

Д.М. Трофимов, В.Н. Евдокименков,  
М.К. Шуваева, В.Б. Серебряков

# Результаты дистанционных исследований в комплексе поисковых работ на нефть и газ



УДК 622.323.002.5

ББК 33.131я73

Р34

**Р34 Трофимов Д.М., Евдокименков В.Н., Шуваева М.К., Серебряков В.Б.**  
Результаты дистанционных исследований в комплексе поисковых работ на нефть и газ. – М.:Инфра-Инженерия, 2015. – 80 с.

ISBN 978-5-9729-0082-4

Работа посвящена обобщению опыта многолетних (с 1988 г. по 2014 г.) исследований по применению дистанционного зондирования в комплексе поисково-разведочных работ на нефть и газ. Основой для этого являются результаты апробирования дистанционных методов в различных нефтегазоносных бассейнах России, стран СНГ, Ближнего Востока, Южной и Северной Америки с разными геолого-ландшафтными условиями. Статистическая оценка результатов работ: подтверждаемость прогнозируемых структур сейсморазведкой находится в диапазоне от 0,7 до 0,9, а прогноза их нефтегазоносности – 0,6-0,8. Подобная геологическая эффективность базируется на применении комплекса разновременных радиолокационных, многоспектральных и тепловых инфракрасных съемок, характеризующихся непрерывным полем данных, высоким амплитудным и спектральным разрешением. Они обеспечивают получение новой информации, играющей большую роль при комплексной интерпретации дистанционных и геолого-геофизических данных. Основным аргументом эффективности рассматриваемых методов является открытие месторождений углеводородов, которые были сделаны в нефтегазоносных бассейнах России.

Книга предназначена для специалистов в области нефтяной и газовой геологии, руководителей высшего и среднего звена нефтяных и газовых компаний, а также студентов и аспирантов высших учебных заведений геологоразведочного профиля.

© Трофимов Д.М., Евдокименков В.Н., Шуваева М.К., Серебряков В.Б., 2015

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2015

ISBN 978-5-9729-0082-4

## Введение

Данная публикация подводит итог более чем двадцатилетнему периоду применения методов дистанционного зондирования в комплексе геологоразведочных работ на нефть и газ в диапазоне от аэросъемок до современных съемок из космоса. В связи с крайне ограниченным практическим использованием дистанционных методов, отсутствием серьезной базы для подготовки специалистов в данной области и относительно небольшим количеством публикаций по данной тематике авторы считают своим долгом провести обобщения всего накопленного ими материала и ознакомить с ним геологическую общественность.

В работе не рассматриваются физические основы дистанционного зондирования и теоретические выводы о формировании локальных поднятий и залежей углеводородов. Они опубликованы в наших последних монографиях [1,2]. Основная цель предлагаемой читателю работы направлена на обоснование геологической эффективности методов дистанционного зондирования, показавших свою актуальность, и ее доказательность.

В настоящее время разработаны и апробированы на практике при поисках, разведке и разработке месторождений новые инновационные методы дистанционного зондирования, многократно публиковавшиеся в печати [1,2,3,4]. Эти методы основаны на цифровой обработке исходной информации с помощью специализированных программных продуктов и обеспечивают в итоге сокращение сроков работ, затрат и необходимый уровень достоверности.

Исходя из сказанного, авторы считают необходимым показать геологическую и экономическую эффективность дистанционных методов и технологий, а также статистически на основе результатов работ доказать целесообразность их применения на примерах нефтегазоносных бассейнах России, Северной и Южной Америки и Ближнего Востока (рис. 1).

*Авторы благодарят за долготлетнюю совместную работу и плодотворное сотрудничество Райкунова Г.Г., Башилова В.И., Фролова С.В., Крылова О.В., Аблю Э.А., Емельянову А.В., Поташову И.Н., Коновалову В.М. и Ковалевского Н.П.*

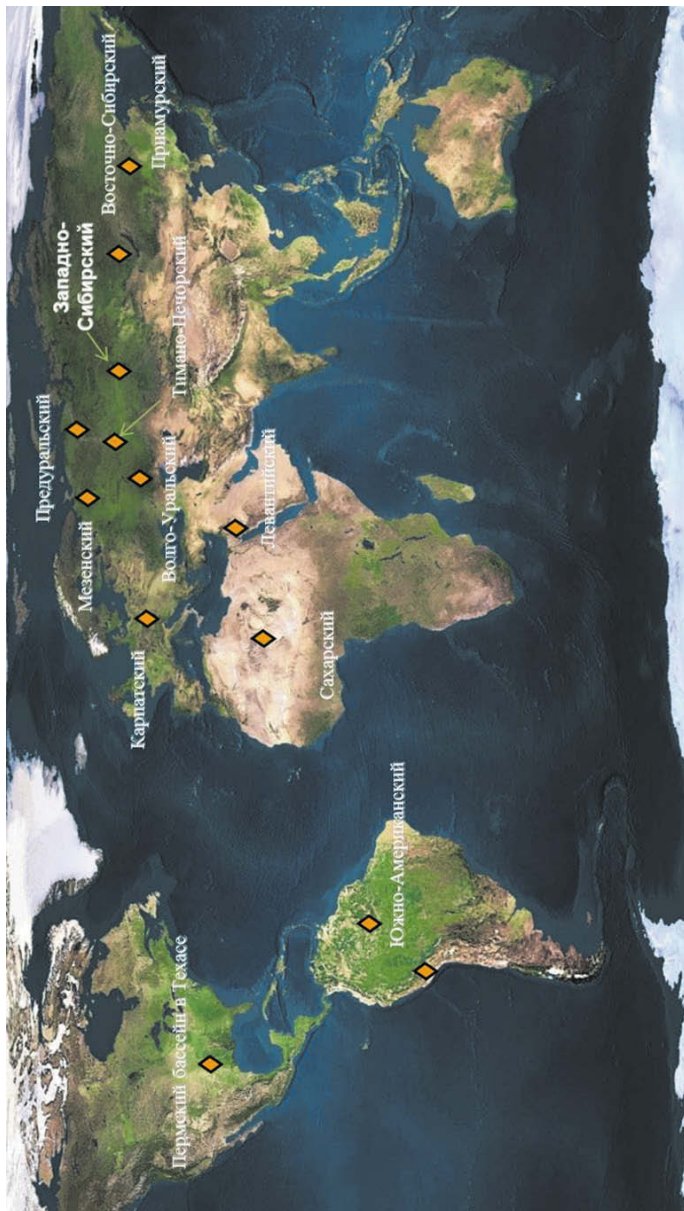


Рис.1. Регионы деятельности

# **I. Основные этапы применения дистанционных методов в комплексе геологоразведочных работ на нефть и газ**

Развитие техники съемок Земли из космоса началось от черно-белых, спектральных и цветных снимков на фотоносителях в одном видимом диапазоне электромагнитного спектра. Затем этот диапазон разбили на 4-5 и более зон спектра, передаваемым по радиоканалам в цифровой форме, и появились съемки в радио- и дальней инфракрасной области. В настоящее время на орбите работают десятки спутников, некоторые из них с много- и гиперспектральной аппаратурой с сотней каналов и высоким пространственным и спектральным разрешением. Сейчас используются высокотехнологичные инструменты для съемок, а для решения практических задач их обработки созданы тематические геологически обоснованные программы, пошедшие к настоящему времени апробации в различных нефтегазовых бассейнах.

Начало использования дистанционных методов в космическом варианте при геолого-поисковых работах на нефть и газ относится к 1970-1980 гг., когда специалисты смогли распознавать на снимках структурные ловушки и разрывные нарушения или линейные [5]. В этот период времени по заданию Министерства геологии СССР была разработана методика структурного анализа видеоизображений и были откартированы основные нефтегазовые бассейны. В результате этой работы было спрогнозировано суммарно около тысячи локальных структур, переданных в геофизические организации для проведения сейсморазведочных работ [6].

На втором этапе проводилась оценка многоспектральных съемок для прогноза нефтегазоносности выявленных поисковых объектов [7]. С этой целью были поставлены экспериментальные работы. Они заключались в тестировании почв и растений с разной концентрацией нефти, создании натуральных моделей и их детального изучения. Был установлен рубеж, за которым под влиянием мигрирующих к земной поверхности углеводородов начинается изменение морфологии растений и их спектральных характеристик [8,9]. Был определен узкий спектральный диапазон, в котором регистрируется воздействие углеводородов на растительный покров. Подобного типа работы были опубликованы в американской и голландской геологической литературе [10-19]. Позже эти изменения получили название «голубой сдвиг». Данные работы заложили основу для разработки методов и специализированных программ прогноза нефтегазоносности.

В 2000-х гг. с появлением высокоразрешающих многоспектральных и инфракрасных съемок были проведены исследования по изучению теплового потока над месторождениями и пустыми разбуренными структурами, а также разновременных вариаций спектральных характеристик в разных ландшафтно-геологических услови-

ях. С целью решения этих задач проводились съемки с самолетов, использовались различные космические снимки, наземные и скважинные измерения.

В этот период времени была проведена оценка возможностей использования радиолокационных съемок для структурного анализа современно активных локальных поднятий и разрывных нарушений [20]. Анализ повторных пролетов спутников над изучаемыми объектами позволил регистрировать современные тектонические и техногенные подвижки на динамически активной земной поверхности с сантиметровой или миллиметровой амплитудой за определенный период времени [21]. Эти результаты позволили изучать не только геодинамику структурных ловушек углеводородов, но и техногенно обусловленные движения отдельных блоков под воздействием эксплуатации газовых хранилищ и месторождений [22].

Заключительный этап совершенствования применения дистанционных методов при поисках, разведке и разработке месторождений нефти и газа заключался в создании пакета программ для прогнозирования ловушек углеводородов, оценки их нефтегазоносности, прогнозных локализованных ресурсов и экономической эффективности этих работ [23]. Разработанные программные продукты позволили изменить технологию и стадийность поисково-разведочных работ (табл. I).

Т а б л и ц а I

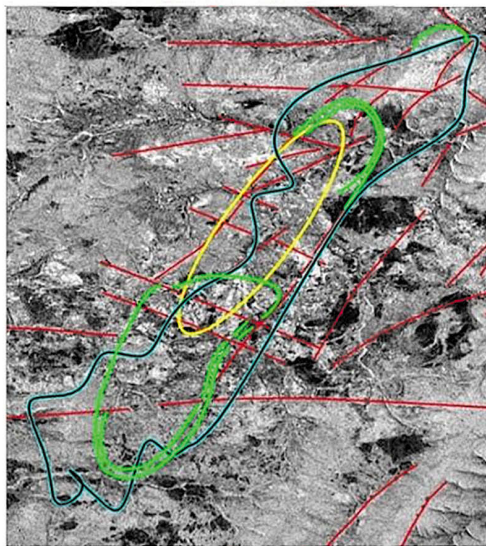
**Предлагаемая стадийность геолого-разведочных работ**





№ этапа	Характеристика этапа
I	Прогнозирование поисковых объектов и комплексная интерпретация архивных геолого-геофизических материалов с целью планирования и оптимального размещения схемы сейсмопрофилей
II	Оценка перспектив нефтегазоносности на основе инфракрасных, много- и гиперспектральных съемок с целью выбора наиболее перспективных объектов
III	Оценка локализованных ресурсов и рентабельности освоения как конкретных поисковых объектов, так и участка в целом, включая определение затрат на геолого-разведочные работы
IV	Подготовка поисковых объектов к глубокому бурению на основе сейсморазведочных и дистанционных данных.
V	Открытие месторождений углеводородов по результатам поисково-вого бурения.

Таким образом, к настоящему времени завершен многолетний цикл исследований, экспериментов, разработки методики и технологии работ, а также проведено апробирование возможностей новых видов съемок из космоса с целью их практического применения для повышения эффективности работ на нефть и газ.

## II. Оценка подтверждаемости сейсморазведкой локальных структур, прогнозируемых методами дистанционного зондирования

Основное предназначение дистанционных методов - получение первичной структурной информации в слабо изученных регионах. Прогноз локальных структур осуществлялся с помощью программы «Станвид - 2», экспертным путем и в дальнейшем производилось сопоставление с данными сейсморазведки и бурения (рис.2).



-  Контур структуры по данным сейсморазведки
-  Контур структуры, прогнозируемой автоматически
-  Контур структуры, прогнозируемой визуально
-  Прогнозируемые разрывные нарушения

**Рис.2.** Сопоставление поисковых объектов, прогнозируемых с помощью визуальной и автоматизированной обработки снимков локального поднятия.



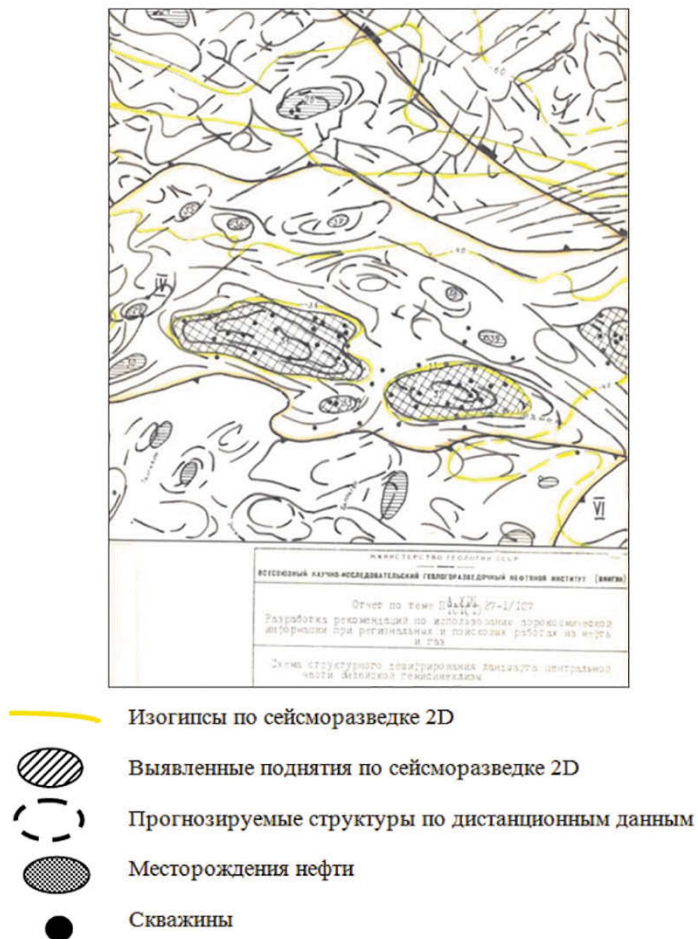


Рис.3. Фрагмент космоструктурной карты центральной части Вилуйской синеклизы, выполненной в 1988 году по заказу МинГео СССР



Исходя из этого, они должны ставиться перед поисковой сейсморазведкой, и решать близкие с ней задачи. Поэтому оценка эффективности дистанционных методов при прогнозировании локальных поднятий производится путем сопоставления с сейсмическими данными. Следовательно, подтверждаемость прогнозируемых структур является доказательством их достоверности, однако она зависит от уровня геологической изученности регионов.

### **1. Ретроспективно-статистическая оценка подтверждаемости сейсморазведкой платформенных структур, прогнозируемых дистанционными методами**

Выделенные в 1980-х гг. локальные поднятия в основных нефтегазоносных регионах не могли быть полностью проверены, так как объем сейсморазведочных работ на тот период времени был недостаточным, соответствуя региональному или началу поискового этапа (рис. 3).

В связи с этим к проверке этих структур было целесообразно вернуться позже. К 2007 г. плотность сейсморазведочных работ и бурения существенно возросли в рассматриваемых регионах, что позволило произвести оценку информативности съемок из космоса. Для этого проводилось сопоставление построенных на данный период времени структурных карт и карт спрогнозированных объектов масштаба 1:200 000. Несмотря на более низкое качество космических снимков того периода времени и относительно не высокую разрешающую способность, средние показатели подтверждаемости были на уровне 75%, хотя не все рассматриваемые регионы были покрыты сейсмопрофилями поисковой кондиции (табл. II).

Эти показатели изменяются в относительно небольшом диапазоне, что характерно для платформенных нефтегазоносных регионов разной степени изученности.

В условиях слабо изученных нефтегазоносных бассейнов оценка подтверждаемости проводилась частично с использованием региональной сейсморазведки или других геофизических методов. Рассмотрим ряд примеров по различным геологически закрытым нефтегазоносным бассейнам.

В центральной части Мезенской синеклизы, считающейся потенциально нефтегазоносной, за многие годы не было открыто ни одного месторождения. В пределах изученной площади были проведены два региональных сейсмопрофиля. Из 23 спрогнозированных здесь локальных поднятий 8 оказались пересеченными или проходящими в непосредственной близости сейсмопрофилями, на которых были установлены антиклинальные перегибы (рис. 4). Часть из них пространственно соответствовали локальным аномалиям поля силы тяжести (рис.5). На данном примере, хотя и при небольшой выборке, подтверждаемость гравиразведкой составила 30% и 34% - сейсморазведкой.

По Печоро-Кожвинскому мегавалу Тимано-Печорского нефтегазоносного бассейна для оценки подтверждаемости производилось распознавание 42 локальных поднятий: 14 месторождений, 10 пустых и 18 неразбуренных объектов. Из них 34 отчетливо опознаются на космических снимках, а некоторые фрагментарно (рис. 6).

Т а б л и ц а II

**Оценка результативности космоструктурных исследований по результатам поисковых работ в основных нефтегазоносных бассейнах России за период 1987-2007 гг.**

Название нефтегазоносного бассейна	Название региональных структур	Сходимость результатов космоструктурных и сейсморазведочных работ по состоянию на 1987 г, %	Общая подтверждаемость прогнозируемых структур сейсморазведочными работами 1987-2007 гг., %
Восточно-Сибирский	Камовский свод Байкитской антеклизы	56	63
	Хапчагайский вал Вилюйской синеклизы	79	89
	Линденская впадина Вилюйской синеклизы	56	86
Западно-Сибирский	Гыданский свод	82	85
	Салымский свод	76	92
Тимано-Печорский	Хорейверская впадина	60	65
Прикаспийский	Северный бортовой уступ	80	-
	Восточный бортовой уступ	47	-
Волго-Уральский	Бузулукская впадина	65	85
	Мелекесская впадина	53	55

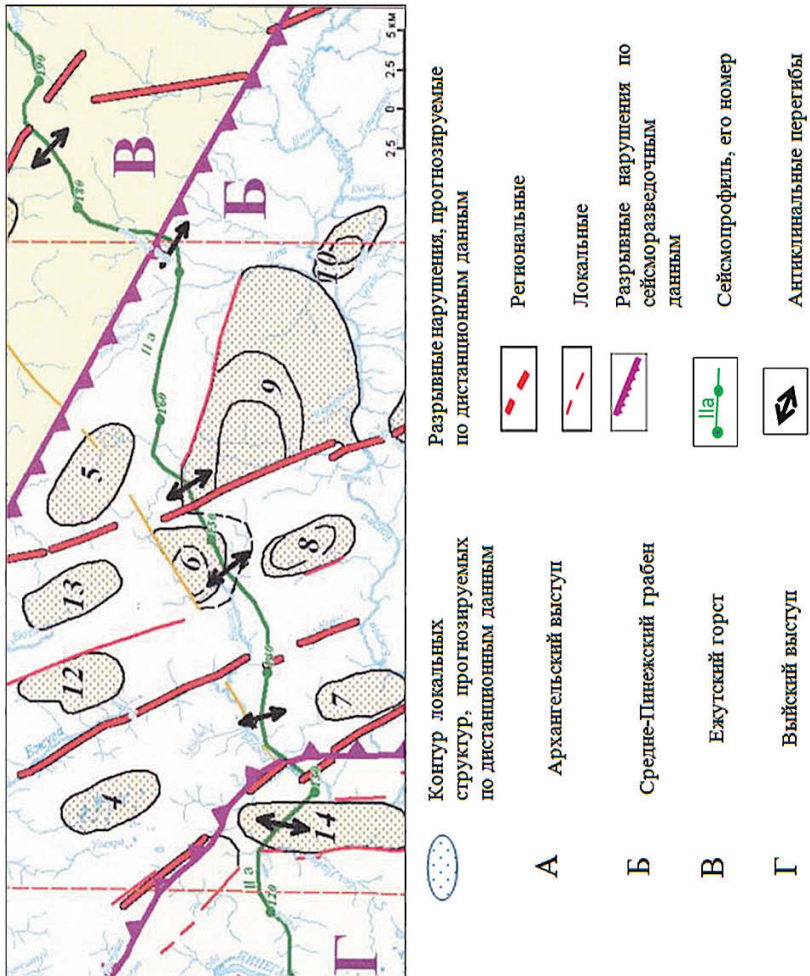


Рис.4. Схема расположения локальных структур и разрывных нарушений, прогнозируемых по космическим данным, и антиклинальных перегибов, выявленных сейсморазведкой (Мезенская синеклиза)

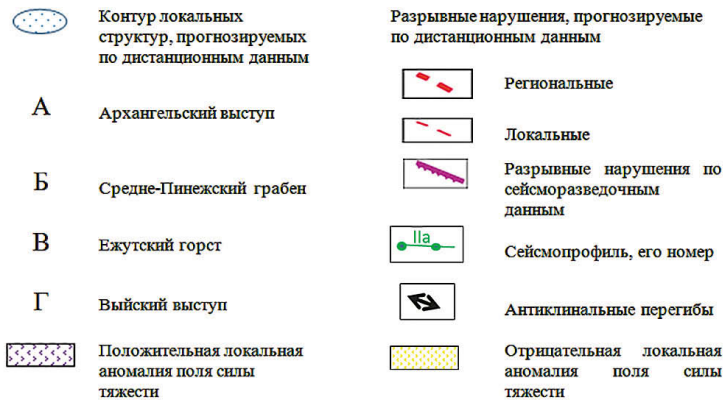
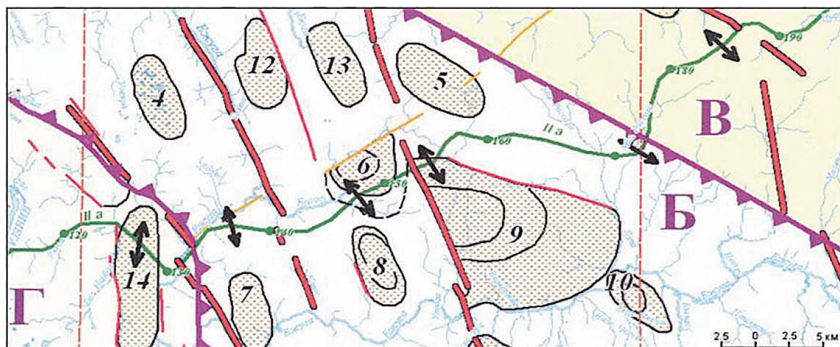







Рис.5. Схема сопоставления прогнозируемых структур и локальных аномалий силы тяжести (Мезенская синеклиза)



-  Локальные структуры, прогнозируемые по дистанционным данным
-  Региональные разломы, прогнозируемые по дистанционным данным
-  Локальные разрывные нарушения, прогнозируемые по дистанционным данным
-  Площадь, рекомендуемая для проведения поисковых сейсморазведочных работ
-  Поисковая скважина, давшая газ

**Рис 6.** Фрагмент карты локальных структур, спрогнозированных по дистанционным данным Печоро-Кожвинского мегавала

## Оглавление

<b>Введение</b> .....	<b>3</b>
<b>I. Основные этапы применения дистанционных методов в комплексе геолого-разведочных работ на нефть и газ</b> .....	<b>5</b>
<b>II. Оценка подтверждаемости сейсморазведкой локальных структур, прогнозируемых методами дистанционного зондирования</b> .....	<b>7</b>
1. Ретроспективно-статистическая оценка подтверждаемости сейсморазведкой платформенных структур, прогнозируемых методами дистанционного зондирования.....	9
2. Ретроспективно-статистическая оценка подтверждаемости прогнозируемых структур сейсморазведкой в горно-складчатых регионах.....	18
3. Оценка подтверждаемости прогнозируемых структур при увеличении плотности сети сейсмопрофилей.....	28
4. Сопоставление прогнозируемых структур и локальных поднятий, изученных сейсморазведкой по методике 3D.....	28
<b>III. Дистанционные методы оценки потенциальной нефтегазоносности прогнозируемых, выявленных и подготовленных к поисковому бурению локальных поднятий</b> .....	<b>31</b>
1. Спектрометрический метод прогноза нефтегазоносности.....	34
2. Инфракрасный метод прогноза нефтегазоносности.....	43
3. Отражение на дистанционных материалах локальных поднятий с выявленными залежами углеводородов.....	54
4. Использование математической статистики для оценки информативности дистанционных методов при определении перспектив нефтегазоносности локальных поднятий.....	58
5. Ретроспективно-статистическая оценка пространственного соответствия месторождений углеводородов, открытых на структурах ранее спрогнозированных дистанционными методами.....	66
<b>IV. Сравнительная оценка локализованных ресурсов и геологических рисков по данным сейсморазведочных и дистанционных работ</b> .....	<b>69</b>
Заключение.....	73
Литература.....	74