

- компания, таким образом, налоги, вытекающие из данного проекта, оседали бы в местном муниципалитете.
4. Рассмотреть возможность местным жителям и сообществам приобрести произведенную электроэнергию на льготных условиях.
  5. Предлагать "непрямую" аренду земли или возможность владельцам соседних участков участвовать в качестве акционеров.

**Заключение.** Ветроэнергетика в качестве источника энергии не всегда оценивается положительно. Наибольшее число сомнений по внедрению ветроустановок связано с негативным воздействием их на здоровье и качество жизни человека. Британские исследования [15] показали, что такие факторы, как шум, инфразвук и мерцание тени, не имеют вредного воздействия на человека, если во время строительства были соблюдены все строительные нормы и правила. Также устанавливается запрет на приближение к ветрогенератору на расстояние менее двух метров, что исключает гибель людей или получение травмы в результате отрыва лопасти или отлетевшими от лопасти частицами льда. Использование современных технологий и материалов, правильный подбор конструкции и разумное рациональное размещение ветряных турбин исключает какое-либо негативное влияние ветроэнергетики на человека и окружающую среду.

Различные примеры показывают, что нет стандартного ответа на все сомнения. Влияние ветроэнергетики имеет локальный характер в отличие от топливных электростанций. Поэтому оптимальным решением является то, которое лучше всего соответствует местным социальным условиям и учитывает все региональные факторы [16]. Общественное признание и правильное представление конкретных проектов в средствах массовой информации может быть определено как общественный консенсус относительно планирования, строительства и эксплуатации ветряных электростанций. Поэтому необходимо информировать общественность о преимуществах, связанных с ветроэнергетикой, и развивать позитивное отношение к запланированным проектам. Также важным аспектом решения всех возможных сомнений является тесное сотрудничество инвесторов, местных органов власти и общественности, в планировании, реализации и эксплуатации ветроэнергетических стартапов.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Jarzyna, W. Technological development of wind energy and compliance with the requirements for sustainable development / W. Jarzyna, A. Pawłowski, N. Viktorovich. – Problemy Ekorożwoju. – 2014. – № 9. – P. 167–177.
2. Rogers A. L., Manwell J. F., Wright S., Wind Turbine Acoustic Noise, A white paper prepared by Renewable Energy Research Laboratory Department of Mechanical and Industrial Engineering University of Massachusetts at Amherst, 2002.
3. Leventhall G., What is infrasound?, Progress in Biophysics and Molecular Biology 93. – 2007. – P. 130–137.
4. Pierpont N., Wind turbine syndrome & the brain, 2010, <http://www.windturbinesyndrome.com/2010/wind-turbine-syndrome-and-the-brain-pierpont/>.
5. Salt A. N., Hullar T. E., Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines, Hearing Research 268. – 2010. – P. 12–21.
6. Jeffery R. D., Krogh K., Horner B., Adverse health effects of industrial wind turbines, Canadian Family Physician 59. – 2013. – P. 473–475.
7. Bolin K., Bluhm G., Eriksson G., Nilsson M. E., Infrasound and low frequency noise from wind turbines: exposure and health effects, Environmental Research Letters 6. – 2011. – P. 1–6.
8. Drewitt A. L., Langston R. H. W., Assessing the impacts of wind farms on birds, Ibis 148. – 2006. – P. 29–42.
9. Kunz T. H., Amett E. B., Erikson W. P., Hoar A. R., Johnson G. E., Larkin R. P., Strickland M. D., Thresher R. W., Tuttle M. D., Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses, Front Ecol Environ 5(6). – 2007. – P. 315–324.
10. Hassnien R. H. E., Hou T., Li Y., Li B., Advances in Effects of Sound Waves on Plants, Journal of Integrative Agriculture, 2013, p. 1-23.
11. Jobert A., Laborgne P., Mimler S., Local acceptance of wind energy: Factors of success identified in French and German case studies, Energy Policy 35, 2007, p. 2751–2760.
12. IEA Wind RP14: Social Acceptance of Wind Energy Projects, January 2013.
13. Wind for Schools Initiative. [http://www.windpoweringamerica.gov/schools\\_wfs\\_project.asp](http://www.windpoweringamerica.gov/schools_wfs_project.asp).
14. REA 2008. Promotion of Renewable Energy Act. Act No. 1392 of 27 December 2008 <http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/supply/renewable-energy/wind-power/onshore-wind-power/Promotion%20of%20Renewable%20Energy%20Act%20-%20extract.pdf>.
15. Global Wind Energy Outlook. GWEC 2006. www.gwec.net
16. Zoellener J., Schweizer-Ries P., Wemneuer C., Public acceptance of renewable energies: Results from case studies in Germany, Energy Policy 36. – 2008. – P. 4136–4141.

Материал поступил в редакцию 18.03.14

#### VIKTOROVICH N.V., SEDLISKA T. Barriers on the way of development of wind power. Myths and real threat

The paper presents the issues of related to barriers for development of wind energy. The main attention of this study focused on identifying the threats which are inherent in the development of wind energy. The estimation of various types of wind energy impacts on the environment and human health. Analyzed how social acceptance affects on the development of wind energy.

УДК 692.232

Черноиван В.Н., Новосельцев В.Г., Черноиван Н.В., Кредько В.А.

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ОБОСНОВАНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НАРУЖНОГО СТЕНОВОГО ОГРАЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ

**Введение.** Взвешенный подход к повышению теплозащитных характеристик ограждающих конструкций был нарушен, когда в 2009 г. вступили в действие Изменения №1 [1], согласно которым рекомендованное нормативное сопротивление теплопередаче ( $R_{т\text{ норм}}$ ) при

проектировании зданий и сооружений для наружных стен из штучных материалов (кирпич, шлакоблоки и т.п.) увеличилось в 1,6 раза: с  $2,0 \text{ м}^2 \times 0 \text{ C/Вт}$  [2] до  $3,2 \text{ м}^2 \times 0 \text{ C/Вт}$  [1].

Следует отметить, что столь существенное повышение  $R_{т\text{ норм}}$

Черноиван Вячеслав Николаевич, к.т.н., профессор кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Новосельцев Владимир Геннадьевич, к.т.н., зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

Черноиван Николай Вячеславович, к.т.н., доцент кафедры сопротивления материалов и теоретической механики Брестского государственного технического университета.

Кредько Виталий Анатольевич, студент строительного факультета Брестского государственного технического университета. Республика Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

не было обеспечено проектными решениями ограждающих конструкций с таким уровнем теплозащиты, и в первую очередь, несущих стен из штучных материалов. Результаты выполненных натурных исследований эксплуатационной эффективности многослойной кирпичной кладки несущих кирпичных стен с плитным утеплителем, рекомендуемой к массовому применению [3, 4], показали, что ввиду технологических сложностей возведения утепленных кирпичных стен и отсутствия на сегодня требуемого количества квалифицированных каменщиков, обеспечить теплотехнические характеристики наружного ограждения, заложенные в [1], не представляется возможным.

Отсутствие в нормативных документах Республики Беларусь [1, 2, 5] методики назначения заявленных значений нормативного сопротивления теплопередаче для ограждающих конструкций ( $R_{т\text{ норм}}$ ) исключает из процесса участия в разработке энергосберегающих мероприятий по повышению теплозащиты ограждающих конструкций зданий и сооружений большой отряд специалистов-практиков: проектировщиков, строителей, организации, занимающиеся эксплуатацией зданий и сооружений.

Учитывая, что при проектировании наружных стен их конструктивное решение, а следовательно, и стоимость наружного ограждения в целом, зависит от величины рекомендуемого значения термического сопротивления теплопередаче, обоснование величины термического сопротивления теплопередаче является актуальной задачей.

**Оценка зависимости теплотерь от величины сопротивления теплопередаче.** Анализ публикаций по данной проблеме [6, 7] позволил установить, что в качестве основного критерия при назначении значения сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции является величина теплотерь через 1 м<sup>2</sup> данной ограждающей конструкции.

Величина годовых теплотерь ( $Q$ ) через 1 м<sup>2</sup> ограждающей конструкции вычисляется по следующему выражению:

$$Q = \frac{0,024 \cdot GCOП}{R_o}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2 \text{ год}), \quad (1)$$

где  $GCOП$  – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут.

Количество градусо-суток отопительного периода определяют по формуле (приложение А п.А.5 [8]):

$$GCOП = (t_e - t_{н.ом.}) \cdot Z_{ом}, \quad (2)$$

где  $t_{н.ом.}$ ,  $Z_{ом}$  – средняя за отопительный период температура наружного воздуха, °С, и продолжительность отопительного периода, сут.;

$t_e$  – средневзвешенная по объему здания расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

$Q$  – годовые теплотери через 1 м<sup>2</sup> конструкции, кВт·ч/(м<sup>2</sup> год);

$R_o$  – приведенное сопротивление теплопередаче, м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Сравнивая приведенные в таблице 4.4 [5] продолжительности отопительного периода для всех шести областей Республики Беларусь, можно сделать следующий вывод. Продолжительность отопительного периода для трех областей (Брестская, Гродненская, Гомельская) более чем на 10% меньше чем для Витебской, Минской и Могилевской областей. Следует отметить, что несмотря на это обстоятельство, нормативное сопротивление теплопередаче для наружных стен зданий равно 3,2 м<sup>2</sup>·°С/Вт рекомендовано (табл.5.1 [1]) для всех областей Республики Беларусь. Исходя из изложенного выше, а также учитывая актуальность проблемы энергосбережения в строительстве, выполним анализ влияния продолжительности отопительного сезона на зависимость между теплотерьями через 1 м<sup>2</sup> наружного ограждения и приведенным сопротивлением теплопередаче конструкции.

В качестве объектов исследований для выполнения сравнительного анализа были взяты Брестская и Витебская области. Такой выбор обусловлен тем, что разница продолжительности отопительного периода между ними составляет 20 суток (табл. 4.4 [5]), что является максимальным значением из всех шести областей Республики Беларусь.

Базой для проведения сравнительного анализа являются построенные авторами статьи графики зависимости теплотерь через 1 м<sup>2</sup> ограждающей конструкции от приведенного сопротивления теплопередаче конструкции (рис.1 а, б). Численные значения  $t_{н.ом.}$  и

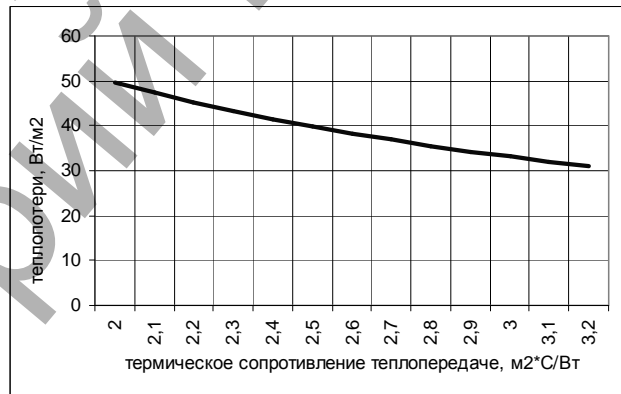
$Z_{ом}$  при определении  $GCOП$  по формуле 2 принимались с учетом действующих нормативных документов (таблица 4.4 [5]).

Учитывая, что в открытой печати отсутствуют статистические данные о полученной в стране экономии энергии на отопление зданий с переходом нормативного сопротивления теплопередаче наружного стенового ограждения зданий и сооружений с 2,0 м<sup>2</sup>·°С/Вт [2] до 3,2 м<sup>2</sup>·°С/Вт [1], сравнительный анализ был выполнен для вышеуказанных границ  $R_{т\text{ норм}}$ .

а)



б)



а) для климатических условий Брестской области; б) для климатических условий Витебской области

**Рис. 1.** Зависимость теплотерь через 1 м<sup>2</sup> ограждающей конструкции от приведенного сопротивления теплопередаче

Согласно построенным графикам (рис.1 а, б) теплотери через 1 м<sup>2</sup> ограждающей конструкции для зданий, эксплуатируемых в Брестской области, составляют:

- термическое сопротивление теплопередаче стен 2,0 м<sup>2</sup>·°С/Вт – 40 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год);
- термическое сопротивление теплопередаче стен 3,2 м<sup>2</sup>·°С/Вт – 25 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год).

Теплотери через 1 м<sup>2</sup> ограждающей конструкции для зданий, эксплуатируемых в Витебской области, составляют:

- термическое сопротивление теплопередаче стен 2,0 м<sup>2</sup>·°С/Вт – 50 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год);
- термическое сопротивление теплопередаче стен 3,2 м<sup>2</sup>·°С/Вт – 31 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год).

**Обсуждение полученных результатов.** Анализ публикаций по проблеме энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий показал, что на сегодня отсутствуют методики, позволяющие выполнить корректную оценку эффективности и экономической целесообразности повышения термического сопротивления теплопередаче стен, сравнивая только количество теплотерь через 1 м<sup>2</sup> ограждающих конструкций зданий.

Как показывает практика эксплуатации зданий (в первую очередь – жилых), объективной оценкой при назначении рекомендуемого значения термического сопротивления теплопередаче стен сле-

дует считать величину оплаты тепловой энергии за отопительный период, с учетом того, что температура воздуха в помещениях за этот период не ниже нормируемой (таблица 4.1 [5]).

С учетом того, что на декабрь 2013 года себестоимость выработки 1 Гкал тепловой энергии составляет в среднем по республике 734 917 рублей (данные Министерства ЖКХ), экономия по оплате тепловой энергии за отопительный период при переходе  $R_{т\text{ норм}}$  с  $2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$  на  $3,2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$  составит:

- Брестская область – 9480 рублей на  $1\text{ м}^2$  ограждения;
- Витебская область – 12010 рублей на  $1\text{ м}^2$  ограждения.

По результатам выполненных расчетов можно сделать следующий предварительный вывод. При переходе  $R_{т\text{ норм}}$  с  $2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$  на  $3,2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$  экономия по оплате тепловой энергии за отопительный период для климатических условий Брестской области на 21% меньше, чем для Витебской области.

Необходимо также принять во внимание следующий факт, что графики зависимости теплопотерь через  $1\text{ м}^2$  ограждающей конструкции от приведенного сопротивления теплопередачи конструкции (рис. 1 а, б) построены с учетом численных значений расчетных температур наружного воздуха (табл. 4.4 [5]), которые более 20 лет не корректировались. Учитывая, что по данным многолетних наблюдений (с 1960 по 2009 год) климат в Республике Беларусь претерпел существенные изменения (средняя температура наружного воздуха за период с октября по март для г. Бреста увеличилась на  $+0,6^{\circ}\text{С}$ , а для г. Витебска, наоборот, снизилась на  $-0,2^{\circ}\text{С}$ ), необходимо выполнить дополнительные исследования с учетом изменения климата.

**Оценка эффективности тепловой реабилитации зданий различной этажности.** Для проведения углубленного сравнительного анализа экономической целесообразности увеличения нормативного сопротивления теплопередачи наружного стенового ограждения зданий и сооружений в 1,6 раза были выполнены расчеты экономии энергии на отопление для конкретных зданий, наружное стеновое ограждение которых имеет сопротивление теплопередачи соответственно  $2,0\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$  [2] и  $3,2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$  [1].

Расчеты были выполнены для двух жилых зданий:

- 1 – трехэтажный двухподъездный жилой дом с геометрическими размерами в плане: ширина 12 м, длина 36 м.
  - 2 – десятиэтажный двухподъездный жилой дом с геометрическими размерами в плане: ширина 12 м, длина 36 м.
- Рассчитаны были основные и добавочные теплопотери в среднем в течение отопительного сезона только через ограждения без учета нагрева инфильтрующегося воздуха и бытовых тепловыделений.

#### **Здание 1**

**Вариант 1** – здание расположено в г. Бресте,  $R_{т\text{ стен}} = 3,2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$ . Согласно выполненным расчетам суммарные теплопотери для здания составили 11111 Вт (теплопотери через стены – 5674 Вт – 51%).

**Вариант 2** – здание расположено в г. Бресте,  $R_{т\text{ стен}} = 2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$ . Суммарные теплопотери составили 14330 Вт (теплопотери через стены – 9457 Вт – 66%).

*Экономия тепловой энергии за отопительный период при переходе  $R_{т\text{ норм}}$  с 2 на 3,2 для здания, расположенного в г. Бресте, составит:  $9457 - 5674 = 3783\text{ Вт} \cdot 24\text{ часа} \cdot 187\text{ суток} / (1,16 \cdot 1000 \cdot 1000) = 14,6\text{ Гкал} \cdot 734\text{ 917 рублей} = 10730\text{ тыс. рублей}$ .*

**Вариант 3** – здание расположено в г. Витебске,  $R_{т\text{ стен}} = 3,2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$ . Суммарные теплопотери составили 12445 Вт (теплопотери через стены – 6348 Вт – 51%).

**Вариант 4** – здание расположено в г. Витебске,  $R_{т\text{ стен}} = 2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$ . Суммарные теплопотери составили 16044 Вт (теплопотери через стены – 10580 Вт – 66%).

*Экономия тепловой энергии за отопительный период при переходе  $R_{т\text{ норм}}$  с 2 на 3,2 для трехэтажного жилого здания, расположенного в г. Витебске  $10580 - 6348 = 4232\text{ Вт} \cdot 24\text{ часа} \cdot 187\text{ суток} / (1,16 \cdot 1000 \cdot 1000) = 16,37\text{ Гкал} \cdot 734\text{ 917 рублей} = 12030\text{ тыс. рублей}$ .*

*Для климатических условий Витебской области при переходе с  $2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$  на  $3,2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$  экономия тепловой энергии для тре-*

*жэтажного жилого здания оказалась на 10,8% меньше, чем для Брестской области.*

#### **Здание 2**

**Вариант 1** – здание расположено в г. Бресте,  $R_{т\text{ стен}} = 3,2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$ . Суммарные теплопотери составили 28000 Вт (теплопотери через стены – 17959 Вт – 64%).

**Вариант 2** – здание расположено в г. Бресте,  $R_{т\text{ стен}} = 2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$ . Суммарные теплопотери составили 38095 Вт (теплопотери через стены – 29932 Вт – 78%).

*Экономия тепловой энергии за отопительный период при переходе  $R_{т\text{ норм}}$  с 2 на 3,2 для здания, расположенного в г. Бресте, составит:  $29932 - 17959 = 11973\text{ Вт} \cdot 24\text{ часа} \cdot 187\text{ суток} / (1,16 \cdot 1000 \cdot 1000) = 46,3\text{ Гкал} \cdot 734\text{ 917 рублей} = 34026\text{ тыс. рублей}$ .*

**Вариант 3** – здание расположено в г. Витебске,  $R_{т\text{ стен}} = 3,2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$ . Суммарные теплопотери составили 31352 Вт (теплопотери через стены – 20089 Вт – 64%).

**Вариант 4** – здание расположено в г. Витебске,  $R_{т\text{ стен}} = 2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$ . Суммарные теплопотери составили 42637 Вт (теплопотери через стены – 33484 Вт – 78%).

*Экономия тепловой энергии за отопительный период при переходе  $R_{т\text{ норм}}$  с 2 на 3,2 для здания, расположенного в г. Витебске,  $33484 - 20089 = 13395\text{ Вт} \cdot 24\text{ часа} \cdot 187\text{ суток} / (1,16 \cdot 1000 \cdot 1000) = 51,8\text{ Гкал} \cdot 734\text{ 917 рублей} = 38069\text{ тыс. рублей}$ .*

*Для климатических условий Витебской области при переходе с  $2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$  на  $3,2\text{ м}^2 \times 0\text{С/Вт}$  экономия тепловой энергии для десятиэтажного жилого здания на 10,6% меньше, чем для Брестской области.*

#### **Заключение**

1. Резервом повышения энергосбережения при эксплуатации зданий и сооружений, которые можно реализовать на стадии проектирования, является наличие экономически обоснованной методики назначения сопротивления теплопередаче при проектировании наружного ограждения, базирующейся на значениях градусо-суток отопительного периода (ГСОП), откорректированных с учетом изменения климатических условий, произошедших на территории Республики Беларусь за последние десятилетия.
2. Для климатических условий Республики Беларусь этажность застройки жилых микрорайонов не является определяющим фактором при проведении тепловой реабилитации зданий.

#### **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Изменение №1 ТКП 45-2.04-43-2006(02250). Утверждено и введено в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 29 декабря 2008 г. № 484.
2. Строительная теплотехника: СНБ 2.04.01-97. – Мн.: Минстройархитект. РБ, 1998. – 32 с.
3. Типовая технологическая карта на многослойную кирпичную кладку наружных стен толщиной 640 мм с утеплением пенополистиролом толщиной 100 мм и воздушной прослойкой 40 мм со стеклопластиковыми связями: ТТК-26. – Минск: ПК «Минскстрой», УП «Оргтехстрой», 2001. – 55 с.
4. Черноиван, В.Н. К оценке эксплуатационной эффективности многослойной кирпичной кладки несущих стен с плитным утеплителем / В.Н. Черноиван, В.Г. Новосельцев, Н.В. Черноиван, Ю.Г. Ковенько, Е.В. Матвиенко // Строительная наука и техника. – 2013. – № 2 (43) – С. 27–31.
5. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.04-43-2006 (02250). – Мн.: Минстройархитект РБ., 2007. – 32 с.
6. Гагарин, В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. – 2010. – № 3. – С. 8–16.
7. Гагарин, В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. – 2008. – № 9. – С. 41–47.
8. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01-03. – Минск, 2004.

*Материал поступил в редакцию 16.04.14*

The questions of efficiency and validity of transition in working normative documents to the increased value of thermal resistance to a heat transfer external walls protection - is presented in the paper.

УДК 631.95:551.5

Логинов В.Ф., Микуцкий В.С.

## О СВЯЗИ РАЗЛИЧНЫХ ФАЗ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА С СОБЫТИЯМИ ЛА-НИНЬО И ЭЛЬ-НИНЬО И ФАЗАМИ МНОГОЛЕТНЕГО ТИХООКЕАНСКОГО КОЛЕБАНИЯ

**Введение.** Наблюдающееся с конца 70-х гг. прошлого столетия взрывное потепление климата имеет свои особенности на глобальном и полусферном уровне, а также в годовом ходе. Детальные сезонные особенности потепления были рассмотрены в [1]. Характерным признаком потепления практически при всех пространственно-временных масштабах осреднения является его замедление в последние 10–15 лет. В [1] были указаны возможные причины паузы в изменении глобального климата:

- 1) понижение температуры в восточной части Тихого океана, связанное с большой повторяемостью и мощностью событий Ла-Ниньо;
- 2) рост аэрозольного загрязнения атмосферы;
- 3) снижение солнечной активности в последнем 11-летнем солнечном цикле (24-м по цюрихской нумерации).

В предлагаемой статье основное внимание будет уделено первому из этих «охлаждающих» атмосферу факторов, каждый из которых может уменьшать скорость потепления климата, связанного с ростом содержания парниковых газов.

**Основные результаты.** Рассмотрим динамику аномалий среднегодовой глобальной температуры (отклонений температуры от нормы, высчитанной за 1901–2000 гг.) по данным Национального центра климатических данных, США (National Climatic Data Center, NCDC) [2], а также их тренды для различных подпериодов (рис. 1). Как видим, за последнее столетие (начиная с 1905–1910 гг.) произошло увеличение среднегодовой глобальной температуры приблизительно на  $0,8 \pm 0,9$  °С. Из рисунка видно также, как меняются тренды при варьировании рассматриваемых подпериодов. Отметим, что в обоих случаях второй и четвёртый подпериоды приходятся на «потепление Арктики» в первой половине прошлого столетия и современное потепление климата соответственно. Отличие между графиками, приведёнными на рис. 1, состоит в том, что периоды первого графика (рис. 1, а) выбраны так, чтобы тренды подпериодов потепления были максимально возможными, а тренды оставшихся подпериодов – минимальными. Таким образом, можно говорить об отчётливо выделяющихся трёх фазах относительно «стационарного» режима температуры и двух фазах максимальных градиентов её повышения.

Важным является то, что наличие последней паузы потепления

входит в определённое противоречие с преобладающей ныне парниковой теорией потепления, поскольку экспоненциальный рост концентрации углекислого газа в атмосфере продолжается. Этот факт, а также скачкообразный ход изменений температуры требует своего объяснения.

С энергетической точки зрения наиболее обоснованной причиной паузы в скорости роста глобальной температуры за последние 10–15 лет могло быть понижение температуры на востоке и в центре экваториальной части Тихого океана. Как правило, отрицательные аномалии температуры здесь формируются во время так называемых событий Ла-Ниньо. Известно, что события Ла-Ниньо и Эль-Ниньо – это колебания температуры поверхностного слоя воды в экваториальной части Тихого океана.

Многие специалисты считают [3], что с увеличением характерных периодов рассматриваемых процессов в климатической системе роль океана в их поддержании должна возрастать. Однако имеются разные точки зрения относительно роли крупномасштабного взаимодействия океана с атмосферой в формировании климатической изменчивости на низких частотах. В настоящее время наиболее разработаны три гипотезы.

Согласно первой концепции, океан, воспринимая атмосферные воздействия, спектр которых близок к белому шуму, генерирует отклик, представляющий собой относительно пассивную реакцию на эти воздействия. Он имеет вид красного шума, то есть спектра с концентрацией большей части энергии в области низких частот.

В соответствии со второй концепцией внутренние океанические процессы порождают механизмы многолетней изменчивости климата. В данном случае спектры океанических полей характеризуются пиками в области низких частот.

Третья концепция в качестве важнейшего фактора климатической изменчивости рассматривает крупномасштабное взаимодействие океана с атмосферой на низких частотах и связанные моды в системе океан–атмосфера. В этом случае спектры океанических и атмосферных полей характеризуются пиками в области относительно низких частот, которые обусловлены наличием связанных мод в системе океан–атмосфера.

Типичные проявления низкочастотной изменчивости атмосфер-

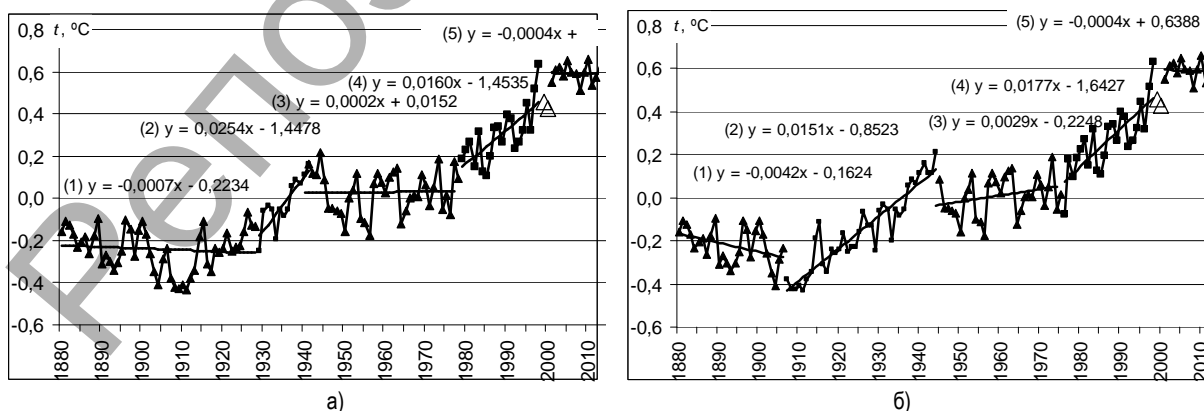


Рис. 1. Аномалии среднегодовой глобальной температуры и их тренды по периодам:

1880–1928, 1929–1941, 1942–1978, 1979–1998, 2001–2013 гг. (а)

1880–1906, 1907–1944, 1945–1975, 1976–1998, 2001–2013 гг. (б)

Логинов Владимир Федорович, д.г.н., профессор, главный научный сотрудник, академик НАН Беларуси.

Микуцкий Владимир Станиславович, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: m-vs@tut.by.