Проблемам антропогенного воздействия на почвы также традиционно была посвящена значительная часть докладов, большая часть которых касалась загрязнения почв выбросами предприятий в различных регионах страны. Поскольку в последнее время становится все более очевидным, что рубки леса имеют серьезные последствия для почв и эта проблема не менее масштабна, чем загрязнение почв, эта тематика на конференциях также становится традиционной. Следует также отметить, что в связи с исключением больших площадей из сельскохозяйственного использования актуальной становится и проблема постагрогенной трансформации почв. В рамках конференции было организовано две полевых экскурсии. Во время первой экскурсии участники конференции посетили Лапландский государственный биосферный заповедник, где расположено четыре площадки сети комплексного биогеохимического мониторинга лесных экосистем, созданной ИППЭС в 1991 году. Площадки этой сети оборудованы по международным стандартам и две из них включены в качестве объектов международной программы мониторинга лесных экосистем (ICP Forest).

Во время второй экскурсии участники конференции посетили Кировскую территорию Полярно-альпийского ботанического сада-института, где на специально заложенных разрезах на склоне горы Вудъяврчорр имели возможность ознакомиться со специфическими особенностями почв природных поясов Хибинских гор, подробно изученных профессором В.Н. Переверзевым. После

полевой экскурсии участники конференции посетили музей ПАБСИ, стенды и витрины которого представляют 80-летнюю историю ботанических и почвенных исследований на Кольском п-ове. К началу конференции были опубликованы материалы конференций. Сборник содержит тезисы 84 докладов.

**VII Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода
«Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований»**

ГИ КНЦ РАН, г. Апатиты, 12–17 сентября 2011 г.

В работе совещания приняли участие 268 ученых из России, Белоруссии, Украины, Армении, Узбекистана, Эстонии, Латвии, Польши, США и Германии; было представлено более 92 устных и 64 стендовых докладов. Работа совещания проходила в рамках одиннадцати секций под председательством Д.А. Субетто, В.В. Кольки, А.Е. Рыбалко. Рассмотрены современные проблемы стратиграфии и геохронологии четвертичного периода, направления дальнейших исследований в этой области, проблема палеонтологического выделения биоценозов на основе ревизии континентальной и морской (океанской) биоты, их геохронологическая и стратиграфическая корреляция. Большой интерес вызвали вопросы седиментологии квартера, современные проблемы четвертичной геоморфологии и неотектоники, разнопорядковые геодинамические события квартера, современные проблемы палеогеографии четвертичного периода, результаты исследований природных обстановок временного интервала в 1.8–2.6 млн лет. Также обсуждались проблемы четвертичных отложений Арктики и Субарктики, новые данные о климатах четвертичного периода и оледенениях Арктики, озерный литогенез: природные процессы и результаты техногенного воздействия. Возможности прогноза природных и антропогенных катастроф и экологические последствия последних и геоинформационные технологии в геолого-геоморфологических исследованиях квартера – весьма актуальные направления научных исследований, рассмотренные на совещании. Нашли свое место среди докладов и смежные с геологией археологические исследования, среди которых были представлены новые материалы о геологической истории древнего человека на территории России. Был проведен рабочий круглый стол «Белое море: основные итоги и предстоящие задачи исследования». В рамках совещания прошли две однодневные полевые экскурсии и две экскурсии в музей Геологического института КНЦ РАН и Кольского научного центра: полевая экскурсия «Побережье Кандалакшского залива Белого моря: проявление ледниковой деятельности и голоценовой тектоники»; полевая экскурсия «Хибины: геоморфология, палеогеография и история освоения»; экскурсия в Музей геологии и минералогии им. И.В. Белькова (Геологический институт КНЦ РАН) и экскурсия в Музей истории изучения и освоения Европейского Севера (Центр гуманитарных проблем Баренц-региона КНЦ РАН).

К началу работы совещания был издан двухтомный сборник материалов, в который вошли 234 статьи: *Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода (г. Апатиты, 12–17 сентября 2011 г.). Апатиты; СПб., 2011. Т. 1. 326 с.; Т. 2. 352 с.*

**VII Всероссийская (с международным участием) научная школа
«Математические исследования в естественных науках»**

ГИ КНЦ РАН, г. Апатиты, 3–6 октября 2011 г.

С 3 по 6 октября под эгидой ГИ КНЦ РАН, Кольского отделения Российского минералогического общества и Совета молодых ученых и специалистов ГИ КНЦ РАН состоялась VII Всероссийская научная школа «Математические исследования в естественных науках». С приветственным словом к участникам Школы выступил директор ГИ КНЦ РАН, д.г.-м.н., профессор Ю.Л. Войтеховский. В первый день работы Школы были заслушаны пленарные лекции д.г.-м.н. Ю.Л. Войтеховского, д.ф.-м.н., д.т.н. Н.Г. Макаренко, д.ф.-м.н. Б.В. Козелова, к.ф.-м.н. М.Д. Ковалева, к.ф.-м.н. А.Л. Талиса, к.ф.-м.н. В.В. Пчелкина, к.ф.-м.н. Е.В. Мартынова, посвященные актуальным вопросам использования различных математических методов в геологии, геофизике, биологии, экологии. Далее в ходе работы Школы с докладами выступили молодые ученые. Был рассмотрен широкий круг естественнонаучных проблем и возможности применения статистических методов в различных областях знания: о причинно-следственных связях между солнечной активностью и метеорологическими параметрами, о статистике на сфере и ее приложениях, методы количественной биологии при анализе форм печеночников и многое другое. Участники Школы ознакомились со стендовыми докладами и приняли участие в заключительной дискуссии.

Петров В.П., Макарова Е.И., Саморукова А.Г., Токарев А.Д., Усов А.Ф. Кольский научный центр. Летопись 1930-2010. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. 320с.

На основе значительного по объему и разнообразного по природе и содержанию фактического материала книга представляет в хронологическом порядке основные события в истории становления и развития академической науки на Кольском полуострове – от пионерных экспедиций до стационарного комплексного научного учреждения, крупнейшего в мировом Заполярье. В ней документально отражены состояние и процессы формирования кадрового потенциала, структуры научных институтов, создания производственной материально-технической базы и социально-бытовой инфраструктуры, а также успехи, достижения и проблемы в научно-производственной и общественной деятельности, роль и значение региональной науки в разные временные периоды истории нашей страны.

Книга адресуется специалистам по организации и истории науки, аспирантам и студентам гуманитарных специальностей.

Змеева О.В. «Новый дом» вдали от родины: этнические мигранты на Кольском Севере. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. 95 с.

В монографии впервые рассматривается современная этническая ситуация в малых городах Мурманской области, а также история ее формирования. Автор анализирует, с одной стороны, стереотипные представления жителей малых городов Мурманской области о качествах и особенностях этнических мигрантов (в частности, тех, кого нередко называют «кавказцами»), отношение к ним, с другой стороны – взгляд самих недавних переселенцев на местное население, на особенности северян. Рассматриваются вопросы этнической идентичности, ее изменение с учетом как объективных обстоятельств, так и «человеческого фактора». Описывается опыт переселения и адаптации к Кольскому Северу и северянам людей и семей, приехавших из более южных районов страны.

Исследование сочетает исторический и социально-антропологический подходы, оно основано, в первую очередь, на полевых материалах, а также на документальных данных. Основным материалом послужили устные и письменные интервью, а также спонтанные высказывания горожан. Тексты записывались в период с 2004 по 2009 гг. на территории Мурманской области.

Книга адресована социологам, историкам, этнографам, преподавателям общественных и гуманитарных дисциплин, студентам, а также широкому кругу читателей – всем, кто интересуется современными этническими проблемами и культурой малых неверных городов.

Николаев А.И., Ларичкин Ф.Д., Герасимова Л.Г., Глушенко Ю.Г., Новосельцева В.Д., Маслова М.В., Николаева О.А. Титан и его соединения: ресурсы, производство, рынки, перспективы. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. 152 с.

Приведены и проанализированы данные за последние 15-20 лет по конъюнктуре мирового рынка металлического титана, диоксида титана и других титансодержащих продуктов. Уровень потребления титана и его соединений во многом определяет темпы развития современной техники и научно-технического прогресса в целом. Модернизация авиастроительной, военной, космической, химической, легкой отраслей промышленности и строительной индустрии также зависит от использования титановой продукции. Охарактеризовано состояние и перспективы развития титановой отрасли до распада СССР и в современной России. С использованием обширных результатов исследований, модельных и опытно-промышленных испытаний по переработке традиционных и новых видов титанового сырья Кольского полуострова рассмотрена возможность получения широкого ассортимента продуктов для лакокрасочной, строительной промышленности, производства сварочных материалов для судостроения, трубопроводов и ответственных конструкций, работающих при низких температурах и в тяжелой ледовой обстановке.

Монография рассчитана на научных и инженерно-технических работников, аспирантов и студентов химических, технических и экономических специальностей, причастных к титановой, лакокрасочной промышленности и освоению природных богатств Севера и Арктики.

Фадеев А.М. Управление нефтегазовым комплексом нового добывающего региона при освоении морских углеводородных месторождений Арктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. 98 с.

В последние десятилетия мировая добыча углеводородов смещается с материковой части, запасы которой истощаются, в акваторию морей и океанов. Данное обстоятельство позволяет с уверенностью говорить о том, что указанные преобразования в нефтегазовой сфере превращают Российский Арктический континентальный шельф в ключевое звено экономики России в связи с колоссальными запасами углеводородных ресурсов.

В настоящей монографии рассматриваются вопросы стратегического управления нефтегазовым комплексом региона при освоении морских углеводородных месторождений Арктики, проведения эффективной промышленной политики в новом добывающем регионе, уделено значительное внимание менеджменту осуществления проектов с учетом зарубежного опыта освоения природных ресурсов. Автором проанализированы основные риски на различных этапах реализации проектов по освоению морских углеводородных месторождений и сформулированы предложения по их нивелированию. Приведен анализ инвестиционных затрат при обустройстве морских нефтегазовых месторождений в различных климатических условиях.

Определенный интерес представляют положения монографии, связанные с вопросами взаимодействия государства и нефтегазового бизнеса, решение которых будет способствовать социально-экономическому развитию добывающих регионов в долгосрочной перспективе, а также обеспечению стратегических экономических интересов России в целом.

Монография представляет интерес для студентов, аспирантов, преподавателей, а также широкого круга специалистов, занимающихся исследованием проблем освоения морских углеводородных месторождений.

Биология и роль *Oithona similis* в зоопланктоне морей Арктики / В.Г. Дворецкий, А.Г. Дворецкий; [отв. ред. П.Р. Макаревич]; ММБИ КНЦ РАН. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. 349 с.

Представлены результаты многолетних исследований популяционной биологии *Oithona similis* – одного из ключевых представителей арктического морского зоопланктона. Приводятся оригинальные данные о количественном распределении, популяционной структуре, смертности, особенностях размножения и продукции вида в Баренцевом, Белом и Карском морях. Изучена сезонная динамика численности и репродуктивных характеристик *O. similis* в Кольском заливе. Проведен сравнительный анализ жизненных циклов вида в различных районах Мирового океана. На основе морфологических и репродуктивных показателей исследована популяционная структура *O. similis* в морях Западной Арктики.

Издание предназначено для специалистов по морской биологии, гидробиологов, экологов, океанологов, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Тараканов М.А. Экономические исследования в 1930-х гг. в Кольской базе АН СССР и их возобновление в начале 1950-х гг. в Кольском филиале АН СССР. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2011. 60 с.

На основе реальных документальных материалов показан тернистый путь становления экономических исследований в Кольской базе и Кольском филиале АН СССР, представлен общий контекст событий, выявлены имена конкретных ученых, посвятивших себя этой деятельности в соответствующий период своей жизни. Показано, что: 1) начало экономических исследований в Кольской базе должно быть отнесено к 1935 г., когда в ее составе была организована экономическая группа, а имя действительного первопроходца экономических работ в Кольской базе – Н.М. Тоцкий; 2) экономические исследования в Кольском филиале вновь стали проводиться благодаря активной и целеустремленной деятельности Б.И. Когана в 1950 г., когда в составе Филиала в качестве самостоятельного структурного подразделения был образован отдел экономики.

Издание предназначено для широкого круга читателей, интересующихся историей академических экономических исследований в регионах.



ГУРЕВИЧ Бася Израильевна

к.т.н. (1968), ст.н.с. (1975). С 1954 г. работает в Отделе технологии строительных материалов, который в разное время входил в состав ГИ, ГоИ и ИХТРЭМС КНЦ РАН, в настоящее время вед. научный сотрудник лаборатории минерального сырья и силикатного синтеза.

Признанный специалист в области физической химии и технологии силикатных материалов и вяжущих веществ. На протяжении многих лет является руководителем тем, связанных с использованием минерального сырья и отходов промышленности для производства вяжущих материалов, мелкозернистых бетонов различного назначения, в том числе выполнявшихся по распоряжению директивных органов и Академии наук СССР. Такие ее работы, как твердеющая закладка (комбинат «Печенганикель» и Ловозерский ГОК), особо тяжелые бетоны (Южно-Украинская и Смоленская АЭС), шлаковые пески и стеновые блоки (Норильский ГМК и комбинат «Печенганикельстрой») внедрены в промышленность. Автор более 210 научных публикаций, в том числе 4 монографии, 8 патентов и авторских свидетельств, участник многих всероссийских и международных конференций. Награждена почетными грамотами РАН и губернатора Мурманской области, серебряной и двумя бронзовыми медалями ВДНХ СССР, медалью «Ветеран труда» и знаком «Ветеран ИХТРЭМС».



ДУДКИН Олег Борисович

д.г.-м.н. (1979). В Геологическом институте КНЦ РАН работает с 1954 г., в настоящее время главный научный сотрудник лаборатории минералогии.

Известный специалист в области геологии и геохимии полезных ископаемых щелочных магматических комплексов. Им выполнено минералогическое исследование уникальных апатитовых месторождений Хибинского массива, обобщены данные по геохимии фосфора в магматических породах и на основе их анализа определены условия формирования магматических месторождений апатита. С его участием открыто и изучено уникальное геологическое образование – карбонатиты Хибин. Совместно с отечественными и финскими специалистами им создана сводка по щелочному магматизму восточной части Балтийского щита и его рудоносности. С 1956 года является членом Кольского отделения РМО, с 2004 г. – почетным членом Российского минералогического общества и членом комиссий РМО по технологической и экологической минералогии. Внес существенный вклад в развитие нового прикладного направления – технологической минералогии. Он участвовал в разработке технологий обогащения руд месторождений фосфора, титана, алюминия, щелочных и редких металлов. В настоящее время им исследуется влияние отходов



Юбилеры



Юбилеи

горно-обогатительного производства на экосистемы. Автор более 120 научных работ, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях, в том числе 8 монографических. Под его руководством защищены 4 кандидатские диссертации, он является профессором Мурманского государственного технического университета. Награжден орденами Дружбы народов (1980), Почета (2002), медалью «Ветеран труда», лауреат премии им. А.Е. Ферсмана АН СССР (1983) и премии Совета Министров СССР (1981).



ЕВДОКИМОВА Галина Андреевна

д.б.н. (1990); профессор (1998), «Заслуженный эколог Российской Федерации» (2002). В Кольском научном центре с 1966 г., с 2003 г. зам. директора по научной работе Института проблем промышленной экологии Севера. Специалист в области биологии и охраны почв, экологии микроорганизмов. Внесла крупный вклад в теорию экологии микроорганизмов: разработана эколого-микробиологическая концепция охраны почв, основанная на индикаторной, биоаккумулирующей, миграционной и деструкционной деятельности микроорганизмов в техногенно-трансформированных почвах; 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. Многолетние исследования биомассы почвенных микроорганизмов в различных типах почв Кольского п-ова, обогащенности почв органическим веществом и азотом положены в основу карты биогенности почв Кольского п-ова, характеризующей их устойчивость к загрязнению и самоочищающую способность. Исследования поддержаны фондами Сороса и РФФИ, ГНТП «Арктические экосистемы», Программой Президиума РАН «Биологическое разнообразие», программами ОНЗ, Международным проектом «Микробные сообщества и их функции в арктических почвах» (Норвегия). Автор 230 печатных работ, среди которых 12 монографий и учебных пособий. Награждена медалью «Ветеран труда» (1984), Почетными грамотами Президиума РАН (1974, 1999), Мурманской областной думы (2005), Благодарственным письмом губернатора Мурманской обл. (2004, 2008).



ПАК Аврелий Александрович

к.т.н. (1981), ст.н.с. (1985). В ИХТРЭМС КНЦ РАН работает с 1987 г. старшим научным сотрудником лаборатории бетонов.

Основные направления научной деятельности связаны с исследованием природного и техногенного сырья Кольского полуострова, получением ячеистого бетона, разработкой технологии композиционных изделий на основе газобетона и эффективных теплоизоляционных материалов. Автор более 180 научных трудов, в том числе 6 монографий и 8 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Научные разработки отмечены Дипломом и бронзовой медалью Всероссийского научно-промышленного форума «Россия единая – 2003». Является членом Ученого совета ИХТРЭМС и секции химии и технологии силикатных материалов, доцентом (по совместительству) кафедры химии и строительного материаловедения Апатитского филиала МГТУ, автор практикума по технологии газобетона для студентов строительного профиля МГТУ. Ведет активную общественную работу, в настоящее время является председателем контрольно-ревизионной комиссии Совета профсоюза Мурманской региональной организации работников РАН.

За успехи в трудовой деятельности награжден медалью «Ветеран труда» (1996), Почетной грамотой РАН (2005), Благодарностью и Почетной грамотой губернатора Мурманской области (2006, 2008).

65



ТИТОВА Елена Евгеньевна

к.ф.-м.н. (1986), ст.н.с. (1987). В Полярном геофизическом институте КНЦ РАН работает с 1971 г., в настоящее время старший научный сотрудник.

Специалист в области исследования низкочастотных электромагнитных волн в магнитосфере и ионосфере Земли. Возглавляет исследования ОНЧ волн ПГИ, соруководитель нескольких международных и российских научных проектов, включая проекты серии Интеркосмос, Аркад-3, Интербол и другие. Её научные результаты неоднократно включались в число важнейших результатов РАН. Она - автор 85 научных статей в отечественных и зарубежных изданиях.

Награждена почетными дипломами РАН, медалями ВДНХ, памятным знаком французского космического агентства.



Юбилеры



Юбилеи



КАДЫРОВА Галиябану Измайловна

к.х.н. (1974). В Институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья КНЦ РАН работает с 1975 г., в настоящее время старший научный сотрудник.

Высококвалифицированный специалист в области электронной и инфракрасной спектроскопии соединений редких и цветных металлов в водных и органических средах. В

новом для института направлении по изучению состояния редких металлов в водных растворах при ее непосредственном участии проведены системные исследования моно-, поли- и гетероядерных комплексов титана, ниобия и тантала в перхлоратных, сульфатных и сульфатно-перхлоратных растворах и изучены особенности их поведения; установлено влияние природы лиганда и центрального иона на характер реорганизации внутренней координационной сферы комплексов; изучено комплексообразование циркония и гафния во фторидно-карбонатных растворах. Принимала участие в работах по синтезу титанилфосфата калия, разработке солянокислотной технологии бадделеитового концентрата. Ею разработана методика съемки электронных спектров поглощения жидких образцов в тонких пленках, позволяющая расширить область применения УФ-спектроскопии. Использование метода инфракрасной спектроскопии для изучения формирования твердых фаз порошкообразных сегнетоэлектрических материалов позволило найти алгоритм управления процессами формирования материалов и разработать новые подходы к получению ряда перспективных функциональных материалов. Исследования поддержаны целевыми программами Президиума РАН и Отделения химии и технологии неорганических материалов РАН, грантами РФФИ, ФЦП, имеют не только научное, но и прикладное значение. Результаты работы включались в число важнейших достижений РАН в области неорганической химии. Автор свыше 110 научных трудов, в том числе 1 патента.

Награждена Почетной грамотой РАН (2000); дипломом «Ветеран ИХТРЭМС» (2001).

N.O. Sorokhtin, N.E. Kozlov, N.V. Kulikov, V.N. Glaznev, I.V. Chikirev

EVOLUTION THE NORTHWEST PART OF THE TIMAN-VARANGER PETROLIFEROUS BASIN

In the article the questions of polyphasic development of this region and spatial-temporal laws of interaction of geodynamic process, have an effect on the accumulation of hydrocarbons in the sedimentary complexes of shelf seas, are examined.

Keywords: geodynamic evolution, forecast areas of localization, accumulation of hydrocarbons, oil and gas occurrences.

S.A. Kozyrev, E.A. Usachev

REACTION OF AN ARRAY OF ROCKS ON THE POWERFUL DYNAMIC EFFECTS

Patterns of seismic waves parameters change by manufacture short-delay explosions and their effects on the block environment are established. Patterns of anthropogenic seismicity distribution during the first hours after conducting of explosion are revealed. The technique of seismically dangerous zones identification at conducting mining in high-duty mass of rocks is created.

Keywords: technical explosion, anthropogenic seismicity, mining, seismic waves, rock burs.

E.V. Kasparian, V.V. Rybin, Yu.A. Startsev

APPLICATION OF SEISMOGRAPHIC INVESTIGATIONS FOR GEOMECHANICAL MONITORING OF OPEN PIT WALL SECTION

The results are shown of geomechanical monitoring of near wall rock mass in the vicinity of a large open pit extraction using a method of seismic tomography. This method allows to obtain sufficiently reliable data about dynamics of contour rock mass changes on a large area, and thus, to carry out geomechanical monitoring of stability of open pit contour rock mass.

Keywords: open mining, geomechanical state of rock mass, seismic tomography.

V.V. Marchevskaya, T.N. Mukhina

STUDYING PHYSICAL AND MECHANICAL ROCK PROPERTIES FROM THE DEPOSITS OF LOW-SULFIDE ORES OF THE KOLA PENINSULA

The article presents research results of physical-mechanic rock properties from two deposits of low-sulfide platinum metals ores of the Kola Peninsula – a new mineral for the region – located in its central part.

Keywords: low-sulfide platinum metals ores, axial compressive strength, rock strength, abrasiveness, crushability, grindability.

T.A. Kornilova, I.A. Kornilov

COUNTER-STREAMING AURORAL STRUCTURES OBSERVED DURING SUBSTORM EXPANSIVE PHASE

On the base of all-sky auroral TV observations from Lovozero, Loparskaya, Tumanny and THEMIS aurora data with using special effective keogram filtering, dynamics of northern moving southward auroral structures and bright breakup auroral forms is analyzed. The considered events occurred during substorm expansive phase in the night sector when auroral luminosity was distributed in the form of double auroral oval. The principal new fact of the northern structure penetration through the active spreading northward auroral forms of the southern activations was found. This effect becomes apparent only due to statistical treatment and is seen only in filtered keograms. This probably means that northern structures and active breakup forms have principally different sources and caused by different physical mechanisms of electron acceleration and precipitation.

Keywords: substorm, auroral oval, substorm phases, breakup, auroral dynamics, auroral keograms.

I.A. Kornilov, T.A. Kornilova

SHARP SUBSTORM ASSOCIATED DISPERSIONLESS PARTICLE FLUX INCREASES AT 5-10 RE

THEMIS electrostatic analyzer (ESA) instrument can measure electron and proton fluxes in the energy range 10 eV-30 keV with high energy and temporal resolution. We analyzed data for the periods of good THEMIS spacecraft conjunctions (satellites are approximately along the line in the tail at different distances from the Earth). During time intervals of magnetosphere substorms February 2008 and February 2009 (10 cases total) very sharp particle flux increases were found. Electron and proton fluxes increased simultaneously 2-50 times in all energies above 0.5-2 keV on the time scale of several seconds only. All those increases were detected during dipolarization wave passing by satellite and accompanied by fast and intensive local magnetic and electric field variations. It is very difficult to explain how all those particles can be detected simultaneously, would they being accelerated somewhere in a more distant tail. So, it's very probably, that both electrons and ions can be local less energetic particles, accelerated by some active physical process at the front of dipolarization wave.

Keywords: magnetosphere, substorm, dipolarization, electron and ion acceleration.

E.D. Tereschenko, V.A. Ljubchich, V.F. Grigoriev

MODELING OF THE RESULTS OF ELECTROMAGNETIC SOUNDING WITH A POWERFUL EXTREMELY LOW FREQUENCY SOURCE IN THE CENTRAL PART OF THE KOLA PENINSULA

The paper presents the results of interpretation of the experimental data of electromagnetic sounding with a powerful extremely low frequency source in the central part of the Kola Peninsula. Three dimensional modeling of nonhomogeneous ground by the method of grid approximation of Maxwell's equations has been performed for interpretation of the experimental data. The results of modeling essentially are specified by regional tectonic faults, connected through the Barents Sea. It was demonstrated that utilizing of phase measurements of magnetic field are useful for localization of faults in the ground.

Keywords: electromagnetic sounding, magnetic field, amplitude and phase measurements, method of grid approximation, tectonic fault.

A.E. Veselov, V.V. Yaroshevich, E.A. Tokareva, G.P. Fastiy

DEVELOPMENT OF TECHNICAL MEASURES FOR SAVING POWER CITY ELECTRIC NETWORKS IN THE MURMANSK REGION

The technical measures for saving power in electric distribution networks have been considered. The analysis of their using in municipal schemes 6 and 10 kV of Murmansk region has been carried out. It is shown that the introduction of energy conservation measures considered to significantly increase the efficiency of electrical power and obtain significant economic effect.

Keywords: power distribution networks, power transformer.

V.V. Dikovitsky, P.A. Lomo, R.R. Sepeda, M.G. Shishaev

MODERN METHODS OF THE MULTIDOMAIN WEB RESOURCES BASED VISUALIZATION AND PROCESSING OF FORMALIZED SEMANTICS

The paper deals with modern methods of creating multidomain Web resources based on a formalized representation, processing and visualization of semantic information. Special attention is paid writers to modern approaches to the visualization of "multidimensional" information, and the problems of ensuring the relevance of search queries. As a fundamental mechanism for creating high web resources based on a formalized representation of semantics, the authors proposed the concept of "user as an expert", providing the creation of self-adjusting intellectualized information systems with feedback. Application of these methods is considered as an example multidomain Web resource based on the information supporting of Arctic territory of the Russian Federation.

Keywords: multidomain Web resource, semantics, formalization, visualization, relevance, ontology, ontology integration.

S.Yu. Yakovlev, A.A. Ryzhenko, N.V. Issakevich

IIMM KSC RAS INNOVATIONAL INVESTIGATIONS OF INDUSTRIAL-ECOLOGICAL SAFETY

Information technologies and methods on industrial-natural risk assessment of industrial objects and complexes are considered. The questions of results adoption in safety management practice of enterprises and regions are given special attention.

Keywords: information technologies, industrial-natural safety, risk assessment, hazardous object, city-forming enterprise.

A.V. Gorokhov, K.I. Ivanov, D.N. Khaliullina

INFORMATIONAL TECHNOLOGY OF MANAGEMENT SUPPORT OF INVESTMENT POLICY OF INNOVATIVE ENTERPRISES NETWORK

The informational technology of management support of investment policy of innovative enterprises network is proposed. The technology is based on simulation modelling of cooperation among enterprises and investors. This technology provides synthesis and analysis acceptable scenarios of enterprises network development depending on given sizes and forms of investments.

Keywords: innovative enterprise, simulation modelling, informational technology, management support, investments.

M.A. Tarakanov

ECONOMIC STUDIES IN THE KOLA BASE AND THEIR RENEWAL IN THE KOLA BRANCH OF THE USSR ACADEMY OF SCIENCES (N.M. TOTSKIY, G.N. SOLOVYANOV, I.T. KUZMIN, B.I. KOGAN)

The work is based on many factors, which are published for the first time. Acquaintance with the real documents from 1930s and early 1950s made it possible to seriously correct a number of widespread conceptions of organizing economic studies in the Kola base and the Kola Branch of the USSR Academy of Sciences during these periods.

Keywords: economic studies, Kola base, Kola branch, Totskiy, Solovyanov, Kuzminov, Kogan.