

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ГЕОСИНКЛИНАЛЬНОГО И ПЛАТФОРМЕННОГО РЕГИОНОВ

Рудаков В.П., Цыплаков В.В. (ИФЗ РАН)

*rudak@mail.ru*; факс: 252-21-98; тел.: 254-90-06

---

Ключевые слова: *флюидодинамика, мониторинг, деформации, спектральный анализ*

Результатами анализа флюидодинамического (эманационного) мониторинга геодеформационных процессов, выполненного на различных геодинамических полигонах бывшего СССР, было показано [1-3], что колебательные движения Восточно-Европейской платформы влияют на изменение напряженно-деформированного состояния массива горных пород на Кавказе, провоцируя высвобождение сейсмической энергии.

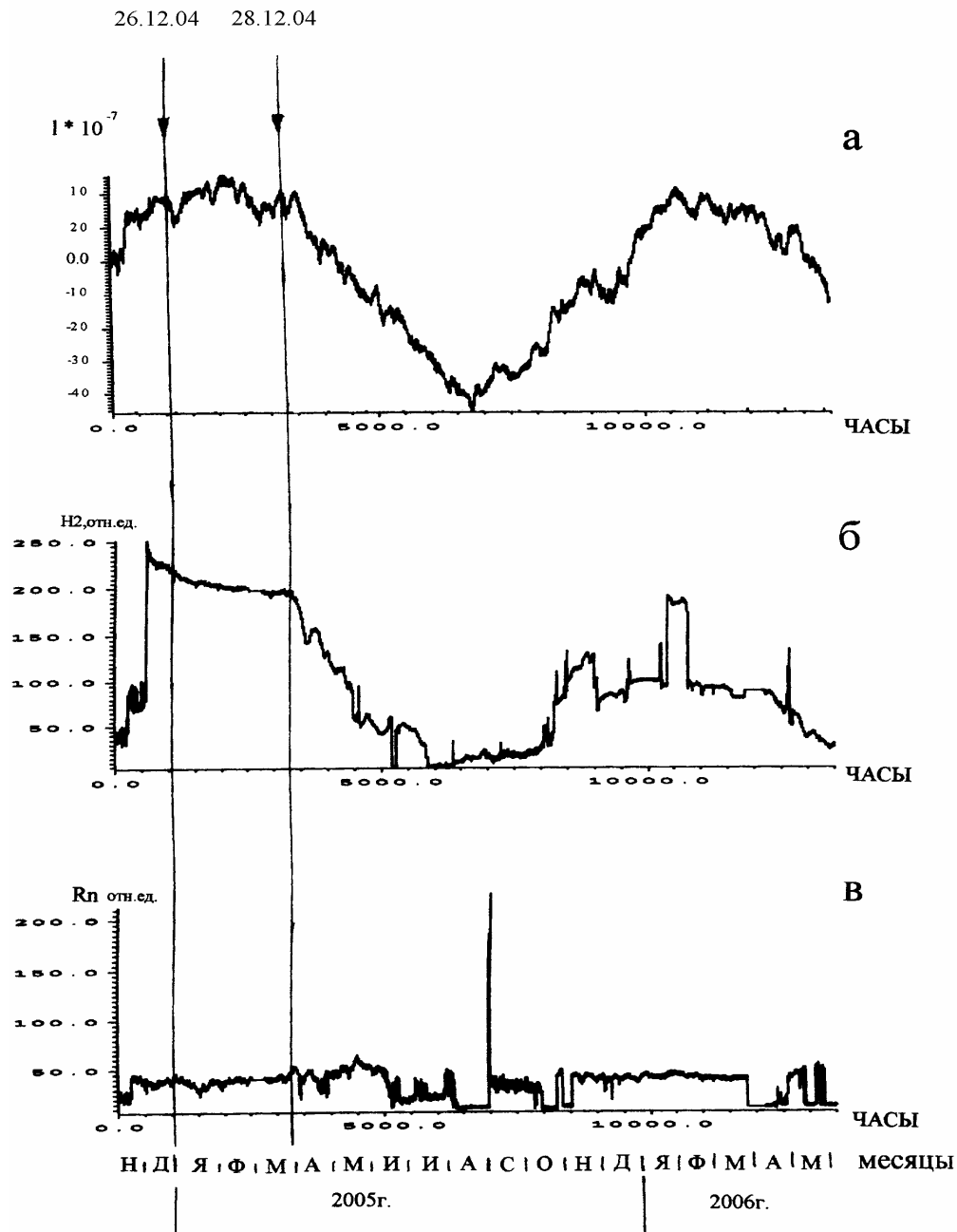
С целью установления характера взаимообусловленности геодеформационных процессов в геосинклинальном регионе (на Кавказе) и в условиях сопряженной с ним Восточно-Европейской платформы был проведен компарационный анализ данных деформометрических наблюдений, выполненных в Приэльбрусье (на Баксане), и данных флюидодинамического мониторинга геодеформационных процессов, выполненного в условиях Московской синеклизы (на территории Москвы). Непрерывные измерения деформаций на Кавказе осуществляются с помощью лазерного деформографа ГАИШ МГУ с измерительной базой 75 м и разрешающей способностью  $2 \times 10^{-13}$ , установленного в штольне нейтринной обсерватории [4]. Непрерывные наблюдения за вариациями флюидодинамического режима Московской синеклизы осуществлялись в зоне динамического влияния разломов “Краснопресненского тектонического узла” по эманациям радона и водорода [5] с использованием оригинальной технологии, обеспечивающей регистрацию геодеформационных процессов на приливном уровне, т.е. на уровне  $10^{-8}$ .

На рис.1 приведены временные ряды вариаций деформаций горных пород на Кавказе и вариаций полей водорода и радона на территории Москвы, которые являются фрагментом одно-временной записи названных параметров, осредненной в часовые интервалы, общей длительностью 13510 часов, т.е. более 1,5 лет. Начало записи 11 ноября 2004 г. обусловлено моментом включения лазерного деформографа, а окончание определилось выходом из строя микропроцессорного регистратора данных эманационных измерений.

Представленный фрагмент многолетних измерений интересен тем, что позволяет оценить поведение геодеформационных полей в геосинклинальном и платформенном регионах в период развития глобальных тектонических процессов, спровоцировавших катастрофические землетрясения в Индийском океане 26 декабря 2004 г. и 28 марта 2005 г.. Уровень выделения сейсмической энергии при этих землетрясениях достиг 9-бальной отметки по Шкале магнитуд, что свидетельствует о экстраординарном характере геодеформационных процессов, участвовавших в их подготовке, и, очевидно, затронувших земную кору в целом.

Исследование временных рядов осуществлялось на основе взаимокорреляционного и спектрального анализа, в результате которого были установлены некоторые общие и частные характеристик измерявшихся параметров, определяющих, в той или иной мере, реакцию геосинклинального и платформенного регионов на глобальные геодеформационные процессы.

Прежде всего, обращает на себя внимание то, что трендовая составляющая деформаций на Кавказе и деформаций, определяющих условия флюидопереноса в тектонических нарушениях Московской синеклизы, носит сезонный (годовой) характер, что нашло также отображение в результатах взаимокорреляционного анализа. Причем сезонная составляющая в деформационных измерениях на Кавказе практически на месяц опережает ход аналогичных составляющих временных рядов эманационных измерений в условиях платформы. Корреляция между деформометрическими и водородометрическими данными положительна, а между деформометрическими и радонометрическими – отрицательна, что соответствует установленному ранее характеру поведения эманаций радона и водорода при ординарных (не аномальных) изменениях геодеформационных процессов, управляющих изменением флюидопроницаемости тектонических образований, используемых при эманационном мониторинге [5]. При этом поле водорода в Московской синеклизе меняется синхронно деформациям горного сооружения Кавказа, а поле радона - с некоторым опережением.



**Рис.1.** Фрагменты временных рядов: а) деформометрических измерений на Кавказе (Баксан), б) и в) эманационного (водородного и радонового, соответственно) мониторинга геодеформационных процессов в условиях Московской синеклизы. Стрелками отмечены моменты катастрофических землетрясений в Индийском океане 26 декабря 2004 г. и 28 марта 2005 г.

Спектральный анализ всего временного ряда деформометрических измерений (подробный анализ которых приведен в работе [6]), и последующий спектральный анализ временных рядов взаимокорреляционных функций полей радона и водорода в пределах выделенного фрагмента, позволили идентифицировать составляющие измерявшихся параметров в области вариаций длиннопериодного диапазона (табл. 1) и в области вариаций, обусловленных лунно-солнечными приливами (табл. 2). Аналогичность спектральных составляющих анализированных временных рядов свидетельствует об адекватности отображения глобальных геодеформационных процессов в измеряемых параметрах геосинклиального и платформенного регионов.

Таблица 1

Значимые ( $P>0.95$ ) спектральные пики длиннопериодного диапазона временных рядов лазерной деформометрии на Кавказе и эманационных измерений в условиях ВЕП (с дублированием измерений датчиками, установленными в 30 метров от основных)

Назв.	Сут	сут	сут	сут	сут	сут	сут	сут	сут	сут	сут	сут	сут	Сут	сут
Деф.	22.8	20.1	17.1	15.9	13.9	11.2	10.0	9.5	8.8	8.13	7.8	7.5	6.6		4.9
1рад/д.	23.5	20.1	18.4		13.9	11.2		9.5	8.5	8.13	7.8	7.5	7.0	5.9	5.3
1вод/д.	23.5	20.7	18.9	14.5		11.2	10.2			8.13	7.8	7.5	7.0	6.4	5.9
2рад/д.	22.8		17.1		13.9	11.2		9.5		8.13			6.6	5.6	4.9
2вод/д.	22.8	20.7		15.9	14.5	11.8	10.0	9.5	8.5	8.13			7.0	6.4	4.9

Таблица 2

Значимые ( $P>0.95$ ) спектральные пики диапазона лунно-солнечных приливов временных рядов деформометрии на Кавказе и эманационных измерений в условиях ВЕП

Назв.	Т, час	A(о.ед) *10 <sup>-3</sup>	Т, час	A(о.ед) *10 <sup>-3</sup>	Т, час	A(о.ед) *10 <sup>-3</sup>	Т, час	A(о.ед) *10 <sup>-3</sup>	Т, час	A(о.ед) *10 <sup>-3</sup>	Т, час	A(о.ед) *10 <sup>-3</sup>
Деф.			25.75	0.7	24.0	0.7	12.7	0.13	12.4	2.6	12.0	0.5
1рад/д.	26.9	0.08	25.75	4.9	24.0	0.35	12.7	0.1	12.4	0.6	12.0	0.17
1вод/д.	26.9	0.04	25.9	0.2	24.0	1.1	12.7	0.02	12.4	0.15	12.0	0.09
2рад/д.	26.9	0.17	25.75	0.6	24.0	1.1	12.7	0.16	12.4	0.5	12.0	0.6
2вод/д.			25.75	0.13	24.0	0.93	12.7	0.04	12.4	0.2	12.0	0.3

В то же время, как можно видеть, спектральный состав временных рядов эманационных полей несколько богаче спектрального состава деформометрических данных, что объясняется технологией эманационных измерений, обеспечивающей извлечение информации об объемных деформациях горного массива, в то время, как деформометрические измерения одномерны и приповерхностны. Видимо, этим же объясняется характер реакции эманационных полей (рис.1) на глобальные изменения напряженно-деформированного состояния земной коры, спровоцировавшие высвобождение сейсмической энергии вблизи острова Суматра 26 декабря 2004 г. и 28 марта 2005 г., когда в поле водорода Московской синеклизы практически за месяц до трагических событий произошел резкий скачок, пятикратно превысивший уровень концентрации предшествующих месяцев. В поле радона этот эффект наоборот отмечился более чем двукратным (на рис.1 не показано из-за усеченности временного ряда) уменьшением уровня концентрации эманации [5].

После реализации землетрясения 28.03.05 г. в течение 3-х месяцев происходило снижение концентрации водорода до исходного, а в последующие месяцы практически до нулевого уровня. Концентрация радона на исходный уровень не вернулась, что объясняется нисходящим трендом во временных рядах эманационных полей, связанным с влиянием волновых геодинамических процессов более высокого иерархического уровня [7].

В данных деформометрических измерений эффект глобального изменения напряженно-деформированного состояния земной коры проявился в результатах совместного анализа записей, полученных на Кавказе и в п. Протвино (Московская обл.) [8], в которых период подготовки и реализации землетрясений характеризуется единообразием изменения регистрируемых параметров.

Следовательно, согласно данным деформометрических наблюдений в условиях геосинклинального региона и данным флюидодинамического (эманационного) мониторинга геодинамических процессов в условиях ВЕП в подготовке и реализации катастрофических геодинамических событий таких как, например, землетрясений, произошедших вблизи острова Суматра 26 декабря 2004 г. и 28 марта 2005 г., задействованы процессы глобального изменения напряженно-деформированного состояния земной коры. При этом рациональное использование данных деформометрических измерений в условиях геосинклинального региона и в условиях сопряженной с ним платформы, равно как данных измерения вариаций флюидодинамических режимов геоструктурных образований платформы позволяет контролировать эти процессы и прогнозировать периоды формирования областей сеймотектонической деструкции массива горных пород.

*Авторы выражают искреннюю признательность сотруднику ГАИШ МГУ, доктору физико-математических наук Милюкову В.К. за предоставленные записи деформографических наблюдений на Кавказе*

## **Литература**

1. Рудаков В.П. О роли геодвижений волновой структуры в активизации геодинамических процессов в асейсмичных регионах (на примере геодинамических явлений Русской платформы) // ДАН. 1993. Т. 332. №4. С. 509-511.
2. Рудаков В.П. Геодеформационные волны в вариациях флюидодинамических и сейсмических режимов геосинклинальных и платформенных областей. В сб.: Исследования в области геофизики: К 75-летию Объединенного института физики Земли им. О.Ю.Шмидта // М.: ИФЗ РАН. 2004. С. 119-122.
3. Рудаков В.П. Проявление современной геодинамики Русской платформы в техногенных процессах и эманационных полях // АНРИ. 2008. №2. С. 64-71.
4. Милюков В.К., Клячко Б.С., Мясников А.В., Стриганов П.С., Янин А.Ф., Власов А.Н. Лазерный интерферометр-деформограф для мониторинга движений земной коры // Приборы и техника эксперимента. 2005. №6. С. 87-103.
5. Рудаков В.П., Цыплаков В.В. Флюидодинамические эффекты разрывных структур Московской синеклизы в связи с глобальными геодеформационными процессами // Геохимия. 2008. №11. С. 1168-1173.
6. Милюков В.К., Копеев А.В., Лагуткина А.В., Миронов А.П., Мясников А.В. Наблюдения приливных деформаций земной коры в Приэльбрусье // Физика Земли. 2007. Т. 43. №11. С. 922-930.
7. Rudakov V.P. Seismicity implication of subsoil radon dynamics in seismically active regions of the former USSR: the Caucasus mountains case study // Journal of earthquake prediction research. 1996. V. 5. No 4. P. 584-593.
8. Латынина Л.А., Милюков В.К., Васильев И.М. Сильнейшие землетрясения и глобальные тектонические процессы // Наука и технология в России. 2006. №1-2. С. 4-6.

---

*Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(27) 2009*

*Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2009 года (ЕСЭМПГ-2009)*

*URL: [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2009/informbul-1\\_2009/planet-22.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2009/informbul-1_2009/planet-22.pdf)*

*Опубликовано 1 сентября 2009 г.*

*© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2009*

*При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна*