

Глобальные факторы в динамике петрофизических процессов

В. П. Рудаков, В. В. Цыплаков
Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта, Москва
rudak@mail.ru; тел.: 8 (499) 254 9006

Ключевые слова: глобальные геодинамические процессы карстово-суффозионные процессы, флюидодинамический режим, спектрально-корреляционный анализ

Ссылка: Рудаков, В. П., В.В. Цыплаков (2011), Глобальные факторы в динамике петрофизических процессов, *Вестник ОНЗ РАН*, 3, NZ6083, doi:10.2205/2011NZ000213.

В классическом описании структурно-тектонического строения земной коры обширные территории древних платформ представляются геодинамически пассивными элементами литосферы. Именно поэтому природу различных явлений, происходящих на платформе, (оползневых и карстово-суффозионных процессов, горных ударов и взрывов газа в шахтах, разрывов трубопроводов и т.п.) принято связывать исключительно с процессами экзогенного изменения геологической среды, сформированной породами осадочного чехла [*Природные опасности России*, 2002]. Однако, результатами многолетних исследований геодинамических режимов геосинклинальных (сейсмоактивных) и платформенных регионов нами экспериментально было установлено [Рудаков, 2009], что в процессах подготовки катастрофических геодинамических явлений (землетрясений и вулканических извержений) заметную роль играют процессы глобального изменения напряженно-деформированного состояния литосферы вследствие процессов ее самоорганизации под воздействием вариаций скорости осевого вращения Земли. В частности было показано, что эти процессы находят отображение в изменении флюидодинамических режимов разломных структур Восточно-Европейской платформы (ВЕП), воздействуя на процессы экзогенного преобразования геологической среды, и, проявляясь в породах осадочного чехла локальными геодинамическими процессами и явлениями. Например, было установлено, что динамика аварий на линиях газопроводных сетей в пределах ВЕП связана с колебательными движениями платформы, а также, с процессами циклического флюидопереноса в разрывных трансконтинентальных и региональных тектонических образованиях, формирующих динамику развития карстово-суффозионных процессов в условиях Московской синеклизы [Рудаков, 2008].

Продолжая исследовать связи в цепочке причинно-следственной зависимости локальных геодинамических явлений и процессов от процессов глобального изменения напряженно-деформированного состояния земной коры, мы осуществили спектральный и корреляционный анализ полувековых (49-летних) временных рядов среднегодовых значений случаев образования карстовых провалов в г. Дзержинск Нижегородской области в сопоставлении с колебаниями уровня воды в реке Ока, протекающей в данной местности, вариациями скорости вращения Земли и изменением солнечной активности. Это позволило проследить за развитием карстово-суффозионных процессов под влиянием изменения флюидодинамических режимов региона, контролируемых вариациями напряженно-деформированного состояния земной коры региона, связанными с вариациями скорости вращения Земли и изменениями солнечной активности, контролирующими изменения климатологических параметров как на Земле в целом, так и в каждом конкретном регионе Планеты.

Отметим, что проблемой оценки влияния солнечно-земных связей на процессы приземной атмосферы, гидросферы и даже биосферы, после А.Л.Чижевского занимались многие исследователи [Ривин, 1989], однако геолого-геофизические аспекты этой задачи практически не затрагивались. Особенно недостаточно изучены процессы, управляющие в условиях платформенных территорий развитием экзогенных процессов, таких, например, как карстово-суффозионные. И в этом отношении представившаяся нам возможность проанализировать данные многолетних наблюдений «Карстовой обсерватории» г. Дзержинск Нижегородской области позволила, как нам представляется, сделать еще один шаг на пути оценки масштабов влияния планетарных процессов на динамику развития геодинамических процессов локального масштаба.

На рисунке 1 приведены исходные временные ряды среднегодовых значений вариаций

РУДАКОВ И ЦЫПЛАКОВ: ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

скорости вращения Земли (отн. значения), солнечной активности (числа Вольфа), случаев карстовых провалов в г. Дзержинск и уровня воды в р. Ока, которые были подвергнуты анализу на основе вычисления спектрально-временных и взаимокорреляционных характеристик названных временных рядов и их составляющих, выделенных методом энергетической фильтрации.

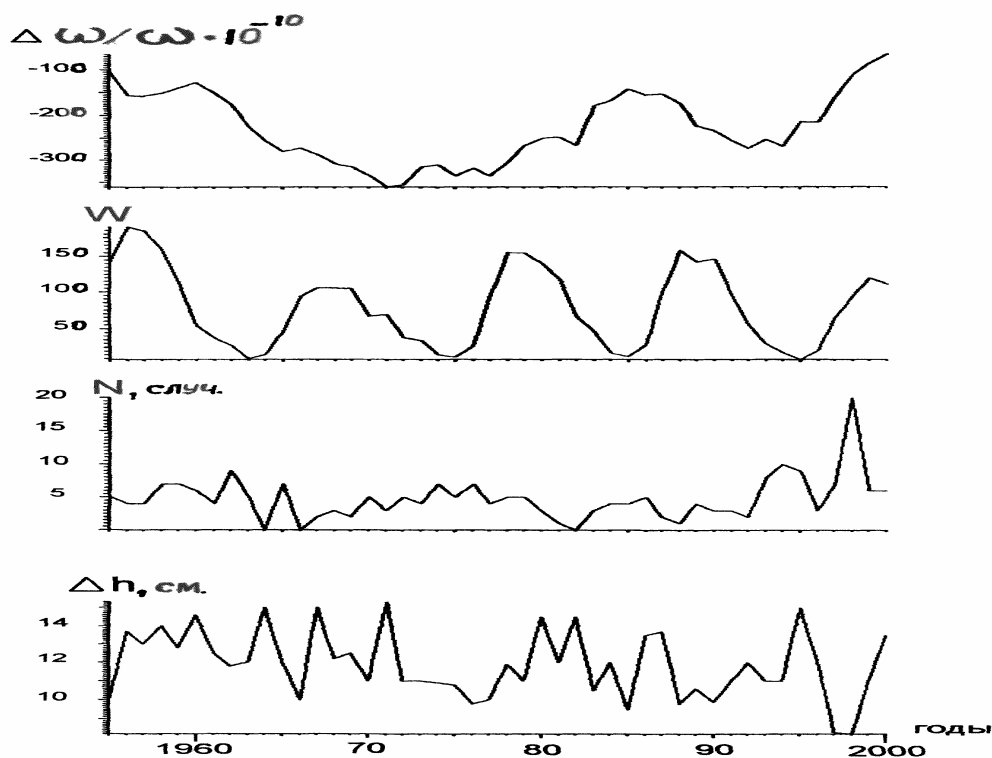


Рис. 1. Временные ряды вариаций среднегодовых значений (сверху в низ): скорости вращения Земли; индекса Солнечной активности; карстовых провалов в г. Дзержинск Нижегородской области; вариаций уровня воды в р.Ока

На рис. 2 приведены вычисленные значения функций взаимной корреляции (ФВК) между анализируемыми временными рядами.

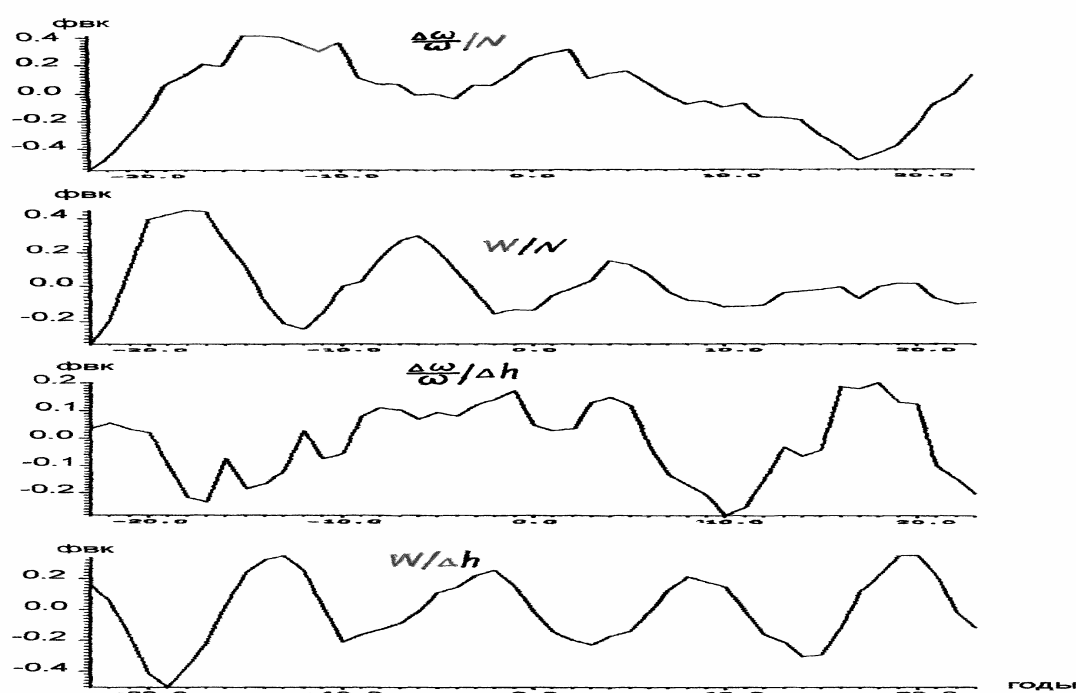


Рис. 2. Графики функции взаимной корреляции между временными рядами (сверху вниз): вариаций скорости вращения Земли и количества карстовых провалов в г. Дзержинск; вариаций солнечной активности и количества карстовых провалов в г. Дзержинск; вариаций скорости вращения Земли и вариаций уровня воды в р. Ока; вариаций солнечной активности и вариаций уровня воды в р. Ока.

Как следует из рис.2а, характер ФВК между вариациями скорости вращения Земли и количеством карстовых провалов в г. Дзержинск свидетельствует о слабой ($K=0.25$), но значимой ($P \geq 0.9$) прямой корреляции, а также о корреляции со сдвигом 2 года и 17 лет. При этом в спектре ФВК выделяется пик с периодом 22 года, характерный для спектра вариаций солнечной активности.

В то же время, из рис. 2б следует, что, несмотря на отсутствие между временными рядами вариаций солнечной активности и количеством карстовых провалов в г. Дзержинск (рис.2б) прямой значимой корреляции, вид функции, напоминающий затухающую синусоиду с периодом 11 лет, является свидетельством наличия значимой корреляционной связи в ретроспективе. При этом коэффициент корреляции со сдвигом в прошлое на 17 лет значим $K=0.5$ ($P \geq 0.95$). В спектре ФВК этих параметров выделяются пики с периодом 11 и 5 лет, которые характерны также для спектров временных рядов выпадающих в регионе осадков.

Влияние глобальных факторов на вариации уровня воды в р. Ока, связанного с гидрогеодинамическим режимом региона, проявляется следующим образом.

Согласно функции взаимной корреляции между вариациями скорости вращения Земли и вариациями уровня воды в р. Ока (рис.2в) непосредственная значимая корреляции отсутствует. Однако, с запаздыванием на 10 лет отмечается значимая ($P \geq 0.9$) отрицательная корреляция ($K=-0.3$) между рассматриваемыми параметрами, а в спектре ВКФ выделяются пики с периодом 11 лет и 22 года.

Между временными рядами вариаций солнечной активности и вариаций уровня воды в р. Ока (рис.2г) непосредственная значимая корреляция также отсутствует, тем не менее, функция имеет вид почти правильной синусоиды с периодом 11 лет, свидетельствуя о связи процесса изменения уровня воды в р. Ока с вариациям солнечной активности. В спектре ФВК выделяется четкий пик с периодом 11 лет.

Исходя из результатов проведенного математического анализа временных рядов, казалось бы, не связанных между собой параметров, попытаемся оценить степень влияния и роль глобальных факторов (вариаций скорости вращения Земли и изменения солнечной активности) в цепочке причинно-следственных связей формирования и развития локальных геодинамических процессов и явлений, к каковым относятся, прежде всего, карстово-суффозионные процессы, в условиях Русской платформы.

РУДАКОВ И ЦЫПЛАКОВ: ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Заметим, что общепринятые модели развития карстово-суффозионных процессов и формирования карстовых провалов [Ломтадзе, 1977] предполагают агрессивное участие в них верхних водоносных горизонтов подземной гидросферы. Тем не менее, это участие ограничивается рамками фильтрационных свойств конкретного породного комплекса, в котором развивается суффозия, и практически не учитывается пространственно-временная структура процессов формирования флюидодинамических режимов региона под воздействием глобальных геодинамических процессов.

Влияние вариаций флюидодинамического режима геоструктурного комплекса Нижегородского региона на динамику формирования карстовых провалов в г. Дзержинск, как можно видеть, нашло опосредованное отображение в результатах проведенного взаимокорреляционного и спектрального анализ соответствующих временных рядов. Непосредственная же связь динамики формирования карстовых провалов с вариациями с вариациями уровня воды в реке Ока обозначилась четким отрицательным экстремумом на кривой взаимокорреляционной функции без какого-либо смещения по оси абсцисс относительно нулевой координаты. Последнее свидетельствует о практически синхронном увеличении числа провалов в ответ на понижение уровня в р.Ока. В то же время, периодические составляющие, выделяющиеся в результатах взаимокорреляционного анализа временных рядов вариаций уровня воды в р. Ока, в сопоставлении с составляющими временных рядов вариаций солнечной активности и изменения скорости вращения Земли длительностью 11 лет и 22 года, а также периодичности, выделяющиеся в спектре временных рядов карстовых провалов и колебаний уровня воды в р. Ока длительностью порядка 2 и 4 года, а также 8, 11 лет и 22 года, непосредственно указывают на связь с процессами глобального масштаба [Ривин, 1989]. Это подтверждается также и результатами спектрально-временного анализа временных рядов среднемесячных значений вариаций солнечной активности и изменения скорости вращения Земли, в частотном спектре функции скользящей корреляции которых достоверно выделяются те же периодичности длительностью 2 и 4 года, 8, 11 лет и 22 года, а также составляющие с периодом 1 год.

Характер трендовой (региональной) составляющей временного ряда карстовых провалов, выделенный методом энергетической фильтрации, аналогичный характеру трендовой составляющей изменения скорости вращения Земли (рис.1), является дополнительным аргументом в пользу утверждения о связи локальных геодинамических явлений, к каковым относится периодическая активизация карстово-суффозионных процессов в Нижегородской области, с процессами глобального масштаба.

Таким образом, согласно результатам проведенных исследований динамика развития карстово-суффозионных процессов на территории Нижегородского региона (как, видимо, и на всей Русской платформе) обусловлена изменением флюидодинамических режимов подземной гидросферы. В свою очередь, изменение флюидодинамических режимов геоструктурных элементов Русской платформы контролируется, с одной стороны, вариациями солнечной активности, влияющими на изменение скорости вращения Земли и на изменение метеорологических параметров, а, с другой, определяется вариациями скорости вращения Земли, управляющими характером изменения напряженно-деформированного состояния земной коры в целом и в региональных масштабах, в частности.

Выявленные закономерности создают предпосылки для создания алгоритма прогнозирования развития пространственно-временной структуры формирования и активизации вертикально восходящих флюидных потоков в структурно-тектонических элементах земной коры, ускоряющих развитие карстово-суффозионных явлений, представляющих одну из главных геологических проблем многих регионов Русской платформы.

Литература

- Ломтадзе, В. Д. (1977), *Инженерная геология. Инженерная геодинамика*. Л.: Недра, 479 с.
- Природные опасности России. Экзогенные геологические опасности* (2002), ред. В.И.Осипов и др., М.: Крук, 345 с.
- Ривин, Ю. Р. (1989), *Циклы Земли и Солнца*. М.: Наука, 165 с.
- Рудаков, В. П. (2008), *Проявление современной геодинамики Русской платформы в техногенных процессах и эманационных полях*, АНРИ, №2, с. 64–71.
- Рудаков, В. П. (2009), *Эманационный мониторинг геосред и процессов*. М.: Научный мир, 176 с.