

Федеральное агентство научных организаций (ФАНО России)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ ИМ. О.Ю. ШМИДТА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИФЗ РАН)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИФЗ РАН  
чл.-корр. РАН  
\_\_\_\_\_ С.А. Тихоцкий  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНОЙ И НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЦГЭМИ ИФЗ РАН  
(промежуточный)

Директор ЦГЭМИ ИФЗ РАН

\_\_\_\_\_ И.М.Варенцов  
Подпись, дата

Ученый секретарь ЦГЭМИ ИФЗ РАН

\_\_\_\_\_ О.Ю.Тихомирова  
Подпись, дата

Москва, 2017 г.

## **1.1. Основные достижения по темам фундаментальных научных исследований.**

Фундаментальные научные исследования проводились в 2017 году по 4 бюджетным темам - смотри полную сводку в Приложении 1. Ниже приводятся основные и важнейшие из полученных в 2017 году результатов.

**1.1.1. Тема НИР «Глубоководный электромагнитный мониторинг геофизических процессов и исследование геоэлектрического строения литосферы»** ГРН: АААА-А17-117060110209-6, № по гос. заданию ИФЗ РАН: 0144-2014-0111. Направления ФНИ: 70 – “Физические поля, внутреннее строение Земли и глубинные геодинамические процессы”; 80 – “Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли”. Научный руководитель - зав. лаб., д.ф.-м.н. Коротаяев С.М., лаборатория №1 ЦГЭМИ ИФЗ РАН.

Результаты работы позволяют сделать следующие основные выводы:

На озере Байкал начата новая серия глубоководных измерений вертикальной компоненты электрического поля на базе поверхность–дно сопровождаемая измерениями течений на репрезентативных горизонтах. Развернуты наземные измерения магнитного поля и его градиентов. С помощью математического моделирования исследована возможность применения магнитных измерений на ограниченной сети в районе глубоководного мониторинга с целью выбора между конкурирующими геоэлектрическими моделями Байкальского рифта. Показано, что между тремя конкурирующими моделями такой выбор возможен. Кроме того, возможно уточнение основных вариантов этих моделей, касающихся глубины заложения главных разломов рифтовой зоны тектоники, а также положения межблоковых границ.

В Байкальском эксперименте выявлен опережающий отклик детектора макроскопических нелокальных корреляций на макротурбулентность в деятельном слое озера. Продемонстрирована возможность прогноза

долгопериодных случайных вариаций температуры в деятельном слое с заблаговременностью 25 суток.

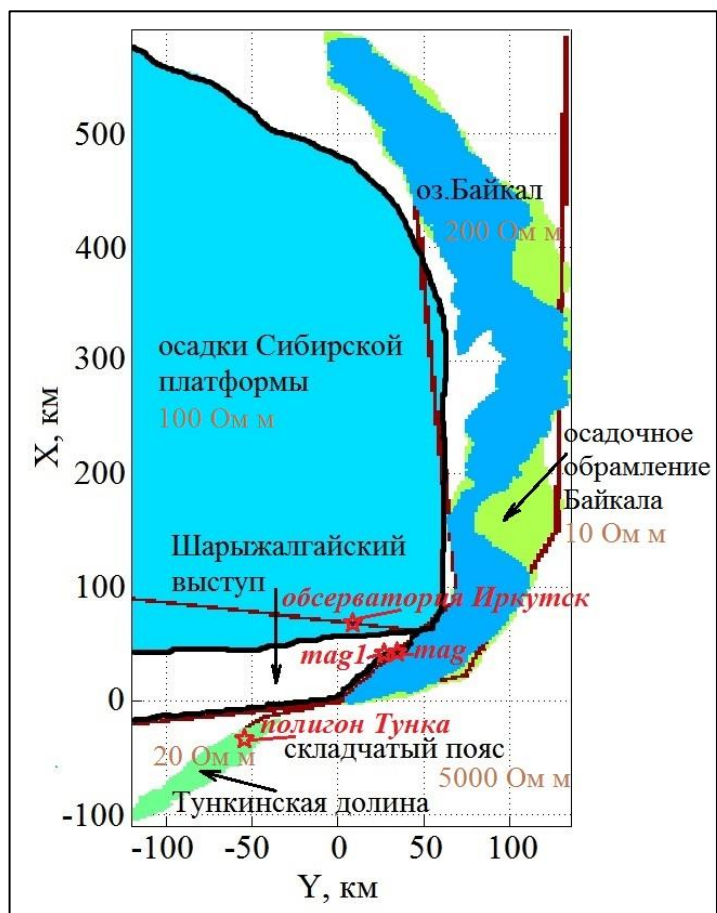


Рис 1. Исходная модель в плане.

Создана глобальная база данных для расчетов магнитных четырехкомпонентных комплексных магнитных индукционных векторов. Выполнены первые расчеты этих векторов на семи обсерваториях.

Цели, поставленные в рамках данного периода исследований, достигнуты. Ряд результатов НИР имеет практическое значение: непрерывные данные, получаемые в ходе Байкальского глубоководного мониторинга, опыт прогнозирования макротурбулентных вариаций температуры в гидросфере, первые результаты расчетов четырехкомпонентных магнитных индукционных векторов для нескольких мировых обсерваторий.

**1.1.2. Тема НИР: «Разработка фундаментальных методов площадных электромагнитных зондирований и технологий их применения в глубинных, рудных и нефтегазовых исследованиях». ГР № 0144-2014-00112. Направления ФНИ: 70 – “Физические поля, внутреннее строение Земли и глубинные геодинамические процессы”; 80 – “Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли”. Научные руководители И.М. Варенцов и Э.Б. Файнберг, Лаборатории №2 и №5 ЦГЭМИ ИФЗ РАН.**

На 3D моделях среды иллюстрируются возможности восстановления 2D разрезов по данным профильных зондирований методом переходных процессов (МПП) с совмещённой незаземлённой установкой. Процесс восстановления состоит из трёх основных этапов: трансформация измеренных вдоль профиля откликов в зависимости сопротивлений от глубины  $\rho(h)$  с последующим их «сшиванием» в 2D псевдоразрез; поточечная 1D инверсия откликов со стартовой моделью, построенной на основе трансформаций, и построение кусочно-однородного 2D разреза; коррекция 2D разреза с помощью блоковой 2.5D инверсии.

Показано, что МПП зондирования позволяют исследовать геологические среды в локальной области, латеральные размеры которой соизмеримы с глубиной зондирований. Структура среды за пределами этой области оказывает незначительное влияние на результаты зондирований. Предлагаемая технология восстановления разрезов по данным профильных измерений обеспечивает получение устойчивых результатов при минимальных допущениях о свойствах разрезов и может быть рекомендована для широкого использования в электроразведке.

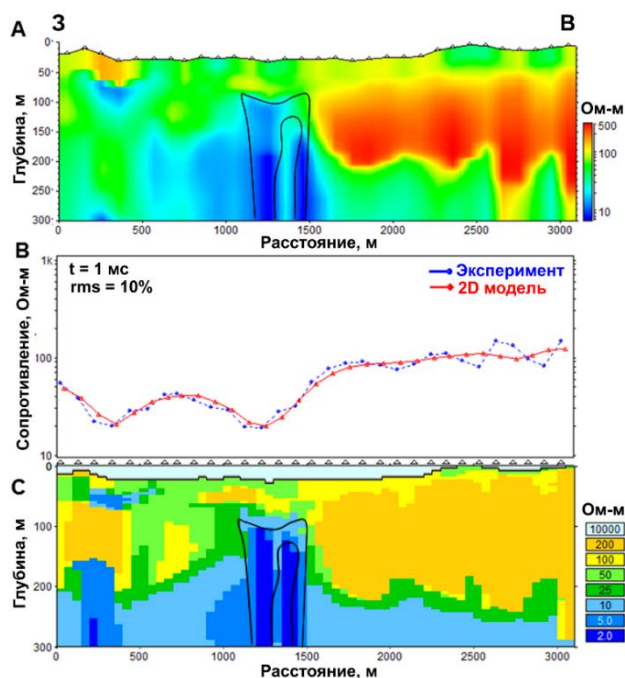
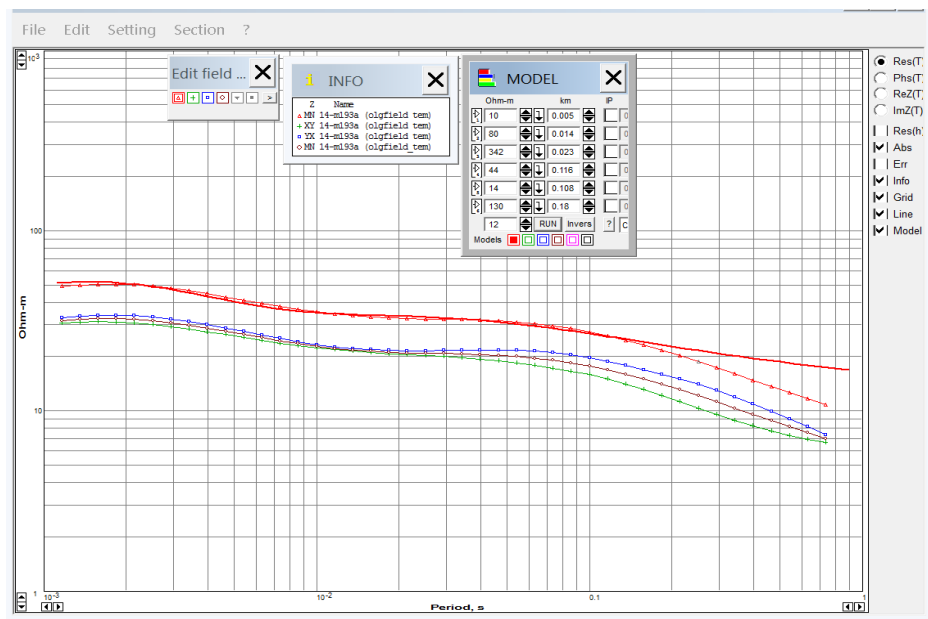


Рис.2  
 Геоэлектрический разрез  
 кимберлитовой алмазосной  
 трубки (север Восточно-  
 Европейской платформы):  
 А –  $\rho(h)$  трансформация, чёрные  
 линии соответствуют геологи-  
 ческим данным;  
 В – измеренный и модельный  
 отклики на времени 1 мс;  
 С - 2D инверсия.

Другим важным полученным по этой теме НИР результатом, является следующий.

Основной проблемой при интерпретации данных МТ-зондирований являются искажения кривых кажущегося сопротивления, выражающиеся в изменении их формы и сдвиге по вертикали. Без соответствующего учёта этих искажений результаты интерпретации могут оказаться неверными. Разработана простая и устойчивая технология коррекции статического сдвига, рекомендуемая как для разведочных, так и глубинных исследований.

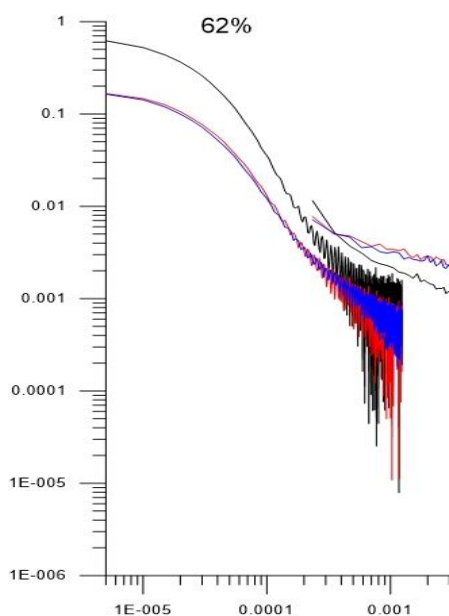
Процесс коррекции кривых МТЗ и их инверсии состоит из четырёх этапов: 1) МПП-зондирования в окрестностях каждой точки МТЗ; 2) 1D инверсия данных МПП; 3) расчёт «опорных» МТ-откликов для разреза, построенного по данным МПП-зондирований; 4) сдвиг в логарифмическом масштабе кривых МТЗ до совпадения с опорными МПП откликами с их последующей инверсией. Ниже показан пример предлагаемой технологии.



*Рис.3 Александровка, Тульская область  
Исходная эффективная кривая МТЗ (коричневая), сдвинута до совпадения с опорной кривой (красная), пересчитанной из МПП. Отклики МПП измерены в диапазоне 7-8 мкс – 3 мс.  
Величина сдвига - ~60-70% !*

**1.1.4. Тема НИР: «Развитие теоретических и экспериментальных основ взаимодействия различных физических полей в неоднородной полифазной литосфере»,** ГРН№ 0144-2014-00113. Направление ФНИ - 70. Физические поля, внутреннее строение Земли и глубинные геодинамические процессы. Научный руководитель: к.ф.-м.н. В.В. Агеев. Лаборатория №3 ЦГЭМИ ИФЗ РАН.

Лабораторными работами на мерзлых образцах изучена быстрая вызванная поляризация (БВП), ее анизотропные свойства. Показано, что она сильно зависит от криотекстуры и направления пропускания тока. Сильная анизотропия поляризационных характеристик характерна для слоистой шлировой текстуры. Для массивной текстуры без шлиров анизотропии нет и БВП существенно меньше. Это подтверждает природу БВП, связанную с эффектом Максвелла – Вагнера. Поэтому для количественного определения величины льдистости необходимо предусматривать соответствующие системы наблюдения, позволяющие изучать анизотропию свойств.



*Рис.4* Переходные характеристики быстрой ВП для мерзлого образца при разной ориентации измерений. Черная кривая- поперек шлиров льда ( $\eta$  до 70%), красная и синяя – вдоль шлиров ( $\eta$  15%)  
Коэффициенты анизотропии:  $\lambda_r = 1.9$ ,  $\lambda_\eta = 1.9$



*Рис.5* Образец мерзлого природного суглинка со шлировой льдистостью 55%

**1.1.5. Тема НИР: «Разработка нейросетевых методов прогноза петрофизических свойств пород на основе комплексного анализа геофизических данных», ГРН№ 0144-2014-00114. Направления ФНИ: 70. Физические поля, внутреннее строение Земли и глубинные геодинамические процессы; 78. Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы. Научный руководитель: д.ф.м.н., академик РАЕН и НАН В.В. Спичак. Лаборатория №4 ЦГЭМИ ИФЗ РАН.**

Разработана методика выделения потенциальных очагов землетрясений на основе комплексного анализа трехмерных петрофизических моделей, построенных по геофизическим данным. Её применение к сейсмоактивному участку Алтае-Саянского региона позволило определить пространственную локализацию пяти эшелонов потенциальных очаговых зон землетрясений, расположенных на разных глубинах земной коры. Горизонтальная локализация двух из них была предположена ранее по данным разломной тектоники, тогда как три другие зоны выделены впервые.

Разработана нейросетевая методика оценки магнитуд потенциальных землетрясений в земной коре, на основе которой сделан их прогноз для рассмотренного участка (рис.)

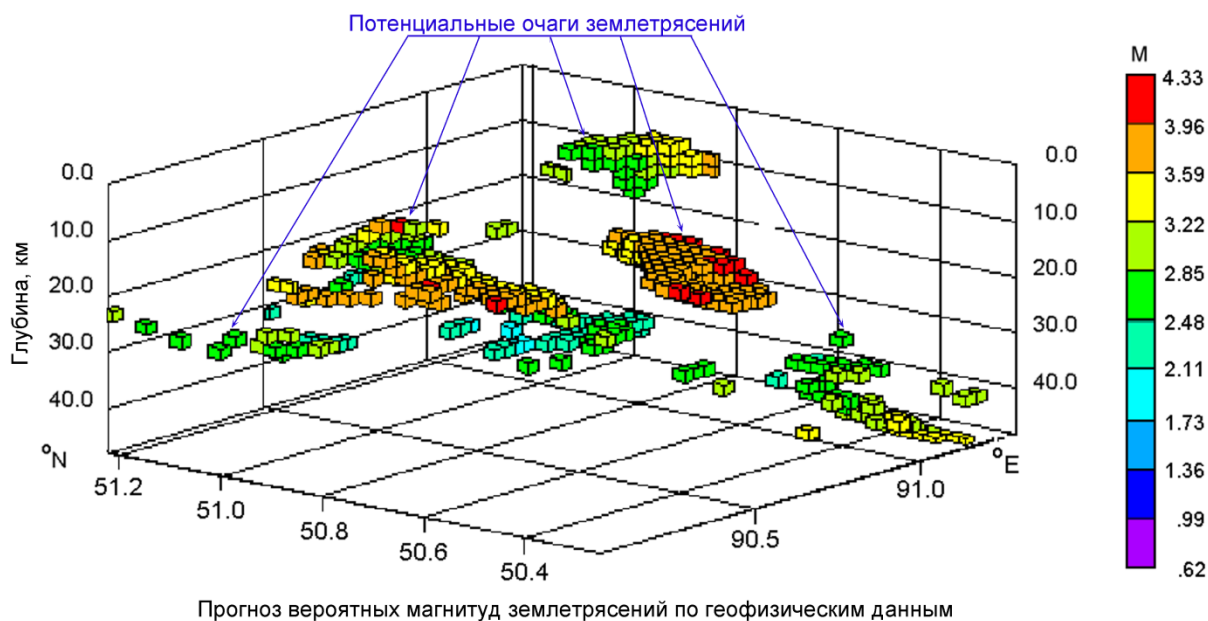


Рис.6



## 1.2. Сведения о межинститутском сотрудничестве и применении результатов фундаментальных научных исследований.

Совместных финансируемых из бюджета фундаментальных научно-исследовательских работ в рамках межинститутского сотрудничества в ЦГЭМИ ИФЗ РАН не ведется.

## 1.3. Сведения о прочих научных исследованиях

№	Источники финансирования	Руководитель гранта (должность, степень, ФИО)	Название программы и проекта	Объем финанс. . 2017 тыс.руб.	Начало и оконч. проекта	Примечание
1	Гранты РФФИ и РГНФ	завлаб, д.ф.-м.н. С.М.Коротаев	РФФИ 15-05-00609 А «Глубоководный комплексный мониторинг гидросферно-литосферного участка глобальной электрической цепи в озере Байкал»	480	2015-2017	
	Гранты РФФИ	Директор, завлаб, к.ф.-м.н. И.М. Варенцов	РФФИ 16-05-00791_а «Исследование методов комплексного синхронного МТ и МВ зондирования в нефтегазовых приложениях высокого разрешения»	500	2016-2018	
	Гранты РФФИ	Науч. сотрудник И.Н.Лозовский	РФФИ 16-35-0523_мол_а «Совместная интерпретация данных МТ и МВ зондирований и потенциальных полей на северо-западе Воронежского массива»	450	2016-2017	
	Международные проекты РФФИ	Директор, завлаб, к.ф.-м.н. И.М. Варенцов	Российско-индийский грант 16-55-5052_ИНД_а «Глубинная структура тектоносферы Восточных Гималаев по комплексу ЭМ и сейсмических зондирований: Анализ МТ откликов и приемных функций» (партнер – Северо-восточный горный университет, Шиллонг, Индия)	950	2016-2017	

	Международные проекты РФФИ	Директор, завлаб, к.ф.-м.н. И.М. Варенцов	Российско-китайский грант 17-55-3102_ГФЕН_а «Результаты 3D инверсии МТ данных как свидетельство непрерывности потока корового вещества в СВ Тибете» (партнер – Институт геологии и геофизики Китайской АН, Пекин)	900	2017-2018	
	Международные проекты РФФИ	Завлаб ТОИ ДВО РАН, к.г.-м.н. В.М. Никифоров	Российско-вьетнамский грант 16-55-540007_Вьет_а «Исследования слоистой блоковой структуры тектоносферы в зоне сочленения Индокитайского геоблока с Евразийской плитой на территории Северного Вьетнама методом МТ зондирования» (партнер – Институт морской геологии Вьетнамской АНТ, Ханой)	Финансирование через ТОИ ДВО РАН	2016-2017	
	Контракты с рос. заказчиками					
	Международные проекты и соглашения					

## 2. Отчет о научно-организационной деятельности.

### 2.1. Информация о работе Советов и Семинаров.

В течение всего года регулярно проводились заседания Ученого совета и семинара ЦГЭМИ ИФЗ РАН. В числе обсуждаемых вопросов – планы и результаты по темам НИР, утверждение новой структуры ЦГЭМИ, обсуждение Положения о ПРНД ЦГЭМИ, представление диссертаций.

## **2.2. Участие в совещаниях, конференциях, симпозиумах:**

1. Конференция “Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей: 44-я сессия Международного семинара им. Д.Г. Успенского”, январь 2017, ИФЗ, Москва. И.М. Варенцов, Александров П.Н., Д.А. Грачева, П.В. Иванов, И.Н. Лозовский, Т.А. Родина.

2. IX Всероссийская конференция «Необратимые процессы в природе и технике». Москва, 25-27 января 2017 – С.М. Коротаев, В.О. Сердюк

3. Международной конференции “First the Belt and Road Geophysical International Forum” май 2017 г., Сиань, Китай. И.М. Варенцов

4. Международная научно-практическая конференция, г. Уфа, 18 – 20 мая 2017 г. «MODERN MATHEMATICS AND ITS APPLICATIONS». Александров П.Н.

5. VII Международный симпозиум “Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов”, июнь 2017, ИС РАН в Бишкеке, Киргизия. И.М. Варенцов входил в оргкомитет данного симпозиума. И.М. Варенцов, П.Н.Александров, Т.А. Родина.

6. Международная конференция “Physical Interpretations of Relativity Theory – 2017”. Москва, 3-7 июля 2017 – С.М. Коротаев, Е.О. Киктенко, В.О. Сердюк

7. «ДЕВЯТЫЕ НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ Ю.П. БУЛАШЕВИЧА. Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей», 18 - 22 сентября 2017г., г. Екатеринбург. Александров П.Н.

8. IV Школа – семинара «ГОРДИНСКИЕ ЧТЕНИЯ» Москва, 20 - 22 ноября 2017 г., ИФЗ РАН. Александров П.Н.

### **Зарубежные командировки сотрудников:**

1. И.М. Варенцов выезжал в Китай (май-июнь 2017 г., Университет Сианя и Институт геологии и геофизики Китайской АН, Пекин) для участия

в международной конференции и совместных научных исследований по тематике гранта 17-55-45052\_ГФЕН\_а.

2. Киргизия (июнь 2017 г., Научная станция РАН в г. Бишкек).

Участие в конференции и совместная научная работа. И.М. Варенцов и Т.А.

Родина

3. International Conference “Unified Field Mechanics II – Preliminary Formulations and Empirical Tests”. PortoNovo, Italy, July 25-28, 2016. С.М.

Коротаев

4. Китай (октябрь 2017 г., Институт геологии и геофизики Китайской АН, Пекин) для совместных научных исследований по тематике гранта 17-55-45052\_ГФЕН\_а. И.М. Варенцов и И.Н. Лозовский

5. Вьетнам (октябрь 2017 г., Институт морской геологии Вьетнамской АНТ, Ханой) для совместных научных исследований по тематике гранта 16-55-640007\_Вьет\_а. И.М. Варенцов

6. Индия (ноябрь-декабрь 2017 г., Северо-восточный горный университет, Шиллонг) для совместных научных исследований по тематике гранта 16-55-45052\_ИНД\_а. И.М. Варенцов, П.В. Иванов и И.Н. Лозовский

#### **Прием иностранных ученых:**

Китайские ученые Denghai BAI и Xin LI из Института геологии и геофизики Китайской АН (Пекин) посетили ЦГЭМИ ИФЗ РАН в декабре 2017 г. для проведения совместных научных исследований по тематике гранта 17-55-45052\_ГФЕН\_а.

**3. Сведения об инновационной деятельности.  
Охраняемые продукты (ПО, базы данных), авторами которых  
являются сотрудники лабораторий ИФЗ РАН.**

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017615244, регистрация 10 мая 2017. Правообладатель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный университет» (RU). Авторы – Александров П.Н. (ЦГЭМИ ИФЗ РАН), Кризский В.Н. (Башкирский ГУ)

- Решение прямой задачи геоэлектрики для неоднородных анизотропных и бианизотропных сред

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017615842, регистрация 25 мая 2017. Правообладатель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный университет» (RU). Авторы – Александров П.Н. (ЦГЭМИ ИФЗ РАН), Кризский В.Н. (Башкирский ГУ)

- Моделирование систем наблюдения электроразведки постоянным током для исследования неоднородных анизотропных сред

**4. Сведения о наградах и поощрениях.**

**5. Сведения об экспертной деятельности и членстве в Советах:**

И.М.Варенцов являлся экспертом РНФ.

П.Н.Александров регулярно участвует в составе экспертных комиссий РФФИ.

**Сведения о редакционно-издательской деятельности:**

И.М.Варенцов являлся членом редколлегии журнала “Геофизические исследования” (РИНЦ).

С.М.Коротаев – член редколлегии журнала «Вестник МГТУ»  
Естественные науки (РИНЦ, Scopus, Web of Science).

#### **6. Сведения о педагогической деятельности.**

И.М. Варенцов являлся научным руководителем аспирантов ИФЗ  
РАН Д. А. Грачевой и Т.А. Родиной.

С.М. Коротаев читает в МГТУ им. Н.Э. Баумана авторский курс  
«Физика квантовой информации для студентов 6 курса направления  
«техническая физика» (объем 136 часов) и курс «Общая физика» для  
студентов 1 и 2 курса всех направлений (объем 408 часов).

Е.О. Киктенко читает в МГТУ им. Н.Э. Баумана спецкурс  
«Дополнительные главы квантовой механики» для студентов 6 курса  
направления «техническая физика» и ведет семинары и лабораторные работы  
по общему курсу физики для студентов 1 и 2 курса всех направлений.

**7. Полный список публикаций, вышедших из печати в 2017 г.  
(приведен в Приложении).**