

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института теории прогноза
землетрясений и математической геофизики Российской
академии наук,
доктор физ.-мат. наук А.И. Горшков



«21» ноября 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук о диссертационной работе **Рябовой Светланы Александровны «Геомагнитные вариации и синхронные с ними вариации уровня подземных вод и микросейсмического фона для условий средних широт»**, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Диссертационная работа С.А. Рябовой состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы (691 наименование). Общий объем работы составляет 175 страниц машинописного текста, включая 80 рисунков и 14 таблиц.

Актуальность исследований. Объект и предмет исследований.

Актуальность исследования определяется тем, что оно направлено на изучение вариаций геомагнитного поля в приповерхностной зоне Земли, которые наряду с вариациями других геофизических полей оказывают влияние на жизнедеятельность человека и содержат информацию для усовершенствования, разработки и оценки достоверности моделей геомагнитного поля. Для исследования космической погоды и прогноза сильных возмущений, влияющих на технологические системы, также необходимо использовать данные и результаты анализа возмущений магнитного поля. Результаты выполненного в рассматриваемой работе анализа причинно-следственных связей между геомагнитными вариациями, микросейсмическим фоном и уровнем подземных вод важны для решения ряда фундаментальных проблем, включающих установление механизмов преобразования геофизических полей, определение закономерностей формирования среды обитания и эволюции Земли в целом, изучение динамики развития зон с аномальными свойствами, например, разломов,

карстов и таликов, мониторинг геодинамического состояния участков земной коры и т.п.

Предметом исследований настоящей работы являются геомагнитные вариации и их возможная связь с микросейсмическим фоном и уровнем подземных вод.

Целью исследований является установление особенностей геомагнитных вариаций с учетом их возможных связей с микросейсмическим фоном и уровнем подземных вод на Геофизической обсерватории "Михнево". Задачи, сформулированные автором для достижения цели исследования, соответствуют ей и, как следует из диссертационной работы, решены в полном объеме.

Научная новизна рецензируемой работы состоит в том, что впервые выделены джерки 2011 г. и 2014 г. по данным регистрации геомагнитного поля на Геофизических обсерваториях "Михнево" и "Бельск", показано, что расщепление спектральных составляющих геомагнитных вариаций объясняется наличием в их спектре гармоник, связанных с волнами лунно-солнечного прилива, а также гармоник, обусловленных модуляцией меньших периодов более длиннопериодными вариациями, установлена периодичность магнитотеллурических функций и определена зависимость между уровнем подземных вод и магнитным типпером для района Геофизической обсерватории "Михнево", а также установлена количественная зависимость между амплитудой геомагнитных вариаций импульсного типа и амплитудой вариаций сопровождающих их микросейсмических сигналов.

Научная и практическая значимость полученных результатов

Диссертация содержит комплексное исследование локальных магнитных и сейсмических данных с точки зрения принятых на сегодня методов и теоретических описаний. По диссертации в целом: сразу необходимо отметить, что убедительно предьявлен хороший уровень как общей эрудиции, так и практических навыков работы с геофизическими данными – это, безусловно, сильный плюс рассматриваемой работе.

Для детальной оценки значимости полученных результатов остановимся на анализе защищаемых положений.

Содержанием первого из них является обнаружение джерков в рядах наблюдений трех обсерваторий в 2011 и 2014 гг. Здесь напрашивается некоторая критика, связанная с тем, что само понятие джерка несколько размыто (см., например, статью *Geomagnetic jerk* в "Энциклопедии геомагнетизма" под редакцией Д. Габбинса), но речь обычно идет о нелинейных эффектах в вековых вариациях магнитного поля, вызванных процессами в жидком ядре Земли, и, тем самым, об эффектах значительного

пространственного масштаба. Исследование вековых вариаций поля по материалам узко-локальных наблюдений, вообще говоря, может давать довольно много примеров нелинейных изменчивостей, поскольку даже за период наблюдений порядка года тренд одной или нескольких компонент достаточно часто выглядит нелинейным. В связи с этим стоит напомнить, что вековые вариации поля (чем бы они не были вызваны) всегда можно представить как изменчивость значений магнитного потенциала (причем поверхность уровня потенциала имеет достаточно сложную криволинейную форму) и, поскольку наблюдаемое поле в основном отражает значения во времени градиента этого потенциала, то и локально обнаруживаемые нелинейные эффекты в изменчивости являются скорее общим местом, а не эксклюзивным отклонением от какого-то якобы типичного поведения. Применительно к выносимому на защиту положению об обнаружении джерка по данным не слишком удаленных друг от друга обсерваторий это означает, что имело бы смысл по доступным данным (хотя бы и довольно грубым данным IGRF, дающими разрешение сравнимое с расстояниями между обсерваториями) отследить как менялись изолинии потенциала и/или изолинии значений компонент поля. Это простое соображение позволило бы оценить пространственный масштаб наблюдаемого в локальных данных нелинейного эффекта, а именно масштаб и важен в понятии джерка. Впрочем, в диссертации указано, что обнаруженные в доступных данных эффекты "могут послужить основой для исследования глобального распространения и временной периодичности джерков", а в главе 3 (стр. 74-75) даже приведены некоторые полезные ссылки на эту тему.

Второе выносимое на защиту положение о спектральных составляющих рядов магнитных наблюдений находится в общем согласии с имеющимися аналогичными описаниями и является, в конечном счете, одним из тонких тестов качества магнитных наблюдений на ст. "Михнево".

Третье выносимое на защиту положение о вариациях магнитного типпера на основе данных об уровне грунтовых вод также служит существенной характеристикой наблюдений на станции "Михнево" – такая комплексная информация была бы заведомо полезна для любой существующей магнитной обсерватории.

Последнее положение, состоящее в наблюдении связи интенсивности микросейсмического фона и магнитных вариаций в минутном диапазоне, отражает имеющиеся в мировой практике подходы и вполне подтверждает квалификацию автора диссертации.

Результаты работы С.А. Рябовой могут быть рекомендованы для практического использования в институтах РАН и других научных

организациях, ведущих исследования по изучению магнитного поля Земли и связей его вариаций с микросейсмическим фоном и уровнем подземных вод.

В целом результаты исследований имеют отношение к разнообразным отделам геофизики, в частности, к достаточно новым и сложным в описании магнитотеллурическим методам. Некоторые технические недочеты, отмеченные выше, не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. Серьезных замечаний к поставленной задаче и к выполненным исследованиям не имеется. Отдельные частные замечания приведены ниже при разборе содержания глав диссертации.

Первая глава содержит литературный обзор. В его начале содержится действительно обширный набор полезных ссылок по классификации вариаций магнитного поля на масштабах от часов до лет. Далее помещен литературный обзор магнитотеллурических методов, который (как и большинство известных попыток изложения этого материала) представляется чрезмерно сжатым. Как минимум стоило пояснить два по существу разных подхода в реконструкции магнитотеллурических свойств: на основе сопоставления данных электроразведки и магнитных данных и на основе одних только магнитных данных. Но в любом случае попытка внятно объяснить структуру теории заслуживает похвалы – не так-то много существует подобных текстов, а тем более на русском языке. Последняя часть литературного обзора представляет выборку из огромного множества публикаций на тему связей геодинамики, магнитных эффектов и космических факторов. Сама попытка внесения систематизации в эту чрезвычайно неоднородную (по качеству и обоснованности публикаций) область заслуживает уважения.

Во **второй главе** дана подробная техническая характеристика обсерватории "Михнево" и описана специфика данных (временных рядов наблюдений), в которых имеются пропуски. Реально используемые в диссертации данные были получены предварительным заполнением этих пропусков (иначе применение спектрального преобразования Фурье было бы затруднено), и здесь возникают некоторые вопросы к автору: например, что означает утверждение о непосредственной проверке того, что нестационарная во времени последовательность, представляет реализацию гауссова процесса? Во всяком случае, анализ подмножества значений во времени (вообще говоря, с зависящими от времени параметрами распределения) вовсе не должен вести к тем же результатам, что и анализ выборки из гауссовой генеральной совокупности – наблюдаемые свойства данных соответствуют свойствам смеси гауссовских распределений, у которых (при отсутствии в данных тренда) коэффициент эксцесса далек от

нулевого. Таким образом, осталось не вполне понятным, как именно могла проводиться проверка гауссовости при заполнении пропусков.

Также осталось не ясным, в чем состоял анализ некоррелированности, тем более, что ответ здесь по идее зависит от рассматриваемого масштаба. И, наконец, упомянуто о стационарности рассматриваемых временных рядов наблюдений, что уже сильно зависит от масштаба времени для рассмотрений. Это довольно важные вопросы, поскольку далее в диссертации встречаются статистические оценки, которые по их определению могут быть осмыслены лишь в случае стационарных временных рядов, но какого рода стационарность предполагается для наблюдений трех компонент магнитного поля не было объяснено. По-видимому, это самый серьезный недостаток рассматриваемой диссертации, но надо отметить, что некорректное использование математической статистики достаточно часто встречается в прикладных работах.

Далее во второй главе даны ссылки на использованные методы вейвлет-анализа, что представляется вполне адекватным рассматриваемым задачам. То же самое справедливо по отношению к ссылкам на принципы фильтрации. Но уже в подразделе 2.6 опять появляются не достаточно объясненные корреляционные методы, вызывающие вопросы ввиду непонятных действий с временными рядами наблюдений в рамках классической статистики. Идея автора использовать сравнение с синтетическими данными мало что проясняет, поскольку сильные нестационарные эффекты в оригинальных данных по-прежнему затрудняют интерпретацию применения статистических формул.

Основным содержанием **третьей главы** диссертации является описание конкретных характеристик геомагнитных вариаций, выполненное по большому объему реальных данных обсерваторий. Особо следует отметить, что приведено значительное количество понятных и правильно оформленных графиков во временной и спектральной областях. Этот материал заслуживает высокой оценки. Никаких существенных замечаний по третьей главе не имеется.

Четвертая глава достаточно убедительно представляет связь геомагнитных вариаций и гидродинамического режима, во всяком случае, на уровне графиков эта связь не вызывает сомнений. К сожалению, в самом конце главы опять задействованы корреляционные оценки, неясно как полученные и снабженные затруднительными для понимания графиками.

Пятая глава не свободна от отмеченных выше недостатков, связанных с применением формул статистики в неясных условиях. Но итоговые выводы о классификации особенностей не слишком опираются на результаты

статистических тестов, поскольку графическое представление данных выглядит здесь вполне достаточным. Хотя количественные оценки были бы желательны для описания причинных связей между уровнем сейсмического фона и магнитными вариациями, подробности этого исследования представлены лишь ссылкой на тест Грейнджера, отсутствующие детали применения которого чрезвычайно важны для осмысления его результатов.

Суммируя все замеченные недостатки, надо признать, что они относятся лишь к использованию статистических методов при обработке данных, а на основные смысловые выводы диссертационной работы существенного влияния не оказывают.

Автореферат диссертации отражает ее основное содержание и структуру.

Работа С.А. Рябовой является законченным научным исследованием, содержащим важные фундаментальные и прикладные результаты. Следует отметить хорошую структуру диссертации, ясность изложения материала, а также четкость формулировок выводов к каждому разделу.

Основные результаты по теме диссертации изложены в 28 публикациях, семь из них – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Диссертация соответствует критериям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК России к кандидатским диссертациям, а ее автор С.А.Рябова заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Диссертация С.А. Рябовой рассмотрена на научном семинаре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук.

Автор отзыва –

Главный научный сотрудник лаборатории

«Математические проблемы нелинейной динамики»,

доктор физ.-мат. наук

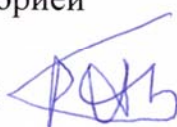
Хохлов Андрей Владимирович

Отзыв о диссертации С.А. Рябовой заслушан и обсужден на заседании объединенного семинара лабораторий «Математические проблемы нелинейной динамики» и «Геодинамика» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук, одним из направлений научно-исследовательской деятельности которых является изучение магнитного поля Земли и его связи с процессами, происходящими в приповерхностной зоне Земли, и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации (протокол № 7 от 15 ноября 2018 г.).

Председатель заседания –
Заведующий лабораторией

«Геодинамика»,

доктор физ.-мат. наук



Желиговский Владислав Александрович

Секретарь заседания –

Старший научный сотрудник лаборатории

«Геодинамика»,

кандидат физ.-мат. наук



Новикова Ольга Владимировна

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики Российской академии наук (ИТПЗ РАН),

117997, Москва, ГСП-7, Профсоюзная улица, 84/32, строение 14,

тел.: +7 (495) 3334513,

e-mail: mitpan@mitp.ru

Подписавшие отзыв сотрудники согласны на обработку персональных данных и включение их в материалы, связанные с работой диссертационного совета.

Подписи сотрудников А.В.Хохлова, В.А.Желиговского и

О.В.Новиковой заверяю

Ученый секретарь ИТПЗ РАН,

кандидат физ.-мат. наук



Некрасова Анастасия Корнельевна