

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

УДК 536.75

ВОЗДЕЙСТВИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДЛИННОПЕРИОДНЫЕ ВАРИАЦИИ МЕРЫ КУЛЬБАКА ФЛУКТУАЦИЙ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ЯЧЕЙКАХ

А.Н. Морозов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация
e-mail: amor59@mail.ru

Приведены результаты сопоставления подвергнутых низкочастотной фильтрации записей мер Кульбака флуктуаций напряжения в малых объемах электролита в двух независимых электролитических ячейках и метеорологических факторов. Установлена высокая корреляция значений мер Кульбака и температуры точки росы для атмосферного воздуха. Рассчитаны коэффициенты регрессии мер Кульбака и значений различных метеорологических факторов. Показано, что при высокочастотной фильтрации сигналов коэффициенты регрессии уменьшаются в несколько раз. Предложена физическая модель, объясняющая наблюдаемое воздействие на электролитические ячейки, которая основывается на предположении о влиянии производства энтропии при переизлучении солнечного света поверхностью Земли.

Ключевые слова: флуктуации напряжения, электролитическая ячейка, мера Кульбака, температура, точка росы, абсолютная влажность, коэффициент корреляции, коэффициент регрессии, производство энтропии.

THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS ON THE LONG-PERIOD VARIATION OF THE KULLBACK MEASURE OF VOLTAGE FLUCTUATIONS ON THE ELECTROLYTIC CELLS

A.N. Morozov

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation
e-mail: amor59@mail.ru

The article presents the results of comparing the records of the Kullback measures of voltage fluctuations in small electrolyte volumes subjected to both the low-pass filtering in two independent electrolytic cells and meteorological factors. Both a high correlation between the Kullback measure values and the dew point temperature of the atmospheric air are found. Regression coefficients of the Kullback measures and values of various meteorological factors are calculated. It is shown that the filtering regression coefficients are reduced by several times at a high-frequency signal. A physical model explaining the observed effects on the electrolytic cells is proposed. The model is based on the assumption that the entropy production influences the cells during the re-emission of sunlight by the Earth's surface.

Keywords: voltage fluctuations, electrolytic cell, Kullback measure, temperature, dew point, absolute humidity, correlation coefficient, regression coefficient, entropy production.

Долговременные измерения флуктуаций напряжения в малых объемах электролита для двух независимых электролитических ячеек показали наличие корреляции между этими флуктуациями и различными метеорологическими факторами. Экспериментальные установки располагались в подвальном помещении, а электролитические ячейки были экранированы от электромагнитных наводок, герметизированы и теплоизолированы от воздействия окружающей среды [1, 2]. По измеренным с частотой 30 кГц значениям флуктуаций напряжения при усреднении за одну минуту вычислялись дисперсии D_1 , D_2 и меры Кульбака H_1 , H_2 для двух установок, которые далее усреднялись и прорежались на периоде времени, равном одному часу. Аналогично обрабатывались измеренные значения температуры T_1 на улице в непосредственной близости от экспериментальных установок и температуры T_2 внутри пассивного термостата, где размещались установки. Измерения проводились в двух экспериментальных сериях: с 20 марта 2011 г. по 18 декабря 2012 г. (15 360 ч, или 640 сут.) и с 25 сентября 2013 г. по 29 декабря 2014 г. (11 064 ч, или 461 день).

Данные о метеорологических факторах были взяты с сайта “Погода и климат” (www.pogodaiklimat.ru) для метеостанции, расположенной в Москве на территории ВДНХ (индекс WMO: 27612): температура воздуха T , температура точки росы Td , скорость ветра V , относительная влажность воздуха Rh и атмосферное давление P соответствуют двум сериям экспериментов. По методике, изложенной в работах [3, 4], рассчитывались абсолютная влажность воздуха Ro и давление насыщенного водяного пара Po .

Корреляция значений мер Кульбака для двух независимых экспериментальных установок и указанных выше метеорологических факторов при фильтрации всех временных рядов, обеспечивающей вычитание сигналов с периодами менее 48 ч (2 сут.) и более 1200 ч (50 сут.) с помощью методики, описанной в работе [5], установлена в работе [6]. В настоящей работе выполнен анализ влияния метеорологических факторов при низкочастотной фильтрации сигналов с периодами более 480 ч (20 сут.), при этом вторая серия экспериментов продлена с 25 сентября 2013 г. по 12 февраля 2015 г. (12 144 ч, или 506 дней).

Для выполнения расчетов значения мер Кульбака H_1 , H_2 подвергались коррекции для исключения влияния изменявшихся во время экспериментов значений дисперсий D_1 , D_2 и температуры T_2 электролитических ячеек. Применяя установленную в работе [7] линейную зависимость мер Кульбака и среднего квадратичного отклонения $\sigma_i = \sqrt{D_i}$, $i = 1, 2$, а также малое отклонение температуры T_2 от ее среднего значения $\langle T_2 \rangle$, можно записать формулу для расчета мер

Кульбака \hat{H}_1, \hat{H}_2 , учитывающую указанную выше коррекцию:

$$\hat{H}_i = H_i - \chi_{\sigma_i} \sigma_i - \chi_{T_i} (T_2 - \langle T_2 \rangle), \quad i = 1, 2, \quad (1)$$

где χ_{σ_i} — коэффициент регрессии между значениями мер Кульбака H_1, H_2 и средними квадратичными отклонениями $\sigma_i = \sqrt{D_i}, i = 1, 2$; χ_{T_i} — коэффициент регрессии между значениями мер Кульбака H_1, H_2 и вариациями температуры установок $\Delta T = T_2 - \langle T_2 \rangle$. Значения перечисленных коэффициентов регрессии для установок № 1 (числитель) и № 2 (знаменатель) приведены ниже:

	Первая серия экспериментов	Вторая серия экспериментов
$\chi_{\sigma_i} \cdot 10^{-4}, \text{B}^{-1}$	3,332/3,011	3,332/3,0370
$\chi_{T_i} \cdot 10^{-6}, \text{K}^{-1}$	1,551/0,204	1,793/0,235

Для полученных с помощью формулы (1) значений мер Кульбака \hat{H}_1, \hat{H}_2 в первой и второй сериях экспериментов находились коэффициенты корреляции с перечисленными выше метеорологическими факторами (T, Td, V, Rh, P, Ro и Po), а также с температурой T_1 на улице. Все указанные ряды подвергались низкочастотной фильтрации по описанной выше методике. Установлено отсутствие корреляции при нулевом сдвиге по времени для относительной влажности Rh , а корреляционные функции для абсолютной влажности Ro и давления насыщенного пара Po совпадают.

Коэффициенты корреляции значений мер Кульбака и метеорологических факторов приведены в табл. 1. Сдвиг по времени в сторону запаздывания для всех значимых максимумов коэффициентов корреляции не превышал времени усреднения.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции значений мер Кульбака и метеорологических факторов для установки № 1 (числитель) и № 2 (знаменатель)

Коэффициент корреляции	Первая серия экспериментов	Вторая серия экспериментов
$R(\hat{H}_i, \tilde{P})$	0,229/0,488	-0,066/0,202
$R(\hat{H}_i, \tilde{V})$	-0,132/0,562	0,545/0,438
$R(\hat{H}_i, \tilde{T}_1)$	0,123/-0,876	-0,684/-0,900
$R(\hat{H}_i, \tilde{T})$	0,082/-0,882	-0,693/-0,901
$R(\hat{H}_i, \tilde{T}d)$	0,088/-0,906	-0,761/-0,959
$R(\hat{H}_i, \tilde{R}o)$	0,198/-0,874	-0,794/-0,930

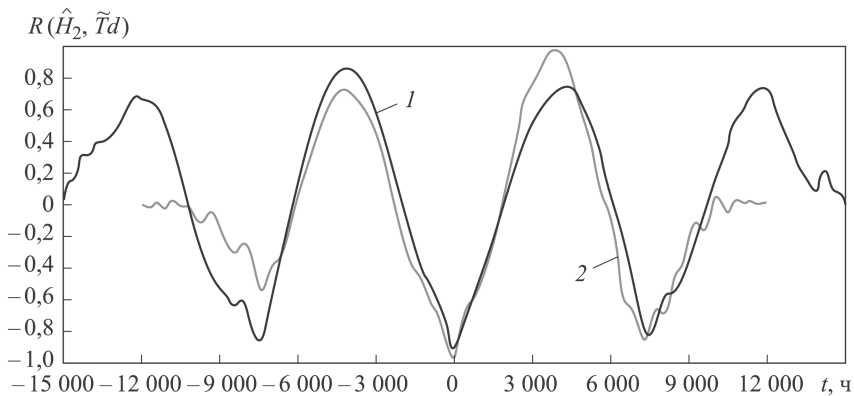


Рис. 1. Корреляционные функции мер Кульбака \hat{H}_2 и температуры точки росы $\tilde{T}d$ для экспериментальной установки № 2 в первой (1) и второй (2) сериях экспериментов

Согласно приведенным в табл. 1 данным, для экспериментальной установки № 1 в первой серии экспериментов вследствие более высокого уровня шума корреляции не наблюдаются. Во второй серии экспериментов установка № 1 показывает меньшие значения коэффициентов корреляции, чем установка № 2. Коэффициент корреляции с атмосферным давлением P наблюдается достаточно надежно только для установки № 2 в первой серии экспериментов. В двух сериях экспериментов установка № 2 показывает наибольшие коэффициенты корреляции.

Наибольшие значения коэффициентов корреляции ($R(\hat{H}_2, \tilde{T}d) = -0,906$ и $R(\hat{H}_2, \tilde{T}d) = -0,959$ для первой и второй серий экспериментов) наблюдаются для установки № 2 при расчете влияния на меру Кульбака \hat{H}_2 температуры точки росы $\tilde{T}d$. Корреляционные функции для экспериментальной установки № 2 в первой (кривая 1) и второй (кривая 2) сериях экспериментов приведены на рис. 1.

Наблюдаемая корреляция проиллюстрирована на рис. 2 зависимостями меры Кульбака \hat{H}_2 и температуры точки росы $\tilde{T}d$ от времени для первой (рис. 2, а) и второй (рис. 2, б) серий экспериментов. На приведенных кривых хорошо просматривается явная зависимость значений меры Кульбака \hat{H}_2 (кривая 1) от температуры точки росы $\tilde{T}d$ (кривая 2), причем совпадают не только сверхдлиннопериодные процессы, с повторяемостью порядка одного года, но и более высокочастотные, которые имеют периоды около 500 ч (около 20 сут.). При этом зависимость меры Кульбака \hat{H}_2 от температуры точки росы $\tilde{T}d$ обратная (см. температурную ось с правой стороны рис. 2).

Проведем оценку влияния различных метеорологических факторов на значения мер Кульбака. Рассчитанные значения коэффициентов ре-

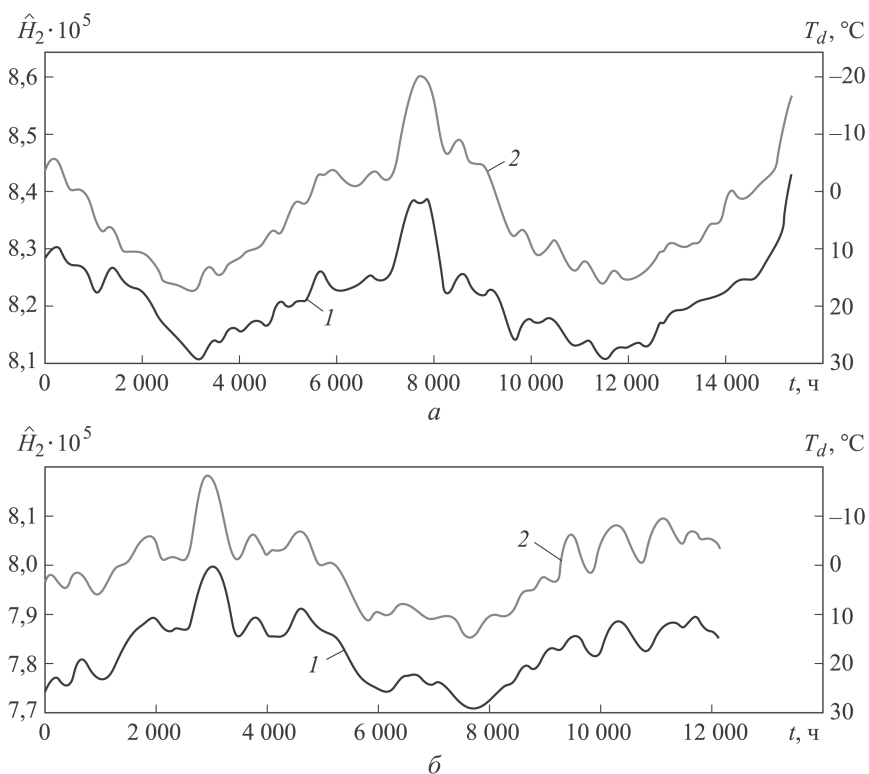


Рис. 2. Зависимости от времени мер Кульбака \hat{H}_2 и температуры точки росы $\tilde{T}d$ для первой (а) и второй (б) серий экспериментов:

1 — мера Кульбака \hat{H}_2 ; 2 — температура точки росы $\tilde{T}d$

грессии и их средние квадратичные отклонения [8] для имеющих наибольшее влияние метеорологических факторов в случае фильтрации высокочастотных сигналов с периодом менее 48 ч (2 сут.) и низкочастотных с периодом более 1200 ч (50 сут.) приведены в табл. 2. Указанные коэффициенты регрессии записаны в верхних ячейках табл. 2, значения коэффициентов регрессии при низкочастотной фильтрации сигналов с периодами более 480 ч (20 сут.) — в нижних ячейках. Согласно приведенным результатам, коэффициенты регрессии во втором случае превышают аналогичные коэффициенты, рассчитанные для первого случая, в 2–5 раз.

Полученные в настоящей работе, а также в работах [5–7] результаты указывают на наличие воздействия внешних процессов на флуктуации напряжения в малых объемах электролита, размещенного в электролитических ячейках, изолированных от внешних физических процессов. Это воздействие может быть зарегистрировано путем измерения меры Кульбака, характеризующей степень неравновесности состояния термодинамической системы [9]. При этом повышение температуры окружающего атмосферного воздуха (или его абсолютной влажности) приводит к уменьшению меры Кульбака, а, следовательно,

**Значения коэффициентов регрессии для установок № 1 (числитель)
и № 2 (знаменатель)**

Коэффициент регрессии	Первая серия экспериментов	Вторая серия экспериментов
$R(\hat{H}_i, \tilde{T}_1) \cdot 10^{-8}, 1/\text{K}$	$-2,32 \pm 0,49 / -1,26 \pm 0,35$	$-3,18 \pm 0,68 / -1,78 \pm 0,39$
	$0,68 \pm 0,83 / -6,03 \pm 0,44$	$-6,48 \pm 1,01 / -6,23 \pm 0,47$
$R(\hat{H}_i, \tilde{T}) \cdot 10^{-8}, 1/\text{K}$	$-2,43 \pm 0,49 / -1,45 \pm 0,34$	$-2,26 \pm 0,68 / -1,18 \pm 0,39$
	$0,39 \pm 0,83 / -5,68 \pm 0,43$	$-5,81 \pm 1,02 / -5,88 \pm 0,49$
$R(\hat{H}_i, \tilde{T}d) \cdot 10^{-8}, 1/\text{K}$	$-3,12 \pm 0,48 / -2,04 \pm 0,34$	$-2,57 \pm 0,68 / -1,44 \pm 0,39$
	$0,54 \pm 0,83 / -6,56 \pm 0,39$	$-8,50 \pm 0,91 / -8,23 \pm 0,34$
$R(\hat{H}_i, \tilde{R}o) \cdot 10^{-10},$ $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$	$-0,69 \pm 0,05 / -0,58 \pm 0,03$	$-0,85 \pm 0,07 / -0,51 \pm 0,04$
	$0,30 \pm 0,82 / -1,53 \pm 0,05$	$-2,41 \pm 0,09 / -2,15 \pm 0,04$

к приближению термодинамической системы к равновесному состоянию.

Одним из возможных объяснений экспериментально наблюдаемого влияния внешних процессов на меру Кульбака может быть изменяющаяся концентрация темной материи в месте расположения экспериментальных установок [10, 11]. Однако в этом случае необходимо предположить, что на темную материю влияют метеорологические процессы (или наоборот, темная материя влияет на происходящие в атмосфере процессы). Такое предположение выглядит достаточно сомнительным.

Более правдоподобно предположение о сохранении квантовой не-локальности в макроскопическом пределе [12, 13]. Из этого предположения, в частности, следует возможность взаимного влияния диссипативных процессов друг на друга [14, 15]. Рассмотрим возможное объяснение результатов описанных выше экспериментов в рамках этого предположения.

Одним из основных параметров, характеризующих диссипативные процессы, является производство энтропии [16]. Для метеорологических процессов наибольший вклад в производство энтропии вносит преобразование солнечного света в тепловое излучение поверхности Земли. Тогда плотность производства энтропии для единицы поверхности Земли можно в первом приближении рассчитать по формуле, приведенной в работе [17]:

$$\sigma_S = \frac{4}{3} \left(\frac{W_T}{T_3} - \frac{W_C}{T_C} \cos \gamma \right), \quad (2)$$

где $W_T = \sigma T_3^4$ — мощность теплового излучения Земли с одного квадратного метра; T_3 — температура поверхности Земли; $\sigma =$

$= 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ — постоянная Стефана–Больцмана; $W_C = 1368 \text{ Вт}/\text{м}^2$ — интенсивность падающего на Землю солнечного излучения; $T_C = 5778 \text{ К}$ — эффективная яркостная температура Солнца; γ — угол падения солнечных лучей на поверхность Земли, который зависит от времени года и суток.

В первом приближении примем, что температура поверхности Земли T_3 равна температуре насыщенного водяного пара Td . Для периодов времени, соответствующих двум экспериментальным сериям, по формуле (2) вычислялась плотность производства энтропии σ_S , которая далее подвергалась низкочастотной фильтрации для сигналов с периодами более 480 ч (20 сут.). Расчет коэффициентов корреляции меры Кульбака \hat{H}_2 и отфильтрованных значений производства энтропии $\tilde{\sigma}_S$ позволил получить корреляционные функции $R(\hat{H}_2, \tilde{\sigma}_S)$ для первой и второй серий экспериментов: $R(\hat{H}_2, \tilde{\sigma}_S) = -0,903$ (для первой) и $R(\hat{H}_2, \tilde{\sigma}_S) = -0,956$ (для второй). Эти значения немного меньше значений, полученных для корреляционных функций $R(\hat{H}_2, \tilde{T}d)$ (см. табл. 1). Вид вычисленных корреляционных функций $R(\hat{H}_2, \tilde{\sigma}_S)$ практически совпадает с видом корреляционных функций, показанным на рис. 1, с небольшим сдвигом примерно на 200...300 ч в сторону положительных значений времени.

Зависимости, приведенные на рис. 3, иллюстрируют корреляционные функции средних значений мер Кульбака $\hat{H}_{1,2}$ для двух установок в двух сериях экспериментов с вариациями температуры точки росы $\tilde{T}d$ (кривая 1) и плотностью производства энтропии $\tilde{\sigma}_S$ (кривая 2). При обработке экспериментальных данных использовался цифровой полосовой фильтр, пропускающий сигналы с периодом более 48 ч (2 сут.) и менее 1200 ч (50 сут.).

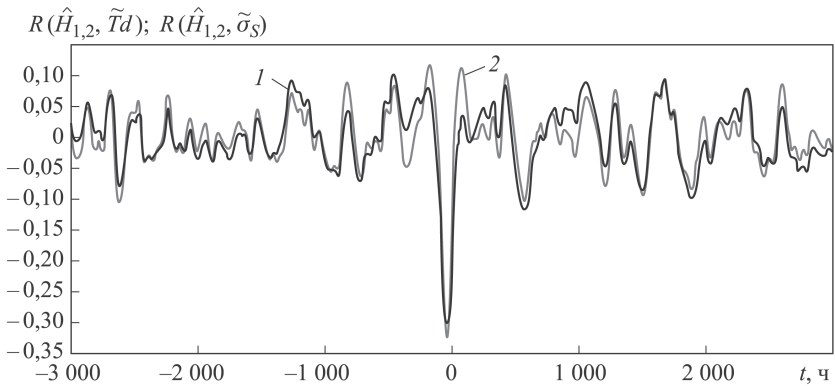


Рис. 3. Зависимость коэффициента корреляции средних значений мер Кульбака $\hat{H}_{1,2}$ с вариациями температуры точки росы $\tilde{T}d$ (1) и плотностью производства энтропии $\tilde{\sigma}_S$ (2) от времени

Коэффициент корреляции $R(\hat{H}_{1,2}, \tilde{\sigma}_S) = -0,324 \pm 0,062$ оказался несколько большим по значению и отношению сигнал/шум, чем аналогичный коэффициент корреляции $R(\hat{H}_{1,2}, \tilde{T}d) = -0,317 \pm 0,070$ при практически одинаковом запаздывании на 30 ч. Таким образом, проведенные корреляционный и регрессионный анализы показали наличие зависимости меры Кульбака флуктуаций напряжения в малых объемах электролита от внешних метеорологических факторов. В качестве причины изменения меры Кульбака может выступать воздействие необратимого процесса переизлучения поверхностью Земли солнечного света, сопровождающегося производством энтропии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов А.Н. Необратимые процессы и броуновское движение: Физико-технические проблемы. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. 332 с.
2. Коротаев С.М., Морозов А.Н., Сердюк В.О., Сорокин М.О. Проявление макроскопической нелокальности в некоторых естественных диссипативных процессах // Известия вузов. Физика. 2002. № 5. С. 3–14.
3. Sonntag D. Advancements in the field of hygrometry // Meteorol. Z., N. F. 1994. Vol. 3. P. 51–66.
4. Murphy D.M., Koop T. Review of the vapor pressures of ice and supercooled water for atmospheric applications // Quart. J. Royal Met. Soc. 2005. Vol. 31. P. 1539–1565.
5. Морозов А.Н. Применение меры Кульбака для оценки долговременных изменений флуктуаций напряжения на электролитической ячейке // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2013. № 3. С. 52–61.
6. Морозов А.Н. Зависимость меры Кульбака флуктуаций напряжения на электролитических ячейках от метеорологических факторов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2015. № 3. С. 47–57.
7. Морозов А.Н. Предварительные результаты измерений меры Кульбака флуктуаций напряжения на электролитической ячейке // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2011. № 2. С. 16–24.
8. Драйпер Н., Смит Г. Прикладной регрессивный анализ. Множественная регрессия. М.: Диалектика, 2007. 912 с.
9. Климонтович Ю.Л. Турбулентное движение и структура хаоса: Новый подход к статистической теории открытых систем. М.: Наука, 1990. 320 с.
10. Stancil D.D. Long distance signaling using axionlike particles // Phys. Rev. D. 2007. Vol. 76. P. 111701(R).
11. Горелик В.С. О возможности регистрации элементарных частиц темной материи // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2014. № 6. С. 3–23.
12. Benatti F., Floreanini R., Piani M. Environment induced entanglement in Markovian dissipative dynamics // Phys. Rev. Lett. 2003. Vol. 91. P. 070402-4.
13. Julsgaard B., Kozhelkin A., Polzik E.S. Experimental long lived entanglement of two macroscopic objects // Nature. 2001. Vol. 413. P. 400–403.
14. Experimental study of macroscopic nonlocality of large-scale natural dissipative processes / S.M. Korotaev, A.N. Morozov, V.O. Serdyuk, V.A. Machinin, J.V. Gorokhov, V.A. Machinin // Neuro Quantum. 2005. Iss. 4. P. 275–294.
15. Байкальский эксперимент по наблюдению опережающих нелокальных корреляций крупномасштабных процессов / С.М. Коротаев, Н.М. Буднев, В.О. Сердюк, Ю.В. Горохов, Е.О. Киктенко, А.И. Панфилов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2014. № 1. С. 35–53.

16. Пригожин И., Конденуди Д. Современная термодинамика. М.: Мир, 2002. 462 с.
17. Изаков М.Н. Самоорганизация и информация на планетах и в экосистемах // Успехи физических наук. 1997. Т. 167. № 10. С. 1087–1094.

REFERENCES

- [1] Morozov A.N. Neobratimye protsessy i brownovskoe dvizhenie: Fiziko-tehnicheskie problemy [Irreversible Processes and Brownian Motion: Physical and Technical Problems]. Moscow, MGTU im. N.E. Baumana Publ., 1997. 332 p.
- [2] Korotaev S.M., Morozov A.N., Serdyuk V.O., Sorokin M.O. Macroscopic Nonlocal Experience in Some Natural Dissipative Processes. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved., Fizika* [Proc. Univ., Physics], 2002, no. 5, pp. 3–14 (in Russ.).
- [3] Sonntag D. Advancements in the field of hygrometry. *Meteorol. Z., N.F.*, 1994, vol. 3, pp. 51–66.
- [4] Murphy D.M., Koop T. Review of the vapor pressures of ice and supercooled water for atmospheric applications. *Quart. J. Royal Met. Soc.*, 2005, vol. 31, pp. 1539–1565.
- [5] Morozov A.N. Application of the Kullback measure for estimation of long-term variations in voltage fluctuations on the electrolytic cell. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Estestv. Nauki* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Nat. Sci.], 2013, no. 3, pp. 52–61 (in Russ.).
- [6] Morozov A.N. Correlation between Kullback's Measure of Electrolytic Cell Voltage Fluctuations and Meteorological Factors. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Estestv. Nauki* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Nat. Sci.], 2015, no. 3, pp. 47–57 (in Russ.).
- [7] Morozov A.N. Preliminary Results of Recording the Kullback Measure of Voltage Fluctuations on Electrolytic Cell. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Estestv. Nauki* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Nat. Sci.], 2011, no. 2, pp. 16–24 (in Russ.).
- [8] Drayper N., Smit G. Prikladnoy regressivnyy analiz. Mnozhestvennaya regressiya [Applied Regression Analysis. Multiple Regression]. Moscow, Dialektika Publ., 2007. 912 p.
- [9] Klimontovich Yu.L. Turbulentnoe dvizhenie i struktura khaosa: Novyy podkhod k statisticheskoy teorii otkrytykh system [Turbulent Motion and Structure of Chaos: A New Approach to the Statistical Theory of Open Systems]. Moscow, Nauka Publ., 1990. 320 p.
- [10] Stancil D.D. Long distance signaling using axionlike particles. *Phys. Rev. D*, 2007, vol. 76. P. 111701(R).
- [11] Gorelik V.S. On Possibility of Registration for Elementary Particles of Dark Matter. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Estestv. Nauki* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Nat. Sci.], 2014, no. 6, pp. 3–23 (in Russ.).
- [12] Benatti F., Floreanini R., Piani M. Environment induced entanglement in Markovian dissipative dynamics. *Phys. Rev. Lett.*, 2003, vol. 91, p. 070402-4.
- [13] Julsgaard B., Kozhelkin A., Polzik E.S. Experimental long lived entanglement of two macroscopic objects. *Nature*, 2001, vol. 413, pp. 400–403.
- [14] Korotaev S.M., Morozov A.N., Serdyuk V.O., Machinin V.A., Gorokhov J.V., Machinin V.A. Experimental study of macroscopic nonlocality of large-scale natural dissipative processes. *Neuro Quantology*, 2005, iss. 4, pp. 275–294.
- [15] Korotaev S.M., Budnev N.M., Serdyuk V.O., Gorokhov Yu.V., Kiktenko E.O., Panfilov A.I. The Baikal Experiment Regarding the Observations of Leading Nonlocal Correlations of Large-Scale Processes. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Estestv. Nauki* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Nat. Sci.], 2014, no. 1, pp. 35–53 (in Russ.).

- [16] Prigozhin I., Kondepudi D. *Sovremennaya termodinamika* [Modern Thermodynamics]. Moscow, Mir Publ., 2002. 462 p.
- [17] Izakov M.N. Self-Organization and Information on Planets and Ecosystems. *Usp. Fiz. Nauk* [Physics-Uspekhi], 1997, vol. 167, no. 10, pp. 1087–1094 (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 30.03.2015

Морозов Андрей Николаевич — д-р физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой “Физика” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 200 научных работ в области прецизионных измерений и физической кинетики.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5.

Morozov A.N. — D.Sc. (Phys.-Math.), Professor of Physics, Head of the Department of Physics, Bauman Moscow State Technical University, author of over 200 research publications in the fields of high precision measurements and physical kinetics.

Bauman Moscow State Technical University, 2-ya Baumanskaya ul. 5, Moscow, 105005 Russian Federation.

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Морозов А.Н. Воздействие метеорологических факторов на длиннопериодные вариации меры Кульбака флуктуаций напряжения на электролитических ячейках // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2015. № 4. С. 57–66.

Please cite this article in English as:

Morozov A.N. The influence of meteorological factors on the long-period variation of the Kullback measure of voltage fluctuations on the electrolytic cells. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Bauman, Estestv. Nauki* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Nat. Sci.], 2015, no. 4, pp. 57–66.