

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГРАВИТАЦИОННЫХ, МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Сборник научных трудов

Выпуск 1 (46)

Пермь 2019

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Пермский
федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской
академии наук
филиал
ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пермское отделение межрегиональной общественной организации
«ЕВРО-АЗИАТСКОЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

**ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ГРАВИТАЦИОННЫХ, МАГНИТНЫХ И
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ**

Сборник научных трудов

Выпуск 1 (46)

Пермь 2019

УДК 550.3(063)

ББК 26.2

В 74

ISBN 978-5-91252-139-3

Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Сборник научных трудов. Вып. 1 (46). - Пермь: ГИ УрО РАН, ПГНИУ, 2019. - 433 с.

Сборник научных трудов подготовлен по материалам 46-й сессии Международного научного семинара имени Д.Г. Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей» (г. Пермь, 20-25 января 2019 года). Материалы семинара отражают современное состояние теории и практики интерпретации данных отдельных геофизических методов - гравиметрии, магнитометрии, электростатометрии, а также интерпретации данных указанных методов в комплексе геолого-геофизических работ. Рассмотрены теоретические аспекты, современные алгоритмы и компьютерные технологии обработки и интерпретации геофизических полей. Приводятся результаты геологического истолкования геофизических аномалий в различных регионах земного шара. Публикуемые статьи адресованы широкому кругу специалистов-геофизиков, занимающихся вопросами теории и практики геофизических исследований, и могут быть полезны для студентов, аспирантов и преподавателей высших учебных заведений геолого-геофизического профиля. Статьи публикуются в авторской редакции.

Редакционная коллегия:

Бабаянц П.С. (ЗАО «ГНПП «Аэрогеофизика», Москва),

Блох Ю.И., д.ф.-м.н. (Москва),

Бульчев А.А., д.ф.-м.н. (МГУ, Москва),

Бычков С.Г., д.г.-м.н. (ГИ УрО РАН, Пермь),

Глазнев В.Н., д.ф.-м.н., (ВГУ, Воронеж),

Долгаль А.С., д.ф.-м.н. (ГИ УрО РАН, Пермь),

Калинин Д.Ф., д.т.н. (ФГУНПП «Геологоразведка», Санкт-Петербург),

Кобрунов А.И., д.ф.-м.н. (УГТУ, Ухта),

Костицын В.И., д.т.н. (ПГНИУ, Пермь),

Мартышко П.С, чл.-корр. РАН (ИГф УрО РАН, Екатеринбург),

Михайлов В.О., д.ф.-м.н. (ИФЗ РАН, Москва),

Никитин А.А., д.ф.-м.н. (РГГРУ, Москва),

Новикова ПН к.г.-м.н. (ГИ УрО РАН, Пермь),

Старостенко В.И., академик НАНУ (ИГф НАНУ, Киев),

Тихоцкий С.А., д.ф.-м.н. (ИФЗ РАН, Москва)

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Абрамов Д.В., Бебнев А.С., Бычков С.Г., Горожанцев С.В., Дробышев М.Н., Овчаренко А.В., Храпенко О.А.</i> Проведение синхронных экспериментальных гравиметрических наблюдений в 2017-2018 годах в точках, разнесённых на большие расстояния	8
<i>Абубакарова Э.А.</i> Выделение разрывных нарушений Терско-Каспийского прогиба по результатам интерпретации потенциальных полей с использованием компьютерной технологии «КОСКАД 3D»	11
<i>Акимова Е. Н., Третьяков А.И.</i> Решение нелинейных обратных задач гравиметрии и магнитометрии с использованием графических ускорителей	16
<i>Александров П.Н.</i> О несостоятельности интерпретации данных пассивной сейсморазведки, основанной на модели плоского поля	21
<i>Алексеев С.Г., Духанин А.С., Сенчина Н.П., Штокаленко М.Б.</i> Закономерности проявления рудных систем в потенциальных полях.....	26
<i>Антонов Ю.В.</i> Пульсации силы тяжести и сейсмического шума на Евразийском континенте.....	32
<i>Антонова И.Ю., Глазнев В.Н.</i> Модель строения верхней части коры Елецкого участка по комплексу геолого-геофизических данных.....	36
<i>Бабаянц П.С., Трусов А.А.</i> Геологическая интерпретация современных аэрогеофизических данных при изучении нефтегазоперспективных территорий: структурная задача.....	39
<i>Банникова П.А.</i> Применение высокоточной аэромагнитной градиентометрической съемки при поисках кимберлитовых тел в Якутской алмазонасной провинции.....	43
<i>Блох Ю.И., Бондаренко В.И., Долгаль А.С., Новикова П.Н., Петрова В.В., Филипенко О.В., Рашидов В.А., Трусов А.А.</i> Подводные вулканы Броутонской вулканической зоны (центральная часть Курильской островной дуги)	47
<i>Борисов А.В., Виноградов В.Б.</i> Применение геофизических методов для изучения гидротехнических сооружений в Якутии	51
<i>Боровский М.Я., Богатов В.И., Борисов А.С., Шакуро С.В.</i> Геофизическая подготовка месторождений к применению методов увеличения нефтеотдачи.....	55
<i>Бычков С.Г., Мичурин А.В., Симанов А.А.</i> Интерпретация результатов гравиметрического мониторинга на аварийных участках рудников Верхнекамского месторождения калийных солей.....	59
<i>Вельтистова О.М., Мотрюк Е.Н.</i> Комплексная интерпретация геолого-геофизических данных с целью выделения рифогенных построек Верхнепечорской впадины	63
<i>Володькова Т.В.</i> Динамика обогащенных мантийных магм в краевой зоне Сибирской платформы.....	68
<i>Воронова Т.А., Глазнев В.Н., Муравина О.М.</i> Технология детального плотностного моделирования верхней части коры Воронежского кристаллического массива	72
<i>Ворошилов В.А.</i> Оптимальное дискретное замощение геологической среды элементарными ячейками при решении прямой задачи магниторазведки.....	75
<i>Галиева М.Ф., Крутенко Д.С.</i> Связь нефтегазоносности и глубинного теплового потока (на примере арктического полуострова Ямал).....	79
<i>Гейхман А.М., Потапчук И.С., Баньковский М.В.</i> Научно-прикладное значение метода геофизической голографии в решении современных геологических проблем	83
<i>Геник И.В.</i> Возможности прогнозирования результатов региональных гравиметрических работ на нефть и газ.....	89

<i>Гласко Ю.В., Мегеря В.М., Старостенко В.И., Корчагин И.Н.</i> Комплекс вычислительных алгоритмов интерпретации и web-ориентированная информационная система относительно месторождений нефти и газа	94
<i>Горячев Ю.П.</i> Картирование вулcano-купольных структур Западного-Забайкалья перспективных на поиск месторождений полезных ископаемых по результатам анализа аэромагнитных данных.....	97
<i>Груздев В.Н., Антонова И.Ю.</i> Глубинная электропроводность восточного склона Воронежского кристаллического массива	101
<i>Давудова Э.И., Муравина О.М., Жаворонкин В.И.</i> Результаты идентификационного моделирования петрофизических параметров кристаллических пород Хоперского мегаблока Воронежского кристаллического массива.....	106
<i>Давыденко А.Ю., Попков П.А., Слепцов С.В.</i> Инверсия аэромагнитных данных при подавлении магнитного эффекта траппов.....	109
<i>Давыденко А.Ю.</i> Трехмерная инверсия потенциальных полей на основе комбинированного функционала эластичной сети	112
<i>Долгаль А.С.</i> Применение монтажного метода для моделирования геологических тел, характеризующихся эффективной плотностью разного знака.....	117
<i>Долгаль А.С., Бычков С.Г., Костицын В.И., Симанов А.А., Хохлова В.В.</i> Оценка искажений аномалий силы тяжести, обусловленных влиянием сферичности Земли	121
<i>Ермолин Е.Ю., Ингеров О.</i> Методы экспресс-интерпретации магнитовариационных аномалий при решении рудных и региональных задач	126
<i>Ермолин Е.Ю., Мельников В.Н.</i> Аномалия гравитационного поля над участком размыва Санкт-Петербургского метрополитена.....	130
<i>Иванов П.В., Астапенко В.Н., Варенцов Ив.М., Леонов М.Г., Лозовский И.Н., Пушкикарёв П.Ю.</i> Изучение крупномасштабного тектоно-геодинамического узла Восточно-Европейской платформы магнитотеллурическими методами.....	133
<i>Иголкина Г.В.</i> Изучение железорудных формаций в Криворожской сверхглубокой скважине СГ-8 по данным магнитометрии	138
<i>Ильченко В.Л.</i> Моделирование тектонического расслоения корово-мантийной оболочки Земли по каротажным данным	142
<i>Исаев В.И., Кузьменков С.Г., Лобова Г.А., Лунёва Т.Е.</i> Прогнозирование трудноизвлекаемых запасов доюрских нефтегазоносных комплексов Нюрольской мегавпадины (Томская область)	148
<i>Калинин Д.Ф., Яновская Ю.А., Долгаль А.С.</i> Использование метода эмпирической модовой декомпозиции потенциальных полей с целью оценки региональных перспектив нефтегазоносности	153
<i>Каплун В.Б., Носырев М.Ю.</i> Глубинное строение Сихотэ-Алиня по данным магнитотеллурических зондирований и плотностного моделирования	157
<i>Керимов И.А., Степанова И.Э.</i> Методы F- и S-аппроксимации: состояние и перспективы развития.....	162
<i>Керцман В.М., Мойланен Е.В., Подмогов Ю.Г.</i> Особое место аэроэлектроразведки при детальном поисках кимберлитов	167
<i>Кишман-Лаванова Т.Н.</i> Вероятностный подход к решению обратных гравиметрических задач	172
<i>Кобрунов А. И., Бурмистрова О.Н., Мотрюк Е.Н.</i> Методы контроля оценки достоверности геологических моделей.....	177
<i>Кобрунов А. И., Дорогобед А. Н., Кожевникова П. В.</i> Информационная модель месторождения нефти и газа.....	183
<i>Кобрунов А. И., Мотрюк Е.Н., Бурмистрова О.Н.</i> Критерии оптимальности при решении обратных задач геофизики	188

<i>Кожевникова П. В.</i> Построение нечетких петрофизических моделей: методы, их преимущества и недостатки	195
<i>Конешов В.Н., Непоклонов В.Б., Соловьёв В.Н., Железняк Л.К.</i> Сравнение современных глобальных ультровысокостепенных моделей гравитационного поля Земли	199
<i>Кочнев В.А., Поляков В.С., Белолипецкий П.В.</i> Возможности детальных 2D гравитационных съемок при обработке и интерпретации сейсмических данных, получаемых в Восточной Сибири.....	202
<i>Кризский В.Н., Александров П.Н., Викторов С.В.</i> Математическое моделирование магнитного поля катодно-поляризуемого трубопровода	207
<i>Кузин А. В.</i> Комплексная интерпретация геофизических полей при прогнозировании медноколчеданного месторождения в северной части Челябинской области	212
<i>Кузнецов К.М., Булычев А.А., Лыгин И.В., Буденный С.А., Журавлев С.Д., Григорьев Г.С.</i> Решение прямой задачи гравиразведки и магниторазведки на рельефе	215
<i>Кузнецов К.М., Булычев А.А., Лыгин И.В.</i> Решение прямой задачи гравиразведки на сферической поверхности.....	220
<i>Кунцев В. Е., Кобрунов А. И., Мотрюк Е. Н.</i> Прогнозирование параметров эффективного фильтрационного сопротивления продуктивного пласта на основе принципов пассивной гидродинамической томографии.....	225
<i>Кунцев В. Е., Кобрунов А. И., Мотрюк Е. Н.</i> Функциональные элементы программного комплекса «Пассивная гидродинамическая томография» построения прогноза пространственного распределения фильтрационного сопротивления продуктивного пласта	229
<i>Ласкина Т.А., Колесников В.П.</i> О разработке технологии наземно-подземного электромагнитного зондирования	232
<i>Левашов С.П., Якимчук Н.А., Божежа Д.Н., Корчагин И.Н., Дрогицкая Г.М.</i> Оперативное обнаружение участков с золоторудной минерализацией с использованием геоэлектрических и дистанционных методов	237
<i>Левашов С.П., Якимчук Н.А., Божежа Д.Н., Корчагин И.Н.</i> Опыт использования мобильных геоэлектрических методов при проведении геофизических исследований в туннелях метрополитена глубокого заложения.....	242
<i>Левашов С.П., Якимчук Н.А., Божежа Д.Н., Корчагин И.Н.</i> Применение геоэлектрических методов для оценки углеводородного потенциала поискового участка в транзитной зоне суша-море	247
<i>Леденгский Р.А.</i> Выяснение природы магнитной аномалии Норильско-Хараелахского прогиба	252
<i>Макаренко И.Б., Куприенко П.Я., Савченко А.С., Старостенко В.И., Легостаева О.В.</i> Плотностная неоднородность осадочной толщи Черноморской мегавпадины и прилегающих территорий по данным трехмерного гравитационного моделирования	255
<i>Мартышко П.С., Бызов Д.Д., Чернокутов А.И.</i> О численном алгоритме решения прямой задачи гравиметрии для эллипсоидальных моделей	260
<i>Мартышко П.С., Ладовский И.В., Бызов Д.Д., Цидаев А.Г.</i> Построение трехмерных моделей земной коры и верхней мантии на основе комплексной интерпретации геофизических данных	264
<i>Мартышко П.С., Ладовский И.В., Гемайдинов Д.В.</i> О методе регуляризации для расчета параметров сглаживающего фильтра при аналитическом продолжении потенциальных полей.....	267
<i>Миненко П.А., Миненко Р.В., Мечников Ю.П.</i> О перспективах Анновского железорудного месторождения на больших глубинах	272

<i>Михайлов В.О., Тимошкина Е.П., Киселева Е.А., Хайретдинов С.А., Дмитриев П.Н., Карташев И.М.</i> Сопоставление данных о временных вариациях гравитационного поля (ГРЕЙС) с данными о смещениях земной поверхности (спутниковая геодезия, радарная интерферометрия) и дна океана для района землетрясения Тохоку-Оки (11 марта 2011 г)	276
<i>Михеева Т.Л., Лапина Е.П., Панченко Н.В.</i> Построение аналитической модели гравитационного поля при интерпретации нефтегазоносных структур.....	279
<i>Муравьев Л.А., Бызов Д. Д., Федорова Н.В.</i> Структурные особенности аномального магнитного поля прилегающей к Уралу части Арктики	283
<i>Натяганов В.Л., Шамина А.А.</i> Триггерное влияние вариаций солнечной активности, циклонов или тайфунов на сейсмичность	287
<i>Никитин А.А., Черемисина Е.Н.</i> Вейвлет анализ как средство максимального извлечения полезной информации	291
<i>Новикова П.Н.</i> Локализация ликвидированных скважин по данным микромагнитной съемки	294
<i>Петров А.В.</i> Технология оценки и анализ шумовых компонент геофизических полей	297
<i>Петров А.В., Зиновкин С.В.</i> Оригинальная технология объемного моделирования по данным гравиразведки и магниторазведки	299
<i>Пономарева Т.А., Пыстин А.М.</i> Новые данные по комплексной интерпретации петрофизических и геофизических данных (Полярный Урал).....	301
<i>Пономаренко И.А., Муравина О.М., Аузин А.А.</i> Изучение коллекторских свойств осадочных разрезов методом группового учета аргументов	304
<i>Причетий Т.И.</i> Применение скалярных импедансов и мнимых векторов при визуализации магнитотеллурических данных	307
<i>Романов А.М.</i> Обоснование применения геофизических методов для изучения гидродинамических структур литосферы	312
<i>Савин В.А., Санжаровская В.В.</i> Особенности обработки и интерпретации данных магниторазведки в низких магнитных широтах при картировании редкометальных пегматитов	317
<i>Сапожников В. М.</i> Способы повышения эффективности электропрофилеирования при выявлении маломощных крутопадающих геологических тел.....	322
<i>Сапунов В.А, Нархов Е.Д., Денисов А.Ю., Савельев Д.В., Муравьев Л.А.</i> Современные оверхаузеровские магнитометры POS – надежный источник данных для геологической интерпретации.....	327
<i>Слепак З.М.</i> Методика полевых гравиметрических измерений при решении задач нефтяной геологии.....	332
<i>Стариков В.С., Глазнев В.Н.</i> Магнитные свойства и аномальное магнитное поле прямошовных стальных труб	337
<i>Тамахин А.С., Кислова Е.Б.</i> Стохастическое моделирование коровых отражений для метода общей глубинной точки	340
<i>Триколиди Г.Ю., Медведев Н.О., Зеленухин И.А.</i> Состояние изученности территории Сибири и Дальнего Востока среднemasштабными гравиметрическими съемками и перспективы их использования при геологическом картографировании.....	343
<i>Урдабаев А.Т.</i> Отражение палеозойских сдвигов литосферы Казахстана в структуре геопотенциальных полей	347
<i>Филатов В.В., Болотнова Л.А.</i> Прогноз динамических явлений по данным гравиразведки на Верхнекамском месторождении калийных солей	352
<i>Халиулин И.И., Мельникова М.В.</i> Применение комплексирования сейсморазведки и электроразведки при поисках газовых залежей на площадях ЯНАО	356

<i>Христенко Л.А., Степанов Ю.И., Кичигин А.В., Паршаков Е.И., Тайницкий А.А.</i> Содержательный анализ результатов классификаций данных электроразведки в пределах Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей	361
<i>Чадаев М.С., Костицын В.И., Гершанок В.А., Простолупов Г.В., Тарантин М.В.</i> Построение гравиметрических разрезов в системе ВЕКТОР при изучении земной коры	364
<i>Чепиго Л.С., Ткаченко Н.С., Лыгин И.В.</i> Определение положения и массы точечного источника гравитационного поля с учетом сферичности	368
<i>Шайхуллина А.А., Дубинин Е.П., Булычев А.А., Гилод Д.А.</i> Особенности строения юго-западной части Индийского океана на основе геофизических данных	370
<i>Шайхуллина А.А., Дубинин Е.П., Булычев А.А., Гилод Д.А.</i> Строение и эволюция поднятий Афанасия Никитина и Конрад по геофизическим данным	372
<i>Шелихов А.П.</i> К вопросу об оценке точности аэрогравиметрических работ.....	374
<i>Шимелевич М.И., Оборнев Е.А., Оборнев И.Е., Родионов Е.А., Ляховец Д.А.</i> Применение нейросетевого алгоритма для решения обратной задачи гравиразведки.....	377
<i>Широкова Т.П., Лыгин И.В., Соколова Т.Б., Кузнецов К.М., Чепиго Л.С.</i> Особенности плотностного моделирования в разных геологических ситуациях	379
<i>Шкиря М.С., Богданович Д.В., Айкашева Н.А., Белова А.Ю., Бухалов С.В., Жуков А.А., Давыденко Ю.А.</i> Оценка состояния водозащитной толщи на Верхнекамском месторождении солей по результатам трехмерной инверсии наземных электромагнитных зондирований	385
<i>Щербинина Г.П., Простолупов Г.В.</i> Надсоляная толща – важный объект исследования для обеспечения безопасности разработки Верхнекамского месторождения солей	390
<i>Яицкий Н.Н., Касьянов В.В., Мельникова М.В., Халиулин И.Э.</i> Выявление и картирование флюидонасыщенных каверново трещинных зон, по комплексу геофизических полей (волновое, гравитационное, магнитное).....	395
<i>Якимчик А.И.</i> О построении аналитических аппроксимаций в гравиметрии.....	398

ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

<i>Боровский М.Я., Борисов А.С., Богатов В.И.</i> Профессор Э.К.Швыдкин: инновационные геофизические исследования в проблемах освоения ресурсов природных битумов (разведка, контроль за разработкой, экология)	403
<i>Бычков С.Г., Митюнина И.Ю.</i> Состояние топливно-энергетического комплекса России и высшего образования с точки зрения пессимиста	408
<i>Вельтистова О.М., Овчарова Т.А.</i> Особенности подготовки специалистов геологического профиля в УГГУ	411
<i>Виноградов В.Б., Вандышева К.В.</i> Место и роль дисциплины «Физико-геологическое моделирование» в подготовке инженеров-геофизиков.....	415
<i>Гершанок В.А., Костицын В.И.</i> Роль математической подготовки в обучении студентов геофизических специальностей	418
<i>Гильмундинов А.Ю.</i> Разработка учебно-полевого цифрового геофизического регистратора.....	421
<i>Костицын В.И.</i> О научных исследованиях кафедры геофизики Пермского университета и проблемах в образовательной деятельности.....	423
<i>Лобанов А.М.</i> Вузовские научные направления в гравиразведке	427
<i>Спасский Б.А.</i> Особенности преподавания сейсморазведки у студентов геофизиков в ПГНИУ	429

2. Лаврентьев М.М. О некоторых некорректных задачах математической геофизики. Новосибирск: СО РАН СССР. 1962. 92 с.
3. Акимова Е.Н., Васин В.В., Пересторонина Г.Я., Тимерханова Л.Ю., Мартышко П.С., Кокшаров Д.Е. О регулярных методах решения обратных задач гравиметрии на многопроцессорном вычислительном комплексе // Вычислительные методы и программирование. 2007. Т. 8. № 1. С. 107–116.
4. Hansen P.C. Analysis of discrete ill-posed problems by means of the L-curve // SIAM Review. 1992. V. 34. P. 561–580.
5. Hansen P.C., O’Leary D. P. The use of the L-curve in the regularization of discrete ill-posed problems // SIAM J. Sci. Comput. 1993. V. 14. P. 1487–1503.
- Lawson C. L., Hanson R. J. Solving least squares problems. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1974. 340 p.
6. Дружинин В.С., Мартышко П.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. Строение верхней части литосферы и нефтегазоносность недр Уральского региона. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2014. 226 с.
7. Fernández-Martínez J.L., Pallero J.L.G., Fernández-Muñiz Z., Pedruelo-González L.M. The effect of noise and Tikhonov's regularization in inverse problems. Part I: The linear case // Journal of Applied Geophysics. 2014. V. 108. P. 176–185.
8. Мартышко П.С., Пруткин И.Л. Технология разделения источников гравитационного поля по глубине // Геофизический журнал. 2003. Т. 25. № 3. С. 159–168.

О ПЕРСПЕКТИВАХ АННОВСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

Миненко П.А. (КГПУ, г. Кривой Рог, presto2presto@gmail.com),

Миненко Р.В. (Авиаколледж, г. Кривой Рог),

Мечников Ю.П. (Геофизпартия, Кривой Рог)

Аннотация. Приведены результаты интерпретации гравитационного поля Восточной Анновской полосы Северного Кривбасса.

Ключевые слова: гравитационное поле, итерационный метод, нелинейная задача

В данной статье приведены результаты интерпретации гравитационного и магнитного поля разрабатываемого открытым способом Анновского железорудного месторождения на севере Криворожского бассейна. Добыча магнетитовых кварцитов ведется в пределах Восточной Анновской полосы, имеющей крутое падение: западное в северной части, восточное в южной и почти вертикальное в центральной части. Поэтому для интерпретации гравитационного и магнитного поля была выбрана центральная часть Восточной Анновской полосы (рис. 1, а и 1, б).

Восточная Анновская полоса сложена богатыми по содержанию железа магнетитовыми кварцитами (восточная пачка с Fe магн. 20-45% мощностью 100-200 м) и прилегающей к ней западной пачкой более бедных кварцитов с Fe магн. 10-20% мощностью 50-100 м. На обогатительную фабрику отправляют горные породы с бортовым содержанием магнитного железа 16% и выше. Мощность осадочного чехла равна 20-35 м. Граница зоны окисления находится на глубинах 50-70 м. Поэтому карта первого полуокисленного субгоризонтального слоя имеет мозаичную структуру как по глубинам (рис.2, а), так и распределению невысоких значений интенсивности намагничивания 20x20 блоков модели массива горных пород (рис.2, б). Поскольку решалась нелинейная обратная задача, то кровля первого слоя была взята горизонтальной на глубине 20 м, а глубины до подошвы первого слоя и интенсивности намагниченности блоков определялись решением обратной задачи. Глубины до кровли второго слоя совпадают с глубинами до подошвы первого слоя, а глубины до подошвы второго маг-

нитного слоя и интенсивности намагниченности 20x20 блоков модели второго слоя определяются решением обратной задачи. Карты измеренных полей (рис.1) содержат по 47x47 точек, снятых с карт изоаномал и изодинам по сети 150x150 м. Горизонтальные размеры блоков моделей (вертикальных призм) – 345x345 м. Начальные вертикальные размеры призм определены решением линейной обратной задачи магнитометрии и равны 35 и 810 м. Затем они уточнялись решением обратной нелинейной задачи (рис.2, а и 3, а).

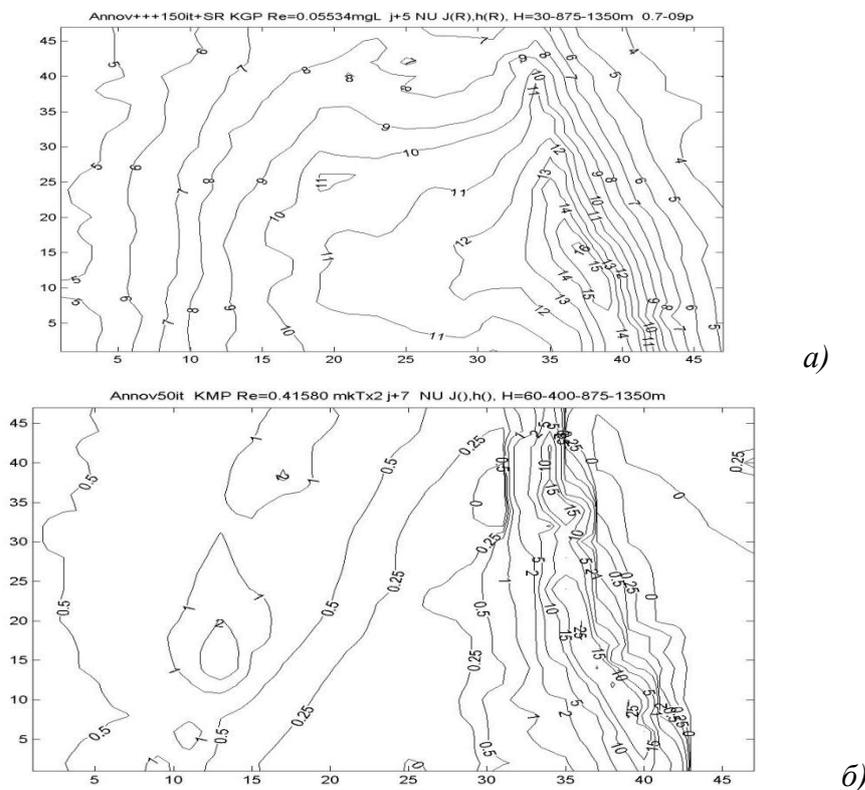


Рис.1. Карты гравитационного (а) и магнитного (б) поля Восточной (справа) и Западной (слева) Анновских полос (север – сверху, масштаб: в 1 ед. – 150 м; изолинии – в миллигаллах и в 1 ед. – 2 микротесла)

Интенсивности намагничивания блоков модели горных пород J_{1i} и J_{2i} определялись совместно с глубинами до подошвы первого H_{1i} и второго H_{2i} слоев при известной средней глубине до кровли первого слоя. Более глубокие магнитные слои в данной статье не приведены. Учитывая высокую среднюю намагниченность восточной рудной пачки Восточной Анновской полосы и проектную глубину Анновского карьера 500 метров, есть перспектива добычи магнетитовых кварцитов подземным способом. Горные породы Западной Анновской полосы имеют очень низкую намагниченность и низкое содержание магнитного железа, по крайней мере до глубин 900 м.

Более подробную информацию удалось получить решением нелинейной обратной задачи гравиметрии. Здесь не было необходимости выделять первый полуокисленный слой. Поэтому начальное значение глубины до кровли первого слоя H_1 взято равным 30 м, до подошвы первого слоя $H_2=875$ м и до подошвы второго слоя $H_3=1350$ м, которые определены решением линейной обратной задачи гравиметрии. Решением нелинейной обратной задачи глубины до подошвы первого слоя восточной и западной Анновских полос определены на глубинах 900-1050 м. Между Анновскими полосами выделяются границы между пластами или блоками сланцевых и карбонатных горных пород. Причем, довольно четко прослеживаются три антиклинали с вершинами на глубинах 200 м и две синклинали с шарнирами на глубинах 500-1000 м (рис.4, а) субмеридионального простирания. Высокую плотность имеют горные породы только в пределах Восточной Анновской полосы (рис.4, б). В пределах Западной Анновской полосы аномальная плотность железистых кварцитов в 3-4 раза ниже

рудных кварцитов Восточной Анновской полосы и даже ниже аномальной плотности некоторых горных пород верхней карбонато-сланцевой Криворожской серии К₃. Это свидетельствует о малом содержании железа общего в кварцитах Западной Анновской полосы, а низкое содержание железа магнетитового в ней установлено решением обратной задачи магнитоматрии (рис.3, б).

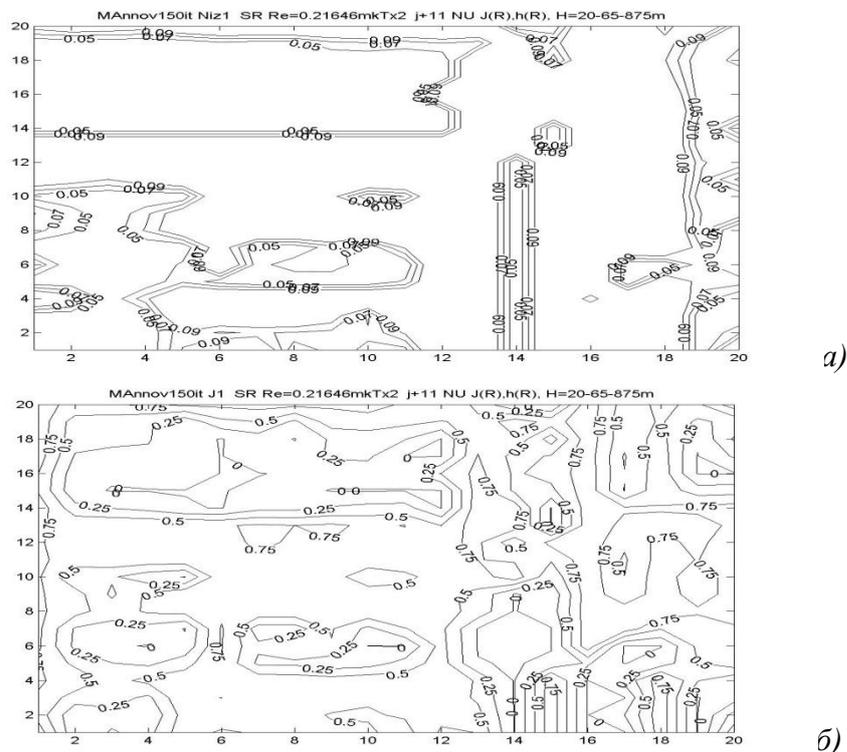


Рис.2. Карты глубин (H_1) до подошвы первого полукисленного магнитного слоя (а) и интенсивности намагничивания (J_1) его пород (б) (изолинии обозначены: а) в м и б) в мА/м; масштаб по горизонтали: в 1 ед. – 345 м)

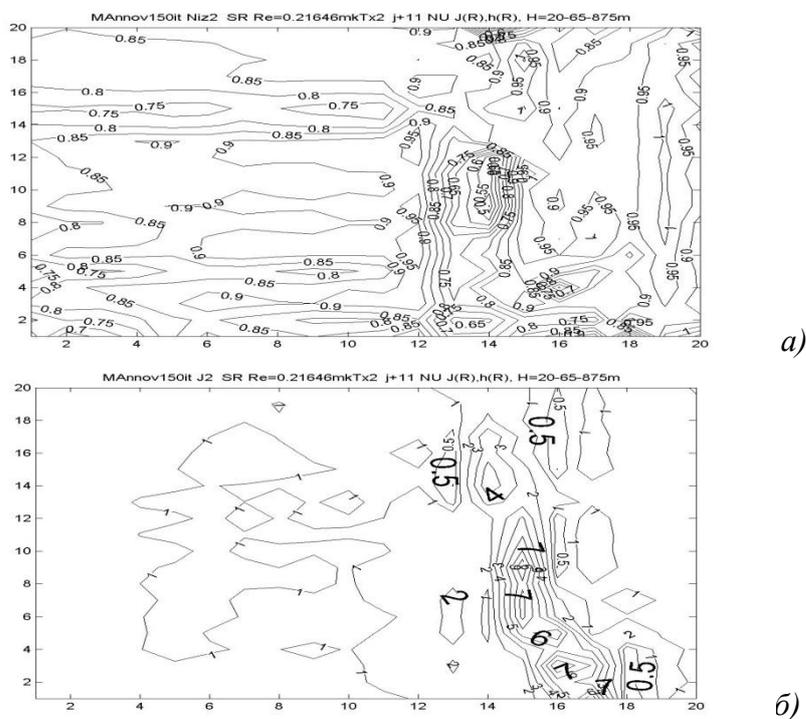
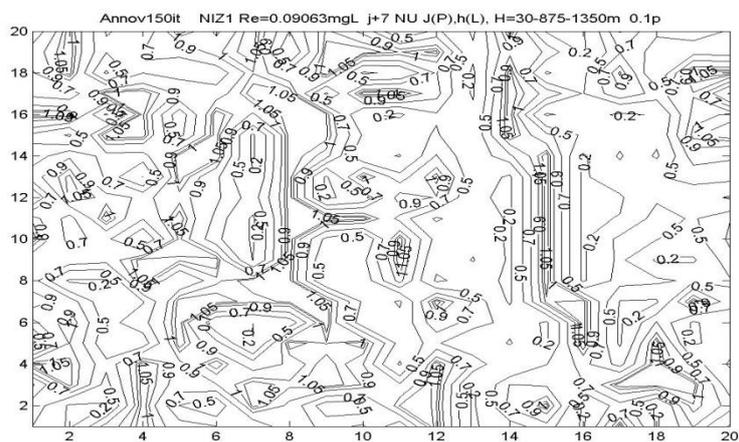
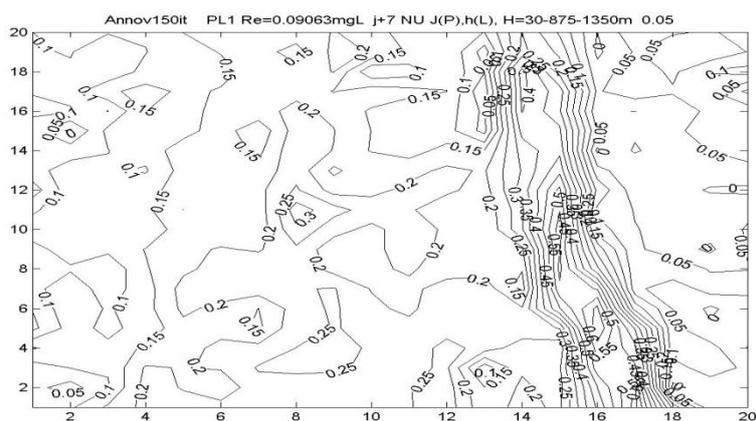


Рис.3. Карты глубин (H_2) до подошвы второго неокисленного магнитного слоя (а) и интенсивности намагничивания (J_2) его пород (б) (изолинии обозначены: а) в м и б) в мА/м; масштаб по горизонтали: в 1 ед. – 345 м)

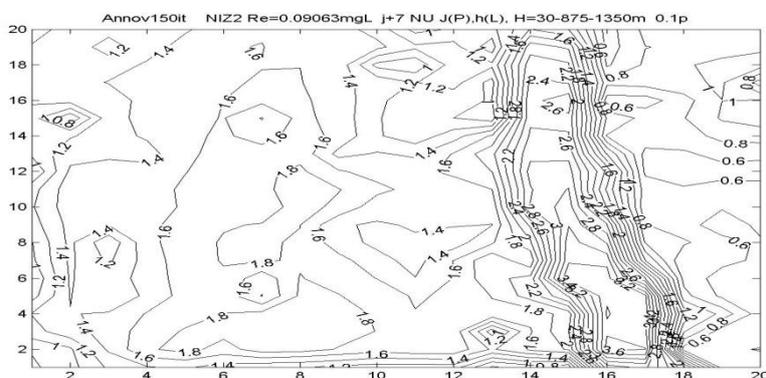


a)

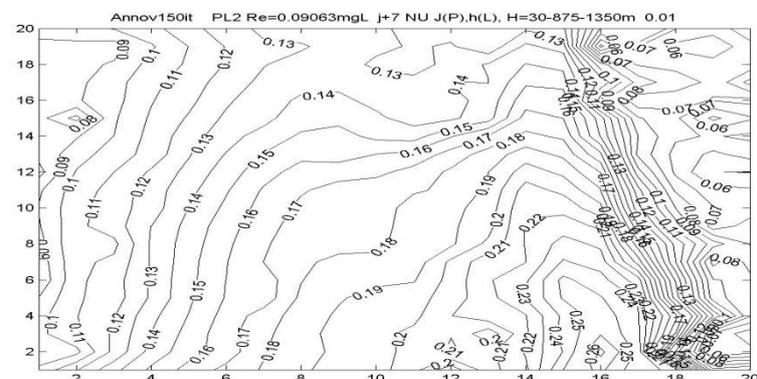


б)

Рис.4. Карты глубин (H1) до подошвы первого плотностного слоя (а) и аномальной плотности его пород (б) (изолинии обозначены: а) в м и б) в $г/м^3$; масштаб по горизонтали: в 1 ед. – 345 м)



a)



б)

Рис.5. Карты глубин (H2) до подошвы второго плотностного слоя (а) и аномальной плотности его пород (б) (изолинии обозначены: а) в м и б) в $г/м^3$; масштаб по горизонтали: в 1 ед. – 345 м)

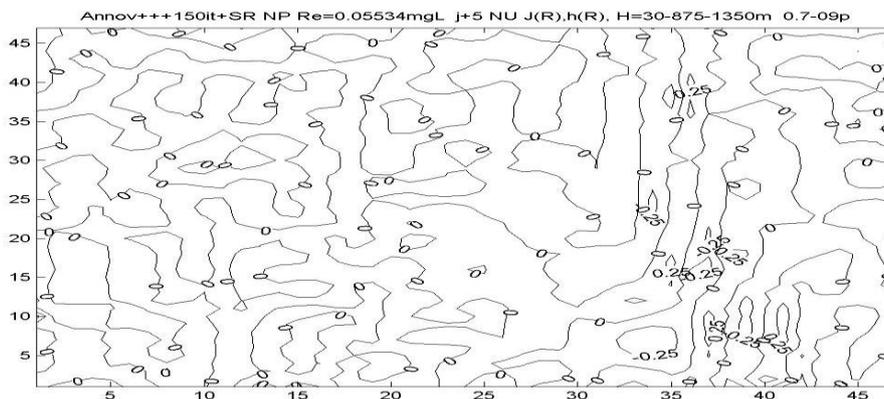


Рис.6. Карта невязок поля силы тяжести (изолинии – в миллигаллах; масштаб: в 1 ед.–150 м)

На больших глубинах (2.4-3.6 км) Восточная Анновская полоса магнетитовых кварцитов имеет крутое восточное падение (рис.5, а). Средняя аномальная плотность ее железистых кварцитов во втором слое в два раза меньше (рис.5, б), хотя при других моделях определялись и более высокие значения, поскольку решением линейной обратной задачи выделено несколько плотностных границ во втором слое (рисунки не приведены). Богатых железных руд в пределах Западной Анновской полосы во втором слое также не выявлено.

Решение нелинейной обратной задачи выполнено с высокой точностью (0.05-0.09 миллигалл) почти на всей площади карты гравитационного поля (рис.6), за исключением высокоаномальных зон, где невязки поля достигают 0.25 миллигалл.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ О ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЯХ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ (ГРЕЙС) С ДАННЫМИ О СМЕЩЕНИЯХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ (СПУТНИКОВАЯ ГЕОДЕЗИЯ, РАДАРНАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ) И ДНА ОКЕАНА ДЛЯ РАЙОНА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ТОХОКУ-ОКИ (11 МАРТА 2011 г.)

Михайлов В.О. (ИФЗ РАН, МГУ, г. Москва, mikh@ifz.ru),

Тимошкина Е.П. (ИФЗ РАН, г. Москва),

Киселева Е.А. (ИФЗ РАН, г. Москва),

Хайретдинов С.А. (ИФЗ РАН, г. Москва),

Дмитриев П.Н. (ИФЗ РАН, г. Москва),

Карташев И.М. (ИФЗ РАН, МГУ, г. Москва)

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы совместного анализа данных о временных вариациях гравитационного поля по моделям спутников Грейс в районе землетрясения Тохоку, с данными спутниковой геодезии о смещениях на пунктах японской системы GEONET, данными спутниковой радарной интерферометрии о смещениях земной поверхности и данными подводных геодезических реперов. Выполнено построение моделей поверхности косейсмического разрыва по различным наборам данных. Показано, что данные спутниковой геодезии, гравиметрии и интерферометрии хорошо согласуются между собой, в то время как данные о смещениях на дне океана вблизи зоны субдукции, т.е. непосредственно над очаговой зоной, существенно отличаются от теоретических смещений, рассчитанных по другим данным. Обсуждаются причины возможных расхождений.

Ключевые слова: Спутниковая геодезия, гравиметрия, радарная интерферометрия, землетрясение Тохоку-Оки, Япония

Авторский указатель

1. Абрамов Д.В. 8
2. Абубакарова Э.А. 11
3. Айкашева Н.А. 385
4. Акимова Е.Н. 16
5. Александров П.Н. 21, 207
6. Алексеев С.Г. 26
7. Антонов Ю.В. 32
8. Антонова И.Ю. 36, 101
9. Астапенко В.Н. 133
10. Аузин А.А. 304
11. Бабаянц П.С. 39
12. Банникова П.А. 43
13. Баньковский М.В. 83
14. Бебнев А.С. 8
15. Белова А.Ю. 385
16. Белוליпецкий П.В. 202
17. Блох Ю.И. 47
18. Богатов В.И. 55, 403
19. Богданович Д.В. 385
20. Божежа Д.Н. 237, 242, 247
21. Болотнова Л.А. 352
22. Бондаренко В.И. 47
23. Борисов А.В. 51
24. Борисов А.С. 55, 403
25. Боровский М.Я. 55, 403
26. Буденный С.А. 215
27. Булычев А.А. 215, 220, 370, 372
28. Бурмистрова О.Н. 177, 188
29. Бухалов С.В. 246, 260, 283, 385
30. Бычков С.Г. 8, 59, 121, 408
31. Вандышева К.В. 415
32. Варенцов Ив.М. 133
33. Вельтистова О.М. 63, 411
34. Викторов С.В. 207
35. Виноградов В.Б. 51, 415
36. Володькова Т.В. 67
37. Воронова Т.А. 72
38. Ворошилов В.А. 75
39. Галиева М.Ф. 79
40. Гейхман А.М. 83
41. Гемайдинов Д.В. 267
42. Геник И.В. 89
43. Гершанок В.А. 364, 418
44. Гиллод Д.А. 370, 372
45. Гильмундинов А.Ю. 421
46. Глазнев В.Н. 36, 72, 337
47. Гласко Ю.В. 94
48. Горожанцев С.В. 8
49. Горячев Ю.П. 97
50. Григорьев Г.С. 215
51. Груздев В.Н. 101
52. Давудова Э.И. 106
53. Давыденко А.Ю. 109, 112
54. Давыденко Ю.А. 385
55. Денисов А.Ю. 327
56. Дмитриев П.Н. 276
57. Долгаль А.С. 47, 117, 121, 153
58. Дорогобед А. Н. 183
59. Дробышев М.Н. 8
60. Дрогицкая Г.М. 237
61. Дубинин Е.П. 370, 372
62. Духанин А.С. 26
63. Ермолин Е.Ю. 126, 130
64. Жаворонкин В.И. 106
65. Железняк Л.К. 199
66. Жуков А.А. 385
67. Журавлев С.Д. 215
68. Зеленухин И.А. 343
69. Зиновкин С.В. 299
70. Иванов П.В. 133
71. Иголкина Г.В. 138
72. Ильченко В.Л. 142
73. Ингеро О. 126
74. Исаев В.И. 149
75. Калинин Д.Ф. 153
76. Каплун В.Б. 157
77. Карташев И.М. 276
78. Касьянов В.В. 395
79. Керимов И.А. 162
80. Керцман В.М. 167
81. Киселева Е.А. 276
82. Кислова Е.Б. 340
83. Кичигин А.В. 361
84. Кишман-Лаванова Т.Н. 172
85. Кобрунов А.И. 177, 183, 188, 225, 229
86. Кожевникова П.В. 183, 195
87. Колесников В.П. 232
88. Конешов В.Н. 199
89. Корчагин И.Н. 94, 237, 242, 247
90. Костицын В.И. 121, 418, 423, 364
91. Кочнев В.А. 202
92. Кризский В.Н. 207
93. Крутенко Д.С. 79
94. Кузин А. В. 212
95. Кузнецов К.М. 215, 220, 379
96. Кузьменков С.Г. 149
97. Кунцев В.Е. 225, 229
98. Куприенко П.Я. 255
99. Ладовский И.В. 246, 367
100. Лапина Е.П. 279
101. Ласкина Т.А. 232
102. Левашов С.П. 237, 242, 247

103. Легостаева О.В. 255
104. Леденгский Р.А. 252
105. Леонов М.Г. 133
106. Лобанов А.М. 427
107. Лобова Г.А. 149
108. Лозовский И.Н. 133
109. Лунёва Т.Е. 148
110. Лыгин И.В. 215, 220, 368, 379
111. Ляховец Д.А. 377
112. Макаренко И.Б. 255
113. Мартышко П.С. 246, 260, 267
114. Мегеря В.М. 94
115. Медведев Н.О. 343
116. Мельников В.Н. 130
117. Мельникова М.В. 356, 395
118. Мечников Ю.П. 272
119. Миненко П.А. 272
120. Миненко Р.В. 272
121. Митюнина И.Ю. 408
122. Михайлов В.О. 276
123. Михеева Т.Л. 279
124. Мичурин А.В. 59
125. Мойланен Е.В. 167
126. Мотрюк Е.Н. 63, 177, 188, 225, 229
127. Муравина О.М. 72, 106, 304
128. Муравьев Л.А. 283, 327
129. Нархов Е.Д. 327
130. Натяганов В.Л. 287
131. Непоклонов В.Б. 199
132. Никитин А.А. 291
133. Новикова П.Н. 47, 294
134. Носырев М.Ю. 157
135. Оборнев Е.А. 377
136. Оборнев И.Е. 377
137. Овчаренко А.В. 8
138. Овчарова Т.А. 411
139. Панченко Н.В. 279
140. Паршаков Е.И. 361
141. Петров А.В. 297, 299
142. Петрова В.В. 47
143. Пилипенко О.В. 47
144. Подмогов Ю.Г. 167
145. Поляков В.С. 202
146. Пономарева Т.А. 301
147. Пономаренко И.А. 304
148. Попков П.А. 109
149. Потапчук И.С. 83
150. Причепий Т.И. 307
151. Простолупов Г.В. 364, 390
152. Пушкарёв П.Ю. 133
153. Пыстин А.М. 301
154. Рашидов В.А. 47
155. Родионов Е.А. 377
156. Романов А.М. 312
157. Савельев Д.В. 327
158. Савин В.А. 317
159. Савченко А.С. 255
160. Санжаровская В.В. 317
161. Сапожников В.М. 322
162. Сапунов В.А. 327
163. Сенчина Н.П. 26
164. Симанов А.А. 59, 121
165. Слепак З.М. 332
166. Слепцов С.В. 109
167. Соколова Т.Б. 379
168. Соловьёв В.Н. 199
169. Спасский Б.А. 429
170. Стариков В.С. 337
171. Старостенко В.И. 94, 255
172. Степанов Ю.И. 361
173. Степанова И.Э. 162
174. Тайницкий А.А. 361
175. Тамахин А.С. 340
176. Тарантин М.В. 364
177. Тимошкина Е.П. 276
178. Ткаченко Н.С. 368
179. Третьяков А.И. 16
180. Триколиди Г.Ю. 343
181. Трусов А.А. 39, 47
182. Урдабаев А.Т. 347
183. Федорова Н.В. 283
184. Филатов В.В. 352
185. Хайретдинов С.А. 276
186. Халиулин И.И. 356
187. Халиулин И.Э. 395
188. Хохлова В.В. 121
189. Храпенко О.А. 8
190. Христенко Л.А. 361
191. Цидаев А.Г. 264
192. Чадаев М.С. 364
193. Чепиго Л.С. 368, 379
194. Черемисина Е.Н. 291
195. Черноскутов А.И. 260
196. Шайхуллина А.А. 370, 372
197. Шакуро С.В. 55
198. Шамина А.А. 287
199. Шелихов А.П. 374
200. Шимелевич М.И. 377
201. Широкова Т.П. 379
202. Шкиря М.С. 385
203. Штокаленко М.Б. 26
204. Щербинина Г.П. 390
205. Яицкий Н.Н. 395
206. Якимчик А.И. 398
207. Якимчук Н.А. 237, 242, 247
208. Яновская Ю.А. 153

Научное издание

**ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
ГРАВИТАЦИОННЫХ, МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ПОЛЕЙ**

Сборник научных трудов
Выпуск 1 (46)

Рекомендовано к изданию Ученым советом ГИ УрО РАН

Ответственный за выпуск
д.г.-м.н. Бычков С.Г.

Техническое редактирование,
компьютерная верстка
к.г.-м.н. Новикова П.Н.

Подписано в печать 09.01.2019
Формат 60x90 1/8, Усл.печ.л. 54,25
Тираж 300 экз. Заказ 23

Отпечатано в ООО «Типограф»
Пермский край, г.Соликамск,
Соликамское шоссе, 17. Тел.: (342 53) 7-73-08