УДК 721.011:624.07 doi:10.23968/2305–3488.2017.22.4.95–102

ЭКОЛОГИЯ И АРХИТЕКТУРНАЯ ТЕКТОНИКА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Темнов В. Г., Русанов Г. Е., Болотин С. А., Гельфонд А. Л.

ECOLOGY AND ARCHITECTONICS CONSTRUCTION OBJECTS OF URBAN ENVIRONMENTAL

Temnov V. G., Rusanov G. E., Bolotin S. A., Gelfond A. L.

Аннотация

Рассматриваются вопросы, связанные с технологиями создания энергоэффективных и экологически безопасных объектов строительства в современной городской застройке. Современные архитектурно-планировочные структуры городских застроек не всегда оказывают благоприятное воздействие на физическое состояние и эмоциональный тонус человека. Интересы горожан к гуманизации их жизненной среды с позиции экологии слабо затрагиваются городскими застройками.

Строительство объектов городской застройки организовано несомненно лучше, чем остальные их жизненные процессы, особенно процесс их утилизации. В результате накапливаются горы отходов, связанные с отслужившими городскими застройками. Если бы современный строитель более прилежно учился у природы, он вряд ли создал бы столь несбалансированный механизм производства современных объектов строительства. Кроме того, активное использование опыта живой природы позволило бы ему получать эффективные, экологически чистые архитектурно-конструктивные системы зданий и сооружений.

Предлагается использовать средства инженерной экологии, принципы и закономерности архитектурно-строительной бионики в практике проектирования и строительства объектов городской застройки, совместимых с природной средой.

Ключевые слова: архитектурно-строительная бионика, математическая модель оптимизации, несущая способность конструкции, система автоматизированного проектирования (САПР), экологичная архитектура, энергоэффективные здания.

Abstract

This article discusses the issues related to technologies for creating energy efficient and environmentally safe object construction in modern urban areas.

Weakly affected urban areas and the interests of people for the humanization of their living environment from the perspective of ecology.

The man plays the role of a Builder, had created an unbalanced mechanism of production of objects of urban development, when their construction is certainly better organized than the rest of the life processes, especially the process of their disposal. As a result, began accumulating mountains of waste associated with end-of-urban areas. Arouse an environmental problem!

If a modern builder more diligently studied nature, he hardly would have created such an unbalanced mechanism of production of modern construction sites. In addition, the active use of the experience of nature would allow him to obtain effective, environmentally friendly architectural and structural systems of buildings and structures.

It is proposed to use the tools of environmental engineering, principles and regularities of architectural bionics in the practice of design and construction of urban development compatible with the natural environment.

Keywords: environment, architectural bionics, mathematical model optimization, the bearing capacity design, computer-aided design (CAD), energy efficient design, energy efficient building, ecological architecture, energy-active buildings.

Введение

Градостроительство является одним из главных средств формирования пространства искусственной среды обитания человека на планете Земля.

При этом создаваемые строительные объекты (здания и сооружения) городских застроек, которые как раз и образуют эти пространства, должны не только обеспечивать комфортные условия проживания, труда, быта и отдыха горожан, но и гармонично вписываться в общую иерархическую структуру сред обитания живых организмов [1], не нарушая тем самым экологического равновесия в природе.

Современные экологические факторы городской среды обитания

Главным фактором, который определяет эффективность и ограниченность городской застройки для современного общества, является ее плотность, которую можно либо увеличить, либо уменьшить.

Путь безграничного повышения плотности городской застройки очень опасен (рис. 1, 2). С одной стороны, с увеличением плотности застройки социальные процессы резко ухудшаются. С другой стороны, при снижении плотности застройки улучшаются социальные условия горожан, однако, увеличиваются размеры городской застройки, что ведет к увеличению длины транспортных и коммуникационных линий и, следовательно, к снижению ёмкости застройки, к неэффективному использованию земельных массивов. К тому же, с увеличением размеров городской застройки возникает транспортная проблема (рис. 3).

При выборе территории под городскую застройку приходится сталкиваться с таким природным фактором, как активные зоны тектонических нарушений или разломы на границах больших и малых жестких плит в литосфере.

Рис. 1. Современный комплекс городской застройки (Сингапур)

Рис. 2. ТОТЕМЕНТ/ПЕЙПЕР. Проект «вертикального квартала» в Гонконге. Арх.: Л. Айрапетов, В. Преображенская, Е. Легков, О. Фомина

Разломы представляют собой трещины, образование которых связано с возникновением напряжений в породах. Когда напряжения достигают такой величины, что превышают прочности последних, то более слабые из пород не выдерживают, происходит внезапный разрыв и вдоль линии ослабления возникают разломы. По границам образованных разломов плиты могут раздвигаться, сдвигаться или скользить относительно друг друга.

Возникает вид деформации, называемый «crippling», при котором противоположные стороны в разломе медленно раздвигаются или сдвигаются со средней скоростью 1–2 см в год. В результате такого рода движений здания или сооружения, построенные на разломах, с течением времени разрушаются (разрываются, срезаются или сминаются).

Геоактивность разломов может быть позитивной, когда она приводит к образованию живописного рельефа местности, разнообразию ландшафта, к возникновению рек, озер, заливов. Для зон разломов также характерны богатая флора и фауна — они всегда являлись причиной появления поселков, крупных поселений, перерастающих в города. Многие цивилизации на Земле возникли именно в зонах с высоким уровнем геоактивности.

Рис. 3. Архитектурно-планировочное решение городской застройки с пониженной плотностью

Также известно, что под действием повышенной энергетической активности разломов стимулируется рост и ускоряется развитие живых организмов, однако действительное благотворное влияние геоактивности на них еще недостаточно изучено [7].

Геоактивность проявляет себя и с негативной (геопатогенной) стороны, порождая комплекс природных опасностей. Так, выбросы в жидком, твердом и газообразном состоянии глубинного вещества через разломы могут оказывать механические, тепловые или токсичные воздействия на экосистему.

В геопатогенных зонах наблюдается усиление магнитных, тепловых и радиационных полей, отрицательно влияющих на окружающую среду и зачастую приводящих к катастрофическим последствиям.

Казалось бы, при проектировании современных городских построек надо избегать геоактивных зон. Однако увеличение численности населения на планете Земля (рис. 4), повлекшее за собой активный рост городов Америки, Европы, Азии (рис. 5) привело к дефициту земельных площадей, в результате чего под застройку стали использовать геопатогенные зоны, предав забвению их губительный характер.

Таким образом, разломы, с одной стороны, образуют пояса активности, к которым приурочена большая часть землетрясений, с другой стороны они являются причиной аномально-высокого воздействия геологической среды на условия обитания живых организмов.

Проектироваение энергосберегающих объектов городской застройки

Согласно данным, приведенным в работах [8, 9], в странах мира на нужды строительства (реконструкции) и эксплуатации зданий и сооружений тратится около половины общего объема топливно-энергетических ресурсов каждой страны в отдельности. При этом основная часть из них расходуется на создание и поддержание комфортных условий (микроклимата) в помещениях зданий: нагрев (охлаждение) воздуха, горячее водоснабжение, газофицированное (электрофицированное) приготовление пищи, электроосвещение, энергообеспечение бытовой техники и т. д. Лишь относительно небольшая доля от общего объема топливно-энергетических ресурсов приходится на производство строительных материалов, изготовление конструкций, само возведение зданий и сооружений, их дальнейший ремонт и реконструкцию.

Отсюда становится ясным, насколько актуальна проблема сокращения расходов энергоресурсов, идущих на создание (микроклимата) внутри помещений зданий [10, 11].

Решить данную проблему возможно тремя способами: полностью или частично отказаться от создания комфортных условий в зданиях; рационально использовать энергоресурсы, идущие на создание комфортных условий; проектировать и строить энергосберегающие строительные объекты [9].

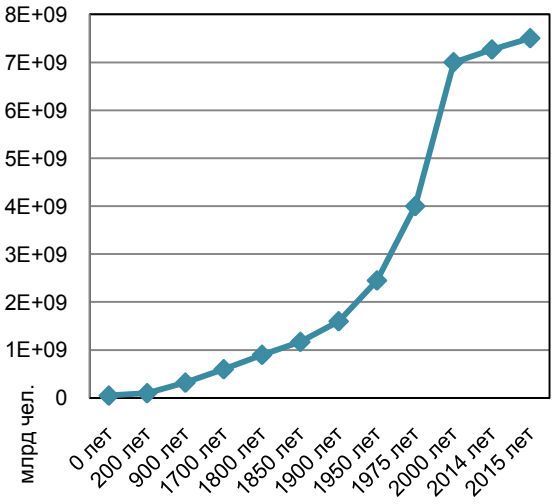


Рис. 4. Рост численности населения земного шара

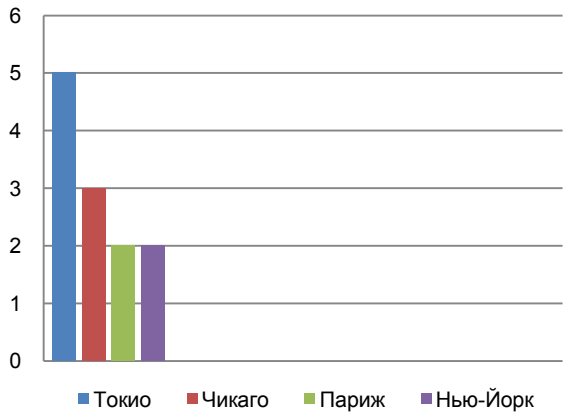


Рис. 5. Темпы роста городского населения в год (%)

Одним из важных условий энергосберегающих зданий является рациональный выбор средствами САПР объемно-планировочной структуры и строительных конструкций здания, обеспечивающих минимальное количество энергии, необходимой для его эксплуатации.

Здание можно образно сравнить с сосудом, имеющим проницаемые стенки, внутри которого находится энергия, затрачиваемая на создание комфортного микроклимата, и которая постепенно рассеивается через их ограждающие поверхности, в частности, из-за теплопотерь.

Из этого следует идентичность задачи природы и проектировщика, которая состоит в том, чтобы создать объект с такой внешней формой и с такой внутренней структурой, чтобы рассеивание энергии через ограждающие поверхности было минимальным [9].

Площадь поверхности любого объекта (живого или неживого), как известно [12], можно выразить через его объем следующим образом:

$$S = k \cdot V^{n}, \qquad (1)$$

где S — площадь поверхности объекта (м^2); V — объем объекта (м^3); k — коэффициент пропорциональности; n — показатель степени.

Для любых изометрических тел, каковыми являются и здания, показатель степени остается таким же как и у живых организмов, то есть $n = 0{,}67$ и только меняется значение коэффициента k (табл. 1).

Отсюда следует, что чем больше величина k, тем больше площадь ограждающей поверхности здания по отношению к его объему и тем интенсивнее будет происходить рассеивание энергии, затрачиваемой на создание комфортного микроклимата в нем.

Наименьшая величина коэффициента k у шара, площадь поверхности которого равна

$$S = 4{,}836 \cdot V^{0{,}67}. \qquad (2)$$

В табл. 2 представлены величины коэффициента k для крупнопанельных зданий различных серий, построенных в России (коэффициент k является своего рода количественным и качественным показателем интенсивности рассеивания затраченной энергии на создание комфортного микроклимата в помещении).

Чтобы обеспечить постоянство микроклимата в помещении, необходимо затрачивать дополнительное количество энергии, равное рассеиваемой части за счет теплопотерь. Для этого надо найти при заданной величине k такой объем здания с соответствующей формой, при которых энергозатраты на нагрев или охлаждение будут минимальными.

Оптимальные объемы живых и неживых объектов могут быть определены из решения уравнения следующего вида:

$$W = c_1 \cdot V - c_2 \cdot V^{0{,}67}, \qquad (3)$$

где c_1 — количество энергии, необходимой для создания соответственно стабильной температуры тела живого организма или комфортного микроклимата в здании на единицу объема (дж/м^3); c_2 — количество рассеиваемой энергии, связанное с теплопотерями через ограждающую поверхность (дж/м^2).

В качестве предварительной количественной оценки массы конструкций, необходимой для материализации создаваемого утилитарного пространства, успешно используется критерий эффективности, представляющий отношение массы конструктивной системы к объёму материализуемого пространства:

$$f\left(x_m\right) = \min\left\{(1, x_m / V\left(x_m\right)) \mid x_m \in R_+^n\right\}, \qquad (4)$$

где $1 = (1_1, 1_2, \ldots, 1_i, \ldots, 1_n)$ — суммарный вектор n элементов конструктивной системы; $x_m = (x_{m1}, x_{m2}, \ldots, x_{mi}, \ldots, x_{mn})$ — искомый вектор значений масс элементов конструктивной системы; $V(x_m)$ — функция объёма утилитарного пространства (м^3); R_+^n — неотрицательный ортант n-мерного вещественного Евклидова пространства.

Нахождение величины массы объекта городской застройки, при которой обеспечивается качество строительных конструкций, определяемое их несущей и ограждающей способностями, возможно на основе применения средств САПР [9].

Архитектурно-планировочные структуры объектов городской застройки на основе бионических принципов

Дальнейшее совершенствование существующих и получение новых эффективных конструктивных решений энергоэффективных зданий стало возможным на основе использования принципов архитектурно-строительной бионики, в частности принципа транстропно-полигональных структур конструктивных систем [13, 14].

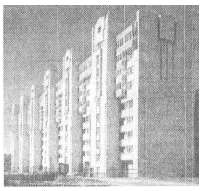
Таблица 1

Величины коэффициента *k* для изометрических тел, животных и человека

Геометрические тела	Площадь поверхности тела S	Объем тела V	$k = \frac{S}{V^{0,67}}$	Животные и человек	Площадь поверхности тела S, см^2	Масса тела M, г	$k = \frac{S}{M^{0,67}}$
				по Meeh- 1879, Benedict-1934, Temnov-2001			
Шар	$S = 4\pi R^2$	$V = \frac{4}{3}\pi R^3$	4,836	Ёж	$\frac{0,0687 \cdot 10^4}{0,0454 \cdot 10^4}$	880	$\frac{7,50}{4,95}$
Цилиндр	$S = 6\pi R^2$	$V = 2\pi R^3$	5,537	Овца	$\frac{0,029 \cdot 10^4}{0,687 \cdot 10^4}$	42 800	$\frac{8,40}{5,61}$
Куб	$S = 14a^2$	$V = 3a^3$	6,370	Свинья	$\frac{1,458 \cdot 10^4}{1,113 \cdot 10^4}$	65 000	$\frac{9,0}{6,87}$
Конус	$S = \pi R^2(\sqrt{5}+1)$, при $h = 2R$	$V = \frac{2}{3}\pi R^3$	6,208	Лошадь	$\frac{5,87 \cdot 10^4}{3,73 \cdot 10^4}$	450 000	$\frac{10,0}{6,35}$
Пирамида	$S = 5,12a^2$, при $h = 2a$	$V = \frac{2}{3}a^3$	6,553	Человек	$\frac{1,87 \cdot 10^4}{1,12 \cdot 10^4}$	70 000	$\frac{11}{6,58}$

Таблица 2

Величины *k* — показателя интенсивности рассеивания энергии, затраченной на создание комфортного микроклимата в крупнопанельных зданиях

	Геометрические характеристики зданий					Коэффициент рассеивания энергии $k = \frac{S}{V^{0,67}}$
	Ширина здания B, м	Длина здания L, м	Ширина здания L, м	Ограждающая поверхность здания S, м^2	Объём здания V, м^3	
1-335А	11,60	56,80	15,50	3438,16	10212,16	7,304
1-464А	11,52	85,20	15,50	4961,33	15213,13	8,081
1-464Д	13,04	85,20	2615,50	7389,44	29219,51	8,210
И164,0769/1	12,00	76,80	15,50	4897,92	15686,40	7,810
1-467А	9,80	64,00	15,50	3542,20	9721,60	7,810
111-112-7М	9,80	64,80	15,50	4473,60	14774,40	7,430
ОД-6 (5 этажей)	10,00	96,00	15,50	6457,65	205448,0	8,610
ОД-6 (9 этажей)	12,50	96,00	15,50	9571,42	39652,00	8,230

В основе этого принципа лежит сочетание плотной упаковки ячеек структур конструктивных систем и гетерогенного размещения материала в их гранях.

В живой природе эта закономерность особенно проявляется при оптимизации биологических структур и форм, когда ячейки в структуре конструктивных систем должны иметь по тем или иным причинам постоянные геометрические характеристики. Так, пчелы, осы, имеющие приблизительно одинаковые размеры, при постройке сотов образуют плотную упаковку из кругов, которые под действием капиллярных сил, превышающих давление изнутри от пчелиных

тел, превращаются в описанные шестиугольники (рис. 6).

Транстропно-полигональные структуры конструктивных систем позволяют одновременно получить рациональную компоновку городской застройки из типовых ячеек-кварталов (рис. 7) и создать оптимальные по расходу материала конструкции зданий и сооружений, обладающие высокими прочностными, жесткостными и экологическими показателями. Согласно этому принципу при планировке городской застройки обеспечивается плотная упаковка ячеек-кварталов, представляющих собой с геометрической точки зрения многоугольники, а с технологической — многофункциональные комплексы со свободным планом, с развитым внутренним пространством и сквозными связями с внешним окружением (рис. 9).

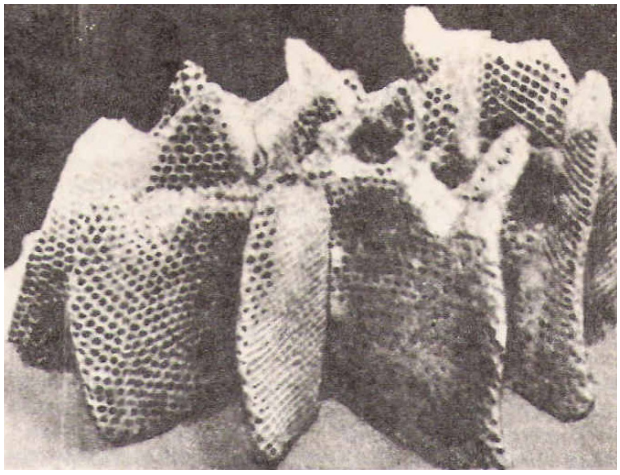


Рис. 6. Радиально расходящиеся пчелиные соты, построенные снизу вверх в улье Русси [14]

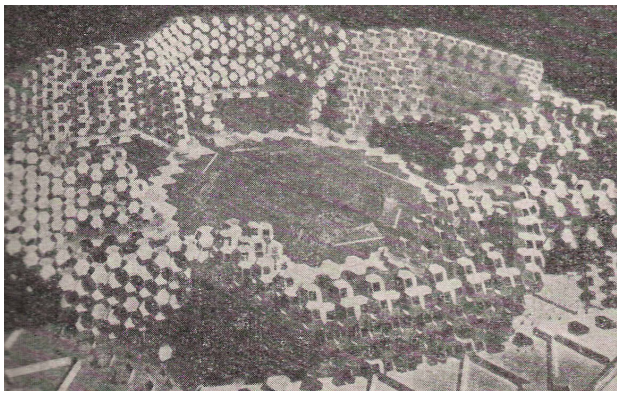


Рис. 7. Архитектурно-планировочное решение городской застройки на основе гексагональных ячеек-кварталов

Рис. 8. Многофункциональный комплекс городской застройки со свободной планировкой

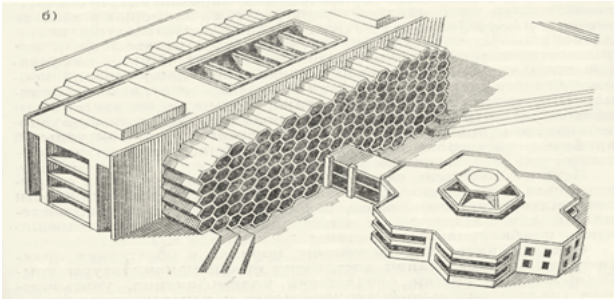


Рис. 9. Здание с транстропно-гексагональной структурой (инж. В. Г. Темнов, Т. И. Ефимова, арх. Ю. А. Никитин)

Гранями этих ячеек-кварталов являются строительные объекты городской застройки — многоэтажные здания (рис. 9), желательно террасного типа (рис. 10).

Несущую часть таких зданий представляют конструктивные системы, выполненные из модульных блоков (рис. 11) с гетерогенным размещением материала между их гранями и образующих кубические, тетраэдрические или гексагональные структуры.

Проектирование конструктивных систем с транстропно-полигональными структурами позволяет не только получить рациональную компоновку объекта строительства, снизить его массу, но при этом достичь высокого технического и экологического качества городской застройки.

Заключение

При архитектурно-бионическом подходе к решению поставленной в статье проблемы возможно создание современного города, который, по выражению архитектора-градостроителя М. Г. Бархина, становится организмом из крупных молекул различного социального, эколо-

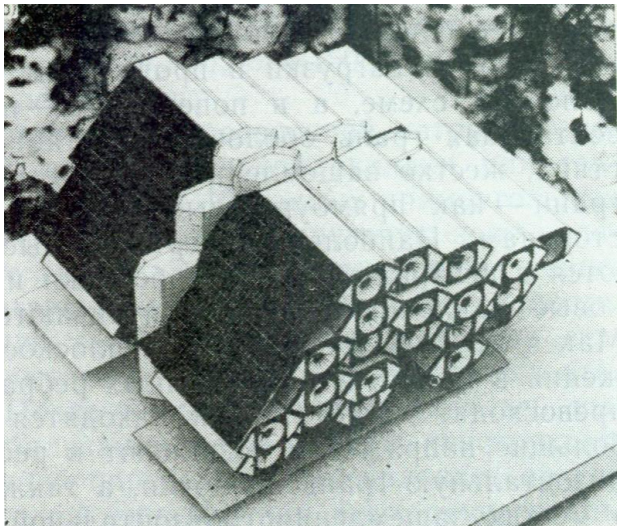


Рис. 10. Многоэтажное здание террасного типа для северных районов (инж. В. Г. Темнов, арх. А. Н. Акулова)

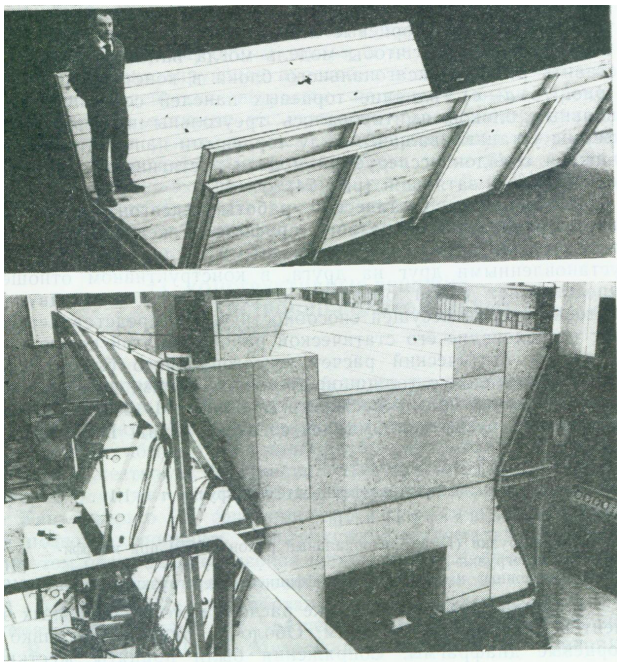


Рис. 11. Конструктивный блок здания с транстропно-гексагональной структурой (а. с. № 11147151(СССР), Б. И. № 35,1984)

гического содержания и большой художественной выразительности. И хотя, по утверждению индийского архитектора Ch. M. Correa, трудно создать «великую архитектуру города в нравственно-испорченные времена» [15], пытаться это делать, используя средства инженерной экологии и архитектурно-строительной бионики, подаренные самой природой, просто необходимо.

Литература

1. Темнов, В. Г. (2010). Принятие конструктивных решений при проектировании искусственной среды обитания. Актуальные вопросы совершенствования системы высшего профессионального образования. Сб. науч. трудов № 2. СПб.: Невский институт управления и дизайна, сс.183–191.
2. Русанов, Г. Е. (2004). Структура архитектурных ансамблей города. СПб.: СПбГАСУ, 190 с.
3. Реймерс, Н. Ф. (1994). Экология: теория, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: Мысль, 336 с.
4. Реутская, И. П. (2004). Экологический подход к архитектурному проектированию жилых зданий. Вестник БААРХ, № 1, сс. 39–42.
5. Обзорная информация (2006). Проблемы архитектурной экологии. М.: ВНИИТАГ Госкомархитектуры, 61 с.
6. Баландин, Р. К. (2001). Экология: Человек и природа. М .: ОЛМА-ПРЕСС, 350 с.
7. Шнитковский, А. Ф. (ред.) (2001). Проблема геоактивности и ее связь с геологической ситуацией в Санкт-Петербургском регионе. Сб-к материалов VI -ой международной конференции «Экология и развитие Северо-Запада России». 11–16 июля 2001 г. СПб.: МАНЭБ, 304 с.
8. Шевцов, К. К. (1994). Охрана окружающей природной среды в строительстве. М.: Изд-во: Высш. шк. 240 с.
9. Темнов, В. Г.(2001). Конструктивные системы в природе и строительной технике (Ресурсосберегающие технологии проектирования). СПб.: Изд-во «Компьютербург», 65 с.
10. Тетиор, А. Н. (1994). Строительная экология. Киев: УМКВО, 273 с.
11. Мазур, И. И. (1999). Курс инженерной экологии. М.: Высш. шк., 447 с.
12. Шмидт-Ниельсен, К. (1987). Размеры животных: почему они так важны? М.: Мир, 259 с.
13. Лебедев, Ю. С. (ред.) (1990). Архитектурная бионика. М.: Стройиздат. 260 с.
14. Темнов, В. Г. (2001). Архитектурно-конструктивные решения городской застройки на основе бионического принципа транстропно-полигональных структур. Сб. материалов международной научно-практической конференции 16–17 апреля 2001 г. «Постсоветское градостроительство. Проблемы и перспективы». СПб.: Изд-во ИНТАН», 211 с.
15. Корреа, Ч. М. (1972). Модели (шаблоны) городов миллионников. Existics, т. 34, № 205, сс. 15–21.

References

1. Temnov, V. G. (2010). Prinyatie konstruktivnyh reshenij pri proektirovanii iskusstvennoj sredy obitaniya. [The adoption of constructive solutions in the design of artificial habitat]. Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya sistemy vysshego professional'nogo obrazovaniya. Sb-k nauch. trudov, № 2. SPb.: Nevskij institut upravleniya i dizajna, pp. 183–191. (in Russian)
2. Rusanov, G. E. (2004). Struktura arhitekturnyh ansamblej goroda [Structure architectural ensembles of the city]. SPb.: Spbgasu, 190 p. (in Russian)
3. Reimers, N. F. (1994). Ekologiya: teoriya, zakony, pravila, principy i gipotezy [Ecology: theories, laws, rules, principles and hypotheses]. M.: Mysl, 336 p. (in Russian)
4. Reutskaya, I. P. (2004). Ehkologicheskij podhod k arhitekturnomu proektirovaniyu zhilyh zdanij [The ecological

approach to the architectural design of residential buildings]. Vestnik BAARH, №1, pp. 39–42. (in Russian)

5. Obzornaya informaciya (2006). Problemy arhitekturnoj ehkologii [Problems of architectural ecology]. M.: VNIITAG Goskomarhitektury, 61 p. (in Russian)

6. Balandin, R. K. (2001). Ekologiya: Chelovek i priroda [Ecology: Man and nature]. M .: OLMA-PRESS, 350 p. (in Russian)

7. Snitkovsky A. F. (ed.) (2001). Problema geoaktivnosti i ee svyaz' s geologicheskoj situaciej v Sankt-Peterburgskom regione [The problem of geoactivity and its relationship with the geological situation in the St. Petersburg region]. Sb-k materialov VI mezhdunarodnoj konferencii «Ekologiya i razvitie Severo-Zapada Rossii». 11–16 iyulya 2001 g. SPb.: MANEHB, 304 p. (in Russian)

8. Shevtsov, K. K. (1994). Ohrana okruzhayushchej prirodnoj sredy v stroitel'stve [Protection of the natural environment in construction]. M.: Izd-vo: Vyssh. shk. 240 p. (in Russian)

9. Temnov V. G. (2001). Konstruktivnye sistemy v prirode i stroitel'noj tekhnike (Resursosberegayushchie tekhnologii proektirovaniya) [Structural systems in nature and building technology (resource-Saving technologies of design)]. SPb.: Izd-vo «Komp'yuterburg», 65 p. (in Russian)

10. Tetior, A. N. (1994). Stroitel'naya ehkologiya [Construction ecology]. Kiev: UMKVO, 273 p. (in Russian)

11. Mazur, I. I. (1999). Kurs inzhenernoj ehkologii [The course of environmental engineering]. M.: Vyssh. shk., 447 p. (in Russian)

12. Schmidt-Nielsen, K.(1987). Razmery zhivotnyh: pochemu oni tak vazhny? [Why is animal size so important?]. M.: Mir, 259 p. (in Russian)

13. Lebedev, Y. S. (ed.) (1990). Arhitekturnaya bionika [Architectural bionics]. M.: Strojizdat, 260 p. (in Russian)

14. Temnov, V. G. (2001). Arhitekturno-konstruktivnye resheniya gorodskoj zastrojki na osnove bionicheskogo principa transtropno-poligonal'nyh struktur [Architectural design of urban development based on bionic principle transtorno — polygon structures]. Sb. materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii 16–17 aprelya 2001 g. «Postsovetskoe gradostroitel'stvo. Problemy i perspektivy». SPb.:Izd-vo» INTAN», 211 p. (in Russian)

15. Correa Ch.M. (1972) Patterns of Urban Crowts. Existics, vol. 34, № 205, pp.15-21.

Авторы

Темнов Владимир Григорьевич, д-р техн. наук, профессор

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

E-mail: vgtemnov@gmail.com

Русанов Геннадий Ефремович, д-р архитектуры

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

E-mail: rusanovg@yandex.ru

Гельфонд Анна Лазаревна, д-р архитектуры

Нижегородский Государственный Архитектурно-Строительный Университет

E-mail: gelfond@bk.ru

Болотин Сергей Алексеевич, д-р техн. наук

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

E-mail: sbolotin@mail.ru

Authors

Temnov Vladimir Grigorievich, Dr. of Engeneering, professor

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

E-mail: vgtemnov@gmail.com

Rusanov Gennadij Efremovich, Dr. of Architecture

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

E-mail: rusanovg@yandex.ru

Gelfond Anna Lazarevna, Dr. of Architecture

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

E-mail: gelfond@bk.ru

Bolotin Sergej Alekseevich, Dr. of Engeneering

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

E-mail: sbolotin@mail.ru