



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК В Г. БИШКЕКЕ (НС РАН)

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ



**ПРОБЛЕМЫ ГЕОДИНАМИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ
ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОРОГЕНОВ**

ДЕВЯТЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**24 - 29 июня 2024 г.
г. Бишкек**



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК В г. БИШКЕКЕ**

IX Международный симпозиум
**ПРОБЛЕМЫ
ГЕОДИНАМИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ
ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОРОГЕНОВ**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

IX International Symposium
**PROBLEMS
OF GEODYNAMICS AND GEOECOLOGY
OF INTRACONTINENTAL OROGENS**

ABSTRACTS

**24-29 июня 2024 года
г. Бишкек**

УДК 550.34
ББК 26.3
П78

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ СИМПОЗИУМА:

Сопредседатели: **Бортников Н.С.** (Россия), **Абдрахматов К.Е.** (Киргизия)

Заместители председателя: **Рыбин А.К.** (Россия, Киргизия), **Кожогулов К.Ч.** (Киргизия)

Ученый секретарь: **Забинякова О.Б.** (Россия, Киргизия)

Члены Оргкомитета: **Александров П.Н.** (Россия), **Бакиров А.Б.** (Киргизия), **Богомолов Л.М.** (Россия), **Буслов М.М.** (Россия), **Варенцов И.М.** (Россия), **Дегтярев К.Е.** (Россия), **Ельцов И.Н.** (Россия), **Зейгарник В.А.** (Россия), **Ибрагимов Р.С.** (Узбекистан), **Кочарян Г.Г.** (Россия), **Лелёвкин В.М.** (Россия, Киргизия), **Леонов М.Г.** (Россия), **Мамаджанов Ю.М.** (Таджикистан), **Марченко М.А.** (Россия), **Михайлов В.О.** (Россия), **Молдобеков Б.Д.** (Киргизия), **Морозов Ю.А.** (Россия), **Никольская О.В.** (Киргизия), **Новиков В.А.** (Россия), **Рафиков В.А.** (Узбекистан), **Ребецкий Ю.Л.** (Россия), **Ружич В.В.** (Россия), **Сарсенбаев Д.А.** (Казахстан), **Селезнев В.С.** (Россия), **Сидорова И.П.** (Узбекистан), **Соколова И.Н.** (Россия), **Щелочков Г.Г.** (Россия).

П78 Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов: Тез. докл. IX
Международ. симпозиума, г. Бишкек, 24 – 29 июня 2024 г. - Бишкек: НС РАН, 2024. – 474 с.
ISBN 978-9967-12-978-0

В Сборнике представлены аннотации и расширенные тезисы докладов, заявленные на IX Международный симпозиум «Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов», который проходил с 24 по 29 июня 2024 г. в г. Бишкеке на базе Научной станции Российской академии наук. Ученые из России, Киргизии, Казахстана, Узбекистана и Таджикистана представили материалы, охватывающие основные направления исследований в области современной геодинамики и геоэкологии, геофизического и сейсмического мониторинга, оценки опасности экзогенных процессов в сейсмически активных областях. Тезисы публикуются в авторской редакции.

Отв. редактор: Забинякова О.Б.

Утверждено к печати Ученым советом НС РАН

УДК 550.34

ББК 26.3

ISBN 978-9967-12-978-0

©ФГБУН Научная станция РАН в г. Бишкеке
© Коллектив авторов, 2024

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ВАРИАЦИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОКФАСС–МЕТОДА

Нигматуллин Р.Р.¹, Белов А.П.², Ерохин А.М.³

erokhin_am@petroviser.ru

¹ Казанский национально-исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, г. Казань, Россия

² Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия

³ ООО «Петровайзер», г. Тверь, Россия

В последнее время растет интерес к изучению и анализу длинноволновых составляющих потенциальных полей, и, в частности, изучению временных вариаций поля силы тяжести, поскольку они обеспечивают данные о кинематике и динамике Земли для решения ряда фундаментальных и прикладных задач геофизики [1]. Особый интерес представляют изменения силы тяжести, вызванные внутренними геодинамическими процессами. Изменения силы тяжести, связанные с землетрясениями и активным вулканизмом, имеют большое значение как предвестники этих явлений. Измерения до и после активной фазы важны для разработки динамических моделей накопления и разрядки напряжений при землетрясениях и пониманию процессов их подготовки, а также построению моделей миграции вещества магмы и вариаций плотности в вулканах.

В данной работе был проведен анализ случайных колебаний индикатора гравиметра ГНУ-КВ с целью определения его АЧХ характеристик. После оцифровки двухчасового видеофайла записи с шагом 5 отсчетов в секунду был получен временной ряд дискретных значений, включающий в себя 36000 отсчетов [2]. Для более детального анализа временной ряд был разделен на матрицу $N \times M$, которая включает в себя $N=600$ строк и $M=60$ столбцов.

Для нахождения необходимых статистических параметров был применен метод, определенный как Неортогональный Комбинированный Фурье Анализ Сглаженных Сигналов (НОКФАСС) [3]. Этот метод позволяет определить амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) широкого набора случайных процессов [4].

Применение НОКФАСС метода основано на резонансном свойстве функции Дирихле и симметрии частотного спектра Фурье и поэтому этот метод *не* требует дополнительных аргументов для его обоснования. Отличие от традиционного преобразования Фурье состоит в том, что линейный спектр Фурье $\omega(k) = 2\pi k / T \equiv \omega_0 k$ заменяется на усеченный спектр $\omega(k) = a \cdot k + b$, где параметры a , b и величина конечной моды K ($k=0,1,\dots,K$) находятся из минимума относительной ошибки. Формула разложения в НОКФАСС спектр имеет вид:

$$\begin{aligned} S(t) &\cong F(t) = A_0 + \sum_{k=0}^K [Ac_k \cos(\omega(k) \cdot t) + As_k \sin(\omega(k) \cdot t)] = \\ &= A_0 + \sum_{k=0}^K [Amd_k \cos(\omega(k) \cdot t - Ph_k)], \quad \omega(k) = a \cdot k + b, \end{aligned} \quad (1)$$
$$Amd_k = (Ac_k^2 + As_k^2)^{1/2}, \quad Ph_k = \arctg\left(\frac{As_k}{Ac_k}\right).$$

Здесь $S(t)$ – исходный квазигармонический сигнал, $F(t)$ его приближенное разложение, остальные линейные параметры A_0 , Ac_k , As_k находятся с помощью линейного метода наименьших квадратов (ЛМНК).

Результатом таких процедур является получение некоторого конечного набора амплитуд базовых функций (A_0 , Ac_k , As_k) суперпозиция которых с заданной точностью представляет исходные данные. Такая параметризация позволяет извлечь из данных наблюдений минимальный набор наиболее существенных параметров, характеризующих

изучаемую систему или процесс. Фактически, параметризация временного ряда вариаций гравитационного поля является редукцией (сверткой) массивов данных наблюдений к компактному набору небольшого количества параметров. Для иллюстрации НОКФАСС метода выберем случайным образом любую колонку их матрицы данных (пусть эта колонка будет тридцатой, т.е $s=30$).

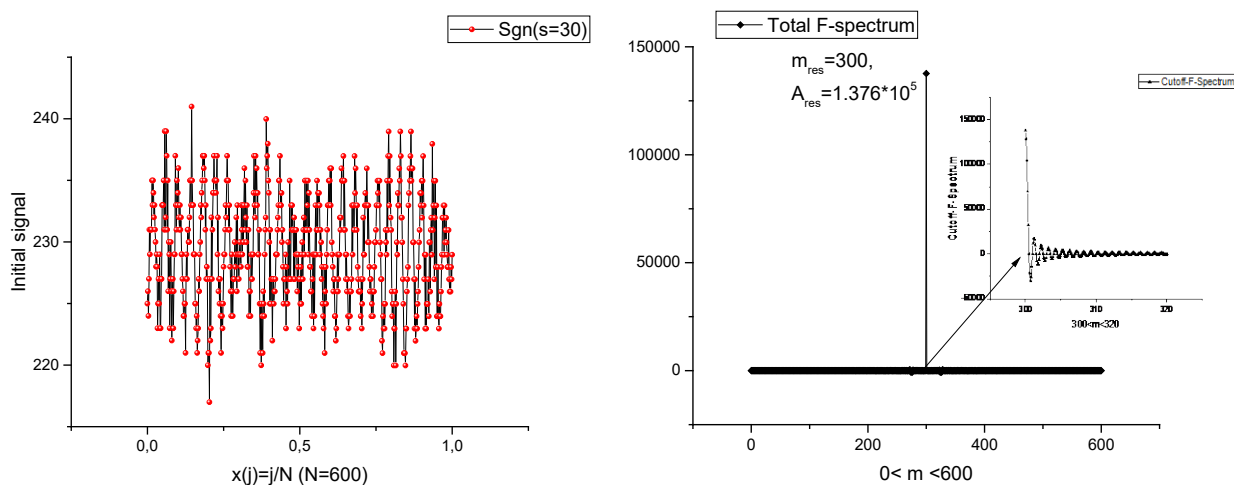


Рисунок 1 – Слева изображен исходный сигнал, справа его полный F-спектр. Резонансная частота перекрывает остальные частоты примерно в 100 и 1000 раз. На малом рисунке справа показан усеченный спектр, используемый в спектре НОКФАСС.

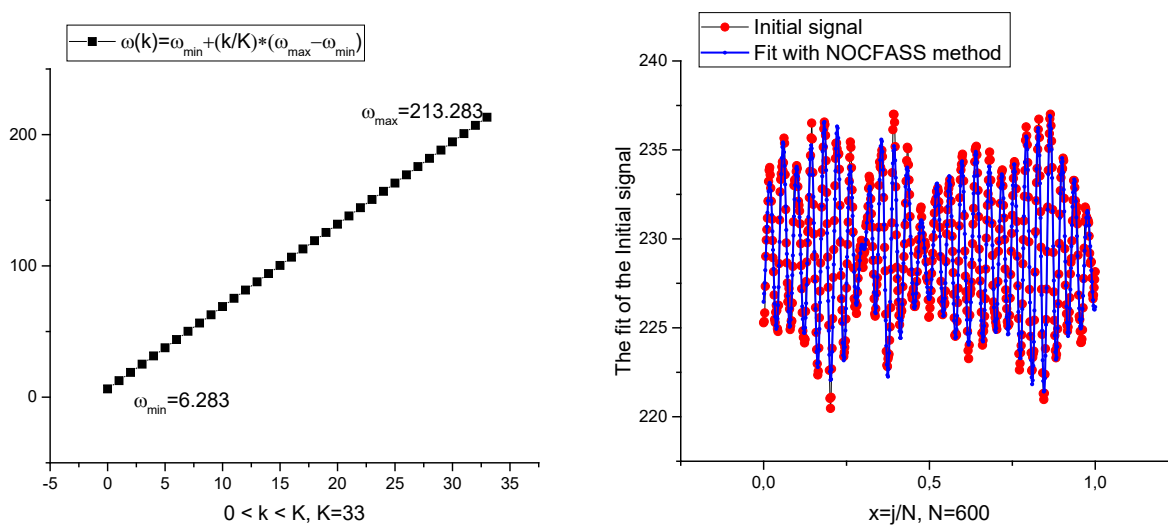


Рисунок 2 – Слева показан усеченный НОКФАСС спектр, справа подгон исходного сигнала, осуществленный с помощью формулы (1). Точность подгона 0.01%

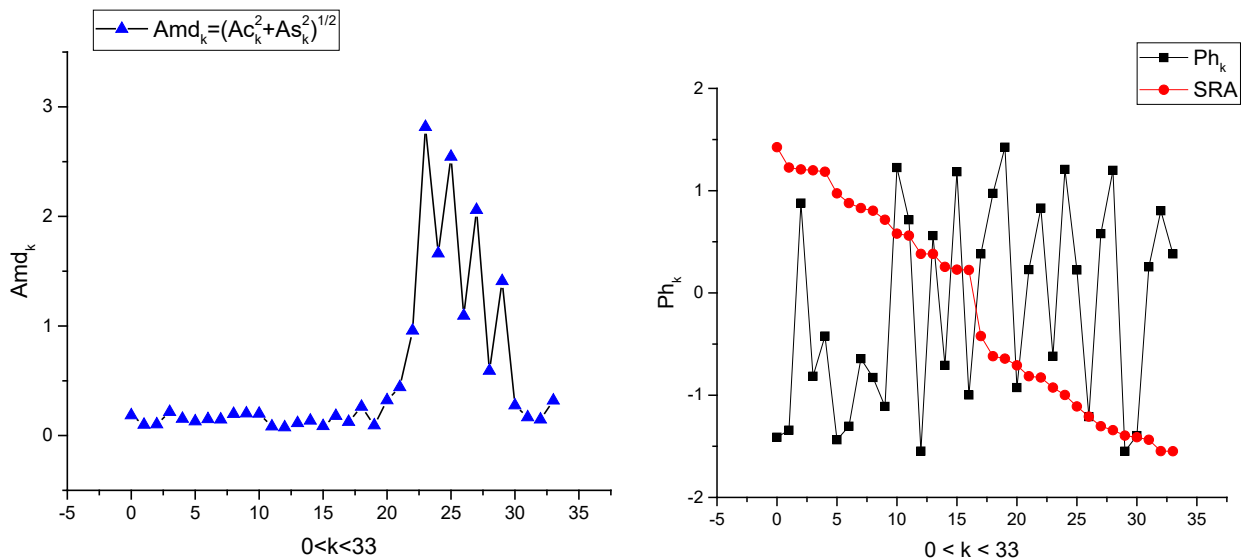


Рисунок 3 – Слева показана зависимость модуля амплитуды Amd_k (см. выражение (1)) и фазы Ph_k , которые в конечном счете образуют искомым АЧХ. Если сравнить исходное число точек ($N=600$) со сжатием данных в методе НОКФАСС, то для воспроизведения исходной кривой, показанной на Рис.2 (справа) требуется уже всего $33*2=66$ параметров, входящих в выражение (1). К ним можно добавить ещё пару параметров как величину константы $A_0=229.335$ (из (1)) и величину относительной ошибки подгонки $\square=0.012\%$.

Применение метода НОКФАСС позволяет восстановить исходные данные с высокой степенью точности (до 1%), и извлечь из данных наблюдений минимальный набор наиболее существенных параметров, характеризующих изучаемый нами процесс. Это значительно приближает нас к построению математической модели временного поведения системы в целом, а также позволит выяснить, какие физические процессы не до конца изученной природы продуцируют наш данный временной ряд.

Литература

1. Торге В. Гравиметрия / Пер. с англ. Г.А. Шанурова; под ред. А.П. Юзефовича. М.: Мир. 1999. 428 с.
2. Белов А.П., Лобанов А.М., Утесинов В.Н., Ерохин А.М., Венедиктов К.В. Статистический анализ функции распределения колебаний индикатора кварцевого гравиметра // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. Материалы 50-й юбилейной сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского – В.Н. Страхова, г. Москва, 29 января–2 февраля 2024 г. М.: Перо. 2024. С. 38-41.
3. Nigmatullin R.R., Rybin A.K., Nepeina K.S., Kaznacheev P.A. NOCFASS: Quantitative description of the seismic noise-like signals in the earthquake-prone areas. Measurement. 2021. 185 (4). 110020. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.110020>.
4. Nigmatullin Raoul R., Alexandrov Vadim S., Praveen Agarwal Shilpi Jain, Necati Ozdemir. Description of Multi-Periodic Signals Generated by Complex Systems: NOCFASS - New Possibilities of the Fourier Analysis. Numerical Algebra, Control and Optimization. 2022. № 14 (1). <https://doi:10.3934/naco.2022008>.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. «Строение и эволюция земной коры и верхней мантии в свете современных представлений геодинамики. Инструментальные методы изучения литосферы внутриконтинентальных орогенов: неоднородности, физическая природа границ»

О НОВОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ ГЕОТЕКТониКИ И ГЕОДИНАМИКИ КАЗАХСТАНА Байбатша А.Б.	4
ОБРАЗОВАНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕМЛИ Бакиров А.Б.	9
КОЛЛИЗИОННЫЙ ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИЙ ПРОГИБ НА СЕВЕРНОЙ ОКРАИНЕ ТАРИМСКОГО КОНТИНЕНТА Бискэ Г.С.	10
ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ ЛИТОСФЕРЫ И СЕЙСМИЧНОСТЬ БЕЛАРУССКО-БАЛТИЙСКОГО РЕГИОНА Гирин Р.Э.	13
ВЕНДСКИЕ ФОРЛАНДОВЫЕ БАССЕЙНЫ ЮГА СИБИРИ КАК ИСТОЧНИК ВЕЩЕСТВА ДЛЯ КРУПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ РЕГИОНА Гладкочуб Д.П., Донская Т.В.	17
ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ПЛАНЕТ НА ПРИМЕРЕ ЗЕМЛИ Данилов В.И.	21
ПРОДОЛЖЕНИЕ ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТОЧКИ МОГЕН-БУРЕН В ТУВЕ Даргын-оол Д.В., Клементьев А.М.	25
ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ИЯ-УДИНСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПОЛЯ (СИБИРСКИЙ КРАТОН, РОССИЯ) Демонтерова Е.И., Иванов А.В.	26
ПОГРАНИЧНЫЕ БАШКИР-МОСКОВСКИЕ ФУЗУЛИНИДОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СВЯЗЬ ИХ С ФАЦИЯМИ В ТУРКЕСТАНО-АЛАЕ (ЮЖНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ) Дженчураева А.В.	27
ДАЙКИ КОЧБУЛАКСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ Джуманиязов Д.И., Мусаев А.М., Каримова Ф.Б.	32
ФРАКТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ Доненко И.Л., Доненко С.Л., Шамсутдинов М.Б.	36
РАННЕПРОТЕРОЗОЙСКИЕ ОРОГЕННЫЕ ПОЯСА В ОБРАМЛЕНИИ АРХЕЙСКОГО АНАБАРСКОГО СУПЕРТЕРРЕЙНА – ИНДИКАТОРЫ СТАНОВЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ СИБИРСКОГО КРАТОНА Донская Т.В., Гладкочуб Д.П.	37

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ МОНИТОРИНГА НА ТЕРРИТОРИИ КЫРГЫЗСТАНА	ИЗМЕРИТЕЛЬНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ГИДРОГЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКОГО	196
Кендирбаева Дж.Ж.		
НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЛЯ ПОГЛОЩЕНИЯ КОРОТКОПЕРИОДНЫХ S-ВОЛН В ЛИТОСФЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТУРЦИИ		201
Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н.		
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ПОГЛОЩЕНИЯ S-ВОЛН В ВЕРХНЕЙ МАНТИИ СЕЙСМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ И СЛАБОСЕЙСМИЧНЫХ РАЙОНОВ	ВАРИАЦИИ ПОЛЯ	204
Копничев Ю.Ф., Соколова И.Н., Гордиенко Д.Д.		
ОТРАЖЕНИЕ УШИНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 22.01.2024 г. В КОСМОГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ		207
Кузиков С.И., Саламатина Ю.М., Прохоров О.А., Кенигсберг Д.В.		
СРАВНЕНИЕ СЕЙСМОИОНОСФЕРНЫХ ЭФФЕКТОВ В F-ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ ПО МАТЕРИАЛАМ СТАНЦИЙ НАЗЕМНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ТАШКЕНТ И ТОКИО		208
Липеровская Е.В., Родкин М.В.		
К ВОПРОСУ О 3D ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ОЧАГАХ СИЛЬНЫХ ($M \geq 7.0$) ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, РАССЧИТАННЫХ ПО УНИВЕРСАЛЬНОЙ МЕТОДИКЕ		209
Литовченко И.Н., Лютикова В.С.		
ИССЛЕДОВАНИЕ МЭМС АКСЕЛЕРОМЕТРОВ ДЛЯ ЗАДАЧ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА		213
Мартынов Г.П., Грицаенко А.Ю.		
О ВАРИАЦИЯХ МАГНИТНОГО ПОЛЯ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯМИ	АФТЕРШОКОВЫМИ	217
Мухамадеева В.А.		
ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ВАРИАЦИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОКФАСС-МЕТОДА		222
Нигматуллин Р.Р., Белов А.П., Ерохин А.М.		
ПРИМЕНЕНИЕ R/S АНАЛИЗА (МЕТОД ХЁРСТА) ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВАРИАЦИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ		225
Нигматуллин Р.Р., Белов А.П., Ерохин А.М.		
ФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: ОБЗОР И КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ	ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО	228
Новиков В.А., Гридин Г.А., Кульков Д.С., Паров С.В., Лазарева Е.А.		