

УМЕНЬШЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕДЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ В ТРОПОСФЕРЕ

- А.Е. Олейник**, научный сотрудник ННЦ "Институт метрологии", г. Харьков
- А.В. Пазнухов**, ведущий инженер-радиофизик Радиоастрономического института НАН Украины, г. Харьков
- А.В. Соина**, аспирант Радиоастрономического института НАН Украины, г. Харьков
- А.В. Омельченко**, кандидат технических наук, доцент Харьковского национального университета радиоэлектроники
- Е.М. Занимонский**, PhD, ведущий инженер ННЦ "Институт метрологии", г. Харьков



А.Е. Олейник



А.В. Пазнухов



А.В. Соина



А.В. Омельченко



Е.М. Занимонский

Рассмотрено влияние неопределенностей модели и результатов измерений на обоснованность решений, принимаемых в области экологии. Отмечены проблемы использования многофакторных экспериментов и комплексных моделей при определении степени техногенной нагрузки на окружающую среду. Обоснована возможность использования уровня недельной цикличности параметров тропосферы как меры влияния человека на природу.

The model impact of uncertainties and results of measurements on validity of the decisions accepted in the field of ecology is considered. Problems of using the multifactorial experiments and complex models while estimation of technogenic loading on environment are noted. Possibility of usage of level of weekly recurrence of parameters of troposphere as measure of influence of the mankind on the environment is substantiated.

Введение

Традиционная задача измерений в процессе общественного производства, распределения, мониторинга окружающей среды или обеспечения безопасности может быть сформулирована следующим образом [1]: "что необходимо сделать вследствие того, что измеряемой величине обоснованно может быть приписано значение X с расширенной неопределенностью U при вероятности 0,95":

• на заводе деталь может быть забракована, отправлена на дополнительную обработку или помещена в соответствующую кассету на складе;

• в подсобке супермаркета служащий может еще досыпать сахар в пакет или запаковать и наклеить ценник;

• наблюдатель водомерного поста на горной реке может спокойно сделать запись в журнале, а может немедленно сообщить об опасности наводнения;

• на шоссе сотрудник, обеспечивающий безопасность движения, может потянуться за жезлом, останавливая лихача, а может обеспечить беспрепятственный проезд машине скорой помощи;

• в армии наводчик, получив отчет дальномера, поправит прицел или сообщит командиру о нахождении цели за пределами зоны поражения орудия;

• в связи с наблюдаемым повышением уровня мирового океана и глобальным потеплением, на международной конференции принимается решение о квотировании выбросов парниковых газов, но не все страны подписывают соответствующую конвенцию.

Каждое такое действие является результатом сопоставления априорной модели поведения с информацией, полученной в измерениях. Неопределенности результатов измерений, а также параметров и структуры модели порождают неопределенности предсказания и, в той или иной мере, ошибочные действия.

Одна из главных целей исследований в измерительной практике – сокращение неопределенности предсказания. Кроме того, желательно, чтобы такое сокращение неопределенности было получено путем уменьшения неопределенности во всех

определяющих компонентах. Для достижения этой цели необходимы: совершенствование методов получения и накопления данных, а также использование альтернативных источников данных в процессе моделирования; развитие моделей, которые лучше представляют действительность; совершенствование калибровки и проверки модели и развитие подходов, которые могут обоснованно определить величину и выразить неопределенность.

Чем сложнее модель и чем больше у нее параметров или активных факторов, тем больше влияние неопределенности модели по сравнению с влиянием неопределенности измерения [2]. Особенно это относится к многофакторным глобальным моделям геофизических процессов, в частности, климатическим.

Современные обвинения человечества в глобальном изменении климата на Земле, как экологической катастрофе, основываются преимущественно на эмоциональных оценках и выборочных данных, интерпретация которых далеко не однозначна [3, 4]. Большие неопределенности моделей влияния техногенной нагрузки на атмосферу не позволяют принимать эффективные решения международного сообщества для ее снижения. Расширение набора переменных, описывающих воздействие человеческой деятельности на атмосферу, позволит уменьшить неопределенности моделей. Вариации параметров тропосферы, порождаемые недельной цикличностью человеческой деятельности, являются значимым эффектом, количественная оценка которого может служить мерой влияния человечества на климат в глобальном масштабе.

По мере развития промышленности и интенсификации сельского хозяйства усиливается влияние человеческой деятельности на окружающую среду. Если к началу XX века оно носило локальный характер, то уже к середине столетия появились свидетельства о региональных и даже глобальных антропогенных эффектах. Одним из немногих параметров, характеризующих это влияние на атмосферу, является уровень недельных вариаций метеорологических данных. В большинстве научных публикаций авторы уверенно относят недельные вариации к последствиям именно человеческой деятельности, подчиненной строгому 7-дневному циклу.

Целью данной работы является расширение возможностей количественной оценки уровня техногенной нагрузки на атмосферу.

Основной материал

Промышленная активность и дорожное движение снижаются в конце недели, что приводит к уменьшению выбросов в атмосферу различного рода загрязнений. Степень этого уменьшения отличается от страны к стране и от региона к региону, но воскресный минимум выбросов наблюдается во

всех странах, соблюдающих воскресенье как день отдыха. При этом в различных регионах работают различные аэрозольные механизмы, по-разному воздействующие, прежде всего, на динамику водяного пара в тропосфере.

В ходе аналитического обзора большого числа работ в области метеорологии и климатологии [5] установлено наличие семидневного цикла вариаций атмосферного давления, температуры и влажности, отождествляемых со следствиями техногенной активности. Поиску недельных вариаций уделяется все больше внимания, и можно говорить не только о глобальности исследуемого явления, но и о глобальном интересе к его изучению. Наиболее явно эффект выходного дня (ЭВД) прослеживался в 60-е и 70-е гг. XX века. Вероятно, это связано с тем, что в этот период времени мало внимания уделялось защите окружающей среды. Для большинства регионов этот эффект лучше заметен в летний период.

Обнаружение ЭВД на территориях без промышленных загрязнений атмосферы (в Канаде, Монголии и на Тибете) свидетельствует о его глобальном характере. Можно предположить, что техногенные выбросы аэрозолей, пепла и пыли, как ядер конденсации водяного пара, влияют на состояние и динамику облачного покрова, изменяют условия циркуляции атмосферной влаги далеко за пределами промышленных регионов.

Одним из эффектов перераспределения влаги является изменение глобальной циркуляции ветров, механического импульса и момента инерции атмосферы и, как следствие, скорости вращения Земли. Эпизодические изменения длительности суток из-за действия мощных региональных метеорологических процессов, связанных, например, с явлением Эль-Ниньо, являются предметом изучения международными службами мониторинга параметров вращения Земли. Недельные вариации длительности суток были обнаружены по результатам четвертьвековых астрономических наблюдений в обсерватории Института геодезии и картографии (ИГиК) в Варшаве [6] (рис. 1). На рисунке точками представлены выборочные средние измеренных отклонений длительности суток, а вертикальными отрезками прямых – их разброс.

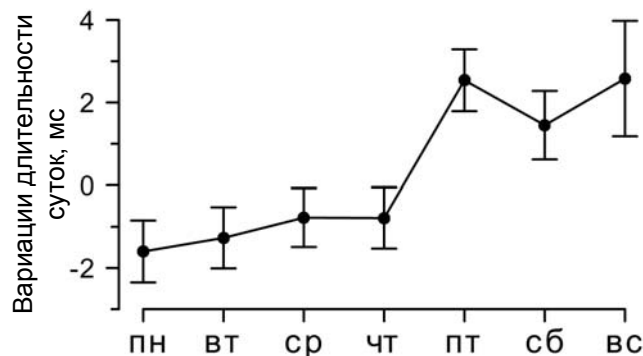


Рис. 1. Отклонения от средней длительности суток в течение недели

Исследования для выявления ЭВД в уровне глобальной грозовой активности были предприняты в Радиоастрономическом институте НАН Украины с использованием многолетних данных, полученных в обсерватории под Харьковом и на Украинской антарктической станции “Академик Вернадский”. Недельные вариации среднесуточной мощности сверхнизкочастотных сигналов, порождаемых глобальной грозовой активностью, обычно оказывались несколько выше уровня статистической погрешности, а в отдельные сезоны были выражены вполне отчетливо [7].

Распределение воздушных масс влияет также на величину ускорения свободного падения. В рамках Глобального геодинимического проекта выполняются многолетние измерения сверхпроводящими гравиметрами. Недельные вариации, незначительно превышающие уровень шумов, обнаружены в данных гравиметров, расположенных вдали от береговой линии [8].

Проявление эффекта выходного дня в тропосферной зенитной задержке (ТЗЗ) сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) может объясняться тем, что эта задержка, так же как и момент инерции атмосферы, зависит от содержания и распределения водяного пара и в целом – массы воздуха в тропосфере [9].

Характерные особенности обнаруженных недельных циклов могут быть, впрочем, следствием выборочных эффектов в том случае, если ЭВД не является устойчивым. Количество аэрозолей зависит от уровня промышленной активности, изменяющейся в многолетних экономических циклах. Кроме того, недельные вариации параметров атмосферы, в частности, ее момента инерции и глобальной циркуляции ветров, могут изменяться из-за медленных глобальных метеорологических процессов. Поэтому в настоящей работе предпринята попытка построения моделей недельных вариаций в тропосфере с переменными параметрами. Сопоставление одной из таких моделей с данными о цене нефти на мировых рынках, существенно влияющей на глобальную экономическую активность, иллюстрируется рис. 2. Тропосферная зенитная задержка относится к европейскому региону и получена усреднением данных, имеющихся в Интернете на сайте сети EPN (European Permanent Net) станций ГНСС.

Вертикальными отрезками на графике (рис. 2) показан размах недельных вариаций ТЗЗ, который имеет тенденцию к уменьшению, что вполне соответствует выводам из метеорологических наблюдений о постепенном уменьшении техногенной нагрузки по мере внедрения новых природоохраняющих технологий.

На графиках, представленных на рис. 2, можно выделить два участка. Первый, с 2005 по 2008 г., характеризуется подобным поведением двух кривых в докризисных условиях. С 2008 и по 2010 г.

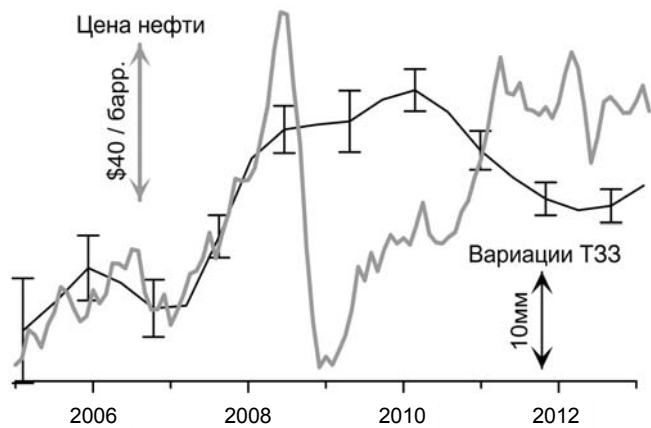


Рис. 2. Временной ход вариаций тропосферной задержки сигналов ГНСС в сопоставлении с изменениями цены нефти на мировых рынках

экономический кризис привел к спаду промышленного производства, уменьшению промышленных выбросов и существенному уменьшению ТЗЗ, что свидетельствует об уменьшении содержания водяного пара в тропосфере. Постепенный выход из кризиса сопровождается увеличением ТЗЗ и, соответственно, количества пара в тропосфере.

Таким образом, в настоящей работе показана возможность введения характеристик недельных вариаций ТЗЗ в состав параметров, описывающих антропогенную нагрузку на тропосферу. Дальнейшей задачей является проверка эффективности применения данных глобальной сети станций ГНСС, получаемых в рамках международной организации IGS (International GNSS Service), а также проверка неопределенности комплексной модели с использованием упомянутых в работе физических явлений, ранее не использовавшихся в экологическом мониторинге.

Выводы

Результат измерения, полученный в процессе научного исследования, непосредственно не приводит к необходимости того или иного действия. Более того, цель измерения в этом случае чаще всего состоит в проверке соответствия модели исследуемого явления или ее верификации как неотъемлемой части процесса моделирования. Важным этапом является также калибровка модели, при которой производится варьирование параметров модели для улучшения согласия с наблюдениями. Цель калибровки не только в согласовании с экспериментами, но и в обеспечении физической содержательности как компонентов модели, так и ее самой в целом. Использование новых методов измерения требует калибровки моделей, которая должна обеспечить эффективное использование информации различных источников, для обеспечения ограничения степеней свободы модели.

Одной из основных проблем, требующих дальнейшей разработки в затронутой области, является

ся моделирование влияния деятельности человека на возникновение ЭВД, что позволит прогнозировать данное явление в масштабе как всей Земли, так и отдельных наиболее промышленно развитых регионов. С учётом взаимосвязи различных параметров окружающей среды, дальнейшее изучение недельных вариаций позволит лучше понять механизм воздействия человека на природу, а также прогнозировать изменения окружающей среды, и даст возможность находить пути решения проблемы техногенного воздействия на нее.

Список литературы

1. Володарський Є.Т. Понятійно-термінологічні аспекти сучасної метеорології / Є.Т. Володарський, Л.О. Кошева // Український метеорологічний журнал. – 2012. – № 1. – С. 3–10.
2. Хаббард Д.У. Как измерить все, что угодно. Оценка стоимости нематериального в бизнесе / Д.У. Хаббард. – М.: ЗАО Олимп-Бизнес, 2009. – 320 с.
3. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века / В.И. Осипов // Вестник РАН. – 2001. – Т. 71, № 4. – С. 291–302.
4. Переведенцев Ю.П. Неоднородность изменения температурного режима Земли в XIX–XXI столетиях / Ю.П. Переведенцев, К.М. Шанталинский // Географический вестник: научный журнал Пермского университета. – 2011. – 3 (18).
5. Assessing large-scale weekly cycles in meteorological variables: a review / A. Sanchez-Lorenzo, P. Laux, H.-J. Hendricks Franssen [et al.] // Atmos. chem. phys. – 2012. – 12. – P. 5755–5771.
6. Krynski J. Geodynamic signals in time series of astrometric observations at Borowa Gora Observatory / J. Krynski, Y.M. Zanimonskiy // Systèmes de référence spatio-temporels: Journées 2011. – Vienna, Austria. – September 2011.
7. Поиск “уикенд эффекта” в вариациях интенсивности природных СНЧ шумов / А.В. Пазнухов, Ю.М. Ямпольский, Е.М. Занимонский, А.В. Соина // Радиофизика и радиоастрономия. – 2012. – Т. 17, № 1. – С. 67–73.
8. Совместный анализ временных рядов гравиметрических данных, атмосферного давления и уровня моря / Г.С. Сидоренко, О.Н. Мирошниченко, А.В. Омельченко [и др.] // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Ліга-Прес, 2004. – С. 352–356.
9. Недельный цикл вариаций скорости вращения Земли и возможности мониторинга техногенной нагрузки на тропосферу / Е.М. Занимонский, А.Е. Олейник, А.В. Пазнухов, А.В. Соина // Можливості використання методів механіки для розв’язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій: Міжвуз. наук.-практ. конф., 7 грудня 2012 р., Харків: тези доп. – Харків: НУЦЗУ, 2012. – 112 с.