



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

ПРИМЕНЕНИЕ R/S АНАЛИЗА (МЕТОД ХЁРСТА) ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВАРИАЦИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ

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

Для правильного понимания функционирования механизма вариаций гравитационного поля необходим набор наиболее существенных параметров, характеризующих изучаемый процесс, регистрируемый обычно в виде бесконечного временного ряда. Ввиду того, что данный процесс основан на изучении временных рядов, полученных в результате измерения колебаний индикатора гравиметра, то возникает необходимость построения математической модели временного поведения системы взаимодействия, возникающей от временной проекции различных физических процессов неизученной природы, которые вбирает в себя анализируемый временной ряд. С математической точки зрения это задача формулируется как проблема аппроксимации данных некоторой функцией или уравнением (системой уравнений) в выделенном пространстве признаков. В процессе выбора такого информационного пространства возникает ряд важных вопросов по обоснованию полноты набора параметров в этом пространстве:

- обоснование количества параметров необходимых и достаточных для идентификации изучаемого объекта;
- информативность расчетных параметров для анализа изучаемой системы;
- характер связи и перехода между измеряемыми переменными и переменными математической модели.

Существует множество подходов и традиционных методов анализа временных рядов произвольной природы. Одним из достаточно простых и эффективных методов анализа нестационарных временных рядов является метод Хёрста (Hurst), так называемый R/S-анализ. Метод устойчив, содержит минимальные предположения о системе, продуцирующей ряд, и его с успехом можно использовать для параметризации и классификации временных рядов, которые описывают отклик некоторой сложной системы. Основная идея состоит в том, чтобы определить, насколько сильно текущие значения временного ряда зависят от его предыдущих значений.

Анализ Хёрста помогает понять, является ли ряд случайным (шумом), имеет тенденцию к тренду или обладает циклическими свойствами. R/S-анализ можно определить как метод накопленного отклонения или, другими словами, как метод нормированного размаха с использованием показателя Хёрста. Согласно этому методу, анализируется размах суммы отклонений данных от среднего арифметического для выделенного отрезка временного ряда τ , нормированный путем деления на стандартное отклонение. Суммы отклонений подсчитываются для различных периодов времени и для различного количества последовательных моментов времени, которые выступают в качестве масштаба измерения.

Показатель Хёрста, определяется из следующего соотношения [1]:

$$R/S(\tau) = A\tau^H \quad (1)$$

где R/S – нормированный размах (отношение размаха временного сигнала к стандартному отклонению наблюдений), вычисленный для текущего временного отрезка ряда длиной τ ; A – некоторая константа; H – показатель Хёрста. Этот показатель количественно характеризует меру упорядоченности амплитуд измеряемого параметра во времени, уровень хаотичности временного сигнала и его фрактальные характеристики.

Используя это метод Хёрста, был проведен анализ случайных колебаний индикатора

гравиметра ГНУ - КВ. После оцифровки двухчасового видеофайла записи с шагом 5 отсчетов в секунду был получен временной ряд дискретных значений, включающий в себя 36000 отсчетов [3], охватывающий 2-х часовой временной интервал.

В результате обработки этого временного ряда был выполнен перебор значений с минимальным значением окна - **min_window** (от 10 до 130, шаг 30) и максимальным значением окна - **max_window** (от 60 до 990, шаг 30).

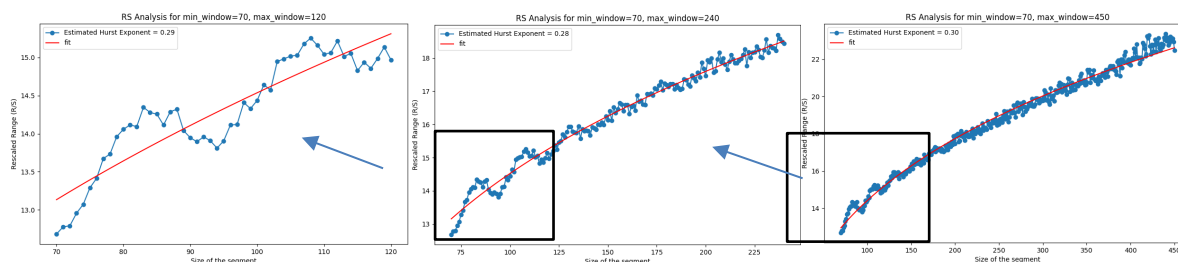


Рисунок 1 – Поведение R/S отношения для окон в интервалах от 70 до 120, от 70 до 240, от 70 до 450

На выходе получается по одному графику на пару мин-макс окна, потому что анализируется изменение R/S (масштабированный диапазон) в зависимости от размера окна (от **min_window** до **max_window**). Каждая точка на этом графике представляет среднее значение R/S для всех сегментов определённого размера. Изменяя размер окна от минимального к максимальному, получается серия точек, которые вместе формируют график. Этот график иллюстрирует, как свойство автокорреляции (или "память") в данных меняется на разных масштабах времени.

По сути, такой предварительный анализ временного ряда с использованием различных окон **min_window** и **max_window** позволяет исследовать временные ряды на различных уровнях детализации, но результаты интегрируются в один график для удобства интерпретации и анализа. Это дает наглядное представление о наличии или отсутствии долгосрочных зависимостей в данных, а также о характере этих зависимостей.

Значение показателя H указывает на характер временного ряда: $H < 0.5$ означает *антиперсистентность* (значения временного ряда склонны к чередованию), $H=0.5$ соответствует случайному ходу, а величина $H > 0.5$ указывает на *персистентность* или долговременную память.

В результате анализа полученных данных для разных временных интервалов сохраняется четкая зависимость показателя Херста $H < 0.5$. Это позволяет сделать вывод о наличии цикличности, то есть значения временного ряда склонны к чередованию.

Для более детального анализа временной ряд был разделен на матрицу $N \times M$, которая включает в себя $N=3000$ строк и $M=12$ столбцов.

При этом был использован метод собственных координат для функций, содержащих нелинейные подгоночные параметры [2]. Этот метод позволяет свести подгоночную функцию, содержащую изначально нелинейные параметры к традиционному методу наименьших квадратов (МНК).

Для увеличения точности подгонки функции $R/S(\tau)$ бала использована 3-х степенная функция

$$Pr_3(t) = \begin{cases} = \sum_{p=0}^2 A_p t^{v_p} \\ = A_0 t^{v_0} + A_1 t^{\text{Re}(v_1)} \cos(|\text{Im}(v_1)| \ln(t)) + A_2 t^{\text{Re}(v_1)} \sin(|\text{Im}(v_1)| \ln(t)) \end{cases} \quad (2)$$

Для подгона (фитинга) $R/S(t)$ ветвей с помощью функции (2), было взято окно для расчетов $w=30$.

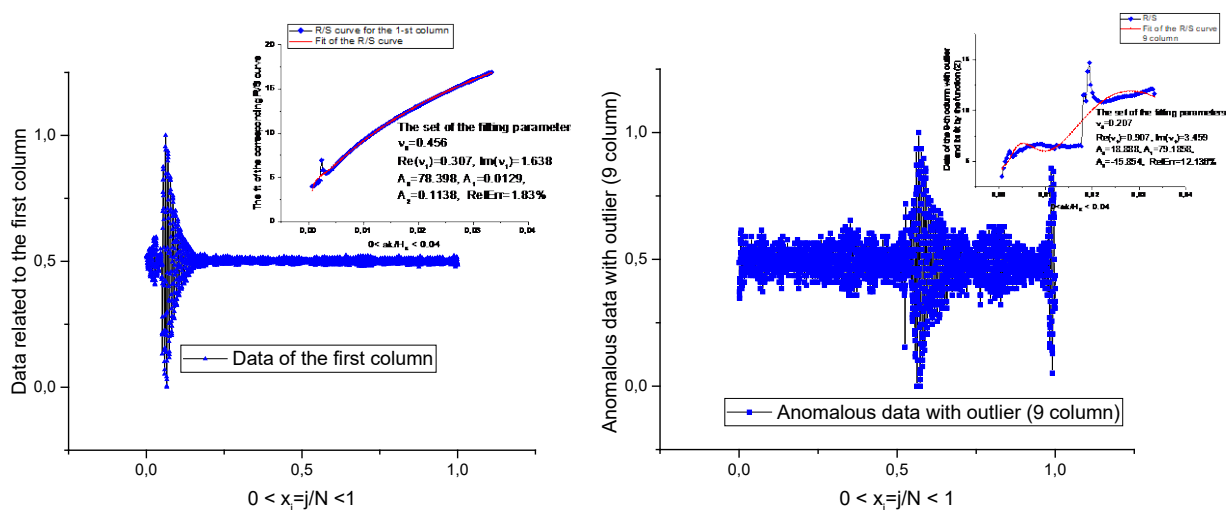


Рисунок 2 – Слева – первая колонка, на левом рисунке справа – R/S кривая и её подгон функцией (2). Подгоночные параметры, включая ошибку фитинга (1.83%) приведены в центре рисунка. Справа – На центральном рисунке anomальная 9 колонка и её подгон на малом рисунке справа. Подгоночные параметры по кривой (2) приведены в центре рисунка. Сравнение ошибки подгона показывает, что она становится также anomальной и возрастает до величины 13%.

Как следует из анализа этих рисунков R/S анализ хорошо "чувствует" наличие "гостевого"(anomального) случайного сигнала. Точность подгона существенно падает.

Таким образом, использование метода Хёрста позволяет установить чередование (цикличность) в исследовании вариаций гравитационного поля и точно подогнать эти данные в рамках функции (2). Анализ этих данных показывает, что анти(персистентность) может входить в некой пропорции и мнимые части комплексных показателей Хёрста указывают на логопериодические осцилляции. Это совершенно новая особенность обнаружена впервые.

Эти результаты значительно приближают нас к построению математической модели временного поведения системы в целом, а также позволит выяснить, какие физические (и неконтролируемые) процессы продуцируют зарегистрированный данный временной ряд.

Литература

1. Федер Е. Фракталы. Пер. с англ. М.: Мир. 1991. 254 с.
2. Nigmatullin R.R. Recognition of nonextensive statistic distribution by the eigen-coordinates method. *Physica A*, 285, (2000). P. 547-565.
3. Белов А.П., Лобанов А.М., Утешинов 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.

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 АФТЕРШОКОВЫМИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯМИ		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 ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИНИЦИИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: ОБЗОР И КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ		228
Новиков В.А., Гридин Г.А., Кульков Д.С., Паров С.В., Лазарева Е.А.		