

Флюидодинамические эффекты в вариациях полей радона сейсмического шума и теллурического тока

В. П. Рудаков, В. В. Цыплаков
Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта, Москва

rudak@mail.ru

При проведении измерений вариаций различающихся по природе геофизических полей обнаружены ранее неизвестные эффекты их (полей) отклика на изменение флюидодинамического режима осадочной толщи в пункте измерения.

Ключевые слова: геоструктурные элементы, карстово-суффозионные процессы, флюидоперенос, сейсмический шум, подпочвенный радон, магнитотеллурический ток.

Ссылка: Рудаков, В. П., В. В. Цыплаков (2012), Флюидодинамические эффекты в вариациях полей радона сейсмического шума и теллурического тока, *Вестник ОНЗ РАН*, 4, NZ9001, doi:10.2205/2012NZ_ASEMPG.

В развитие исследований по изучению влияния различных геодинамических процессов на особенности формирования флюидодинамических режимов разрывных геоструктурных образований Восточно-Европейской платформы в августе 2005 года нами были проведены компарационные измерения вариаций эманационного (радонового) и сейсмического полей, а также поля магнитотеллурических токов в пункте, расположенном в Нижегородской области. Выбор данной территории для проведения исследований связан с тем, что региональные структурно-тектонические особенности геологической среды в пункте наблюдений, определяющие динамику флюидопереноса в тектонически разуплотненных участках осадочных отложений, формируются зоной динамического влияния регионального дугообразного разлома [Макаров, 1996], обрамляющего морфоструктурный комплекс осадочного чехла окрестностей “Свято-озера”, на южном берегу которого проводились наблюдения. Более того, в стратиграфическом отношении верхние этажи осадочного комплекса, представленного мощной толщей карбонатных пород, перекрытых незначительным слоем песчаных отложений, в пункте наблюдений идентичны тем, которые характеризуются интенсивным развитием карстово-суффозионных процессов в г. Дзержинск [Природные опасности, 2002; Мудлер и др., 2004], представляющих одну из главных геологических проблем города. Причем в окрестности “Свято-озера” карст также проявляется многочисленными воронками различного размера и возраста, что свидетельствует о перманентном характере современной геодинамической активности территории, формирующей ее морфологический облик. Поэтому место выбора наблюдений, находящегося на значительном расстоянии от промышленных объектов и городов, является исключительным с точки зрения оценки “природного фона” и возможных аномальных эффектов в измеряемых параметрах исследуемых полей.

Мониторинг вариаций концентрации подпочвенного радона в пункте наблюдения осуществлялся с использованием пассивных (в естественном залегании, без пробоотбора) непрерывных измерений с помощью оригинального датчика, установленного (закопанного) на глубину 1 метр. Измерения сейсмического шума осуществлялись с помощью сейсмоприемника СВ-5, закопанного рядом с датчиком радона. Измерения вариаций магнитотеллурического поля осуществлялись также в естественном залегании посредством контурной рамки индукционного вариометра диаметром 0.2 м с индуктивностью 1Гн и резонансной частотой 5 кГц. Запись поступающей с датчиков информации осуществлялась с помощью микропроцессорного 12-ти разрядного устройства “Логгер” с частотой опроса 1 минута. В дальнейшем после переноса данных в память компьютера результаты регистрации осреднялись в задаваемых интервалах с последующим анализом спектральных характеристик и взаимокорреляционных зависимостей полученных временных рядов.

РУДАКОВ И ДР.: ФЛЮИДОДИДАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ВАРИАЦИЯХ

На рисунке 1 приведены в сопоставлении фрагменты непрерывной записи огибающих временных рядов вариаций теллурического тока, подпочвенного радона и сейсмического шума.

На рисунке 2 приведены графики взаимокорреляционных функций соответствующих временных реализаций. В таблице 1 приведены периоды наиболее представительных гармонических составляющих, выделенных при спектральном анализе временных рядов.

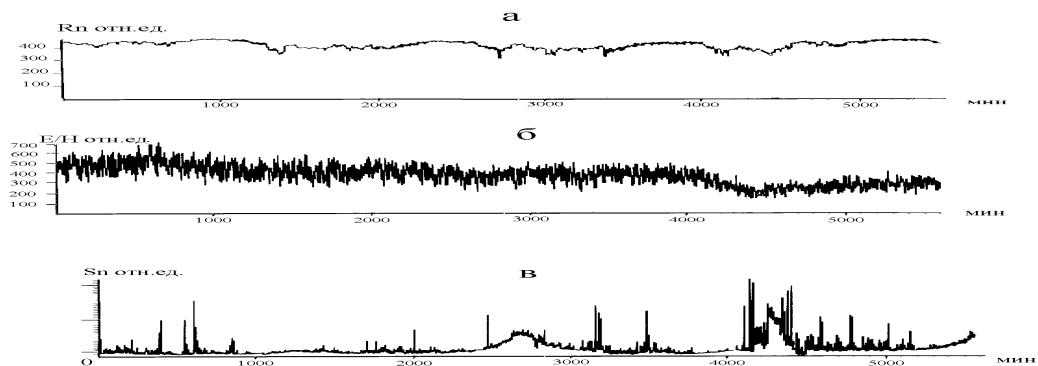


Рис.1. Временные ряды вариаций: а) подпочвенного радона, б) магнито-теллурического тока, в) сейсмического шума в пункте наблюдений. Относительные величины измерявшихся параметров приведены в значениях напряжения на входе регистрирующего устройства

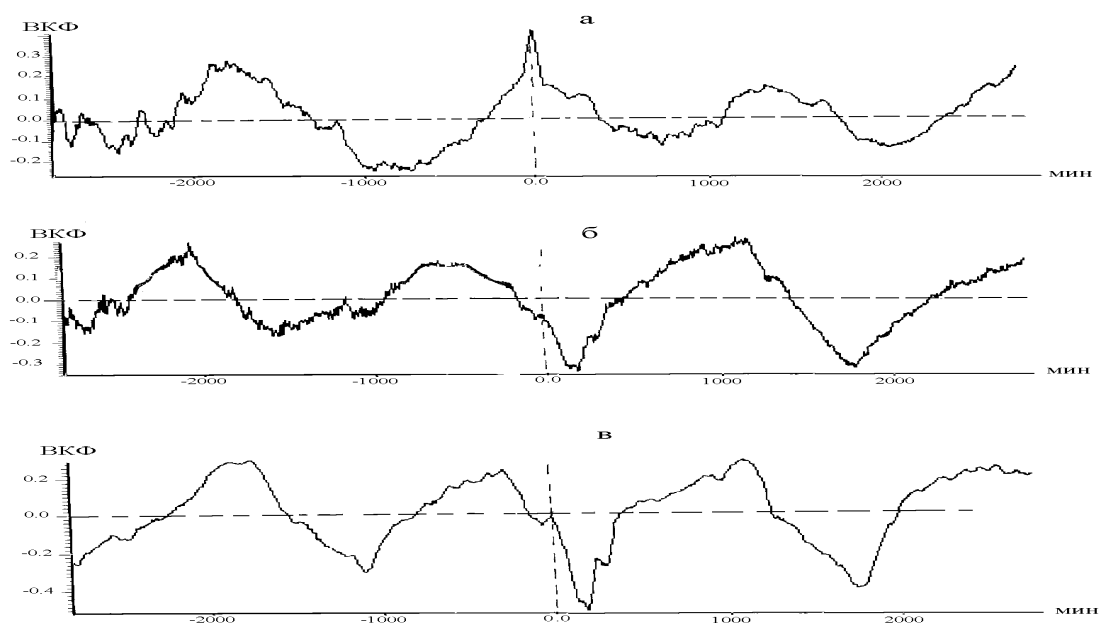


Рис.2. Взаимокорреляционные функции временных рядов: а) вариаций радона и магнитотеллурического тока; б) вариаций магнитотеллурического тока и сейсмического шума; в) вариаций радона и сейсмического шума

Как следует из рисунка 2 между временными рядами подпочвенного радона и поля магнитотеллурического тока отмечается значимая корреляционная связь ($K=0.4$) при двухминутном запаздывании поля магнитотеллурического тока относительно вариаций поля радона. Данное обстоятельство, как нам представляется, свидетельствует о существовании общего источника управляющего процессом переноса в восходящем флюидном потоке радиоактивных эманаций (радона и торона) и продуктов их распада и процессом формирования

РУДАКОВ И ДР.: ФЛЮИДОДИДАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ВАРИАЦИЯХ

составляющих вариаций магнитотеллурического тока. Таким источником, по нашему мнению, подкрепленному опытом многолетних исследований в сейсмоактивных регионах, является кромка капиллярной каймы над колеблющимся зеркалом грунтовых вод, которая чутко реагирует как на изменение давления в водоносном слое, так и на изменения атмосферного давления. Кроме того, распадающиеся атомы радона, торона и продуктов их распада изменяют проводимость капиллярной влаги, изменяя тем самым величину электрической составляющей магнитотеллурического тока, т.е. его входной импеданс. Поэтому и наблюдается практически синхронное изменение названных параметров – поля радона и поля магнитотеллурического тока.

Между тем, значимая отрицательная корреляционная связь ($K = -0.35$), отмечающаяся между временными рядами магнитотеллурического тока и сейсмического шума, характеризуется запаздыванием теллурического тока по отношению к шуму с интервалом 180 минут. В то же время, значимая отрицательная корреляция ($K = -0.46$) наблюдается между временными рядами радона и сейсмического шума с запаздыванием радона относительно шума также на 180 минут. Ранее подобные соотношения между вариациями эманационных полей и вариациями поля сейсмического шума наблюдались нами на территории Москвы, где основной составляющей сейсмического шума является шум города [Паршикова и др., 2002]. В данном же случае, несмотря на отсутствие явно выраженной суточной составляющей в вариациях сейсмического шума (рис.1 г), характерной для городских условий, во всех взаимокорреляционных функциях представленных временных реализаций околосуточные составляющие, тем не менее, выделяются.

Поэтому на основании полученных соотношений механизм формирования причинно-следственной связи в образовании динамической составляющей восходящего флюидного потока представляется как процесс модуляции процессов переноса эманаций влияющих, в том числе, на процесс формирования динамической составляющей магнитотеллурического тока, локальными источниками сейсмического шума, существующими в геоструктурных элементах осадочной толщи окрестностей “Свято-озера”. И хотя данная точка зрения не является бесспорной, она все же дает некоторое представление о геолого-геофизических процессах протекающих в приповерхностных слоях осадочного чехла, подтверждаясь результатами приведенного ниже спектрального анализа.

Таблица 1. Периоды составляющих спектра взаимокорреляционных функций временных рядов измерявшихся параметров после исключения суточной составляющей

Назв. спектра	T2(час)	T3(час)	T4(час)	T5(час)	T6(час)
Радон/ток	12.4	6.8	4.9	3.9	2.8
Ток/сейсм	11.4	6.8	4.9	3.9	2.8
Сейсм/радон	12.4	6.8	4.9	4.0	3.3

Для выявления более тонкой структуры во взаимоотношении исследуемых временных рядов были вычислены функции скользящей корреляции в окне шириной 1.8% от величины временных реализаций и вычислены их спектры, периоды которых приведены в табл. 2.

Таблица 2. Периоды спектров функций скользящей корреляции временных рядов измерявшихся параметров

Назв. спектра	T1(час)	T2(час)	T3(час)	T4(час)	T5(час)	T6(час)
Радон/ток	27.3	12.4	9.1	4.9	3.25	2.6
Ток/сейсм	27.3	13.7	5.5	4.3	3.25	2.8

В таблице 1 приведены составляющие спектра взаимокорреляционных функций, изображенных на рис.2., которые были получены после удаления из спектра суточной доминанты, что позволило во временных рядах рассматриваемых параметров выделить более высокочастотные гармоники, свидетельствующие о нелинейном характере развития рассматриваемых процессов, подтверждающем наличие в среде локальных сейсмических источников.

Как следует из полученных данных, при общей положительной корреляции между рассматриваемыми временными рядами радона и магнитотеллурического тока, взаимосвязь между ними носит знакопеременный характер. При этом значения корреляционной функции достигают практически ста процентного уровня как при прямой, так и при обратной зависимости параметров. Аналогичная картина (при общей отрицательной корреляции) наблюдается для временных рядов теллурического тока и сейсмического шума, равно как для временных рядов радона и сейсмического шума.

Периоды составляющих вариаций исследуемых временных рядов, приведенные в таблице 2 не всегда совпадают с периодами гармоник, приведенных в таблице 1, что, видимо, свидетельствует о более многообразном сочетании факторов, определяющих динамику флюидопереноса в пункте измерений. Тем не менее, взаимокорреляционная связь между вариациями поля радона и поля сейсмического шума в пункте наблюдений, равно как и коррелируемость поля радона с полем одной из составляющих спектра магнитотеллурических токов является значимой. Однако, в отличие от наблюдавшейся ранее в условиях Москвы [Паришкова и др.,2002], эта зависимость не может быть объяснена вариациями городского сейсмического шума, воздействующего на динамику восходящих флюидных потоков, поскольку ближайший к “Свято-озеру” город Муром находится на расстоянии порядка 30-ти километров на противоположном берегу реки Ока, поглощающей шум города. Взаимокорреляционная связь между полями радона и сейсмического шума, равно как и между полями сейсмического шума и теллурического тока, носит знакопеременный характер, волнообразно меняясь от значимых положительных до значимых отрицательных значений. Подобные вариации коэффициентов корреляции между полями сейсмического шума, полей эманаций радона и магнитотеллурического тока можно связать с характером изменения флюидопереноса при изменении напряженно-деформированного состояния горных пород в структурно-тектоническом образовании, в зоне динамического влияния которого находится пункт наблюдений. Влияние названного выше регионального дугообразного структурно-тектонического образования на характер формирования анизотропии проницаемости осадочных пород в окрестности “Свято-озера”, а, соответственно, и на динамику восходящего флюидопереноса, изучавшееся нами посредством радиально-азимутальных съемок, не имеет явно выраженного характера. Такой тип формирования анизотропии проницаемости пород осадочного чехла отмечается в зоне развития кольцевых геоструктурных образований [Козлова и др.,1999], когда деформации горных пород осадочного чехла не имеют явно выраженной одно или двусторонней ориентации.

В то же время, спектральный анализ временных рядов (см. таблицы) свидетельствует о влиянии на динамику вертикального флюидопереноса деформационных составляющих приливной природы, что проявляется в наличии во временных рядах периодических составляющих спектра в области суточных и полусуточных гармоник.

Таким образом, существующие предпосылки для установления в изучаемых полях более тонкой структуры взаимодействия гидрогеодинамических и физико-химических процессов позволяют надеяться, что получение более длительных временных реализаций позволит выявить те особенности формирования вертикально восходящих флюидных потоков, под воздействием которых протекают процессы, ускоряющие развитие карстово-суффозионных явлений, представляющих одну из главных геоэкологических проблем региона. При этом, результаты комплексного мониторинга флюидодинамических процессов с использованием измерений вариаций эманационных и сейсмоэмиссионных полей, в совокупности с регистрацией высокочастотной составляющей магнитотеллурических токов, осуществлявшегося в геодинамически активном районе Нижегородской области, показали, что на основе полученных данных можно создать эффективный комплекс мониторинга состояния геологической среды и развития геоэкологических процессов.

Литература

Козлова, Н. С., В. П. Рудаков, В. Н. Шулейкин, Г. И. Войтов Г.И. (1999). Эманационные и электрические эффекты в атмосфере подпочв над Калужской импактной кольцевой структурой, *Российский журнал наук о Земле*, т. 1, №6, с. 503–510.

Макаров, В. И. (1996). О региональных особенностях новейшей геодинамики платформенных территорий в связи с оценкой их тектонической активности, *Недра Поволжья и Прикаспия*, Вып.13 (специальный), Ноябрь, с. 53–60.

Мудлер, Э., В. И. Осипов, В. М. Кутепов и др. (2004). К оценке опасности и риска на городских и промышленных закарстованных территориях на примере опорных участков в Москве и Дзержинске, *Материалы международного симпозиума: Карстоведение – XXI век. Теоретическое и практическое значение 25-30 мая 2004*. Пермь, с. 24–36.

Паршикова, Н. Г., В. П. Рудаков, В. В. (мл.) Цыплаков, В. В. Цыплаков (2004). Модуляция флюидных потоков разрывных геологических структур городским сейсмическим шумом (на примере вариаций эманаций радона и водорода на территории Москвы), *Геохимия*, № 3, с. 332–336.

Природные опасности России (2002). *Экзогенные геологические опасности*, Ред. В.И.Осипов и др. М.: Крук. 345 с.