

На правах рукописи

КАМИНСКИЙ Валерий Дмитриевич

**ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ
ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАСЕЙНА
(В СВЯЗИ С ОБОСНОВАНИЕМ ВНЕШНЕЙ ГРАНИЦЫ
КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
И ОЦЕНКОЙ УГЛЕВОДОРОДНЫХ РЕСУРСОВ)**

Специальность 25.00.10 — геофизика,
геофизические методы поисков полезных ископаемых

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Санкт-Петербург
2009

Работа выполнена в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. академика И.С. Грамберга» (ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга»), Санкт-Петербург.

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук, профессор *Егоров Алексей Сергеевич*

доктор геолого-минералогических наук, профессор *Хуторской Михаил Давыдович*

доктор геолого-минералогических наук, профессор *Шипилов Эдуард Викторович*

Ведущая организация: Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН)

Защита состоится 18 июня 2009 г. в 14 часов на заседании совета Д 212.232.19 по защите докторских и кандидатских диссертаций при Санкт-Петербургском государственном университете по адресу: 199034 Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9, геологический факультет, ауд. 347 (бывшее здание НИФИ)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им. А.М. Горького Санкт-Петербургского государственного университета.

E-mail: stvagin@gmail.com

Автореферат разослан

2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
докт. физ.-мат. наук

С.А. Вагин

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Бассейн Северного Ледовитого океана (СЛО) является ареной геополитических интересов и всесторонних национальных и международных исследований многих стран, и в первую очередь, России, США, Канады, Норвегии, Дании и других приарктических государств. Интерес к арктическим акваториям, включая шельф и его глубоководное продолжение, определяется не только научным и оборонно-стратегическим аспектами, но и в первую очередь проблемами, связанными с минеральными ресурсами, эколого-экономическими и другими вопросами.

До середины 60-х годов XX века геолого-тектонические представления о строении глубоководной области Северного Ледовитого океана базировались на данных о геологическом строении суши и островов и отрывочных геофизических данных. Идеи и концепции эволюции и строения этого региона разрабатывались известными отечественными геологами А.Д. Архангельским и Н.С. Шатским, С.В. Обручевым и П.Н. Кропоткиным, В.Н. Саксом и Ю.М. Пушаровским. Впоследствии, по мере накопления геологических и, в особенности, геофизических данных, значительный вклад в развитие представлений о строении региона внесли Э.Э. Фотиади, Я.П. Маливицкий, Н.А. Богданов, В.Е. Хаин, Э.В. Шипилов, Р.М. Деменицкая, Б.Х. Егiazаров, А.М. Карасик, Ю.Г. Киселев. Фундаментальные обобщающие работы были выполнены И.С. Грамбергом, Ю.Е. Погребницким, А.П. Лисицыным, Л.П. Зоненшайном. Различные проблемы геологии, тектоники, нефтегазоносности, геоэкологии СЛО разрабатываются и решаются в работах А.Э. Конторовича, Ю.Г. Леонова, М.Г. Леонова, Л.И. Лобковского, Г.Г. Матишова, Д.В. Рундквиста и М.Д. Хуторского. Всеми перечисленными выше специалистами создана основа современного этапа познания строения СЛО.

В настоящее время можно считать доказанным, что арктические шельфы России, Норвегии, США, Канады, Дании включают часть колоссального циркумполярного нефтегазоносного супербассейна, на окраинах которого открыты гигантские месторождения нефти и газа. Если учесть, что на шельфах Северного Ледовитого океана обнаружены также промышленные скопления россыпных полезных ископаемых (золота, олова и др.), то станет понятной та заинтересованность, с которой относится к изучению и освоению шельфовых окраин Северного Ледовитого океана мировое сообщество.

В то же время особенности рельефа дна и глубинного строения ложа Северного Ледовитого океана, его географическое расположение на планете определяют значительные сложности в определении внешних границ приарктических государств. Крупные блоки земной коры шельфовых областей, имеющие материковую природу и практически неотделимые (ни по морфологии, ни по строению земной коры) от собственно континентов, прослеживаются далеко вглубь океана, достигая порою (хр. Ломоносова) приполюсного положения.

В 1982 году была введена в правовое поле международного сообщества новая версия Конвенции ООН по морскому праву, в которой в статье 76 определено право

для каждого государства, имеющего выход к открытому океану, расширять свою юрисдикцию на участки морского дна за пределами своей эксклюзивной экономической зоны по некоторым геоморфологическим и геологическим признакам. Работы по подготовке необходимых данных по заказу Министерства геологии СССР были начаты еще в 1984 году группой специалистов в составе Б.Х. Егизарова, Ю.Н. Кулакова, В.Э. Волка, В.В. Верба и др., и активно продолжены, начиная с 1991 года во ВНИИОкеангеология Каминским В.Д., Поселовым В.А., Киселевым Ю.Г., Глебовским В.Ю., Буценко В.В. и др. В это же время (1989—1992 гг.) ПМГРЭ под руководством М.Ю. Сорокина выполнялись производственные работы в рамках проблемы в котловине Подводников и на хребте Ломоносова. Особую актуальность работы по обоснованию внешней границы континентального шельфа (ВГКШ) приобрели после ратификации в 1997 году Россией Конвенции ООН по морскому праву. Правительство Российской Федерации выпустило Постановление от 16.06.97 г. № 717, в котором предусматривалась активизация деятельности по подготовке необходимых материалов по обоснованию ВГКШ и передача их в Комиссию ООН по границам шельфа в конце 2001 года.

При использовании Конвенции по морскому праву все её положения и критерии безоговорочно действуют и распространяются на океанический регион Евразийского суббассейна. В указанном суббассейне положение границы юридического шельфа России может быть изменено только за счет уточнения мощности осадочного чехла в абиссальных котловинах Нансена и Амундсена. В то же время Амеразийский суббассейн Северного Ледовитого океана с его разнотипной земной корой резко отличается от других океанов Земли — Тихого, Атлантического и Индийского.

На карте-проекте положения ВГКШ в этом суббассейне были выделены «спорные» участки, к которым относятся центральные, наиболее глубокие части котловин Подводников, Макарова и в целом поднятие Менделеева. Эти участки требовали тщательного *доизучения* на предмет определения здесь типов земной коры и мощности осадочного чехла, т.е. дополнительной геологической аргументации границ юридического шельфа России.

В декабре 2001 года подготовленная под руководством автора специалистами ВНИИОкеангеология с участием сотрудников ПМГРЭ и ГУНИО МО заявка по обоснованию ВГКШ в Северном Ледовитом и Тихом океанах была передана в МИД и соответственно в Комиссию ООН. Это была первая заявка из всех позже подготовленных другими государствами заявок.

Площадь юридического шельфа России в поданной заявке увеличивалась ориентировочно на 1,2 млн км².

Заявка была Комиссией рассмотрена, в целом одобрена, но были даны рекомендации по ее совершенствованию как теоретического, так и практического свойства. Главными требованиями была необходимость *доизучения* зоны сочленения хребта Ломоносова и поднятия Менделеева с континентальной окраиной Евразии с целью доказательства непрерывности их геоструктуры от континентального шельфа вглубь океана. В 2005 и 2007 гг. были проведены под руководством автора комп-

лексные геолого-геофизические исследования в зонах перехода хребта Ломоносова и поднятия Менделеева от географического шельфа вглубь океана.

Обобщение геолого-геофизических данных, полученных в Центральном Арктическом бассейне позволило, помимо задачи обоснования ВГКШ, оценить *в первом приближении* углеводородные ресурсы этого региона в связи с общей мировой тенденцией продвижения объектов нефтегазодобычи в глубоководную область океана.

Цель работы. Целью диссертационной работы является построение геологических моделей глубинного строения Центрального Арктического бассейна для разработки геологических критериев обоснования ВГКШ и оценки нефтегазовых ресурсов, связанных с континентальным шельфом за пределами 200-мильной экономической зоны России.

Основные задачи:

- разработка комплексных методических приемов геофизических исследований в специфических ледовых условиях Центральной Арктики;
- разработка концептуальных моделей баз геофизических данных и создание системы единого банка распределенных данных БАНК СЛО;
- анализ структуры и районирование потенциальных полей;
- обработка полевых геолого-геофизических данных и анализ структуры осадочного чехла и глубинного строения в центральной части Арктического бассейна (значительная часть Евразийского и Амеразийского суббассейнов);
- построение моделей глубинного строения земной коры на основе комплексного анализа сейсмических, магнитометрических и гравиметрических данных;
- уточнение в соответствии с рекомендациями Комиссии ООН по границам шельфа геологических и геоморфологических критериев положения ВГКШ Российской Федерации в Северном Ледовитом океане;
- оценка возможных ресурсов углеводородов, связанных с окраиной арктического шельфа.

Фактический материал. В основу диссертации положены результаты личных более 35-летних исследований автора (в период с 1972 по 2007 годы) в Арктике, выполненных в Высокоширотных Воздушных экспедициях «Север», на ледоколах «Сибирь» (1987 г.), «Академик Федоров» (2000 и 2005 гг.), «Россия» (2007г.). Кроме того, в работе были использованы фактические геолого-геофизические данные, полученные за последние 45 лет в Арктике коллективами НИИГА—ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ, ГУНИО МО, «Севморгео», а на шельфе и другими производственными организациями, а также результаты научных обобщений в завершенных отчетах и обзорных публикациях. Всего было привлечено к обработке более 2 000 000 пог. км аэромагнитных профилей, более 40 тысяч точечных сейсмозондирований МОВ и гравиметрических измерений, а также данные по профилям, полученные в результате международного научного обмена от коллег из Норвегии, Канады, США, Дании, Германии и Швеции.

Личный вклад автора заключается в непосредственном участии в разработке обоснования стратегии и методики изучения глубинного строения Центрального Арктического бассейна, а также подготовке и выполнении Программ комплексных иссле-

дований по обоснованию ВГКШ и для оценки нефтегазовых ресурсов, связанных с континентальным шельфом. Автор в течение 15 лет является заместителем председателя Межведомственной рабочей группы по проблеме обоснования внешней границы континентального шельфа в Северном Ледовитом и Тихом океанах. Автор лично участвовал в многочисленных высокоширотных экспедициях: воздушных, на ледоколах и научно-исследовательских судах ледокольного типа, обеспечивая научное и организационное руководство. Автор является научным редактором ряда изданных геологических, гидрографических и геофизических карт Арктического региона, отмеченных в списке литературы.

Защищаемые положения

1. Разработанная организационно-методическая схема ведения работ в условиях дрейфующего льда Высокоширотной Арктики позволяет обоснованно планировать постановку геолого-геофизических исследований при изучении глубинного строения Северного Ледовитого океана. В качестве основного варианта должен рассматриваться вариант организации работ с использованием судна усиленного ледового класса, носителя как минимум двух вертолетных единиц, оснащенного современной аппаратурой для приема с искусственных спутников Земли метео- и ледовой информации, а также современной аэрогеофизической лабораторией.

2. Геоинформационная система (ГИС), созданная при участии и под руководством автора, обеспечивает подготовку геофизической основы для создания листов геологической карты Арктического шельфа России, оценку минерально-сырьевого потенциала арктических акваторий и исследования по проблеме внешней границы континентального шельфа России в Арктике.

3. Построенные геофизические модели строения земной коры на геотраверсах являются фундаментальным этапом комплексной интерпретации геофизических данных, обеспечивающим создание структурно-тектонических карт Арктического бассейна и раскрытие истории его развития.

4. Проведенными исследованиями подтверждена континентальная природа поднятия Менделеева и хребта Ломоносова и обоснована их тесная структурная связь с прилегающим Восточно-Сибирским шельфом.

5. Глубоководные зоны СЛО обладают мощным нефтегазовым потенциалом, исчисляемым миллиардами тонн нефтяного эквивалента. Однако сегодня возможна лишь самая приближенная оценка этого потенциала. Для ее уточнения и определения нефтяной и газовой составляющих необходимы планомерные исследования по изучению геологического строения осадочных бассейнов континентального склона, подножия и ложа СЛО, включающие в себя среднемасштабные аэрогеофизические съемки, значительный объем профилей МОВ ОГТ, объемный пробоотбор и подледное бурение.

Научная новизна

1. Обоснованы и разработаны методические принципы и методики проведения комплексных геофизических исследований в специфических ледовых условиях.

2. Разработана методика сбора, оцифровки и обработки разнородных данных, полученных с помощью аппаратуры от аналоговой до самой современной цифровой, а также принципы объединенного банка данных (БАНК СЛО).

3. Обобщены и проанализированы все доступные геофизические данные в Центральном Арктическом бассейне.

4. Построены оригинальные, наиболее точные карты рельефа дна и потенциальных полей всего Арктического бассейна.

5. Выполнена региональная стратификация осадочного чехла Центрального Арктического бассейна, проведено комплексное моделирование и изучено глубинное строение земной коры по ряду опорных профилей.

6. Впервые выполнена предварительная оценка углеводородных ресурсов глубоководной области Северного Ледовитого океана.

Практическое значение работы. В процессе диссертационных исследований получены новые данные о глубинном строении крупных геоструктур, таких как поднятие Менделеева и хребет Ломоносова и в целом о структуре земной коры и осадочного чехла вдоль геотрансектов на весь Центральный Арктический бассейн. Эти данные, несомненно, стимулируют у специалистов новые идеи и исследования природы, истории развития, геодинамики как исследуемого бассейна, так и всего арктического сегмента планеты. Данные, приведенные в работе, были положены в основу заявки России по обоснованию внешней границы континентального шельфа, переданной в ООН в декабре 2001 года. В последующие годы на основе обобщенных материалов были разработаны, в соответствии с рекомендациями Комиссии ООН по границам шельфа, программы и проекты дополнительных исследований, которые с помощью ледоколов «Академик Федоров» и «Сибирь» были проведены в районе поднятия Менделеева (2005 г.) и хребта Ломоносова (2007 г.). Геолого-геофизические данные, полученные в результате проведенного исследования, были учтены при составлении опубликованных карт рельефа дна геологических и геофизических карт, которые имеют собственное значение и широко используются специалистами при решении различных задач. Также результаты исследования были применены для предварительной оценки углеводородных ресурсов и учтены при разработке Энергетической Стратегии России.

Материалы диссертации могут использоваться и использовались коллегами автора при чтении лекций в Санкт-Петербургском университете по курсу «Геология и геофизика Мирового океана».

Апробация работы. Основные результаты и отдельные положения диссертации докладывались автором на многочисленных российских и международных конференциях: Международных конференциях SEG, совещаниях приарктических государств по проблеме обоснования внешней границы континентального шельфа (Ломоносов 1996, 2000; Санкт-Петербург 2002, 2007), Международной конференции ICAM-IV (Галифакс, Канада, 2003), 32-м и 33-м Международных геологических конгрессах (Флоренция, Италия, 2004; Осло, Норвегия, 2008), конференции «Arctic 2005» (NGF и EAGE, Тромсё, Норвегия, 2005); Международных конференциях по арктическим шельфам (Дартмут, Канада 2003; Анкоридж, Аляска 2006), Междуна-

родной научной конференции (Школе) (Институт океанологии РАН, Москва с 2000 по 2007), Международной конференции «НЕВА» (Санкт-Петербург 2005, 2007), заседаний ученых советов ВНИИОкеангеология, СПбГУ, СПГУ (ЛГИ) и многих других.

Публикации. Результаты исследований автора изложены в 80 публикациях, в том числе в 5 монографиях, в докладах и статьях, из которых 7 изданы на английском языке. Основные положения диссертации нашли отображение в 14 публикациях в рекомендованных ВАК рецензируемых журналах.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения общим объемом 240 стр., 82 рис., списка литературы из 214 наименований.

Благодарности. Автор хотел бы поблагодарить в первую очередь тех, кто во ВНИИ-Океангеологии стоял у истоков проблем, обсуждаемых в работе. К величайшему сожалению все они — академик РАН И.С. Грамберг, член-кор. РАН Ю.Е. Погребницкий, доктора наук Б.Х. Егизаров, Р.М. Деменицкая, А.М. Карасик, Ю.Г. Киселев, Э.М. Литвинов, С.П. Машенков, кандидат наук Ю.Н. Кулаков, М.Ю. Сорокин — ушли из жизни. Особую благодарность автор выражает своим ближайшим коллегам, с кем было выполнено много полевых экспериментов, камеральных и исследовательских работ — докторам наук Г.П. Аветисову, М.К. Косько, А.Д. Павленкину, В.А. Поселову; кандидатам наук Е.А. Астафуровой, В.В. Буценко, В.В. Верба, К.Г. Вискуновой, В.Ю. Глебовскому, Б.И. Киму, Д.В. Лазуркину, В.В. Сусловой, Н.В. Устинову.

Автор выражает большую благодарность член-кор. РАН Д.А. Додину, докторам наук А.Л. Пискареву, В.Л. Иванову, О.И. Супруненко за возможность постоянного творческого общения и получения консультаций при подготовке диссертации.

В процессе подготовки диссертации автор получал ценные рекомендации от ведущих ученых институтов РАН — академиков А.Э. Конторовича, Н.П. Лаверова, А.П.Лисицина, Г.Г. Матишова, Д.В. Рундквиста, члена-корреспондента РАН Л.И. Лобковского, доктора наук А.М. Городницкого, а также от специалистов отраслевых ведомств и институтов — докторов наук С.П. Алексеева, И.Ф. Глумова, Н.В. Милентенко, О.М. Прищепы, кандидатов наук Ю.Б. Казмина, А.В. Липилина, И.М. Мирчинка, А.Ф. Морозова, Р.Р. Мурзина, О.В. Петрова, которым диссертант выражает большую благодарность.

Долгие годы сотрудничества связывают автора с коллегами из ПМГРЭ — В.Д. Крюковым, М.Б. Сергеевым, М.Ю. Сорокиным, М.Н. Масловым, Ю.Я. Заманским, из «Севморгео» — Ю.И. Матвеевым, В.А. Кацевым, М.Л. Вербой, Ю.В. Рословым, Е.Н. Зацепиным, из МАГЭ — Г.С. Казаниным и С.И.Шкарубо. Автор искренне благодарен им за участие и поддержку.

Всем сотрудникам, принимавшим участие в обработке и подготовке данных: Л.Г. Поселовой, Т.Ю. Медведевой, Н.А. Леонтьевой, Ю.А. Александрову, Ю.Г. Фирсову, К.И. Булаткиной, Ю.В. Межевову, С.М. Жолондзу, Л.С. Рыбиной, С.Ф. Стоянову, М.В. Иванову, автор выражает сердечную благодарность.

Особая благодарность — Т.Ю. Медведевой, Н.А. Леонтьевой, В.В. Варламовой,

А.В.Яковлеву, С.И. Ивановой, К.И. Булаткиной, С.М. Жолондзу за высокопрофессиональное техническое содействие.

Автор выражает свою благодарность коллегам из ГУНИО МО, родственных институтов за поддержку и участие при выполнении ответственных программ по изучению Арктики.

Защищаемые положения и их обоснование

1. Разработанная организационно-методическая схема ведения работ в условиях дрейфующего льда Высокоширотной Арктики позволяет обоснованно планировать постановку геолого-геофизических исследований при изучении глубинного строения Северного Ледовитого океана. В качестве основного варианта должен рассматриваться вариант организации работ с использованием судна усиленного ледового класса, носителя как минимум двух вертолетных единиц, оснащенного современной аппаратурой для приема с искусственных спутников Земли метео- и ледовой информации, а также современной аэрогеофизической лабораторией.

В основу специальных аппаратурно-методических комплексов для решения геолого-поисковых задач при проведении морских геолого-съёмочных и поисковых работ положен принцип оптимального сочетания геофизических исследований со специальными геологическими работами. Этот принцип сохранен и при продвижении фронта поисково-разведочных работ в глубоководные районы океана.

Выполнение комплексных геолого-геофизических работ по исследованию структуры земной коры в зоне относительной недоступности, каковой является высокоширотная область Северного Ледовитого океана (СЛО), осуществляемых по регулярным системам наблюдений, требует применения нескольких вертолётов и/или самолётов («малой» авиации). Успех научных целей экспедиции решающим образом зависит от организационной схемы подготовки и ведения работ.

Подобные задачи решались Полярной морской геологоразведочной экспедицией (ПМГРЭ) в течение полевых сезонов 1989—1992 гг. в рамках программы «ТрансАрктика» и в 2000 году в экспедиции «Арктика-2000». Изучение структуры земной коры проводилось вдоль линий заданных региональных геотраверсов. Геолого-геофизические исследования включают: глубинные сейсмические зондирования (ГСЗ) на базах наблюдения до 200 км и более; авиадесантные гравиметрические наблюдения в комплексе с сейсмозондированиями МОВ; аэромагнитную съёмку; геологический пробоотбор.

В последнее десятилетие особое значение приобрели работы по программе обеспечения ВГКШ Российской Федерации. В рамках этой программы проведены три высокоширотных экспедиции: в 2000 и 2005 гг. — на поднятии Менделеева и в 2007 г. — на хребте Ломоносова, и выполнены сейсмические работы методами ГСЗ и МПВ.

Три варианта организации исследований реализованы в различные годы: вариант использования круглогодичной дрейфующей станции типа «Северный полюс»

(СП); вариант сезонных высокоширотных экспедиций (ВШЭ); ледокольный вариант (рис. 1).

Вариант ВШЭ предполагает создание кратковременной дрейфующей ледовой базы, на которой размещается весь персонал экспедиции (до 150 чел.), базируется вся «малая» авиация и имеется ледовый аэродром для приёма грузовых самолётов типа Ан-12, осуществляющих доставку на базу всех необходимых грузов и топлива.

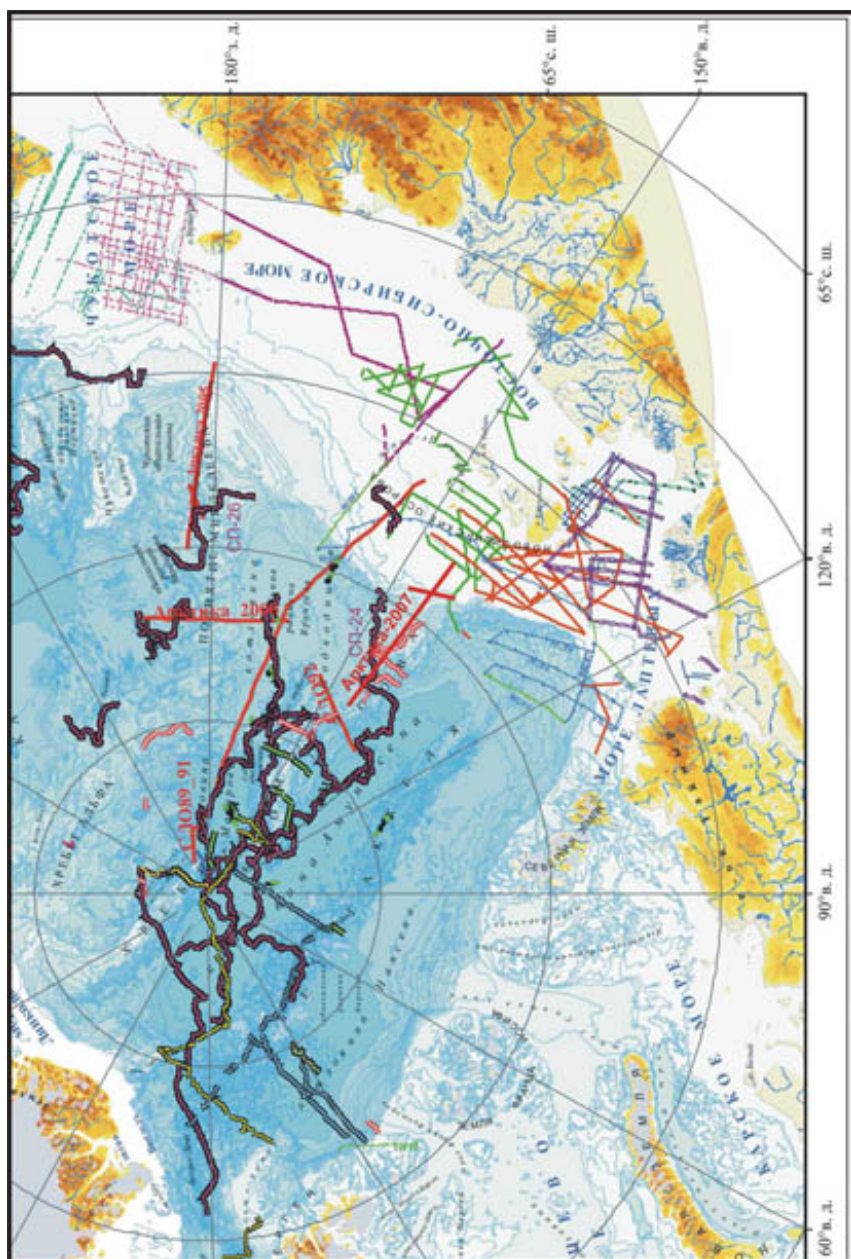
Схема ВШЭ предполагает проведение следующих этапов подготовки и развёртывания экспедиции.

После того, как на предстоящий полевой сезон намечен к отработке определённый участок геотраверса, проводится анализ дрейфа ледовых полей в изучаемом районе, на основе которого определяется оптимальная точка организации ледовой базы с таким расчётом, чтобы дрейфующая ледовая база к середине полевого сезона оказалась бы в центре района. Затем выполняется предварительная оценка ледовых условий и осуществляется подбор трёх-четырёх «льдин-претендентов» для организации сезонной ледовой базы. Основным критерий выбора: линза однолетнего льда должна иметь толщину не менее 1,5 м и быть окруженной паковой сморозью. Завершается этап выбором льдины для организации на ней ледового аэродрома. После ввода аэродрома в эксплуатацию и выполнения технического рейса осуществляется завоз на ледовую базу экспедиционных грузов, одновременно с которым начинаются производственные работы. На случай внезапного раскола основной ледовой базы в непосредственной близости от нее в обязательном порядке подбирается запасная льдина.

Описанная схема была с успехом применена в течение полевых сезонов 1989—92 гг., когда впервые были получены достоверные материалы, характеризующие строение земной коры вдоль геотраверса «Северный полюс — Восточносибирский шельф», протяженность которого свыше 1400 км, а также получен разрез земной коры вкрест простирания хребта Ломоносова в его центральной части (протяженность разреза около 300 км).

Вариант организации работ с использованием станций типа «Северный Полюс» отличается от методики ВШЭ тем, что завоз генеральных грузов осуществляется в летне-осенний период ледокольным или авиационным транспортом непосредственно в точку, где создается дрейфующая ледовая станция «Северный Полюс» (СП). При этом выбирается не тонкая однолетняя льдина, а мощная паковая сморозь или айсберг с тем, чтобы максимально снизить вероятность раскола базы в процессе дрейфа. Строительство ледового аэродрома в таких условиях занимает гораздо больше времени, но это окупается его «живучестью». Так, дрейфующая станция СП-22, созданная на айсберге в Канадской котловине, просуществовала около десяти лет.

Полевые исследования на станции СП могут быть начаты сразу по прибытии на базу эскадрильи «малой» авиации. Однако трудновыполнимым является условие нахождения ледовой станции к моменту начала работ в окрестности намеченного геотраверса. В силу специфики дрейфа ледовых полей в Амеразийском бассейне СЛО, требуемая точность предварительного расчета точки организации ледовой



базы примерно за 6 месяцев до начала сезонных работ реализована быть не может. Пример тому — станция СП-31, организованная осенью 1988 года на Чукотском плато. Станцию не удалось использовать в качестве базы для сезонных работ в связи с непредсказуемым отклонением фактической линии дрейфа от расчетной. К началу полевого сезона 1989 года эта станция оказалась не в котловине Подводников, как планировалось, а в Канадской котловине. В дальнейшем станции типа СП для организации комплексных полевых исследований не использовались.

Организация исследований по системе геотраверсов с использованием ледокола полностью снимает риск раскола ледовой базы. Экспедиционное снаряжение, топливо для работы «малой» авиации, весь персонал в течение всего полевого сезона находятся на борту базового судна без угрозы утраты способности вести полевые исследования. Резко сокращаются расстояния полетов в заданные точки геотраверса, поскольку при выполнении работ базовое судно последовательно перемещается в заранее намеченные точки по профилю исследований. Персонал экспедиции находится в относительно комфортных условиях.

Недостатком в этой схеме является тот факт, что даже самые мощные атомные ледоколы могут относительно свободно перемещаться в пределах полигона исследований лишь в летне-осенний период. Но именно этот период года характеризуется неблагоприятными для широкомасштабного использования «малой» авиации метеоусловиями (туманы, частые осадки, обледенения, ухудшения видимости). Тем не менее, именно эта методическая схема была успешно реализована на судне усиленного ледового класса НЭС «Академик Федоров» при ограниченной поддержке атомного ледокола «Россия» при выполнении полевых исследований на поднятии Менделеева по геотраверсу Арктика-2000, а затем и на геотраверсах Арктика-2005 и Арктика-2007.

В настоящее время вариант организации работ с использованием судна усиленного ледового класса, носителя как минимум двух вертолетных единиц, оснащенного современной аппаратурой для приема метео и ледовой информации с искусственных спутников Земли должен рассматриваться в качестве основного. Поддержка атомного ледокола представляется необходимой, но схема привлечения ледокола поддержки должна быть гибкой, зависеть от конкретной ледовой обстановки, складывающейся в районе исследований на период производства работ.

Задачей ГСЗ, как главного метода геолого-геофизических исследований на геотраверсах, является определение структуры и мощности земной коры. Нами была разработана оригинальная, не имеющая аналогов в мире методика проведения этих исследований в условиях дрейфующего льда. На геотраверсе Арктика-2000 последовательно были отработаны четыре расстановки регистраторов, каждая из которых представляет собой линейную систему установленных на дрейфующем льду регистраторов с трехкомпонентными сейсмоприемниками.

Наблюдения производятся при последовательном выполнении взрывов в воде зарядов тротила весом от 100 до 1000 кг. Оптимальной для условий, когда скорость дрейфа льда при выполнении работ достигала 10 миль в сутки, оказалась расстановка, включающая 25 регистраторов на интервале 120 км. Важным принципом

при выполнении расстановки является соблюдение непрерывности процесса от постановки регистраторов на лед до их снятия. При длительном перерыве регистраторы с момента их установки на лед могут сдрейфовать на значительное расстояние, что приводит к их утрате.

Таким образом, процесс отработки расстановки ГСЗ состоит из следующих этапов: предварительный расчет координат установки каждого регистратора и пунктов взрывов; расстановка 25 регистраторов; подготовка и последовательное взрывание 8 пунктов взрыва; снятие регистраторов с фиксацией фактических координат.

Опыт наших работ показал, что сплочённость льда в 8—9 баллов позволяет, с одной стороны, свободно перемещаться судну между центрами расстановок, а с другой стороны, совершать безопасные посадки на лед вертолетов для расстановки регистраторов и подготовки пунктов взрыва. Для опускания зарядов на пунктах взрыва, как правило, используются естественные трещины и развodia.

Схема полевых наблюдений ГСЗ обеспечивает возможность получения системы встречных и нагоняющих годографов для волн, прослеживающихся в первых вступлениях. Благодаря использованию современных цифровых регистраторов “Дельта-Геон” с динамическим диапазоном 100 дБ качество полученных материалов, в целом, высокое.

Таким образом, разработанная организационно-методическая схема ведения натурных экспериментов в условиях дрейфующего льда Высокоширотной Арктики позволяет успешно осуществлять исследования глубинного строения Северного Ледовитого океана. Схема была впервые реализована при работах по геотраверсу Арктика-2000, а затем и на геотраверсах Арктика-2005 и Арктика-2007.

2. Геоинформационная система (ГИС), созданная при участии и под руководством автора, обеспечивает подготовку геофизической основы для создания листов геологической карты Арктического шельфа России, оценку минерально-сырьевого потенциала арктических акваторий и исследования по проблеме внешней границы континентального шельфа России в Арктике.

Надежное сохранение первичных материалов, включение их в систематизированные базы данных представляет собой весьма важную самостоятельную научно-исследовательскую методическую задачу, важность которой возрастает, если учесть чрезвычайно высокую стоимость организации и проведения геофизических исследований в экстремальных условиях Арктики. Уникальность полученных материалов определяется невозможностью повторного проведения подобных геофизических исследований в СЛО в ближайшем будущем. Все первичные геофизические данные по Арктике сохранены таким образом, что к ним обеспечен доступ для обработки и интерпретации с использованием постоянно обновляющихся программных и технических средств.

Базы сейсмических и батиметрических данных

При создании баз геофизических и батиметрических данных использованы и систематизированы все доступные первичные материалы, полученные за последние 50 лет. Материалы включают сейсмические записи, сведения методического

характера, информацию о плановом положении пунктов и времени проведения наблюдений. Материалы были получены на дрейфующих станциях «Северный Полюс» № 21—31, в экспедициях «Север», при выполнении глубинных сейсмических зондирований (ГСЗ) и других работ.

Идеология и принципы создания баз сейсмических и батиметрических данных в Арктике на основе ГИС-технологий были определены после анализа программно-технологических наработок Института изучения систем окружающей среды (ESRI, США). На основе этих наработок на базе ArcInfo созданы привязанные к географическим координатам информационные системы, которые являются не только средой накопления, но и эффективным средством анализа и обработки геолого-геофизической информации.

Географические информационные системы (ГИС) построены на основе формальных моделей, описывающих размещение в пространстве объектов и процессов. Наша работа выполнена в направлении создания объектно-ориентированных баз данных (ООБД). Преимущества ООБД определяются прежде всего потребностями практики: необходимостью разработки сложных информационных прикладных систем, для которых технология предшествующих систем БД не была вполне удовлетворительной. Наиболее важным аспектом ООБД является базирование на следующих концепциях:

- ♦ объекта и идентификатора объекта;
- ♦ атрибутов и методов;
- ♦ классов;
- ♦ иерархии и наследования классов.

Любая изученная площадь или структура в объектно-ориентированных языках и системах моделируется в виде объекта. Любой объект при своем создании получает генерируемый системой уникальный идентификатор, который связан с объектом все время его существования и не меняется при изменении состояния объекта.

Множество объектов с одним и тем же набором атрибутов и методов образует класс объектов. Допускается порождение нового класса на основе уже существующего класса — наследование. В этом случае новый класс, называемый подклассом существующего класса (суперкласса), наследует все атрибуты и методы суперкласса. В подклассе, кроме того, могут быть определены дополнительные атрибуты и методы.

Структурная часть ООБД поддерживается всем аппаратом БД, ее можно моделировать и верифицировать. В состав Систем управления БД (СУБД) включена обрабатывающая система, условия и действия которой не ограничиваются содержанием БД или прямыми действиями над ней со стороны пользователя.

Основополагающим принципом при проектировании базы данных является принцип модульности. Это значит, что все данные классифицируются по типу и хранятся в отдельных модулях как объекты одного класса. Такой подход позволяет, с одной стороны, формализовать разнородные данные, имеющие различные количество и свойства атрибутов, с другой стороны, использовать единый метод доступа и обработки информации.

Все данные разделяются на три блока:

первый — архивные базы данных;

второй — базы данных результатов обработки;

третий — базы данных документов.

Архивные базы данных включают в себя исходные (полевые) материалы, структурированные по методам и типу информации: батиметрические, сейсмические, потенциальные поля, цифровые модели.

Сейсмические данные, например, подразделяются на:

— сейсмозондирования МОВ дрейфующих станций «Северный полюс»;

— сейсмозондирования МОВ базовых станций «Север»;

— сейсмозондирования ГСЗ-МПВ базовых станций «Север»;

— сейсмотиметрические компилятивные профили МОВ;

— профильные сейсмозондирования ГСЗ-МПВ;

Каждый раздел построен на модульном принципе и содержит модули архивных сейсмических данных, структурированных по номерам станций СП, модули базовых наблюдений по годам, модули координат по номерам СП, базовым и площадным наблюдениям.

Базы данных результатов обработки сейсмических материалов содержат:

— скоростные параметры;

— временные разрезы;

— глубинные разрезы;

— историю обработки.

Наконец, третьей основной частью банка данных являются базы данных документов.

Программное обеспечение включает в себя три пакета модулей обработки. Первый пакет разработан для обеспечения навигации по банку данных, обработки внутренних (служебных) баз данных, защиты информации и регистрации пользователей. Второй пакет предназначен для обработки и интерпретации данных. Третий пакет включает в себя сервисные модули для работы с внешними базами данных. Модули навигации по банку данных обеспечивают защиту и доступ к данным. Вход в банк и защита информации осуществляется с помощью пользовательского интерфейса, который представляет собой совокупность диалоговых окон и меню. Вход в банк данных осуществляется после ввода пароля.

При работе перед пользователем появляется меню навигации по главной информационной базе данных, где предлагается выбрать интересующий регион, конкретный дрейф станции или профиль. Каждому объекту базы данных соответствует файл. Система автоматически открывает его программой из обрабатывающей системы СЛО. Таким образом, банк служит не только для хранения и извлечения данных, но и является посредником между данными и обрабатывающей системой. Если войти в один из объектов, то появляется интерфейс навигации по базам данных соответствующего раздела.

Модули обработки данных обеспечивают оперативную обработку и интерпретацию геофизической информации различного типа.

Программы обработки данных МОВ в системе СЛО открывают доступ к данным обрабатывающих программ, позволяют производить скоростной анализ, вводить кинематические поправки, сохранять данные для последующего суммирования. С помощью программы когерентной фильтрации производится ослабление фона случайных сигналов, побочных эффектов миграции и веерной фильтрации и относительное усиление изображения осей синфазностей в заданном диапазоне кажущихся скоростей.

Пакет программ обработки данных ГСЗ в системе СЛО состоит из ряда компонентов:

- интерфейса программы формирования базы данных паспортов сейсмограмм;
- интерфейса программы формирования профиля ГСЗ;
- интерфейса программы определения скоростей.

Геоинформационные системы призваны служить средством получения новых результатов интерпретации на основе комплексного анализа огромного объёма разнородной информации. ГИС состоит из двух частей: базы геоданных и проекта. В банке данных они рассматриваются как самостоятельные объекты, а электронные карты представляют собой «застывший» результат выполненного анализа.

Полученные в результате обработки временные и глубинные разрезы являются основными фактическими данными, по которым определяется мощность осадочного чехла в СЛО. Созданная ГИС временных и глубинных разрезов по сути своей является географическим интерфейсом базы данных результатов обработки и интерпретации всех сейсмических данных, которые прошли цикл обработки. Таким образом, созданная ГИС временных и глубинных разрезов СЛО (рис. 2) даёт возможность легко и быстро извлекать существующую информацию по всем профилям и, при необходимости, обрабатывать её повторно.

Создание баз сейсмических и батиметрических данных Северного Ледовитого океана позволило систематизировать геофизические материалы и результаты их обработки, полученные за период с 1964 года по 2003 год. Сформированные базы данных паспортов архивных сейсмических записей обеспечили проведение обработки материалов с координатной привязкой в пределах СЛО. Базы результатов обработки данных позволяют оперативно извлекать необходимую информацию и отправлять ее на интерпретацию. Интеграция геофизических данных, модулей пакетов обработки и геоинформационных систем дает возможность выйти на качественно новый уровень работы геофизиков и геологов.

Базы геофизических данных по аномалиям потенциальных полей

С конца 80-х годов, в связи со значительным прогрессом, достигнутым в производстве измерительной аппаратуры и средств навигационного обеспечения съемок, а также благодаря бурному развитию компьютерных средств и методик обработки геофизических данных, был осуществлен переход от аналоговой к цифровой регистрации непосредственно при проведении полевых работ.

До этого времени во ВНИИОкеангеология были построены вручную сотни оригинальных карт магнитного и гравитационного полей по съемкам на шельфе и в глубоководной части Северного Ледовитого океана. Первые сводные карты нулевых изолиний аномального магнитного поля Северного Ледовитого океана, опубли-

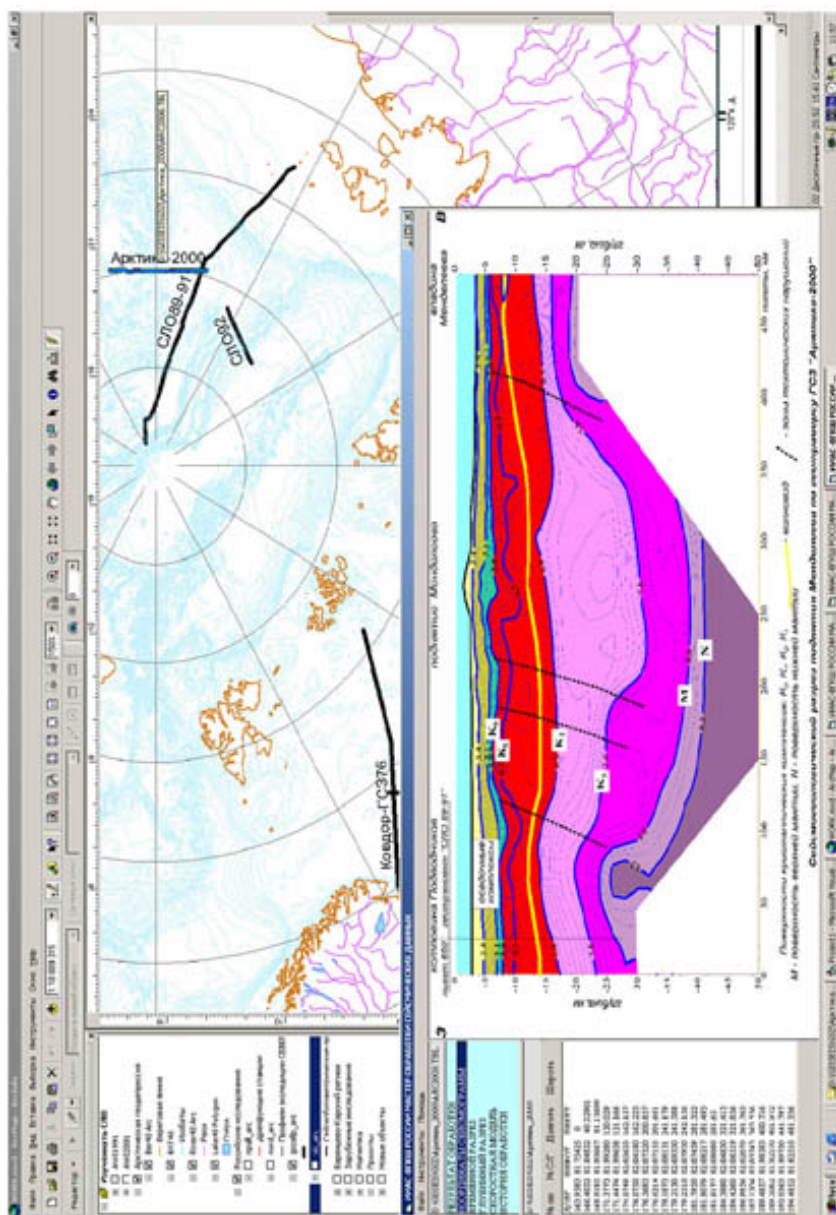


Рис. 2. Базы данных Северного Ледовитого океана; ГИС глубинных разрезов ГСЗ.

ликованные А.М. Карасиком с коллегами, закрепили приоритет Советского Союза в области исследования Арктики. Проведенные обобщения сыграли огромную роль в познании особенностей геологического строения Арктического бассейна, отражающихся в его потенциальных полях.

Тем не менее, составленные вручную сводные карты физических полей несут в себе ряд существенных недостатков, влияющих на их достоверность. К таковым относятся:

- плохая плановая привязка во многих частях акватории, связанная как с реальными погрешностями навигации, так и с ошибками, возникшими при графическом слиянии результатов отдельных съемок, представленных иногда в различных проекциях, в единую сводную карту;

- ошибки во внешней увязке по уровню относимости отдельных съемок;

- привнос в сводные карты изолиний авторской трактовки особенностей структуры поля;

- технические картографические ошибки, возможные при вычерчивании исходных карт;

- невозможность уточнения предшествующих карт за счет последующей увязки с более точными современными цифровыми данными (дополнение и уточнение построенных вручную карт, как правило, приводит к необходимости их полной или хотя бы частичной перерисовки);

- невозможность сопоставления с другими геолого-геофизическими данными, представленными в иных масштабах и проекциях, при комплексной интерпретации.

Все перечисленные недостатки могли быть частично или полностью устранены лишь в процессе создания компьютерных сводных карт после предварительной оцифровки сохранившихся первичных материалов геофизических исследований и формирования сводных взаимоувязанных согласованных баз данных.

Преимущества хранения, обработки, картографирования и интерпретации информации в цифровом виде очевидны:

- обеспечивается сохранность первичных данных, хранящихся в виде бумажных копий карт или каталогов;

- информация становится доступной для дополнения и обмена с зарубежными базами данных, будучи представленной в форматах, принятых в Мировом геологическом сообществе;

- существенно облегчаются, ускоряются и становятся более совершенными процессы обобщения, взаимной увязки, картографирования, трансформации и интерпретации геофизических данных;

- применительно к гравиметрическим и батиметрическим данным, технологии компьютерной обработки позволяют преобразовать исходную информацию в форму, которая не нарушает ее конфиденциальности.

Актуальность создания сводных взаимоувязанных цифровых баз геолого-геофизических данных Арктической акватории обусловлена тем, что доступные цифровые обобщения по магнитному и гравитационному полям Арктики по своей представительности далеко не всегда могут быть использованы для решения задач

тектонического районирования. Тем более они не могут использоваться для количественной интерпретации.

С участием автора созданы две согласованные базы данных по потенциальным полям. Первая основана на результатах только российских съемок. Вторая дополнена зарубежными, преимущественно аэрогравиметрическими и аэромагнитными данными, а также результатами морских набортных и ледовых гравиметрических исследований, предоставленных Геологической службой Канады.

Карты аномального магнитного поля

Единственная из доступных мировому геологическому сообществу компьютерных карт аномального магнитного поля Северного Ледовитого океана является карта магнитных аномалий (и соответствующий ей грид с размером ячейки 5×5 км), распространяемая Атлантическим отделом Геологической службы Канады. В пределах значительной части Арктического региона, закрытого российскими съемками, она основана на грубых данных, полученных путем оцифровки построенной вручную карты изолиний АМП масштаба $1 : 5\,000\,000$. Уровень относимости и реальные очертания магнитных аномалий на канадской карте весьма спорны.

Результаты совместной (NRL/ВНИИО) компиляции магнитометрических данных в глубоководном Арктическом бассейне переданы в открытое использование в 2004 г. Составлена карта аномального магнитного поля, основанная на всех доступных исходных российских и зарубежных магнитометрических данных и дополненная результатами новых аэромагнитных съемок над Землей Франца-Иосифа и в Карском море. Итоговая цветная карта магнитных аномалий Северного Ледовитого океана достовернее всех ранее существовавших.

Карты аномалий поля силы тяжести

Существует несколько региональных цифровых моделей (карт и соответствующих им гридов) аномального гравитационного поля Арктической акватории в редукции в свободном воздухе:

- карта (грид $2,5 \times 2,5$ км), построенная по результатам спутниковых альтиметрических наблюдений, охватывающих Арктическую акваторию до 82° с.ш.;
- карта (грид 10×10 км), созданная по российским материалам;
- карта (грид 10×10 км), созданная в ходе выполнения проекта, заключенного между ВНИИОкеангеология и NRL. В рамках этого проекта были обобщены: открытые российские данные; аэрогравиметрические данные NRL (съемки 1992—1996 гг.); морские набортные и ледовые данные Геологической службы Канады; а также грид гравитационных аномалий, вычисленный по результатам спутниковых альтиметрических измерений. Результирующие карта и грид охватывают глубоководную Арктическую акваторию и частично прилегающий шельф;
- карта (грид 5×5 км), построенная по результатам аэрогравиметрических съемок NRL (1992—1999 гг.) и материалам гравиметрических наблюдений, собранных Геологической службой Канады. Цифровая модель полностью охватывает западное полушарие и часть восточного полушария (севернее Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа) и покрывает около 60% акватории глубоководной части Северного Ледовитого океана;

— карта (гид 5 × 5 км), созданная по результатам исследований стран участников Арктического гравиметрического проекта АГП (включая Россию) и охватывающая всю Арктическую акваторию.

Несмотря на большое количество перечисленных выше моделей гравитационного поля Арктики, вплоть до конца 2003 года доступными Мировому геологическому сообществу, являлись только гиды и карты, рассчитанные по российским данным, а также результатам спутниковых альтиметрических наблюдений. Карта гравитационных аномалий в редукции в свободном воздухе, созданная по результатам АГП в 2003 году и представленная в сети Internet, является ныне наиболее достоверной. Карта гравитационных аномалий представлена в редукции Буге. При расчете соответствующего ей гйда использовались версия батиметрического гйда ИВСАО с размером ячейки 2,5 × 2,5 км и гид аномалий в свободном воздухе АГП. Средняя плотность осадочного чехла была принята равной 2,67 г/см³.

Созданные во ВНИИОкеангеология базы данных по потенциальным полям постоянно дополняются и уточняются как за счет непосредственного включения в них новой информации, так и за счет уточнения старой на основе современных методов увязки. Они уже использовались и продолжают использоваться в научно-исследовательских разработках ВНИИОкеангеология при решении конкретных вопросов, связанных с тектоникой и глубинным строением Арктической акватории и отдельных ее регионов. В настоящее время они являются наиболее представительными из имеющихся в России и за рубежом и пригодными для совместного анализа с существующими цифровыми базами сейсмических и батиметрических данных, а также с оцифрованной геологической информацией.

Геоинформационная система по потенциальным полям обеспечивает создание цифровой геофизической основы для листов геологической карты Арктического шельфа России масштаба 1 : 1 000 000, а также для работ по определению внешней границы континентального шельфа России в Арктике.

3. Построенные геофизические модели строения земной коры на геотраверсах являются фундаментальным этапом комплексной интерпретации геофизических данных, обеспечивающим создание структурно-тектонических карт Арктического бассейна и раскрытие истории его развития.

Методика построения геолого-геофизических моделей земной коры бассейна СЛО основана на опыте моделирования, проведенного на других территориях и акваториях, но вместе с тем имеет и специфические черты, связанные с характером используемых данных. Плотностные и магнитные модели позволяют распространить профильные сейсморазведочные (ГСЗ) данные на некую площадь, то есть перевести их в 2,5 и 3D модели земной коры.

Геолого-геофизическое моделирование, выполняемое на основе решения прямых и обратных задач гравиразведки и магниторазведки, занимает особое место в процессе интерпретации геофизических данных, являясь методом обобщения геолого-геофизической информации, применяемом при выстраивании тектонических и прогнозных концепций. Моделирование дает возможность найти наглядное

объяснение геофизическим аномалиям на основе геологических наблюдений и экспериментальных геофизических данных на конкретном объекте. В то же время модель вбирает в себя определенные фундаментальные представления о делимости земной коры и верхней мантии.

Моделирование производится на основе компьютерных расчетов и последовательного подбора разрезов. Успех моделирования может быть обеспечен, с одной стороны, учетом всей достоверной априорной геолого-геофизической и петрофизической информации и, с другой стороны, использованием передовых технологий вычислений и представления результатов. В условиях ограниченного использования данных глубинного сейсмического зондирования, проведенного в Арктике лишь на единичных профилях, с максимальной полнотой используются все сейсмогеологические данные, характеризующие главным образом строение осадочного чехла в бассейнах и складчатых поясов и фундамента на периферии бассейнов. Конкретные расчеты выполняются с использованием созданных во ВНИИОкеангеология баз данных геофизических полей и петрофизическую базу данных.

Полученные в начале 90-х годов сейсмические данные профиля ШГСП послужили реперными данными при выполнении плотностного моделирования в регионе Баренцево-Карского шельфа. Профиль проходит от прибрежных вод Кольского п-ова до Земли Франца-Иосифа (ЗФИ) через Мурманскую, Арктическую, Штокмановскую, Лудловскую и Лунинскую структуры. Граница М поднимается от 32—33 км на концах профиля до 25 км в его центральной части, вблизи Лудловской седловины. Поверхность “базальтового” слоя в южной части профиля находится на глубине около 20 км, на большей его части фиксируется, по сейсмическим данным, на глубинах 16—19 км, а на севере, при приближении к ЗФИ, поднимается до 8 км. Толща, залегающая в основании осадочного чехла, неоднородна по плотности. Предполагается, что в эту толщу входят блоки палеозойских терригенно-карбонатных пород. Блок пород повышенной плотности в центральной части профиля, между Штокмановской и Лудловской структурами, по-видимому, обогащен магматитами девонского траппового комплекса, о чем свидетельствуют и магнитные аномалии.

Эти характеристики структур земной коры были использованы при работах на геотраверсе 2-АР — на начальном этапе создания сети опорных профилей в соответствии с «Федеральной программой развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации на 1994—2000 гг.», одобренной постановлением Правительства Российской Федерации от 30.07.1994 г. № 876. Эти работы выполнялись также в соответствии с Федеральной целевой программой «Экология и природные ресурсы России». Они послужили опытно-методическим этапом при разработке методики моделирования.

Для плотностного моделирования вдоль профиля 2-АР была подготовлена сейсмическая модель разреза. Наиболее устойчивой ее частью, несмотря на наличие двух локальных спорных участков, является структура осадочного чехла. В Баренцевом и Карском морях профиль пересекает прогибы, борта которых ступенчато воздымаются к архипелагу Новая Земля, Центрально-Баренцевскому поднятию и

полуострову Ямал. Чехол на обоих шельфах хорошо изучен и стратифицирован. Выделены и регионально прослежены структурные этажи и комплексы чехла.

Цифровые версии карт аномалий поля тяжести в редукции в свободном воздухе и рельефа дна позволили выполнить 3D гравитационное моделирование с целью вычисления глубины до поверхности Мохоровичича.

В аномальном магнитном поле в пределах полосы геотраверса отчетливо выделяются две основные области — западная и восточная. Они отличаются друг от друга по интенсивности поля. В восточной части геотраверса, которая пересекает Карское море, картируются аномалии, амплитуда которых достигает 400 нТл. В западной части (Баренцево море) — интенсивность аномалий вдвое меньше.

В гравитационном поле, как и в магнитном, прослеживается приуроченность аномалий к Новоземельской складчатой системе, которая отражается в гравитационном поле вытянутыми в юго-западном—северо-восточном направлении аномалиями поля силы тяжести. Новая Земля с запада и востока обрамлена отрицательными длиннопериодными аномалиями интенсивностью 20—30 мГал, которые наблюдаются над прогибом Седова и ступенью Викулова. Западно-Ямальская впадина и Баренцевский мегапрогиб характеризуются положительным слабоаномальным гравитационным полем, представленным изометричными короткопериодными малоинтенсивными аномалиями. Переход к Центрально-Баренцевскому поднятию и само поднятие картируются интенсивными отрицательной и положительной аномалиями поля силы тяжести. Эти аномалии группируются в цепочки, вытянутые в диаметрально противоположных направлениях — субширотном и субмеридиональном, что может свидетельствовать о наличии в этой зоне различных тектонических структур. При сопоставлении опережающей сейсмоплотностной модели по опорному профилю 2-АР с геолого-геофизическим разрезом, полученным по результатам полевых работ на опорном профиле 2-АР ГНПП «Севморгео», отмечается общее соответствие структуры разреза, глубин залегания основных границ раздела и мощностей комплексов консолидированной коры и осадочного чехла. Основное различие связано с тем, что на геолого-геофизическом разрезе в прогибах возрастает мощность нижней коры за счет полного исчезновения верхней коры. Одновременно подчеркивается рифтогенная природа прогибов листрическими разломами, очевидно, являющимися результатом геологической интерпретации.

Результаты плотностного моделирования показывают, что в низах земной коры Восточно-Баренцевской впадины реально существует область с утоненной земной корой, характеризующаяся высоким положением границы К, то есть утонением или же полным отсутствием гранитно-метаморфического слоя. Находясь в пределах главных осадочных бассейнов региона, описываемая зона не выглядит определенным образом приуроченной к границам ни пермо-триасовой, ни юрско-меловой впадин.

Технология комплексной интерпретации и обобщение геолого-геофизических данных были отработаны при построении сводного разреза по профилю 3-АР в Карском море, где основной объем работ МПВ был выполнен МАГЭ в период 1985—89 гг. Исследования выполнялись по сети региональных профилей. Все дан-

ные МПВ, включая осевые и секущие профили, были обработаны сейсмотомографическим методом.

При проведении моделирования были использованы обобщающие данные о средних плотностях толщ земной коры Баренцево-Карского региона, полученные по материалам петрофизических исследований на островах и прилегающей суше и в результате решения обратной задачи гравиметрии при гравитационном моделировании по ряду региональных сейсмических профилей в регионе. Результаты этих обобщений использовались при задании плотностных моделей по магистральному профилю геотраверса и на профилях-рассечках.

На первом этапе двумерного сейсмогравитационного моделирования на опорном профиле 3-АР задавалась геометрия разреза, исходя из глубинных интерпретационных сейсмических разрезов, построенных по данным МПВ и МОВ-ОГТ. Затем были вычислены аномалии Буге с плотностью промежуточного слоя $2,3 \text{ г/см}^3$. В этой редукции исключено влияние рельефа дна, однако содержится информация о рельефе фундамента (плотностной контраст $0,15 \text{ г/см}^3$) и разделе Мохоровичича (плотностной контраст $0,4 \text{ г/см}^3$). При моделировании принимается, что средняя плотность осадков, пород консолидированной коры и верхней мантии не меняется. В результате выполненного моделирования построена геолого-геофизическая модель земной коры по опорному профилю 3-АР, пересекающему Таймырско-Североземельскую складчатую область и Северо-Карскую плиту. Моделирование позволило обосновать представленный оптимальный вариант глубинного строения этого региона.

Опыт построения моделей земной коры на шельфе и последующая успешная заверка этих моделей комплексными геофизическими работами на трансектах позволили перейти к моделям в глубоководных областях Северного Ледовитого океана. Первые модели земной коры поднятий глубоководных областей строились с опорой на Полярный геотрансект. Профиль, соответствующий Полярному геотрансекту, протягивается от шельфа вблизи о-вов Де-Лонга в Восточно-Сибирском море, через котловины Подводников и Макарова к хребту Ломоносова в окрестностях Северного полюса. Разрез по профилю был построен с использованием комбинации сейсмических данных ГСЗ и МОВ, полученных ПМГРЭ в 1989—1992 годах в рамках выполнения научной программы ТРАНСАРКТИКА.

В южной части профиля магнитные аномалии связаны с разновозрастными базальтовыми толщами, обнажающимися на о-вах Де-Лонга, и с предполагаемыми в разрезе дайками и силлами основных пород. Шельфовый отрезок трансекта (ПК 0-300) проходит по массиву Де-Лонга, где толща фундамента обогащена основными магматитами, и по заполненному осадками Северному прогибу. Мощность осадочной толщи максимальна на континентальном склоне. Максимум аномалии Δg , до 60 мГал , приурочен к подъему глубинных границ при переходе к утоненной земной коре субокеанического типа. Далее на север компенсация подъема глубинных границ осуществлена углублением водной толщи. На протяжении всего участка профиля, проходящего по котловине Подводников, земная кора по своим параметрам принадлежит к некоторому переходному типу. Общая мощность

коры находится в пределах 15—19 км. Отрезок профиля, проходящий над отрогами хребта Менделеева сложен породами, аналогичными по плотности породам типичной “верхней” континентальной коре, однако “базальтовый” слой земной коры на этом участке редуцирован. Расположенная далее по профилю котловина Макарова на плотностной модели представляется типично океаническим образованием с общей мощностью консолидированной земной коры порядка 8 км. В конце профиля происходит переход к континентальной земной коре хребта Ломоносова.

Использование данных, полученных на Полярном геотрансекте, позволило перейти к построению моделей по профилям, пересекающим осевые части хребта Ломоносова и поднятия Менделеева. Разрез по профилю от шельфа Северной Земли до поднятия Менделеева (рис. 3) пересекает основные структуры Евразийского бассейна и центральных хребтов Северного Ледовитого океана.

Профиль опирается на сейсмические данные при пересечении геотрансекта СЛО 89-91, данные ГСЗ по профилю через хребет Ломоносова СЛО-92, данные ГСЗ на профиле Арктика-2000 и данные о мощности и строении осадочного чехла, содержащиеся в ряде обобщающих работ. Континентальная земная кора Североземельского шельфа сменяется на профиле океанической корой Евразийского бассейна, в которой особым блоком выделяются образования хребта Гаккеля. Мощность осадочного чехла при этом убывает от 3—4 км на континентальном борту котловины Нансена до 0—1,5 км в зоне перехода от котловины Амундсена к хребту Ломоносова. Хребет Ломоносова, так же как и поднятие Менделеева в конце профиля, имеет характеристику континентальной земной коры пониженной мощности, глубина поверхности М — 25—27 км. В земной коре хребта Ломоносова положительными гравитационными аномалиями фиксируется область, в которой “верхняя” кора, по-видимому, обогащена внедренными магматическими породами основного состава.

4. Проведенными исследованиями подтверждена континентальная природа поднятия Менделеева и хребта Ломоносова и обоснована их тесная структурная связь с прилегающим Восточно-Сибирским шельфом.

Российской Федерацией 30 ноября 1995 г. (№ 187-ФЗ) был принят Федеральный закон «О континентальном шельфе Российской Федерации», определяющий правовой статус, режим и принципы построения внешних границ континентального шельфа РФ в соответствии с Конституцией РФ и правовыми нормами «Конвенции ООН по морскому праву», 1982 г.

В соответствии с положением Конвенции, Российская Федерация в течение 10 лет со дня ратификации Конвенции должна была представить в Комиссию ООН по границам континентального шельфа аргументированные геолого-геофизические и батиметрические материалы, обосновывающие претензии на дополнительную площадь юридического шельфа за пределами 200-мильной исключительной экономической зоны. После окончательного определения внешней границы континентального шельфа суверенное право на разведку и разработку минеральных и других природных ресурсов, а также на прокладку трубопроводов и строительство всевозможных донных сооружений на участке, расположенном

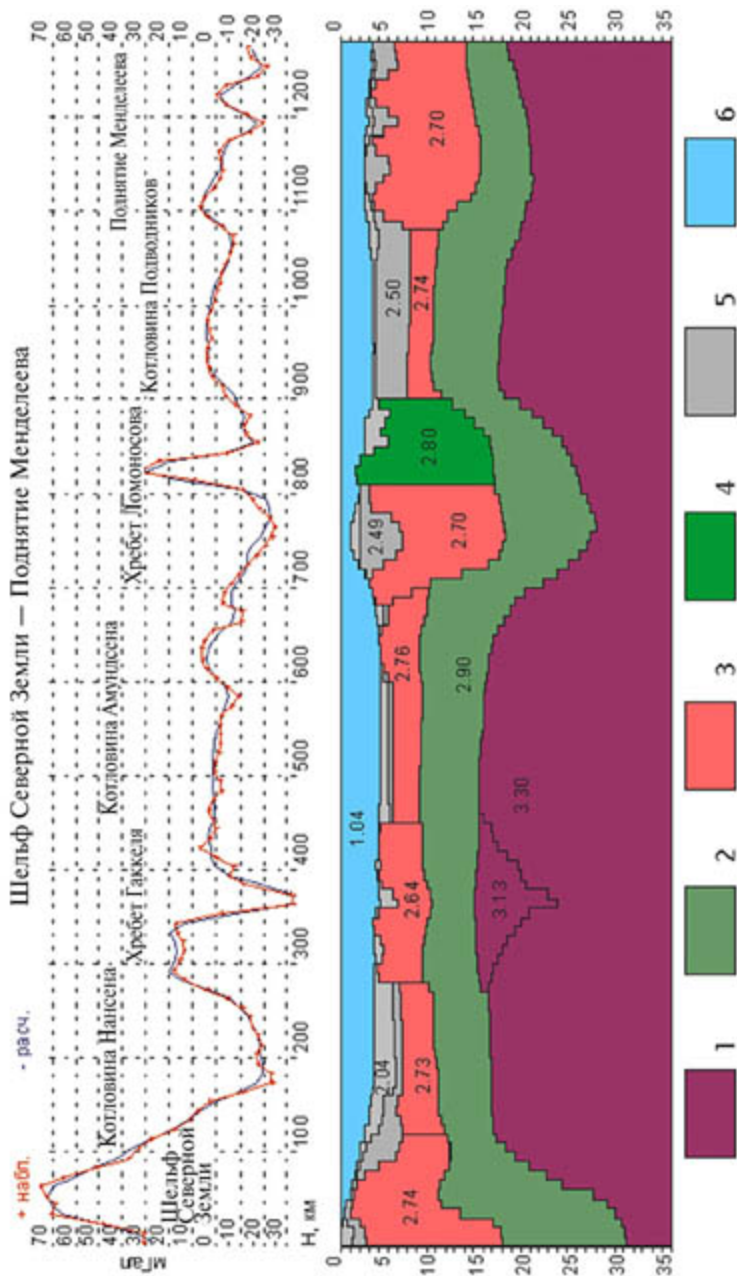


Рис. 3. Плотностная модель земной коры вдоль профиля Северная Земля — Поднятие Менделеева.

1 — мантия; 2 — базитовый нижний слой земной коры; 3 — гранодиоритовая “верхняя” кора в смеси с терригенно-карбонатными осадочными породами нижнего—среднего палеозоя, океаническая кора слоя 2; 4 — “верхняя” кора основного состава и комплекс осадочных интрузивными породами основного состава; 5 — толщи осадочных пород; 6 — морская вода.

за пределами исключительной экономической зоны, будет принадлежать Российской Федерации.

Принципиальным положением Конвенции является определение юридического понятия «континентальный шельф», который представляет собой подводное продолжение континента и «...включает в себя морское дно и недра подводных районов за пределами территориального моря на всем протяжении естественного продолжения сухопутной территории до внешней границы подводной окраины или на расстоянии 200 морских миль от исходных линий, когда внешняя граница подводной окраины материка не простирается на такое расстояние». В соответствии с п. 3 ст. 76 «...подводная окраина материка состоит из поверхности и недр шельфа, склона и подъема. Она не включает дна океана на больших глубинах, в том числе его океанические хребты и его недра».

Геологические критерии определения положения ВГКШ России в Арктическом бассейне включают в себя сведения о мощности осадочного слоя, данные, характеризующие глубинное строение и природу земной коры основных геоструктур за пределами 200-мильной зоны и объясняющие их структурное единство с прилегающим шельфом. Дополнительным критерием для отнесения глубоководных участков, на которые распространяются суверенные права прибрежного государства, является установление геологического единства (с учетом геологического прошлого) подводных возвышенностей глубоководной части океана со структурами на побережье и на континентальном шельфе. При использовании этого критерия необходимы аргументированные доказательства как континентальной природы земной коры подводных поднятий, так и их естественного продолжения на прилегающий шельф.

Выполненные в последние годы работы были направлены в ООН для обоснования российской Заявки по ВГКШ в Центральном-Арктическом бассейне. В 2002 году Комиссия ООН, в результате оценки представленных в российской Заявке материалов, сделала вывод, что поднятие Менделеева в терминах Конвенции может быть классифицировано только как глубоководный океанический хребет. Недостаток значимых геологических и геофизических данных, касающихся возраста, литологического характера и стратиграфии акустического фундамента не позволил осуществить определение принадлежности поднятия Менделеева в терминах Конвенции. Рекомендации Комиссии свелись к представлению пересмотренной заявки по Северному Ледовитому океану, включая:

- представление дополнительных геолого-геофизических доказательств о природе земной коры основных поднятий Американо-Арктического бассейна и об их структурном единстве с континентальными окраинами;
- представление обоснованных моделей эволюции земной коры основных геоструктур Американо-Арктического бассейна.

В ходе выполнения проекта Арктика-2005 были выполнены геолого-геофизические исследования на поднятии Менделеева, включавшие сейсмические работы методами ГСЗ, МПВ и МОВ, наледные гравиметрические измерения, аэрогравимагнитную съемку масштаба 1 : 500 000 и донное опробование.

Было выполнено три расстановки ГСЗ, составивших субмеридиональный профиль, протянувшийся вдоль поднятия Менделеева через зону сочленения поднятия с шельфом Восточно-Сибирского и Чукотского морей. Наблюдения МОВ выполнены на каждой точке расстановок ГСЗ и МПВ на этапах снятия регистраторов.

Аэромагнитные исследования проводились с использованием системы магнитометрических датчиков — датчика к квантовому магнитометру АКМ и парных датчиков аэромагнитометра «АМ-2М». При проведении аэрогеофизических работ использовался аэрогравиметрический комплекс.

В результате было выполнено 24 рядовых профиля и 12 секущих профилей. Составленная карта магнитных аномалий значительно детализировала картину по сравнению с картой, созданной ранее по международному проекту.

При выполнении интерпретации в программу моделирования были введены 5 групп головных волн с граничными скоростями: 7,5—8,1 км/с (поверхность мантии), 6,8—7,1 км/с (поверхность нижней коры), 6,1—6,5 км/с (поверхность верхней коры), 4,7—4,9 км/с (поверхность консолидированного осадочного чехла), и 3,5—3,7 км/с (поверхность, отделяющая литифицированный осадочный чехол от рыхлых отложений).

Анализ выполненной компиляции позволяет предложить следующую геологическую интерпретацию строения земной коры вдоль геотраверса Арктика-2005.

Южный фланг геотраверса пересек продолжения (за бровку шельфа) двух шельфовых структур северо-западного простирания — периферийной части Северо-Чукотского прогиба (мощность осадочного чехла более 10 км при общей мощности коры 29 км) и Северо-Чукотского поднятия (мощность чехла — 7—8 км при общей мощности коры 31 км). Центральная часть геотраверса соответствует области наложения на поднятие Менделеева присклонового прогиба Вилькицкого с мощностью осадочного чехла до 8 км, с утоненной до 5 км верхней корой при общей мощности коры 27 км.

Северный фланг геотраверса, по-видимому, вышел за пределы зоны сочленения поднятия Менделеева с шельфом в область, где поднятие уже не осложнено присклоновыми структурами. Общая мощность коры поднятия Менделеева здесь составляет 26—28 км при сокращающейся на север мощности осадочного чехла от 5 до 2 км. Главной особенностью северного фланга геотраверса является нормальная мощность верхней коры поднятия Менделеева: ее мощность (10 км) здесь практически сравнима с мощностью нижней коры, что характерно скорее для шельфовых поднятий, чем для глубоководных (модель по геотраверсу Арктика-2000). Для подтверждения этого факта был отработан поперечный профиль МПВ, пересекающий северную часть геотраверса ГСЗ. Мощность верхней коры по профилю МПВ составляет 9—10 км, что подтверждается прослеживанием в первых вступлениях волны с граничной скоростью 6,4 км/с в большом интервале удалений (от 24 до 50 км).

Структурно-тектоническая схема зоны сочленения поднятия Менделеева с прилегающим шельфом морей Восточно-Сибирского и Чукотского, составленная с учетом результатов работ Арктика-2005, представлена на рис. 4.

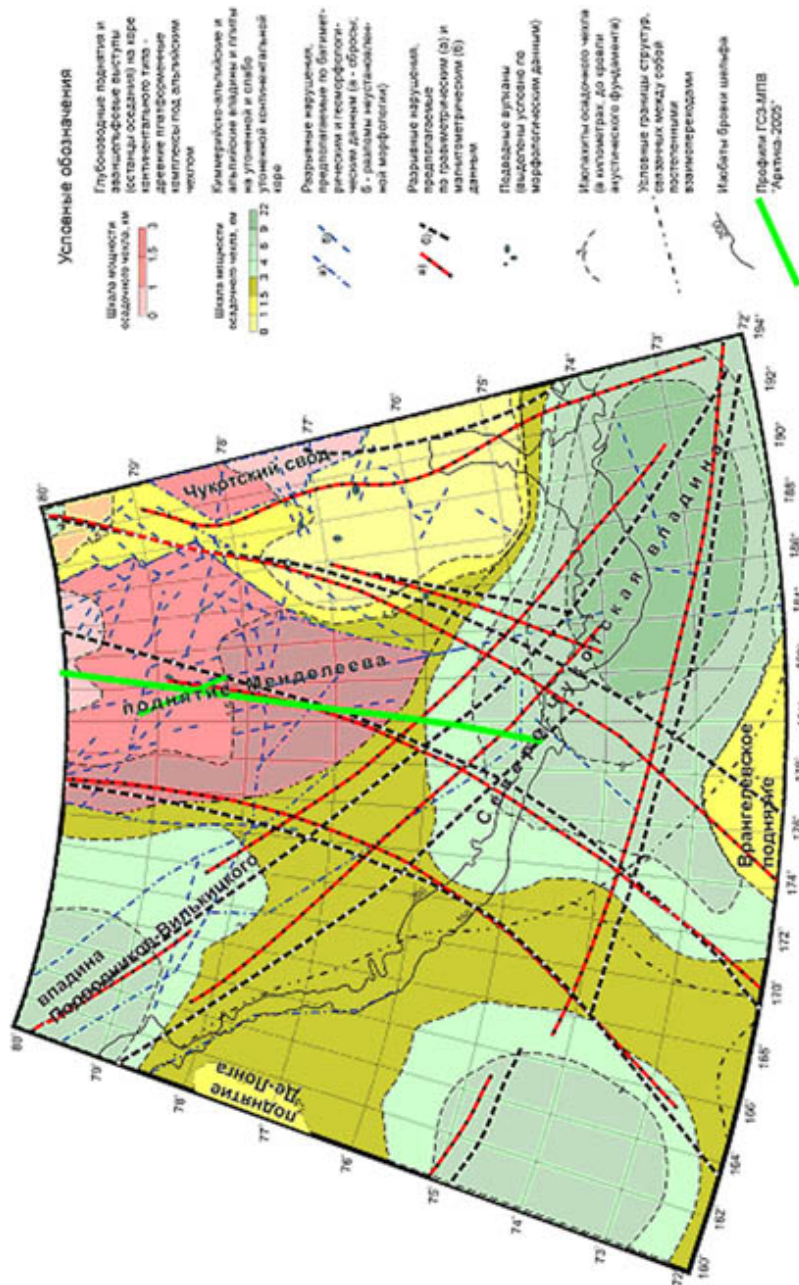


Рис. 4. Структурно-тектоническая схема зоны сочленения поднятия Менделеева с прилегающим шельфом морей Восточно-Сибирского и Чукотского.

В районе работ экспедиции Арктика-2007 было предварительно изучено строение земной коры Сибирского сегмента хребта Ломоносова и прилегающего Евразийского шельфа и составлена схема тектонического районирования области. В результате работ, как и ожидалось по данным предварительных расчетов, в пределах геотраверса выделяются четыре крупных блока, разделенные крутопадающими дизъюнктивными границами. На южном фланге выделяется крупный прогиб с мощностью осадочного чехла 8—10 км при общей мощности земной коры свыше 25 км. Северный фланг геотраверса характеризует строение области хребта Ломоносова, не осложненной при-склоновыми структурами. Общая мощность коры хребта здесь составляет 20 км. Граничная скорость по подошве коры (граница М) составляет в среднем 8,1 км/с.

Материалы, характеризующие строение осадочного чехла, предполагаемый состав и внутреннюю структуру фундамента, а также положение глубинных границ в земной коре, легли в основу карты районирования земной коры Центрально-Арктической области. В пределы рассматриваемого региона попадают все главные морфоструктуры глубоководной части Северного Ледовитого океана (или их фрагменты) и прилегающие к ним с юга значительные по площади части шельфа моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей. В своей основе наши представления о геологической природе этих морфоструктур основываются на интерпретации батиметрической карты Северного Ледовитого океана м-ба 1 : 2 500 000, карт аномального поля силы тяжести (грид 10 × 10 км) и аномального магнитного поля (грид 5 × 5 км), а также на материалах сейсмических исследований — глубинных сейсмических зондирований ГСЗ-МПВ (профили Трансарктика 1989—92, Арктика-2000, Арктика-2005, Арктика-2007); МОВ дрейфующих станций «Северный Полюс» и высокоширотных экспедиций «Север».

Позитивные морфоструктуры Амеразийского суббассейна представлены Чукотским плато (называемым также бордерлендом), системой поднятий Альфа—Менделеева и хребтом Ломоносова (рис. 5).

Полученные материалы служат для дополнительного обоснования российской Заявки, которая была принята Секретариатом ООН, признана соответствующей научно-техническим положениям Комиссии ООН по границам континентального шельфа и опубликована Генеральным секретарем на сайте ООН. Тем самым мировая общественность была извещена о том, что Россия в рамках Конвенции заявила свое право на включение в юридический шельф Российской Федерации участка морского дна Северного Ледовитого океана, включающего поднятия Ломоносова и Менделеева вплоть до Северного полюса (рис. 6).

Юридическое закрепление внешней границы континентального шельфа в Арктическом бассейне имеет для России исключительно важное значение как с геополитической, так и с экономической точек зрения. Площадь континентального шельфа России составляет 6,2 млн км² (4,2 млн км² в пределах исключительной экономической зоны), что соответствует 21% площади Мирового шельфа. Не менее 4 млн км² из континентального шельфа России являются перспективными на нефть и газ. Для сравнения — перспективная площадь суши в России составляет около 6 млн км².

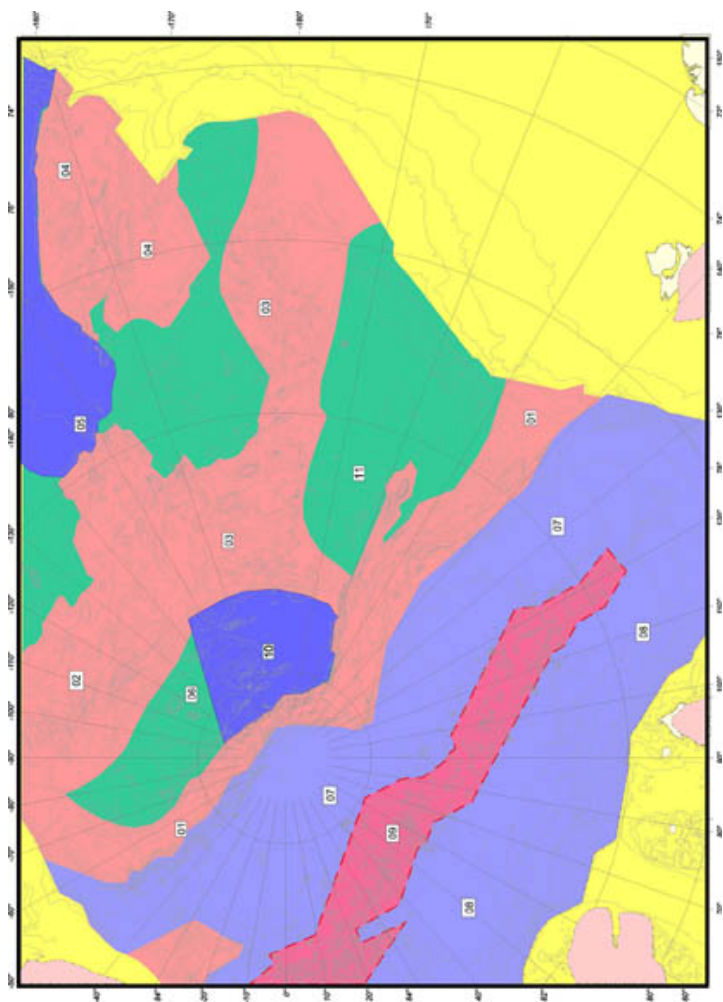


Рис. 5. Схема районирования земной коры Центрально-Арктического бассейна.

Розовым цветом обозначены блоки поднятий континентальной земной коры, зеленым — блоки коры переходного типа.

Блоки земной коры: 01 — хребет Ломоносова; 02 — хребет Альфа; 03 — поднятие Менделеева—С3 Канадского бассейна; 04 — хребет Норвинд и Чукотское поднятие; 05 — Канадский бассейн—северо-восток; 06 — поднятие Менделеева—С3 Канадского бассейна; 07 — котловина Амундсена; 08 — котловина Нансена; 09 — хребет Гаккеля; 10 — котловина Макарова; 11 — котловина Подводников.

5. Глубоководные зоны СЛО обладают мощным нефтегазовым потенциалом, исчисляемым миллиардами тонн нефтяного эквивалента. Однако сегодня возможна лишь самая приближенная оценка этого потенциала. Для ее уточнения и определения нефтяной и газовой составляющих необходимы планомерные исследования по изучению геологического строения осадочных бассейнов континентального склона, подножия и ложа СЛО, включающие в себя среднемасштабные аэрогеофизические съемки, значительный объем профилей МОВ ОГТ, объемный пробоотбор и подледное бурение.

С точки зрения возможной нефтегазоносности Северного Ледовитого океана, важнейшее значение имеет наличие достаточно мощного осадочного слоя не только на шельфе и смежных прибрежных территориях, но и в глубоководных областях. При этом существенно, что глубоководные зоны со значительной (более 2 км) мощностью осадочного чехла являются, как правило, неотъемлемой частью крупных осадочных бассейнов. Это обстоятельство позволяет оценивать глубоководные зоны с мощным осадочным чехлом как перспективные.

Надежная методическая основа количественной оценки перспектив нефтегазоносности глубоководных зон отсутствует. Поэтому возможна только самая приближенная оценка углеводородного потенциала глубоководных зон СЛО, включая и те, что расположены за границей 200-мильной зоны. Очевидно, что в глубоководных областях российского сектора СЛО большая часть перспективной площади попадает в пределы Северо-Лаптевской нефтегазоносной области и, главным образом, Восточно-Арктической нефтегазоносной провинции. За пределами 200-мильной зоны СЛО определен участок континентального шельфа площадью 1,178 млн км², на который распространяются суверенные права и юрисдикция Российской Федерации. Суммарные прогнозные ресурсы нефти и газа глубоководных зон СЛО в пределах ВГКШ составляют около 10 млрд т нефтяного эквивалента (н.э.), которые приурочены к наиболее крупным из выявленных глубоководных осадочных бассейнов.

В настоящее время накоплены данные, характеризующие строение и мощность осадочного чехла всех главных структур глубоководной части СЛО.

В глубоководном Арктическом бассейне выделяются три крупнейшие провинции: спрединговый Евразийский бассейн, Провинция центрально-арктических поднятий (хребет Ломоносова, система поднятий Альфа—Менделеева, котловины Подводников I, II и Макарова) и Канадская котловина.

Объектами сейсмостратиграфической интерпретации являлись временные разрезы МОВ. Сейсмостратиграфический анализ осадочного чехла проводился в соответствии с принципами сейсмической стратиграфии и базировался на апробированной в многочисленных районах Мирового океана классификации типов сейсмостратиграфических несогласий и сейсмофациальных единиц.

В *Евразийском бассейне* сейсмическими методами наиболее детально изучена котловина Амундсена. В котловине Амундсена выделяются семь комплексов отложений (снизу-вверх: А1—А7), разделенных сейсмостратиграфическими несогласиями. По данным МПВ, комплексы характеризуются следующими интервальными скоростями (в км/с): нижний структурный этаж — А1 (4,5—4,6), А2 (4,0—4,2),

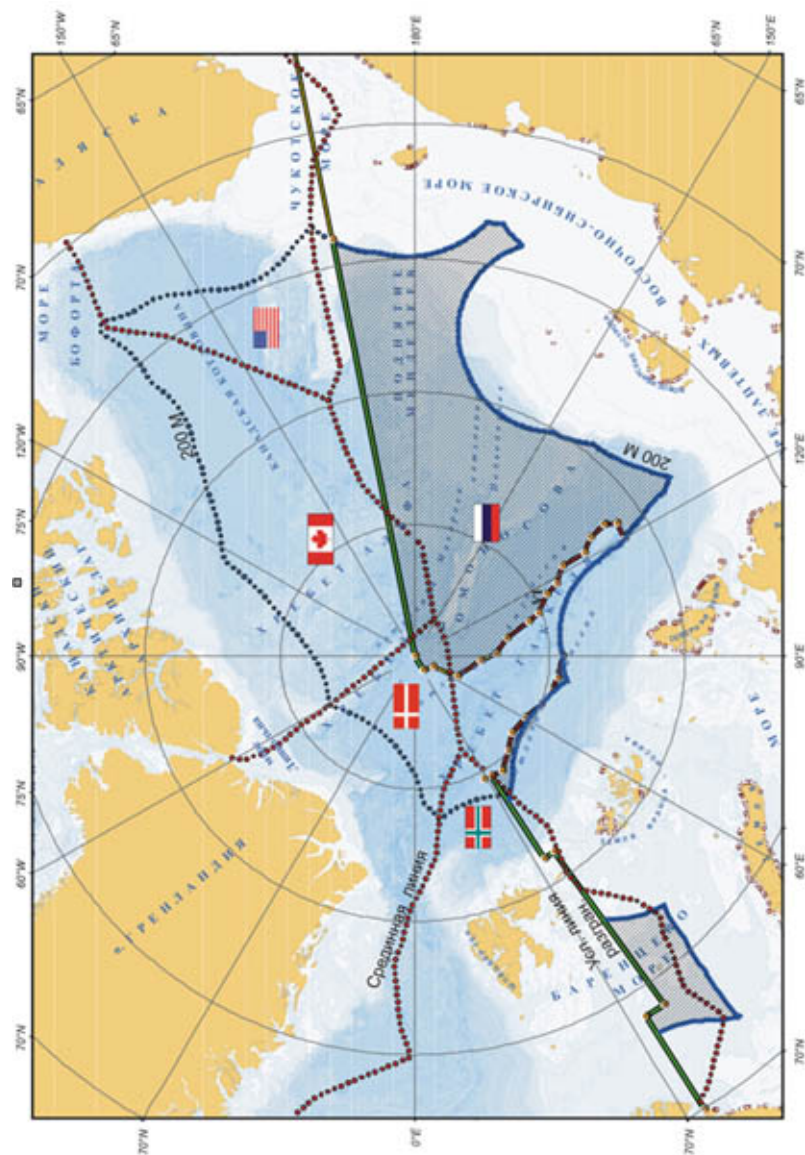


Рис. 6. Площадь расширенного континентального шельфа Российской Федерации в СЛО за пределами 200-мильной зоны.

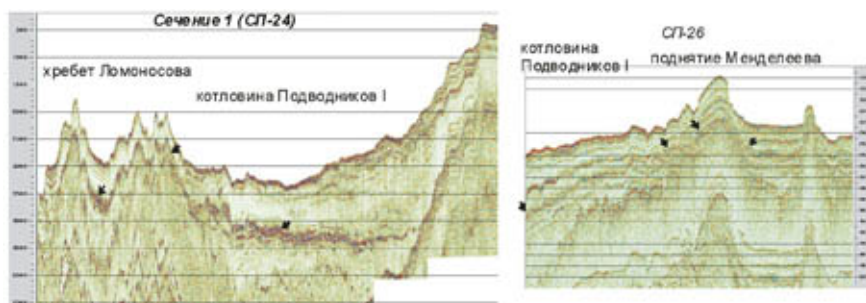
А3 (3,4—3,5), А4 (2,9) — комплекс, подстилающий региональное несогласие; верхний структурный этаж — А5 (2,2), А6 (1,9), А7 (1,8—1,9). Комплексы А1 и А2 развиты локально, прослежены в приплюсненной части у подножия западного склона хребта Ломоносова. Южнее, по направлению к Лаптевоморскому шельфу, в качестве самого нижнего комплекса отложений выделяется только комплекс А3. Следует отметить, что в этой части котловины Амундсена региональное несогласие прослеживается с хребта Ломоносова в котловину практически непрерывно.

В нижнем структурном этаже комплексы А1 и А3 характеризуются сейсмической прозрачностью, что характерно для отложений, накопившихся в условиях лавинной седиментации. В то же время, промежуточный между ними комплекс А2 характеризуется некоторой слоистостью. Сейсмический облик подстилающего региональное несогласие комплекса А4 характерен для мелководных морских обломочных осадков. Комплексы верхнего структурного этажа А5, А6, А7 обладают чертами пелагических отложений.

Максимальной мощности (до 3 км) чехол достигает в местах развития комплексов А1, А2, то есть в приплюсненной части у подножия западного склона хребта Ломоносова. По сеймостратиграфическим характеристикам комплексы нижнего структурного этажа являются морскими терригенными отложениями, накопившимися при различных уровнях моря.

Котловина Нансена изучена сейсмическими методами значительно слабее; основная информация о чехле здесь была получена из площадных зондирований МОВ, на основе которых были сформированы сейсмотахиметрические профили. Детальность разрезов по сейсмотахиметрическим профилям не позволяет проводить сеймостратиграфический и сеймофациальный анализы отложений в котловине Нансена. Тем не менее, обращает на себя внимание асимметричность сейсмической конфигурации осадочного чехла Евразийского бассейна. Верхний этаж отложений котловин Нансена и Амундсена симметричен относительно спредингового центра и характеризуется некоторым падением внутренних рефлекторов в противоположные от хребта Гаккеля стороны. Нижний этаж, напротив, асимметричен относительно спредингового центра и характеризуется заметным односторонним падением внутренних рефлекторов в котловинах бассейна — соответственно к хребту Гаккеля в котловине Амундсена и в сторону Баренцево-Карского шельфа в котловине Нансена.

Анализ сейсмической конфигурации осадочного чехла в пределах *Провинции центрально-арктических поднятий* (рис. 7) устанавливает, что в осадочном чехле выделяется высокоамплитудное несогласие, прослеживаемое как в пределах котловин Подводников и Макарова, так и на сопредельных поднятиях (хребте Ломоносова, системе поднятий Альфа—Менделеева). На ряде профилей региональное угловое несогласие прослеживается от поднятий в котловины непрерывно (рис. 7а). На приподнятых блоках окружающих поднятий тип несогласия характеризуется эрозионным срезом подстилающих слоев, что, прежде всего, характерно для хребта Ломоносова. Характерный для котловин сейсмически прозрачный комплекс (L3, A13) на поднятиях либо вообще не устанавливается, либо присутствует в виде изо-



б

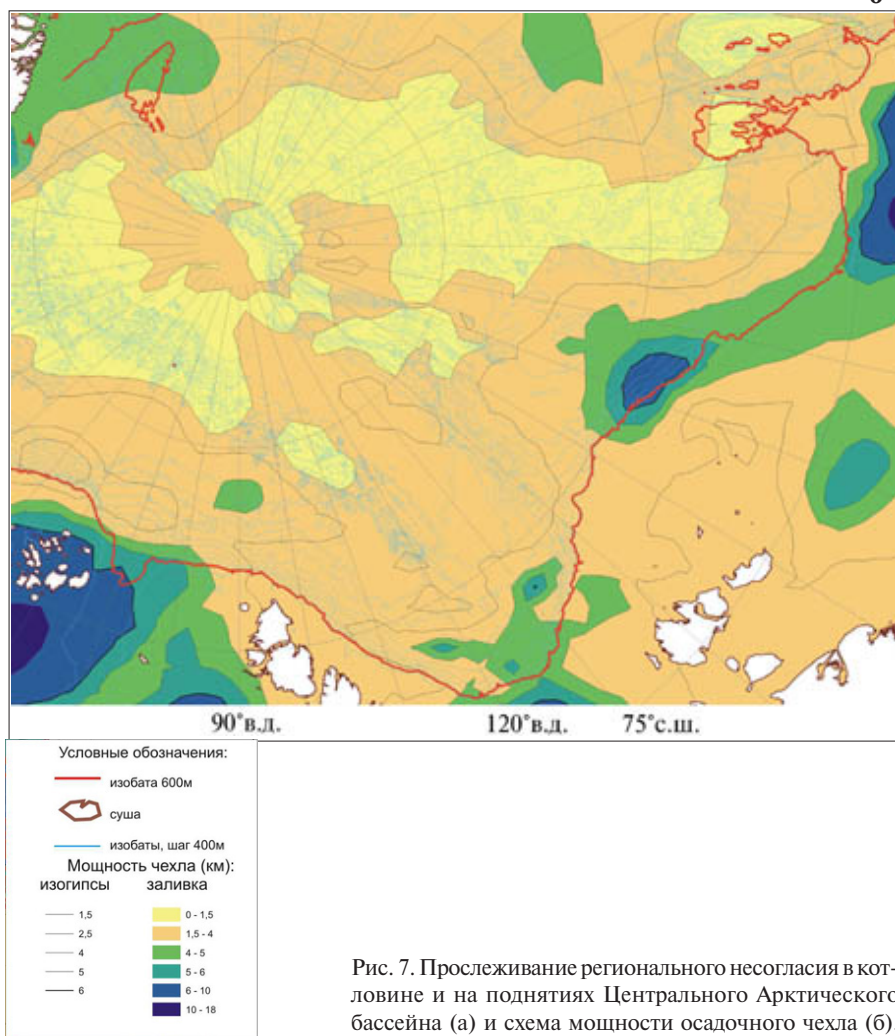


Рис. 7. Прослеживание регионального несогласия в котловине и на поднятиях Центрального Арктического бассейна (а) и схема мощности осадочного чехла (б).

лированных линз в понижениях кровли высокоскоростных отложений.

Региональное несогласие является главным сейсмическим маркером в осадочном чехле Центрального Арктического бассейна и разделяет осадки на два структурных этажа (нижний и верхний), отложившиеся при различных обстановках осадконакопления. В котловинах Подводников, Макарова и на окружающих поднятиях сейсмические фации под региональным несогласием отображаются на сейсмических записях одинаково — в виде набора непрерывных высокоамплитудных рефлексоров.

В глубоководном Арктическом бассейне Канадская котловина изучена сейсмическими методами наименее детально. Сейсмические данные МОВ по дрейфу Российской ледовой станции СП22-78 в южной части Канадской котловины показывают, что сейсмическая конфигурация осадочного чехла в этой части Канадской котловины кардинально отличается от таковой в котловинах Центрального Арктического бассейна. Вдоль линии дрейфа СП22-78 общая мощность чехла увеличивается в восточном направлении, достигая максимума в 4,5 с в точке поворота генерального направления дрейфа на северо-восток. Грубая оценка максимальной мощности осадочного чехла в гипоцентре прогиба дает значение не менее 8—10 км.

Уже с самой первой количественной оценки нефтегазовых ресурсов по состоянию геолого-геофизической изученности на 01.01.1971 г. было установлено, что нефть и газ являются важнейшими минерально-сырьевыми ресурсами континентального шельфа СССР/России, а их общие извлекаемые ресурсы составляют около 100 млрд т н. э., что сопоставимо с запасами крупнейших нефтегазоносных провинций мира. Этот вывод послужил основанием для широкого разворота региональных геолого-геофизических и нефтегазопроисловых работ на шельфе, которые подтвердили высокую нефтегазоперспективность шельфа и ознаменовались целым рядом открытий, в том числе уникальных. Естественно, что главные объемы геолого-разведочных работ были сосредоточены в тех районах шельфа, куда прослеживались субаквальные продолжения нефтегазоносных провинций и областей суши — в южных районах Баренцева и Карского морей, на шельфе о. Сахалина и на шельфах южных и Балтийского морей. Здесь и были открыты все известные к настоящему времени 47 месторождений нефти и газа, из которых около 1/3 являются прибрежно-шельфовыми.

Тем не менее, общая геолого-геофизическая изученность Российского шельфа продолжает оставаться низкой. На наиболее изученных участках шельфа (Присахалинский шельф и шельф Баренцева моря) плотность сейсмических наблюдений редко превышает 1 км на 1 км² площади. На всей громадной площади Российского шельфа на 01.01.2007 г. выполнено 1255 тыс. км сейсмических профилей и пробурено 223 глубоких скважины; в том числе 70 — на шельфе западной Арктики (Баренцево, Печорское и юг Карского моря).

Обширнейшая восточная часть арктического шельфа России, включая северные районы Карского моря, характеризуется наиболее низким уровнем геолого-геофизической изученности (здесь не пробурено ни одной глубокой скважины). Поэтому представления о геологическом строении и нефтегазовом потенциале это-

го огромного региона являются достаточно приблизительными, базирующимися на знании геологии арктических островов и скромных объемах геофизических работ. Однако уже сейчас можно с полным основанием утверждать, что арктический и дальневосточный шельфы России являются основным резервом нефтегазодобывающей промышленности страны. При этом моря арктического шельфа содержат в своих недрах подавляющую (около 80%) долю начальных суммарных ресурсов углеводородов всего российского шельфа, а среди остальных наибольшими ресурсами обладают Охотское и Каспийское море.

Моря восточно-арктического шельфа, особенно Восточно-Сибирское и Чукотское — наименее изучены на всем континентальном шельфе России, да и, по-видимому, в мире. Подавляющая часть ресурсов оценивается по категории D_2 , а общая их величина, именно вследствие слабой изученности, скорее всего, является заниженной. Однако, основополагающие черты строения и предпосылки нефтегазоносности этого региона, уже выяснены. Так, можно считать, что море Лаптевых — исключительно сложный геологический объект, уникальный по сочетанию разнородных структур. Это обстоятельство позволяет рассматривать шельф моря Лаптевых как весьма перспективный для обнаружения крупных скоплений углеводородов, в том числе и преимущественно нефтяных. Исключительно интересен глубоководный район в зашельфовой части моря Лаптевых, на продолжении хребта Гаккеля, где при мощности осадочного чехла до 4,0—4,5 км в условиях высокого теплового потока можно рассчитывать на исключительно благоприятные условия нефтегазообразования.

В Восточно-Сибирском и Чукотском морях их южные области, относимые к Новосибирско-Чукотской перспективной нефтегазоносной провинции (ПНГП), малоперспективны и преимущественно газонасны в связи с ограниченной мощностью осадочного чехла (K_2 -KZ) и гумусовым составом рассеянного органического вещества. Северные области шельфа обоих морей, включаемые в состав Восточно-Арктической ПНГП, гораздо более перспективны, благодаря большей мощности осадочного чехла, его более широкому возрастному диапазону и присутствию в составе чехла морских отложений.

Сегодня можно с уверенностью утверждать, что проблема оценки углеводородного потенциала глубоководных зон Северного Ледовитого океана в практическом плане возникла в связи с проблемой определения и уточнения ВГКШ Российской Федерации. В сборнике трудов ВНИИОкеангеологии «Геологическое строение и геоморфология Северного Ледовитого океана в связи с проблемой внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Арктическом бассейне» И.С. Грамберг с соавторами обстоятельно, с учетом уровня геолого-геофизической изученности, рассмотрели доводы в пользу положительной оценки перспектив нефтегазоносности глубоководных зон СЛО и предложили вариант количественной оценки нефтегазоперспективности зашельфовых областей СЛО. От других океанов планеты СЛО отличается наличием достаточно мощного (как правило, километры) осадочного слоя в глубоководных, зашельфовых областях океана. Здесь выделяется ряд присклоновых глубоководных осадочных бассейнов с мощностью

осадочного чехла до 6—8 км. Именно мощность осадочного чехла была выбрана как наиболее общий и известный для всей площади СЛО показатель.

Высокоперспективные земли выделены И.С. Грамбергом и коллегами лишь в районах с доказанной нефтегазоносностью, где открыты либо многочисленные месторождения нефти и газа, либо единичные месторождения уникального масштаба (более 300 млн т нефти или 500 млрд м³ газа). В последнем случае это обычно участки шельфа, где поисковое бурение еще только начинается и разбурены пока лишь наиболее крупные структуры. Актуальным остается вывод, что основа для надежной количественной оценки перспектив нефтегазоносности большинства глубоководных осадочных бассейнов или глубоководных зон шельфово-глубоководных бассейнов отсутствует. Возможна лишь самая приближенная количественная оценка углеводородного потенциала глубоководных зон СЛО.

Принимая перспективную площадь континентального склона СЛО в 15% (965,4 тыс. км²) при плотности извлекаемых ресурсов нефти и газа 13 тыс. т/км², а континентального подножия и ложа СЛО — в 10% (176,4 тыс. км²) при плотности извлекаемых ресурсов 6 тыс. т/км², получим общую величину извлекаемых ресурсов по континентальному склону СЛО 12,55 млрд т н.э., по континентальному подножию и ложу — 1,06 млрд т н.э. Даже при принятых жестких параметрах оценки, нефтегазовый потенциал глубоководных зон, являющихся неотъемлемым элементом осадочных бассейнов СЛО, составляет солидную величину (более 13 млрд т извлекаемых ресурсов нефти и газа).

Специалистами ВНИИОкеангеология на основе разработанной схемы нефтегазогеологического районирования сделана попытка более детальной количественной оценки нефтегазовых ресурсов глубоководных зон СЛО в 200-мильной исключительной экономической зоне российского сектора СЛО и при различных вариантах внешней границы континентального шельфа России (рис. 8).

В качестве основополагающего элемента оценки принята удельная плотность ресурсов 30—50 тыс. т/км², характерная для осадочных бассейнов российского арктического шельфа и распространенная на наиболее перспективные краевые впадины — Предлаптевскую, Бофорта и Вилькицкого, где известна или предполагается большая мощность чехла. Для менее перспективных глубоководных объектов плотность ресурсов соответственно снижалась. Главным итогом этого исследования следует считать подтверждение значительного, исчисляемого миллиардами тонн н.э. нефтегазового потенциала глубоководных зон СЛО. Что же касается конкретных предложенных величин этого потенциала, то в условиях очень слабой геолого-геофизической изученности объекта они имеют полное право на существование.

Позитивный вклад в понимание геологического строения и нефтегазоперспективности глубоководных зон СЛО внесли выполняемые ВНИИОкеангеологией в последние годы работы по созданию листов Государственной геологической карты масштаба 1 : 1 000 000 (новая серия). Уже вышли из печати листы Т-53-56 (о. Жохова), S-57,58 и S-59,60 (Восточно-Сибирское море), S-1,2 (Чукотское море).

Результаты экспедиций Арктика-2005 и Арктика-2007 также внесли весьма существенный вклад в понимание особенностей распространения и внутренней

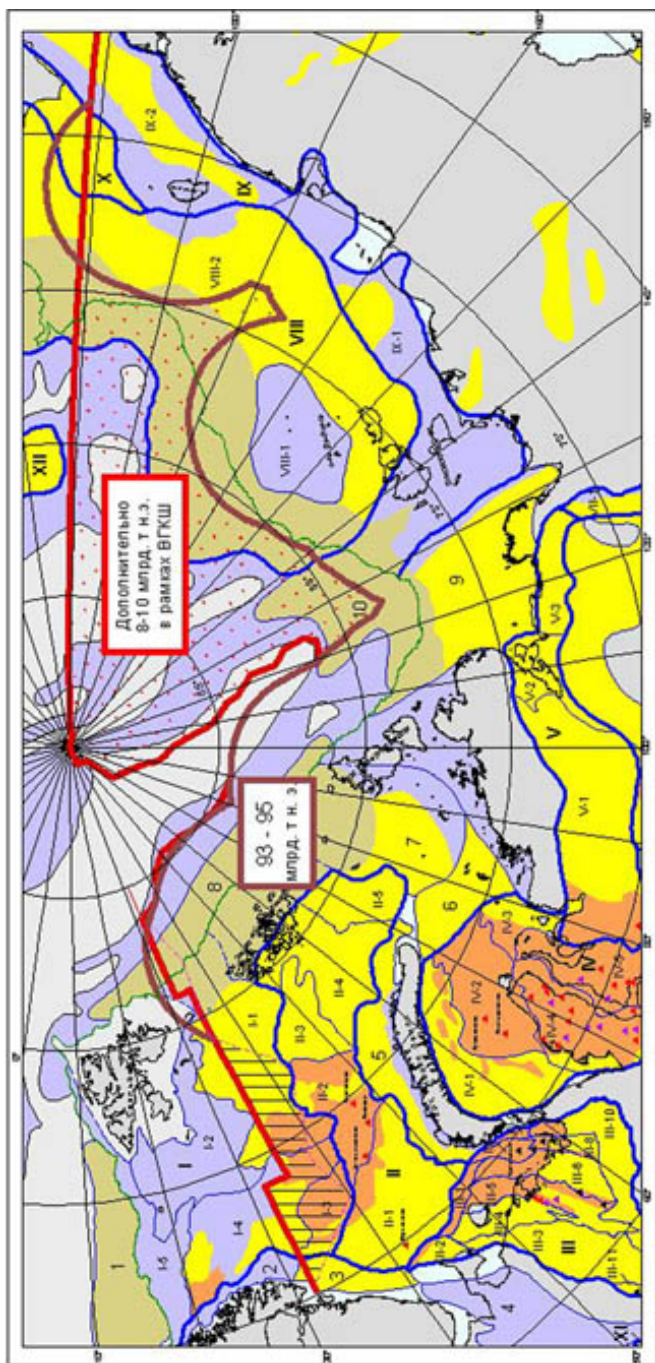


Рис. 8. Карта перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов Северного Ледовитого океана (с различными вариантами внешней границы континентального шельфа РФ).

Цветом обозначены площади с различной перспективностью концентрации углеводородов; в рамках — оценка ресурсов углеводородов в пределах минимальной площади ВГКШ, принимаемой комиссией ООН по Морскому праву без возражений.

структуры осадочного чехла глубоководных областей СЛО. Доказана расчлененность осадочных толщ в Амеразийском бассейне на ряд (до 7) комплексов, которые образуют три этажа: нижний (мел—ранний палеоген), средний (средний-поздний палеоген) и верхний (неоген-четвертичные отложения). При этом отложения двух нижних этажей формировались в шельфовых мелководных условиях, а верхнего — в морских глубоководных.

Наибольшим углеводородным потенциалом обладают те участки глубоководных зон, где в разрезе присутствует мощный комплекс домеловых платформенных отложений. Можно предполагать, что глубоководные зоны СЛО характеризуются мощным нефтегазовым потенциалом, исчисляемым миллиардами тонн нефтяного эквивалента. Однако, сегодня даже главные особенности распределения этого потенциала по площади и разрезу глубоководных зон далеко не ясны. Необходимы планомерные исследования геологического строения осадочных бассейнов континентального склона, подножия и ложа СЛО. Стимулом к этому служат открытия крупнейших месторождений нефти и газа на атлантических континентальных склонах Южной Америки и Африки, в Мексиканском заливе, на северо-западной подводной окраине Австралии.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие основные выводы, относящиеся как к методике геолого-геофизических работ в высокоширотных арктических регионах, так и к результатам уже выполненных работ и их практическому применению:

1. В основу создания аппаратурно-методического комплекса поисково-разведочных работ в глубоководных районах океана положен принцип оптимального сочетания геофизических исследований со специальными геологическими работами. Проанализированы три варианта организации исследований: вариант использования круглогодичной дрейфующей станции типа «Северный полюс»; вариант сезонных высокоширотных экспедиций; ледокольный вариант. В качестве основного должен рассматриваться вариант организации работ с использованием судна усиленного ледового класса, носителя как минимум двух вертолетных единиц, оснащенного современной аппаратурой для приема метео и ледовой информации с искусственных спутников Земли. Необходима поддержка атомного ледокола по гибкой схеме, зависящей от конкретной ледовой обстановки, складывающейся в районе исследований в период производства работ.

В процессе работ на геотраверсах Арктика-2000, Арктика-2005, Арктика-2007 и в 1987 году на а/л «Сибирь» отработана методика комплексных геолого-геофизических исследований в глубоководных областях Арктики. Сейсмические исследования методами ГСЗ и МПВ на геотраверсах сопровождаются авиадесантными (наледными) гравиметрическими наблюдениями и опорными маятниковыми измерениями поля силы тяжести на борту судна. Ведущим методом аэрогеофизичес-

кой съемки являются магнитометрические исследования. Гравиметрические измерения в методическом отношении подчинены аэромагнитной съемке. Места заложения точек геологического опробования определяются на основе анализа батиметрии района работ, а также детальной геолого-геофизической информации.

2. При создании баз геофизических и батиметрических данных (БГД) использованы и систематизированы все доступные первичные материалы: сейсмические записи и геофизические каталоги пунктов наблюдений, сведения методического характера, информация о плановом положении пунктов и времени проведения наблюдений. В соответствии с принципом модульности все данные классифицируются по типу и хранятся в отдельных модулях как объекты одного класса. Такой подход позволяет, с одной стороны, формализовать разнородные данные, имеющие различные количество и свойства атрибутов, с другой стороны, использовать единый метод доступа и обработки информации.

Базы данных аномалий потенциальных полей широко используются при решении вопросов, связанных с глубинным строением СЛО, при создании цифровой геофизической основы для листов геологической карты Арктического шельфа России масштаба 1 : 1 000 000, для решения ресурсных проблем. Собранная в базах данных информация вошла также и в международные цифровые обобщения по магнитным аномалиям и аномалиям силы тяжести СЛО и Арктики.

3. Важнейшим направлением работ федерального уровня является исследование литосферы опорными геофизическими профилями. Общая методика моделирования, являющегося основным приемом интерпретации геофизических данных при изучении типовых структур земной коры, была разработана при работах в Западной Арктике, в частности, — на геотраверсах 2-АР и 3-АР. Для обоснования работ по моделированию строения земной коры важна сходимость построенных по данным моделирования глубинных разрезов и данных, полученных впоследствии при проведении детальных работ на геотраверсах. Отмечается общее соответствие структуры разреза, глубин залегания основных границ раздела и мощностей комплексов консолидированной коры и осадочного чехла.

Построенная трехмерная модель земной коры поднятия Менделеева, помимо данных, полученных на геотрансектах Арктика-2000 и Арктика-2005, должна была наилучшим образом использовать разнообразную геолого-геофизическую информацию, включая данные геологических, сейсмических, гравиметрических, магнитометрических съемок на акватории Северного Ледовитого океана, на его побережье и островах. Плотностные границы земной коры поднятия Менделеева и окружающих его впадин и шельфового поднятия определены как по петрофизическим данным, так и в результате итерационного подбора гравитационных аномалий при моделировании. По результатам моделирования построены карты глубинных границ земной коры в районе поднятия Менделеева, которые наглядно демонстрируют континентальный характер земной коры поднятия Менделеева и зоны его сочленения с шельфом Восточно-Сибирского и Чукотского морей.

Строение земной коры Сибирского сегмента хребта Ломоносова и прилегающего Евразийского шельфа было изучено в рамках построения 3D плотностной

модели для прогнозирования разреза до начала полевого эксперимента. Результаты карты ожидаемой глубины залегания поверхности Мохоровичича и границы Конрада были использованы при построении ожидаемого разреза земной коры вдоль планируемого профиля ГСЗ-2007.

Успешное моделирование строения земной коры на шельфах, где оно подкреплено данными бурения, позволило перейти к построению моделей на границах шельфа с глубоководной областью СЛО и на ключевых структурах глубоководного океана. Здесь моделирование позволяет наглядно представить характер земной коры в сложных по строению регионах и найти объяснение геофизическим аномалиям в условиях недостаточной геологической и петрофизической информации.

4. Комплексные геолого-геофизические исследования Арктика-2005 вдоль гребня глубоководного поднятия Менделеева, выполненные с целью обоснования внешней границы континентального шельфа России в Северном Ледовитом океане, включали сейсмические работы методами ГСЗ, МПВ и МОВ, наледные гравиметрические измерения, аэрогравимагнитную съемку масштаба 1 : 500 000 и донное опробование. Установлено, что общая мощность коры ундулирует в пределах 30—37 км (верхняя кора — 4—7,5 км, нижняя кора — 18—24 км). Соединение структуры поднятия Менделеева с шельфом прослеживается через зону сочленения без разрывов, мощность верхней коры разрастается в глубоководной части поднятия Менделеева до 7,5 км, что является необходимым признаком континентальной земной коры. Составлена структурно-тектоническая схема зоны сочленения поднятия Менделеева с прилегающим шельфом морей Восточно-Сибирского и Чукотского.

По результатам работ экспедиции Арктика-2007 была составлена схема тектонического районирования Сибирского сегмента хребта Ломоносова и прилегающего Евразийского шельфа. В пределах геотраверса вдоль оси хребта Ломоносова через зону его сочленения с шельфом выделяются четыре крупных блока, разделенные субвертикальными разломами. На южном фланге выделяется периконтинентальный прогиб с мощностью осадочного чехла 8—10 км при общей мощности земной коры свыше 25 км. Северный фланг геотраверса характеризует строение области хребта Ломоносова, не осложненной присклоновыми структурами. Общая мощность коры хребта здесь составляет более 20 км.

На основе данных о строении, составе и изменчивости форм осадочного чехла, о составе фундамента и положении глубинных слоев земной коры, а также с использованием данных о современной сейсмичности региона выполнено районирование земной коры Центрального Арктического бассейна. Эти данные послужили основой для обоснования юрисдикции России на площади 1,2 млн км² расширенного континентального шельфа в Американо-Северном Ледовитом океане, за пределами исключительной экономической зоны, с ресурсами углеводородов в несколько миллиардов тонн н.э..

5. Проведенное исследование предоставляет дополнительные данные о структуре осадочного чехла, свидетельствующие о том, что глубоководные зоны СЛО характеризуются мощным нефтегазовым потенциалом, исчисляемым миллиардами тонн нефтяного эквивалента. Однако, сегодня даже главные особенности рас-

пределения этого потенциала по площади и разрезу глубоководных зон, по фазовому состоянию далеко не ясны. Необходимы планомерные исследования по изучению геологического строения осадочных бассейнов континентального склона, подножия и ложа СЛО.

Публикации автора по теме диссертации

Монографии по теме диссертации:

1. Деменицкая Р.М., Городницкий А.М., Каминский В.Д., Литвинов Э.М. Подводные горы: Проблемы геофизической изученности. Л.: Недра, 1978. 163 с.
2. Объяснительная записка к картам Арктического бассейна: Орографическая карта Арктического бассейна, Рельеф дна Северного Ледовитого океана / Под ред. Грамберга И.С., Комарицына А.А. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1999. 38 с.
3. Арктика на пороге третьего тысячелетия (ресурсный потенциал и проблемы экологии) / Гл. ред. акад. И.С. Грамберг, Н.П. Лаверов, отв. ред. Д.А. Додин. СПб.: Наука, 2000. 248 с.
4. Геологическое строение и геоморфология Северного Ледовитого океана в связи с проблемой внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Арктическом бассейне // Каминский В.Д. (отв. редактор). Науч. ред.: И.С. Грамберг, А.А. Комарицын. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. 118 с.
5. Каминский В.Д. (отв. ред.). Минерально-сырьевые ресурсы Российской Арктики (состояние, перспективы, направления исследований) / Гл. ред. Д.А. Додин. СПб.: Наука, 2007. 768 с.
6. 60 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане. Сборник научных трудов. Под ред. В.Л. Иванова, В.Д. Каминского. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2008. 651 с.

Карты:

7. Рельеф дна Северного Ледовитого океана. Масштаб 1:5 000 000. СПб.: ГУНиО МО РФ, ФГУП ВНИИОкеангеология, МПР РФ, РАН. 1999.
8. Центральный Арктический бассейн. Батиметрическая карта. Масштаб 1:2 500 000. СПб.: ГУНиО МО РФ. 2002.
9. Геологическая карта России и прилегающих акваторий. Масштаб 1:2 500 000. Санкт-Петербургская картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2004.
10. Карта гравитационного поля России. Масштаб 1:5 000 000. Санкт-Петербургская картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2004.
11. Карта аномального магнитного поля России и прилегающих акваторий. Масштаб 1:5 000 000. Санкт-Петербургская картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2004.
12. Карта районирования углеводородного сырья России и прилегающих акваторий. Масштаб 1:5 000 000. Санкт-Петербургская картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2004.
13. Карта топливно-энергетических ресурсов России. Масштаб 1:5 000 000. Санкт-Петербургская картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007.

Статьи и тезисы выступлений

14. Каминский В.Д. Анализ аномального магнитного поля трех подводных гор хребта Гаккеля // Проблемы геофизических исследований полярных областей Земли. Вып. 12. Л.: НИИГА, 1977. С. 127—133.

15. Холмянский М.А., Каминский В.Д. и др. Основы комплексной интерпретации материалов геолого-геофизических исследований Мирового океана // Техника и методы геофизических исследований Мирового океана. Л.: ПГО Севморгеология, 1988. С. 77—88.

16. *Вишняков А.Э., Каминский В.Д., Лисицын Е.Д. и др. Детальное картирование глубоководных осадков буксируемых геофизическим комплексом // ДАН. 1992. Т. 324. №1. С. 77—80.

17. *Вишняков А.Э., Каминский В.Д., Пискарев и др. Новые данные о гидротермальной активности и сульфидном оруденении на отрезке Восточно-Тихоокеанского поднятия $12^{\circ}40'-12^{\circ}50'$ с.ш., полученные с помощью геофизического комплекса «Рифт» // ДАН. 1992а Т. 323, №5. С. 865—867.

18. Каминский В.Д., Анискевич В.Е., Фирсов Ю.Г. История создания геологических НИС и средств их навигационного обеспечения // Разведка и охрана недр. 1995. №12. С. 15—19.

19. Грамберг И.С., Глумов И.Ф., Комарицын А.А., Каминский В.Д. и др. Карта-проект внешней границы континентального шельфа России в Северном Ледовитом океане // Геологическое строение и геоморфология Северного Ледовитого океана в связи с проблемой внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Арктическом бассейне. Научн. ред. Грамберг И.С., Комарицын А.А., отв. ред. Каминский В.Д. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. С. 110—113.

20. Грамберг И.С., Каминский В.Д., Комарицын А.А. и др. Современный правовой аспект определения положения границ континентального шельфа государств // Геологическое строение и геоморфология Северного Ледовитого океана в связи с проблемой внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Арктическом бассейне. Научн. ред. Грамберг И.С., Комарицын А.А., отв. ред. Каминский В.Д. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. С. 7—16.

21. Грамберг И.С., Каминский В.Д., Красиков Э.М., Сергеев М.Б. Основные итоги изучения геологии и минеральных ресурсов Арктического супербассейна // Минеральные ресурсы Мирового океана, Арктики и Антарктики. М.: ВИНТИ, 2000. С. 28—33.

22. Каминский В.Д., Глебовский В.Ю., Киселев Ю.Г. и др. Геолого-геофизическая изученность Северного Ледовитого океана и его континентальных окраин в свете проблемы определения положения границы континентального шельфа в Арктике // Геологическое строение и геоморфология Северного Ледовитого океана в связи с проблемой внешней границы континентального шельфа Российской

* Издания, рекомендованные ВАК для публикаций.

Федерации в Арктическом бассейне. Научн. ред. Грамберг И.С., Комарицын А.А., отв. ред. Каминский В.Д. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. С. 17—30.

23. Поселов В.А., Павленкин А.Д., Погребницкий Ю.Е., Каминский В.Д. и др. Структура литосферы Арктического бассейна по сейсмическим данным в связи с проблемой внешней границы континентального шельфа России // Разведка и охрана недр. 2000. №12. С. 48—54.

24. Холмянский М.А., Каминский В.Д., Опекунов А.Ю., Соболев В.Н. Комплексные геофизические исследования придонных вод и осадочного чехла в северо-западных морях России с целью поиска твердых полезных ископаемых и геоэкологического изучения среды // Разведка и охрана недр. 2000. №5. 6 с.

25. Каминский В.Д., Поселов В.А., Буценко В.В. и др. Обоснования внешней границы континентального шельфа России в Арктике, основные результаты и направления работ на ближайшую перспективу // Мировой океан: Минеральные ресурсы Мирового океана, Арктики и Антарктики. М.: ВИНТИ, 2001. С. 210—219.

26. Верба В.В., Губернов А.Л., Каминский В.Д., Подгорных Л.В. Природа потенциальных полей Арктического региона // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. С. 142—149.

27. Глебовский В.Ю., Зайончек А.В., Каминский В.Д., Машенков С.П. Цифровые базы данных и карты потенциальных полей Северного Ледовитого океана // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. С. 134—141.

28. Каминский В.Д., Паламарчук В.К. Региональные магнитные аномалии по сети опорных маршрутов в Арктике как основа тектонического районирования // Глубинное строение и геодинамика Фенноскандии, окраинных и внутриплатформенных транзитных зон. Петрозаводск, 2002. С. 113—115.

29. Машенков С.П., Глебовский В.Ю., Каминский В.Д. и др. Модель глубинного строения земной коры по опорному геофизическому разрезу в Карском море // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 4. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. С. 69—89.

30. Поселов В.А., И.С. Грамберг, В.Д. Каминский и др. Структура и границы континентальной и океанической литосферы Арктического бассейна // Российская Арктика : геологическая история, минерагения, геоэкология. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. С. 121—133.

31. *Иванов В.Л., Андреев С.И., Каминский В.Д. и др. Ключевые проблемы полярной и морской геологии на пороге XXI века // Отечественная геология. 2003. №2. С. 36—43.

32. Мурзин Р.Р., Каминский В.Д., Супруненко О.И., Сенин Б.В. Первоочередные направления геологоразведочных работ на УВ-сырье на континентальном шельфе в свете положений энергетической стратегии до 2020 года // Труды РАО-03, СПб., 16—19 сент. 2003. С.38—39.

33. *Каминский В.Д., Супруненко О.И., Вискунова К.Г. Нефтегазовые ресурсы российского арктического шельфа и пути их освоения // Нефтяное хозяйство. М., 2004. №9. С. 70—74.

34. Каминский В.Д., Супруненко О.И., Вискунова К.Г. Сценарии добычи // Нефтегазовая вертикаль. 2004. №18. С. 69—75.
35. Мурзин Р.Р., Каминский В.Д., Сенин Б.В., Супруненко О.И. Первоочередные направления поисковых работ и научных исследований на углеводородное сырье на континентальном шельфе Российской Федерации // Приоритетные направления поисков крупных и уникальных месторождений нефти и газа Сб. науч. трудов. М.: ООО «Геоинформмарк», 2004. С. 170—178.
36. Мурзин Р.Р., Каминский В.Д., Сенин Б.В., Супруненко О.И. Проблемы освоения ресурсов углеводородов арктических морей России в свете Единой государственной стратегии изучения и освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа Российской Федерации // 4-й Международный форум «Топливно-энергетический комплекс России: региональные аспекты». Сборник трудов. СПб., 2004. С. 38—45.
37. Андреев С.И., Бавлов В.Н., Каминский В.Д. и др. Минеральные ресурсы Мирового океана и перспективы их освоения // Разведка и охрана недр. 2005. №6. С. 65—69.
38. Буценко В.В., Поселов В.А., Каминский В.Д., Липилин А.В. Строение литосферы и модель эволюции Арктического бассейна в свете проблемы внешней границы континентального шельфа России в СЛО // Разведка и охрана недр. 2005. №6. С.14—24.
39. Каминский В.Д., Иванов В.Л. На главном направлении: ВНИИОкеангеология вчера и сегодня // Разведка и охрана недр. 2005. №6. С.2—5.
40. Каминский В.Д., Иванов В.Л., Супруненко О.И., Сенин Б.В. Западно-Арктическая нефтегазоносная провинция на пороге промышленного освоения // Разведка и охрана недр. 2005. №6. С. 5—9.
41. Каминский В.Д., Супруненко О.И. Стабилизаторы нефтедобычи // Нефть России. 2005. №3. С. 14—19.
42. Каминский В.Д., Супруненко О.И., Вискунова К.Г., Сенин Б.В. Нефть и газ континентального шельфа России — подход к освоению // 5-й Международный форум «Топливно-энергетический комплекс России: региональные аспекты». Сборник трудов. СПб., 2005. С.37—41.
43. *Мирчинк И.М., Каминский В.Д. О стратегии изучения и освоения углеводородного сырья в недрах континентального шельфа Российской Федерации на период до 2020 г. // Минеральные ресурсы России. 2005. №2. С. 36—42.
44. *Глебовский В.Ю., Каминский В.Д., Минаков А.Н. и др. История формирования Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана по результатам геоисторического анализа аномального магнитного поля // Геотектоника. 2006. №4. С. 21—42.
45. Каминский В.Д. и др. Комплексные геолого-геофизические исследования в Северном Ледовитом океане на НЭС «Академик Федоров» // Экспедиционные исследования ВНИИОкеангеология в Арктике, Антарктике и Мировом океане в 2005 году. Ежегодный обзор. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2006. С. 5—19.

46. *Каминский В.Д. и др. О геологическом обосновании внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Арктике // Минеральные ресурсы России. 2006. Спец. вып. С. 102—115.

47. Каминский В.Д., Супруненко О.И., Вискунова К.Г., Суслова В.В. Арктический плацдарм. Современное состояние и перспективы освоения нефтегазовых ресурсов Арктики // Нефть России. 2006. №11. С. 48—51.

48. Сенин Б.В., Каминский В.Д., Супруненко О.И. Как нам стоит шельф освоить? — Освоение российского шельфа (спец. выпуск журнала «Нефть России»). 2006. С. 8—11.

49. Аветисов Г.П., Каминский В.Д., Поселов В.А. и др. Предварительные результаты глубинных геолого-геофизических исследований по уточнению границ континентальной коры в районе хребта Ломоносова, Северный Ледовитый океан (экспедиция «Арктика-2007») // Модели земной коры и верхней мантии. Материалы Международного научно-практического семинара. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007. С. 11—15.

50. Каминский В.Д., Супруненко О.И., Вискунова К.Г., Суслова В.В. Нефтегазовые ресурсы Арктического шельфа России — современное состояние и перспективы освоения // Нефть, газ Арктики. Материалы международной научно-технической конференции / Под ред. д.г.-м.н., проф. В.П. Гаврилова. М.: Интерконтакт Наука, 2007. С. 77—82.

51. Поселов В.А., Каминский В.Д., Буценко В.В. и др. Глубинное строение континентальной окраины района поднятия Менделеева (Восточная Арктика) по результатам геолого-геофизических исследований на опорном профиле «Арктика-2005» // Модели земной коры и верхней мантии. Материалы Международного научно-практического семинара. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007. С. 163—167.

52. Глебовский В.Ю., Верба В.В., Каминский В.Д. Потенциальные поля Арктического бассейна: история изучения, аналоговые и современные цифровые обобщения // 60 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане. Сборник научных трудов / Под ред. В.Л. Иванова, В.Д. Каминского. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2008. С. 93—109.

53. Додин Д.А., Каминский В.Д., Садиков М.А. и др. Российская Арктика: минерально-сырьевые ресурсы, стратегия их освоения и изучения в условиях перехода к устойчивому развитию // 60 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане. Сборник научных трудов / Под ред. В.Л. Иванова, В.Д. Каминского. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2008. С. 227—248.

54. *Додин Д.А., Каминский В.Д., Евдокимов А.Н., Супруненко О.И. Российская Арктика: минерально-сырьевые ресурсы, стратегия их изучения и освоения // Горный журнал. 2008. №2. С. 22—29.

55. Поселов В.А., Каминский В.Д., Верба В.В. и др. Этапы исследований по проблеме юридического шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане // 60 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане. Сборник научных трудов / Под ред. В.Л. Иванова, В.Д. Каминского. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2008. С. 249—262.

56. Каминский В.Д., Паламарчук В.К., Поселов В.А., Аветисов Г.П., Глинская Н.В. Технология аэромагнитной съемки в Арктике (методические особенности) //

60 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане. Сборник научных трудов / Под ред. В.Л. Иванова, В.Д. Каминского. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2008. С. 505—517.

57. Каминский В.Д., Поселов В.А., Аветисов Г.П. Глубинные сейсмические исследования ВНИИОкеангеология и ПМГРЭ в глубоководной части Северного Ледовитого океана // 60 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане. Сборник научных трудов / Под ред. В.Л. Иванова, В.Д. Каминского. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2008. С. 518—523.

58. *Додин Д.А., Иванов В.Л., Каминский В.Д. Российская Арктика — крупная минерально-сырьевая база страны (к 60-летию ВНИИОкеангеология // Литосфера. 2008. № 4. С. 76—92.

59. Glebovsky V., Kaminsky V. Russian magnetic database in the zone of transition from Euro-Asian Continental Shelf to deep Arctic Ocean: significance for geological interpretations // ICAM IV. Canada: Nova Scotia, 2003. P. 23.

60. Glebovsky V.Yu., Kaminsky V.D., Minakov A.N., Merkouriev S.A. Geohistorical Analysis of Magnetic Anomaly Profiles in the Deep Eurasia Basin: Implications for Basin Development // Abstract Volumes of the 32-nd International Geological Congress. Florence: 2004. CD ROM.

61. Glumov I.F., Murzin R.R., Komaritsyn A.A., Kaminsky V.D., Poselov V.A. Experience of application of geological criteria of Article 76 for definition of outer limit of extended continental shelf of Russian Federation in Arctic Ocean // IV International Conference on Arctic Margins (ICAM IV). Abstracts. Dartmouth (Canada), 2003. P. 26—27.

62. Grikurov G.E., Kaminsky V.D., Pogrebitsky J.E., Suprunenko O.I. Transition from circum-arctic shelves to central Arctic abyssal core: peculiarities of structural features and controversies in tectonic interpretations // Abstract Volumes of the 32-nd International Geological Congress. Florence: 2004. CD ROM.

63. Kaminsky V., Murzin R., Pavlenkin A., Piskarev A., Poselov V. Structure and the lithosphere dynamics in the Russian Arctic's continental margins // Abstract Volumes of the 32-nd International Geological Congress. Florence: 2004. CD ROM.

64. Kaminsky V.D., Poselov V.A., Astafurova E.G., Glebovsky V.Yu., Likhachev A.A., Minakov A.N. Current Results of Geophysical Investigations within Geotranssect "Arctic 2005" // NGF Abstracts and Proceedings of ICAM V, AGREE II, SEST. Harald Brekke, Sverre Henriksen and Gunn Haukdal (ed), Geological Society of Norway (NGF) in coop. with European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE). P. 26.

65. Kaminsky V.D., Poselov V.A., Glebovsky V.Y., Zayonchek A.V., Butsenko V.V. Geophysical and Geological Study of the Transition Zone Between the Mendelev Rise and the Adjacent Siberian Shelf: Preliminary Results // AGU Fall Meeting. Program and Abstracts. American Geophysical Union. USA: S.F., 2005. 131p.

66. Poselov V.A., Kaminsky V.D., Murzin R.R., Butsenko V.V., Komaritsyn A.A. Experience in Applying the Geological Criteria of Article 76 to the Definition of the Outer Limit of the Extended Continental Shelf of the Russian Federation in the Arctic Ocean // OCS Study MMS 2006—003 Proceedings of the Fourth International Conference on Arctic Margins, Robert Scott and Dennis Thurston (ed) Dartmouth, NS, Canada, 2003, Anchorage Alaska, October 2006, P. 199—205.

Подписано к печати 17.03 .2009. Уч.-изд. л. 2,0.
Формат 60х90/16. Тираж 100 экз.

Ротапринт ВНИИОкеангеология. Зак. № 7
190121 С.-Петербург, Мойка, 120.