

СВЯЗЬ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СКОРОСТИ ВЕТРА ВО ВНЕШНЕЙ СРЕДЕ И КОНЦЕНТРАЦИЙ РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ В ОБЪЕКТЕ "УКРЫТИЕ"

А. Д. Скорбун, Б. И. Огородников

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль

Исходя из предположения о связи концентрации радиоактивных аэрозолей в объекте "Укрытие" со скоростью ветра, выполнен совместный анализ долговременных рядов наблюдений этих величин с целью прогноза концентрации аэрозолей. Выполнен вейвлет-анализ ежедневных измерений средней скорости ветра за период 2001 – 2006 гг. с целью выявления скрытых периодичностей, а также анализ этих данных методом нормированного размаха Херста. Полученный высокий коэффициент Херста ($H \sim 0,8$) свидетельствует о наличии хаотической составляющей на фоне ярко выраженных сезонных и более долговременных колебаний средней скорости ветра. Наличие корреляции между средней скоростью ветра и концентрацией радиоактивных аэрозолей позволяет сделать выводы о долговременном поведении концентраций аэрозолей, несмотря на несистематические измерения этой величины.

Введение

Многолетние наблюдения за концентрациями аэрозолей в объекте "Укрытие" показывают, что они колеблются в довольно широких пределах. Предположение о том, что ветер должен влиять на концентрацию аэрозолей в объекте "Укрытие" на первый взгляд кажется если не очевидным, то вполне разумным. Поскольку внешняя оболочка объекта "Укрытие" имеет многочисленные люки, щели, неплотности технологических каналов, то турбулентные вихри проникают во внутренние помещения и вызывают пылеподъем. Однако прямые сопоставления наблюдений концентрации аэрозолей со средней скоростью ветра, с порывами ветра и качественный анализ результатов наблюдений [1 - 6] позволили сделать лишь вывод, что в объекте "Укрытие" наблюдается возрастание концентрации аэрозолей при средних скоростях ветра более 3 - 4 м/с. Попытка [7] использовать метод нормированного размаха Херста [8] для прогноза максимальных концентраций хотя и позволила обнаружить различие в поведении концентрации аэрозолей-носителей β -излучающих продуктов аварии ($\Sigma\beta$) и отдельно ^{137}Cs , с одной стороны, и дочерних продуктов радона и торона (ДПР), с другой стороны, в целом не привела к успеху ввиду отсутствия систематичности в наблюдениях. Тщательный статистический анализ упомянутых результатов наблюдений [9] позволил сделать уверенный вывод о существовании связи между средней скоростью ветра и концентрацией аэрозолей и сделать определенные количественные оценки. В частности, была определена степень корреляции и показано, что если между концентрациями $\Sigma\beta$, ^{137}Cs и скоростью ветра существует хотя и не стопроцентная, но достаточно достоверная прямая зависимость, то между скоростью ветра и ДПР наблюдается четко выраженная антикорреляция. Кроме того, были подтверждены выводы [1, 3, 5] о том, что кроме ветра существуют и другие причины образования аэрозолей в объекте "Укрытие".

Надежное установление наличия связи между скоростью ветра и концентрацией аэрозолей в объекте "Укрытие" [9] вновь позволяет поставить вопрос о прогнозировании долговременного поведения концентрации аэрозолей на основе анализа скорости ветра. Долговременные ряды наблюдений метеорологических и геофизических величин широко изучаются, в том числе методом нормированного размаха [10 – 13], с целью поиска закономерностей в их поведении и прогноза. При этом, как правило, обнаруживается так называемое персистентное поведение (долговременная память), которое характеризуется величиной коэффициента Херста $H > 0,5$ и свидетельствует о том, что поведение системы не

является полностью случайным, а ее состояние в данный момент зависит от состояния в предыдущие периоды времени.

Возвращаясь к вопросу о концентрации аэрозолей можно проблему сформулировать так. Если сильный ветер поднял пыль (возросла концентрация аэрозолей), то нужно некоторое (неизвестное пока) время на ее оседание. Следовательно, результат сегодняшних измерений концентрации аэрозолей может зависеть от того, какой силы ветер был вчера, а может быть и несколько дней назад. Именно наличие таких эффектов долговременной памяти обнаруживается с помощью метода нормированного размаха по величине коэффициента H .

Для применения метода Херста требуется наличие регулярных без пропусков измерений (ежедневных, ежемесячных, ежегодных и т.п.). Имеющиеся у нас многолетние (2002 – 2006 гг.) результаты измерений концентрации аэрозолей, к сожалению, имеют пропуски. Однако имеются результаты ежедневных наблюдений средней скорости ветра по данным метеостанции "Чернобыль". В данной работе предпринята попытка углубленного анализа данных о скорости ветра и поиска соответствующих параллелей с поведением концентраций аэрозолей.

Анализ скорости ветра

Для анализа были использованы данные метеостанции "Чернобыль" о скорости ветра за 2001 – 2006 гг., взятые из таблиц метеорологических и агрометеорологических наблюдений. Среднюю за сутки скорость ветра рассчитывают как среднеарифметическую величину из восьми измерений, проводившихся через каждые три часа. Применение к метеоданным метода Херста позволяет выявить в них степень хаотичности, а вейвлет-анализа – разного рода периодичности [14].

Метод нормированного размаха Херста. Стандартный [8] алгоритм вычисления H предполагает, что вся серия измерений разделяется на некоторое число интервалов длительностью t . Для каждого из них подсчитывается нормированный размах R/S (R – размах – разность между наибольшим и наименьшим накопленным отклонением от среднего, S – стандартное отклонение) и берется его среднее значение по всем интервалам для данного t . Затем величина t изменяется и процедура повторяется. Зависимость $R(t)/S(t)$ пропорциональна t^H . Для полностью случайного процесса $H = 0,5$ [15]. Однако для природных явлений (величина стока рек, ширина колец деревьев и т. п.), порождаемых нелинейными процессами [8, 16], характерно наличие так называемой долговременной памяти (зависимость нынешнего состояния системы от предшествующего) и для них величина $H > 0,5$.

На рис. 1, *a* показаны результаты обработки ежедневных измерений средней скорости ветра на метеостанции "Чернобыль" за 2002 – 2006 г. методом нормированного размаха Херста. Из графика следует, что скорость ветра не является полностью случайным процессом, поскольку $H \sim 0,8$, что свидетельствует о наличии долговременной памяти в данном процессе. Этот результат можно было ожидать, поскольку большое число временных геофизических рядов обладают таким свойством. Последующие расчеты будут сравниваться с этим результатом как с базовым.

Следующим вопросом было выяснение того, насколько искажаются результаты расчетов H при нерегулярности измерений, т. е. через день или реже. Для этого из полной серии измерений среднесуточных скоростей ветра случайным образом удаляли некоторое число элементов и для такой укороченной выборки подсчитывали H .

Процедура расчетов при наличии пропущенных измерений была следующая. Поскольку имеется непрерывный ряд последовательных ежедневных измерений, то каждому измерению присваивался последовательный номер. Сначала рассматривается непрерывный ряд номеров измерений, разбитый на некоторое число интервалов равной длительности t . Затем из этого полного ряда случайным образом выбирается заданное число элементов, которым присваивается значение 0. Это означает, что данные об измеряемой величине

(скорости ветра) для этих дней неизвестны и в ряду измерений для этих номеров данные удалялись. В результате образуются интервалы, в которых число элементов меньше, чем t . При большом числе удаленных элементов могут образовываться интервалы, в которых все элементы равны 0. Такие интервалы из подсчетов выбрасывались. Затем для каждого интервала определялось отношение R/S и средний нормированный размах для данного t .

Чтобы оценить неопределенность в подсчете коэффициента Херста, связанную со случайностью выбора номеров пропущенных элементов из полного ряда при заданном их количестве, процедура подсчета для заданного числа пропущенных элементов повторялась несколько раз, при этом элементы выбирались каждый раз случайным образом. Результаты таких расчетов представлены на рис. 1 б, где показано изменение H в зависимости от P - доли элементов, оставшихся в выборке после удаления из нее их некоторого числа, по отношению к полному ряду. Этот график демонстрирует весьма сложную и интересную зависимость величины H от количества пропущенных данных. Даже в случае одного и того же числа опущенных элементов, за счет их случайного выбора H оказывается разным и точки на графике образуют некоторую полосу, ширина которой зависит от P и является мерой неопределенности оценки H . Можно сделать следующие выводы: 1) с уменьшением числа выбранных для анализа элементов вплоть до случайным образом взятых $P = 0,2$ частей из общего числа элементов ряда, полученный коэффициент Херста отклоняется от базового в пределах $\pm 15\%$ и сохраняет высокое значение - основную характеристику, являющуюся показателем наличия долговременной памяти. Следовательно, сохраняется, как и для полного ряда, $H > 0,5$; 2) с возрастанием доли выброшенных значений до примерно 50 %, средняя величина H возрастает, а при дальнейшем увеличении начинает падать; 3) неопределенность в оценке H за счет случайности выбора пропущенных элементов постепенно возрастает с увеличением их доли и достигает примерно $\pm 10\%$; 4) если взять менее 0,2 элементов от их общего числа, H резко падает до значений $\sim 0,5 \pm 0,07$, т. е. информация о долговременных эффектах утрачивается.

Даты проведения измерений концентрации радиоактивных аэрозолей в объекте «Укрытие» можно считать случайной выборкой из полного ряда дат измерений средней скорости ветра. Поскольку за четыре года (2003 – 2006) число возможных ежедневных наблюдений составило 1461, а число отобранных проб составляет около 200, то для этих измерений $P \sim 0,14$. Расчет H для средней скорости ветра для дат пробоотборов показан на рис. 1, в. В полном соответствии с приведенными выше (см. рис. 1, б) результатами расчетов полученный коэффициент Херста составил около 0,5 (см. рис. 1, в), т.е. информация о долговременных зависимостях исчезла. Выявленное высокое значение H для средней скорости ветра свидетельствует о сильной зависимости текущего состояния системы от предыдущих значений (процесс с долговременной памятью).

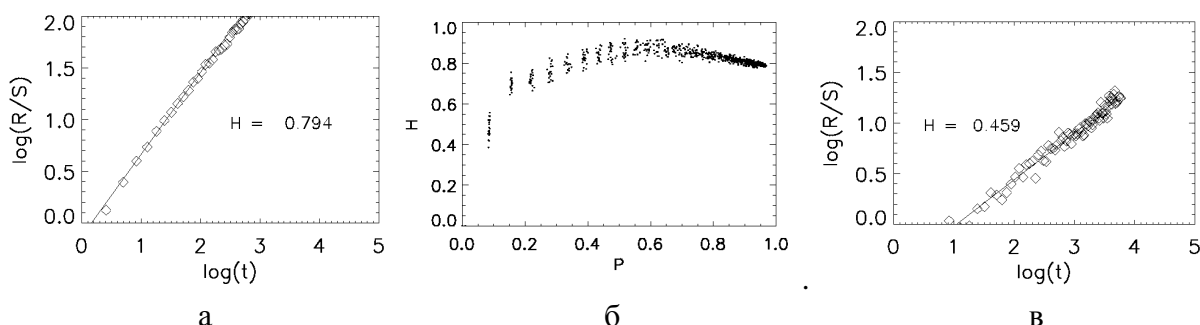


Рис. 1. Анализ данных наблюдений средней скорости ветра методом нормированного размаха Херста: слева – анализ регулярного ряда наблюдений; в центре – зависимость H от доли сохраненных наблюдений P ; справа – анализ для данных в периоды измерения концентрации аэрозолей.

Вейвлет-анализ. Вейвлет-преобразование представляет собой разложение данной функции (чаще всего временного ряда) по некоторому базису ограниченных во времени и пространстве (локализованных) функций [14, 17, 18]. Для простоты восприятия это преобразование часто рассматривают в сравнении с рядами Фурье. Однако если при использовании последних функция разлагается по бесконечным синусоидам, то при вейвлет-преобразовании базисной является ограниченная функция, например производная от ограниченной колоколообразной функции Гаусса (МНАТ-вейвлет). Результатом вейвлет-преобразования является двумерная матрица коэффициентов, полностью характеризующая исходную функцию. Поскольку трактовка результатов, получаемых с помощью вейвлет-преобразования, достаточно неоднозначна, ее легче понять, рассматривая результаты преобразования хорошо известных функций.

Рассмотрим для наглядности модельную функцию в виде синусоиды с добавкой случайных возмущений, предполагая, что экспериментальные данные о скорости ветра будут иметь подобный характер. На рис. 2 показаны полученные с использованием МНАТ-вейвлета (верхний ряд слева направо) двумерные (в плане) картины вейвлет-коэффициентов для модельных функций $\sin x$, $\sin 4x$ и $\sin x + \sin 4x + \xi$, где ξ - случайное число. На каждом рисунке в верхней части приведена анализируемая функция. На двумерной картине по горизонтали отложены значения x , которые, поскольку в дальнейшем анализируются временные ряды, будем считать сутками, а по вертикали (сверху вниз) откладывается так называемый масштаб, который также является временем и показывает, на каком интервале времени имеются те или иные особенности (в нашем случае периодичность). Масштаб для каждого вейвлета однозначно связан с периодом анализируемой функции. В этом отличительная особенность и преимущество вейвлет-анализа перед преобразованием Фурье. В результате мы получаем информацию не только о том, что анализируемая функция имеет спектр в виде одной частоты, но и о том, в какие моменты времени (по оси x) наблюдаются особенности функции (временного ряда) – максимумы и минимумы. Цветом (тоном) отображается амплитуда вейвлет-коэффициентов (см. картину коэффициентов в виде поверхности на с. 3 обложки данного выпуска). В правой части каждого из фрагментов рис. 2, *a* приведен график средних значений коэффициентов для данного масштаба. Он отражает вклад коэффициентов данного масштаба в анализируемую функцию. Из картины вейвлет-коэффициентов на рис. 2, *a* (закономерная серия светлых пятен на масштабе примерно 64) следует, что анализируемая функция содержит периодическую компоненту, вклад которой в общую функцию является определяющим (острый единственный пик среднего значения на этом масштабе). Для синусоидальной функции с вчетверо большей частотой наблюдается качественно та же картина, но на масштабе вчетверо меньшем (т.е. ~ 16). На рис. 2, *b* показан результат вейвлет-преобразования для функции, которая является суммой двух предыдущих с добавлением случайной компоненты. Сравнивая его с рис. 2, *a* и рис. 2, *b* можно сделать вывод, что в анализируемой функции можно выделить яркие особенности на масштабе примерно 64 сут, далее светлые пятна как бы раздваиваются и на масштабе примерно 16 видна закономерная серия полос. Беспорядочную систему полос на масштабах меньших 16, а также светлые области на масштабе порядка 600 следует отнести к проявлениям случайной составляющей. Отметим при этом, что амплитуды коэффициентов на этих масштабах чрезвычайно низкие и не входят в пределы оценок достоверности.

Рис. 2, *b* является примером тех изображений, которые наблюдаются для реальных данных. Поэтому отметим интересующие нас особенности: на масштабах, отвечающих составляющим синусоидам, на картине вейвлет-коэффициентов наблюдаются серии светлых пятен в тех местах временной шкалы, где синусоиды имеют максимумы и минимумы, а также вклад случайной составляющей, который заполняет все поле в добавление к картинам, ожидаемым от чистых синусоид. Искривление картины на краях является результатом ограниченности функции во времени.

МНАТ-вейвлет наглядно демонстрирует наличие периодических составляющих в анализируемом сигнале, но в данном преобразовании не различаются максимумы и минимумы функции. Чтобы по картине вейвлет-коэффициентов выявить максимумы, воспользуемся вейвлетом Морле 3-го порядка, результаты преобразования показаны в нижнем ряду рис. 2. Это преобразование дает возможность выявить максимумы поверхности коэффициентов, которые на рис. 2, *з*, 2, *д* и 2, *е* проявляются как светлые вертикальные линии. Искривление картины на краях является также результатом ограниченности функции во времени.

Теперь рассмотрим результаты вейвлет-преобразования временного ряда измерений средней скорости ветра, приведенные на рис. 3. Применение МНАТ-вейвлета позволяет обнаружить, по нашему мнению, три области периодических явлений. В первую очередь это особенности (серия светлых пятен) с интервалом примерно 180 сут (на масштабе примерно 90), которые безусловно являются сезонными: максимумы, выявляемые с помощью преобразования Морле, приходятся на февраль, а минимумы – на август. На рис. 3, *а* явно просматривается также особенность на масштабе примерно в 500 сут (т. е. период примерно 5,5 лет), для которой имеется только один максимум и один минимум.

На рис. 3, *а* и 3, *б* следует выделить также области на меньших масштабах, над сезонными колебаниями, где наблюдаются аperiodические серии более частых, чем сезонные, светлых пятен. Для систем, порождающих последовательности с $H > 0,5$, H тесно связано с фрактальной размерностью [8], поэтому в них можно ожидать проявлений динамического хаоса, а именно – схожести поведения на разных масштабах. Особенности поведения линий максимумов для случайного и хаотического рядов изучались, например, в [14]. Было показано, что для ряда случайных чисел картина линий максимумов также в значительной мере случайная, в то время как для обладающего фрактальными свойствами канторовского множества картина максимумов является типичной для бифуркаций удвоения периода. На картине вейвлета Морле (см. рис. 3, *б*) также можно выделить области, где сезонные максимумы как бы раздваиваются, а затем раздваиваются левые линии из образовавшихся пар (на масштабах примерно 60 и 30 сут). Выше этого, на меньших масштабах, картина представляется хаотической. Хотя такое заключение является, скорее, качественным.

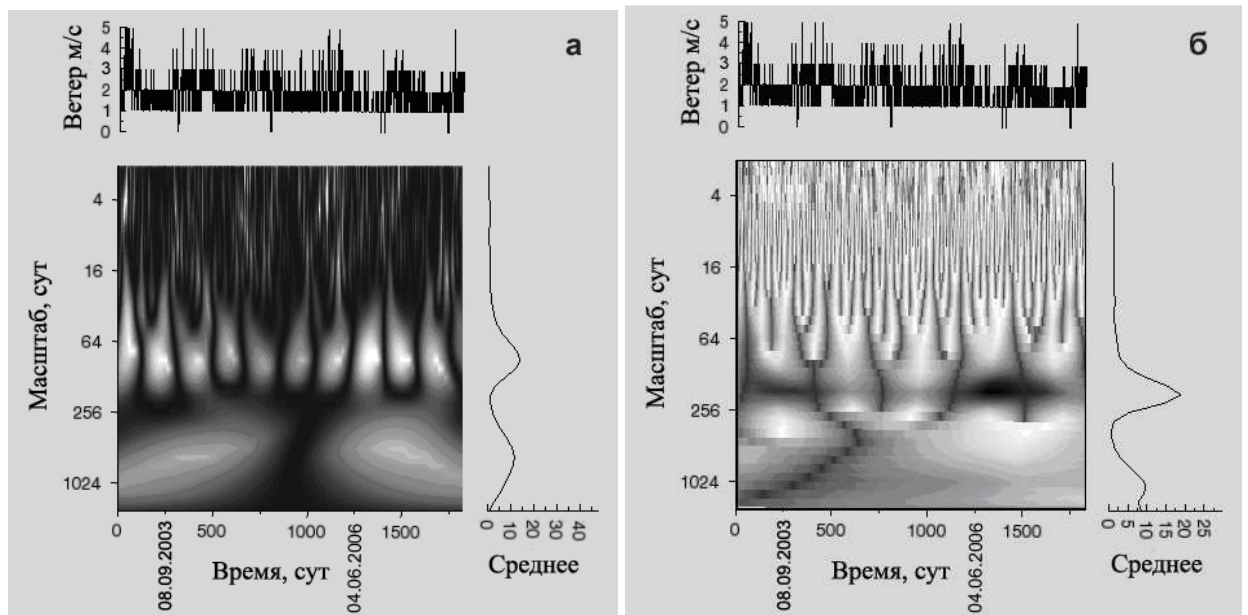


Рис.3. Вейвлет-анализ средней скорости ветра в районе метеостанции Чернобыль за период 2004 – 2006 гг. Слева –МНАТ- вейвлет, справа – вейвлет Морле 3-го порядка

Анализ аэрозолей

В свете выявленных выше закономерностей изменчивости средних скоростей ветра рассмотрим теперь результаты измерений концентраций радиоактивных аэрозолей, выбрасываемых из объекта "Укрытие" через вентиляционную трубу. Как упоминалось выше, количество отобранных проб, т. е. число дней, в которые проводились наблюдения за аэрозолями, составляет 0,14 от общего числа дней за весь период 2003 – 2006 гг. Если провести формально анализ Херста для измерений концентраций аэрозолей ^{212}Pb , аналогично выполненному для этих дат анализу

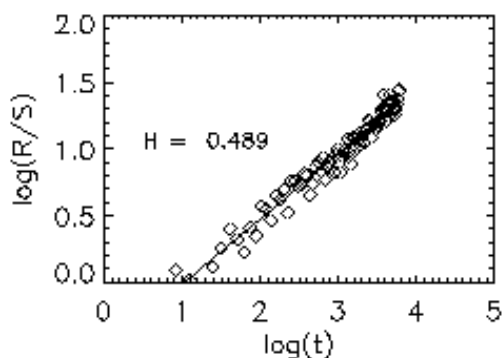


Рис.4. Зависимость нормированного размаха концентрации аэрозолей ^{212}Pb от интервала времени за периоды экспериментальных наблюдений.

скорости ветра (см. рис. 1, в), то получим результат, показанный на рис. 4: для концентрации аэрозолей также $H \sim 0,5$. Иными словами, если считать, что временное поведение концентрации радиоактивных аэрозолей имеет те же свойства, что и временное поведение скорости ветра ($H \sim 0,8$), то имеющегося числа проб радиоактивных аэрозолей недостаточно, чтобы по ним выявить возможные долговременные характеристики изменения концентраций. Чтобы такие долговременные эффекты проявились, число измерений концентрации радиоактивных аэрозолей согласно рис. 1, б должно составить не менее 0,2 от общего возможного числа ежедневных изме-

рений. Таким образом, измерения необходимо проводить регулярно и не реже чем через пять дней. В связи с этим следует заметить, что для прогностических оценок еще меньшую ценность представляют отборы проб аэрозолей, выполняемых в системе "Байпас" объекта "Укрытие" в соответствии с регламентом ЧАЭС хотя и круглосуточно, но со сменой фильтров раз в неделю. Учитывая, что концентрации радиоактивных аэрозолей в объекте "Укрытие" обусловлены не только пылеподъемом за счет ветра, но и, например, строительными работами, частоту пробоотборов следует увеличить хотя бы до трех дней.

Заключение

Контроль за концентрацией радиоактивных аэрозолей в воздухе является обязательным для объектов атомной энергетики. Известны попытки прогнозирования их величины и распространения [19]. В настоящей работе рассмотрены возможности применения широко распространенных методов анализа временных рядов наблюдений, а именно нормированного размаха Херста (R/S анализ) и вейвлет-преобразования, для оценки многолетних наблюдений за концентрацией аэрозолей внутри объекта "Укрытие". Показано, что непосредственное использование указанных методов для выявления по имеющимся данным каких-либо закономерностей затруднительно ввиду того, что результаты измерений не являются достаточно регулярными.

Учитывая обнаруженную ранее тесную связь между концентрацией радиоактивных аэрозолей в объекте "Укрытие" и скоростью ветра, в данной работе выполнен анализ временного поведения скорости ветра и возможности перенесения этих результатов на измерения концентраций аэрозолей.

В поведении среднесуточной скорости ветра методом вейвлет-анализа обнаружены сезонные периодичности (максимум примерно в феврале и минимум примерно в августе), более долговременные эффекты с периодом около 5,5 лет, а также межгодовая изменчивость интенсивности сезонных периодичностей.

Показано, что даже нерегулярные проанализированные здесь данные о концентрации радиоактивных аэрозолей в объекте "Укрытие" обладают теми же статистическими свойствами, что и измерения скорости ветра при отборе проб. Это позволяет сделать заключение,

что выбросы радиоактивных аэрозолей из вентиляционной трубы объекта "Укрытие" и, видимо, неплотностей строительной конструкции в целом (на временных масштабах, скажем, месяц) следуют скорости ветра и обладают теми же статистическими свойствами, в том числе периодичностью. Этот факт можно использовать при расчетах выбросов и прогноза распространения радиоактивных аэрозолей из объекта "Укрытие".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Огородников Б. И., Павлюченко Н. И.* Наблюдение за концентрациями и составом радиоактивных аэрозолей в выбросах из объекта "Укрытие" // Проблемы Чернобиля. - 2003. - Вип. 13. - С. 57 - 73.
2. *Огородников Б. И., Павлюченко Н. И., Ковальчук В. П.* Влияние ветра на выброс радиоактивных аэрозолей из объекта "Укрытие" // Тез. докл. Междунар. научн. сем. "Радиоэкология Чернобыльской зоны", 13 - 14 сент. 2004 г., Славутич. Украина. - Славутич, 2004. - С. 85 - 86.
3. *Огородников Б. И., Будыка А. К., Павлюченко Н. И.,* Выброс радиоактивных аэрозолей из объекта "Укрытие" при сильных ветрах // Радиационная биология. Радиоэкология. - 2005. - Т. 45, № 2. - С. 234 - 242.
4. *Контроль* неорганизованных выбросов из объекта "Укрытие" // Проблемы Чернобиля. - 2003. - Вип. 12. - С. 126 - 141.
5. *Огородников Б. И., Павлюченко Н. И., Хан В. Е., Краснов В. А.* Связь концентрации радиоактивных аэрозолей в "Байпасе" объекта "Укрытие" с погодными условиями // Там же. - 2004. - Вип. 15. - С. 14 - 23.
6. *Ключников А. А., Краснов В. А., Рудько В. М., Щербин В. Н.* Объект "Укрытие": 1986 - 2006. - Чернобыль: ИПБ АЭС НАН Украины, 2006. - 168 с.
7. *Огородников Б. И., Скорбун А. Д.* О возможности прогнозирования уровня активности аэрозолей в вентиляционной системе объекта "Укрытие" // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чернобиля. - 2006. - Вип. 4. - С. 121 - 109.
8. *Феддер Е.* Фракталы. - М: Мир. - 1991. - 260 с.
9. *Огородников Б. И., Скорбун А. Д.* Связь выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта "Укрытие" с метеорологической ситуацией. Влияние скорости ветра // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чернобиля. - 2007. - Вип. 7. - С. 103 - 124.
10. *Breslin M. C., Belward J. A.* Fractal dimensions for rainfall time series // Mathematics and computers in simulation. - 1999. - Vol. 48. - Issue 4 - 6. - P. 437 - 446.
11. *Windsor H. L., Toumi R.* Scaling and persistence of UK pollution // Atmospheric environment. - 2001. - Vol. 35. - Issue 27. - P. 4545 - 4556.
12. *Planinic J, Vukovich B., Radolic V.* Radon time variations and deterministic chaos // Journal of environmental radioactivity. - 2004. - Vol. 75. - Issue 1. - P. 35 - 45.
13. *Kärner O.* On nonstationarity and antipersistence in global temperature series // Journal of geophysical research. - 2002. - Vol. 107. - No. D20, 4415 - 4425.
14. *Афанасьева Н. М.* Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // УФН. - 1996. - Т. 166. - № 11. - С. 1145 - 1170.
15. *Кроновер Р. М.* Фракталы и хаос в динамических системах. - М.: Постмаркет, 2000. - 352 с.
16. *Найденев В.И., Кожевникова И. А.* Эффект Харста в геофизике // Природа. - 2000. - № 1. - С. 3 - 11.
17. *Torrence C., Compo G. P.* A Practical guide to wavelet analysis // Bulletin of the American Meteorological Society. - 1998. - Vol. 79. - No. 1. - P. 61 - 78.
18. *Дремин И. М., Иванов О. В., Нечитайло В. А.* Вейвлеты и их использование // УФН. - 2001. - Т. 171. - № 5. - С. 465 - 501.
19. *Гаргер Е. К., Кузьменко Ю. И.* Прогноз объемной активности ¹³⁷Cs в приземном слое атмосферы 30-километровой зоны ЧАЭС // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чернобиля. - 2007. - Вип. 7. - С. 96 - 102.

Поступила в редакцию 30.01.08

14 ЗВ'ЯЗОК МІЖ ДОВГОТЕРМІНОВИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ШВИДКОСТІ ВІТРУ В НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ ТА КОНЦЕНТРАЦІЄЮ РАДІОАКТИВНИХ АЕРОЗОЛІВ В ОБ'ЄКТІ "УКРИТТЯ"

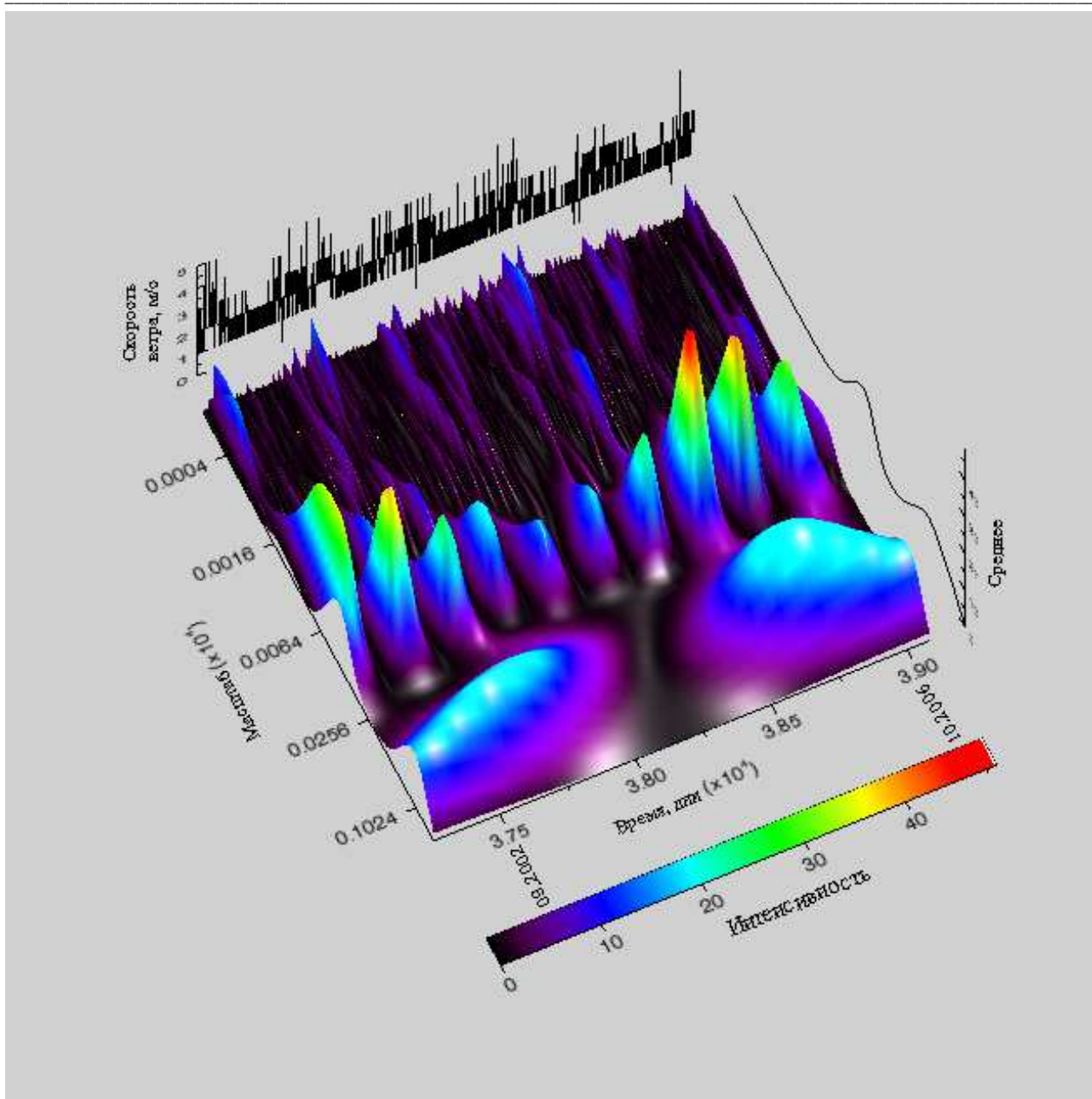
А. Д. Скорбун, Б. І. Огородніков

Виходячи з припущення про зв'язок між концентрацією радіоактивних аерозолів в об'єкті "Укриття" та швидкістю вітру, виконано спільний аналіз довготривалих рядів спостережень цих величин з метою прогнозу концентрації аерозолів. Виконано вейвлет-аналіз щоденних вимірювань середньої швидкості вітру за період 2001 – 2006 рр. з метою виявлення прихованих періодичностей, а також аналіз цих даних методом нормованого розмаху Херста. Отриманий високий коефіцієнт Херста ($H \sim 0,8$) свідчить про наявність хаотичної складової на фоні яскраво виражених сезонних та більш довготривалих коливань середньої швидкості вітру. Наявність кореляції між середньою швидкістю вітру та концентрацією радіоактивних аерозолів дає змогу зробити висновок про довготривалу поведінку концентрації аерозолів, не дивлячись на несистематичні вимірювання цієї величини.

14 RELATIONSHIP BETWEEN LONG TERM CHARACTERISTICS OF WIND VELOCITY IN THE OUTER ENVIRONMENT, AND RADIOACTIVE AEROSOLS CONCENTRATION IN "UKRYTTYA" OBJECT

A. D. Skorbun, B. I Ogorodnikov

On the basis of suggestion about relationship between radioactive aerosols concentration in "Ukryttya" object and wind velocity, a combined analysis of these things time series with the aim of prognosis. Wavelet analysis of daily wind velocity measurements for period 2001 – 2006 with the aim to discover of hidden periodicities, and also rescaled range analysis of these data have been fulfilled. The revealed great Hurst exponent ($H \sim 0.8$) argue about existence of chaotic component stand out sharply against the background of seasonal and more long term oscillations of mean wind velocity. Existence of correlation between mean wind velocity and radioactive aerosols concentration permits to make conclusions about long term behavior of aerosols concentration, in spite of nonsystematic measurements of this quantity.



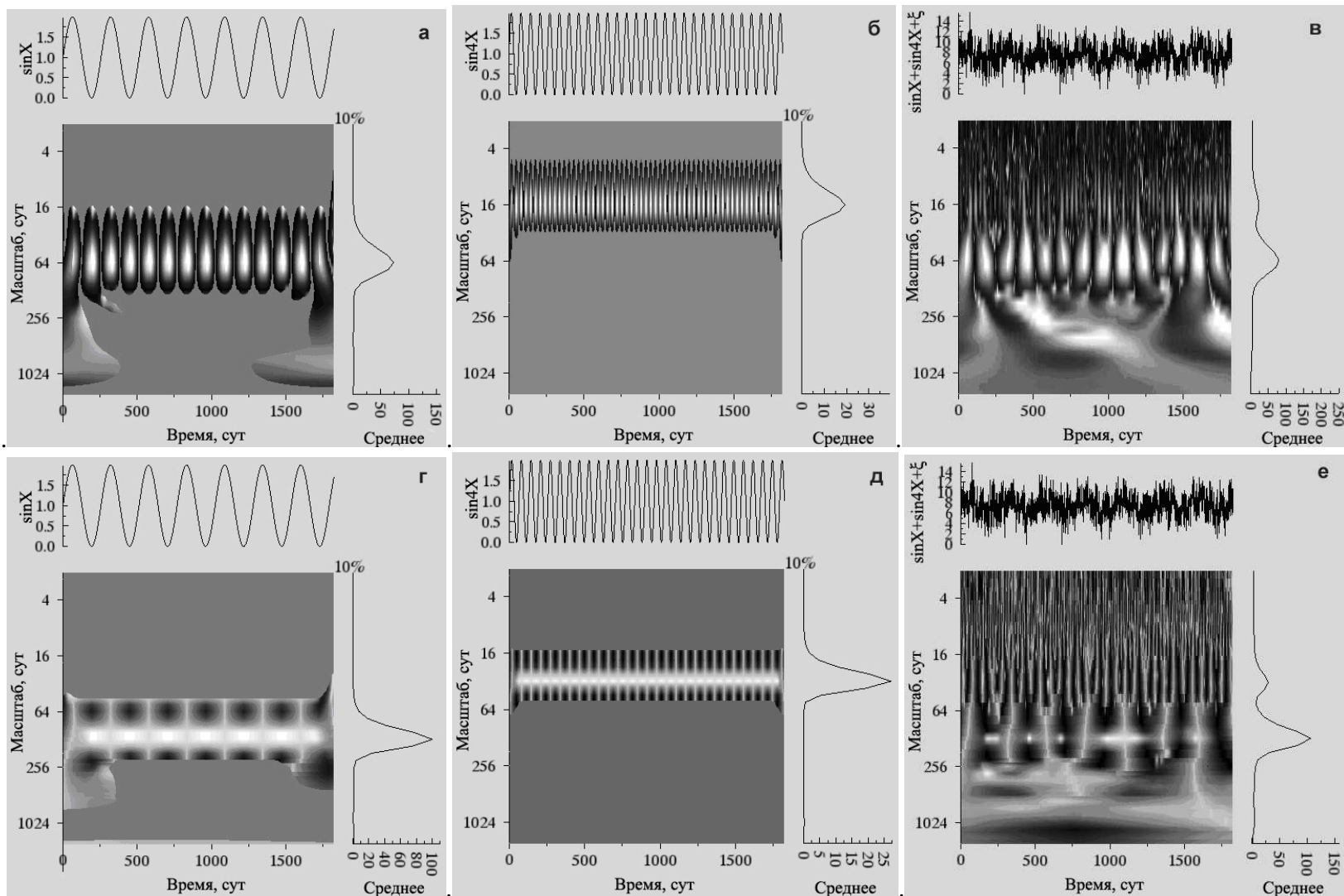


Рис. 2. Вейвлет-преобразования модельных функций. Верхний ряд – МНАТ-вейвлет, нижний ряд – вейвлет Морле 3-го порядка.