

УДК 69.001.5, 72.017, 573.7

Кривенко О. В.,

*к.т.н., доцент**Київський національний університет будівництва та архітектури*

knuba.o.v.k@gmail.com,

ORCID: 0000-0002-1709-2621,

ВИЗНАЧЕННЯ КОЛОРИСТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ БІОКЛІМАТИЧНИХ ВИСОТНИХ БУДИНКІВ

Анотація: розглянуто характеристики та особливості колористичних рішень в природі для їх застосування при вирішенні задач біокліматичної висотної забудови. Представлений аналіз основних напрямків досліджень щодо значення та можливостей колористичних рішень при створенні міського середовища взагалі та висотної забудови окремо. Визначено характеристики колористичних утворень в природі, що базуються на функціональній доцільності, оптимізації пристосування до оточуючого середовища, умов життєдіяльності. На основі представленого аналізу функціонального підґрунтя утворення кольорів в природі, виділено колористичні засоби регулювання енергоефективних та екологічних параметрів біокліматичної висотної будівлі, а саме: терморегуляції, регулювання освітленості, вологості.

Ключові слова: висотна біокліматична забудова, колористика, пігментний та структурний механізм утворення кольору, змінність кольору

Постановка проблеми та аналіз досліджень. Після періоду домінування суто технічних рішень, на сучасному етапі розвитку висотних будівель все більше уваги приділяється екологічному проектуванню, метою якого є створення здорових і комфортних умов проживання людини при зменшенні енергетичних витрат для цього. Висотні будівлі існують переважно в системі штучного предметного середовища міста. Метою проектування біокліматичних висотних будівель є повернення до дизайну, сумісного із оточуючим середовищем, кліматом, тобто біокліматичного дизайну.

За законами фізики всі матеріальні об'єкти мають колір. Колір впливає на створення візуального комфорту міського середовища. Питанням сприйняття кольору людиною, колористиці міст присвячені труди багатьох авторів. Так, Іттен Й. [1], займався вивченням впливу кольору на зміну сприйняття геометричної форми; Кравець В. І. проаналізував можливості кольорових рішень щодо візуальної зміни об'єму будівлі [2]; в роботах Алексєєва С. С та інш. досліджено здатність кольору підкреслювати чи приховувати фактуру матеріалу [3]. В роботах Єфімова А. В. досліджується використання кольору в

масштабах міського простору, пов'язаних з аналізом природних кольорів, історичної забудови та з урахуванням культурно-історичних кольорів даного регіону [4].

Аналіз досліджень дозволяє виділити основні чинники, що впливають на візуальне сприйняття забудови при колористичному проектуванні:

- природно-кліматичні особливості;
- колористика оточуючого міського середовища;
- асоціативний та психологічний вплив кольору;
- кольорово - композиційні рішення з урахуванням тектоніки, форми, масштабу, фактури;
- традиційне сприйняття кольору з урахуванням соціально-культурних особливостей місцевості.

Висотні та надвисотні будівлі відіграють роль домінант при формуванні образу міста, але особливості роботи з кольором та його сприйняттям у висотній забудові мало досліджені. Слід відзначити дослідження [5], де запропоновано класифікацію кольорово-композиційних рішень сучасної багатоповерхової забудови щодо створення та підкреслення індивідуальної виразності, об'ємно-просторового рішення висотних будинків.

Сучасна міська висотна забудова, яка характеризується перевагою сірого кольору будівель, великих за площею поверхонь зі скла та бетону, фасадами з рядами однакових вікон, прямих ліній будівель без видимих акцентів, призводить до створення гомогенного агресивного середовища та «синдрому великого міста» [6]. В дисертаційному дослідженні [7] розроблена методика прийняття рішень за допомогою колористичної системи і засобів колористики для формування комфортного візуального середовища в сучасній багатоповерховій забудові відносно науки відеоекології.

Отже, сучасна висотна забудова потребує засобів для повернення до стандартів природного середовища, що найкраще відповідає фізіологічним нормам зорового сприйняття людини та задач біокліматичної архітектури. Для набуття природних рис та якостей біокліматичного дизайну висотних будівель слід досліджувати аналоги природного світу, біологічних систем, у тому числі колористичну складову їх утворення.

Мета статті – зробити аналіз та визначити напрями використання колористичних рішень в природі для вирішення задач біокліматичної архітектури висотних будівель.

Об'єкти дослідження – об'єкти живої та неживої природи, висотні біокліматичні будинки.

Предмет дослідження – характеристики та особливості колористичних рішень в природі для вирішення задач біокліматичної висотної забудови.

Основна частина. Візуальна гармонія колористичних рішень в природі базується на функціональній доцільності, оптимізації пристосування до оточуючого середовища, умов життєдіяльності [8, 9, 10]. Різноманітність забарвлення в природі створена завдяки біологічній еволюції, утворюється за законами оптичної фізики та складної системи будови живих клітин і тканин, має свій зміст та функцію, наприклад:

- *захисна чи камуфляжна функція*, щоб залишатися непомітним для жертви чи хижака при полюванні;
- *комунікативний сигнал*, що дозволяє залучати партнерів для спаровування або відлякування суперників;
- *терморегуляція* за рахунок контролю кількості фотонів, що поглинаються через поверхню тіла;
- *для оптимізації спектра променів*, що поглинаються листям при фотосинтезі, які вибірково відбивають або розсіюють світло.

В живій та неживій природі зміна кольору є реакцією на мінливі умови зовнішнього середовища. Тому, забарвлення в природі характеризується різного роду змінністю, зміни можуть бути:

- *незворотними* із часом чи віком, наприклад, як листя змінює забарвлення за сезонами, що пов'язано із синтезом, накопиченням і розпадом пігментів;
- *зворотними*, коли зміна кольору відбувається як реакція на змінні чинники зовнішнього середовища та забезпечується переміщенням пігментних гранул або спеціальних пігментних клітин – меланофорів.

Прикладом зворотних змін кольору є регулювання температури тіла ящірки, яке стає темнішим при зниженні температури, тому що темні кольори поглинають більше тепла, а при підвищенні температури ящірка може стати дуже блідою, тому що світлі кольори відбивають тепло. Жук-геркулес (*Dynastes hercules*) має зеленувато-рудий колір при звичайній вологості, однак якщо вологість повітря перевищує 80%, забарвлення змінюється на чорний колір через заповнення вологою повітряних порожнин в структурі хітинового покриву надкрил [8, 11].

Процес еволюції та адаптації кольору в природі оптимізує механізм його утворення. В результаті аналізу досліджень [8, 10, 12], слід виділити наступні механізми утворення кольору в природі:

- *Пігментний (хімічний)*, що пов'язаний зі здатністю деяких молекул (пігментів) вибірково поглинати, відбивати або випромінювати світло з певною

довжиною хвилі. Пігментоутворення в живій природі відбувається власним синтезом чи через процес живлення.

- *Структурний* (інші назви - *іридесценція* або *іризація*), де утворення кольору ґрунтується на фізичних процесах та залежить від мікроструктури поверхонь, на яку падає світло від джерела, що викликає дифракцію або інтерференцію світла.

Як зазначається в [12], у всіх випадках основою іризації слугують наноструктури у формі ребер, волокон, пластинок, організованих в регулярно розташовані ряди або решітки (у фізиці структури такого типу називають фотонними кристалами). Лінійні розміри елементів решітки і проміжків між ними близькі до довжин хвиль світлового спектру. Фотонні кристали створюють специфічні оптичні ефекти, такі як дифракція і інтерференція. Для виникнення ефекту інтерференції необхідно, щоб світлові хвилі, багаторазово відбиті від елементів решітки, були в однаковій фазі. Амплітуди хвиль, для яких ця умова дотримується, додаються, а довжини цих хвиль визначають колірний фон.

- *Комбінований* – поєднання структурного та пігментного механізмів, що посилює їх дію та утворює найрізноманітнішу палітру.

Пігментний механізм утворення кольору в природі має обмеження щодо здатності синтезування більшості пігментів. Наприклад, ссавці не здатні синтезувати червоні, жовті пігменти, обмежуючись коричневими або чорними меланінами. Структурний механізм утворення кольору та їх комбінація з пігментним механізмом дає можливість розширити палітру та додати, наприклад, зелені та сині кольори у забарвлення птахів та комах. Так, пір'я хвоста павича насправді пігментовані лише коричневим кольором, але структура пір'їв робить їх синіми, бірюзовими і зеленими [8, 13, 14].

Дослідження колористичних рішень природних об'єктів мають практичне значення для вирішення задач біокліматичної архітектури. Застосування природних аналогів утворення кольорів в біокліматичній архітектурі дає можливість застосовувати нові, більш енергоощадні, природні, екологічні та довговічні механізми отримання кольорових рішень висотного будинку. Розуміння функціонального підґрунтя утворення кольорів в природі дає можливість свідомо застосовувати колір як засіб регулювання енергоефективних та екологічних параметрів біокліматичної висотної будівлі, а саме: терморегуляція, регулювання освітленості, вологості (таблиця 1).

У зв'язку із розвитком екологічного напрямку при проектуванні висотних будівель, на сьогодні зустрічаються колористичні рішення висотних будівель направлені на забезпечення біокліматичної сумісності з оточуючим

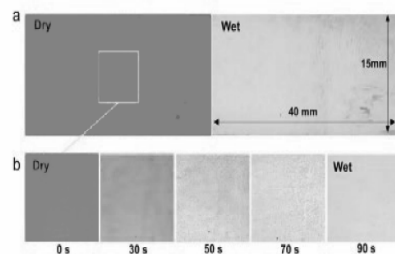
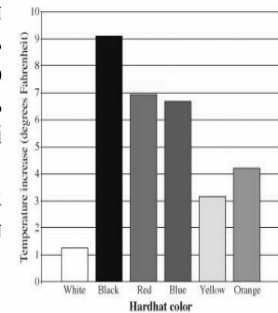
середовищем, але вони носять епізодичний та несистемний характер. До прикладу застосування природного структурного забарвлення в архітектурі: *Metropolitan Workshop*, 27-поверховий будинок в Лондоні вкритий бірюзовою глазурованою структурованою теракотовою плиткою, що як хамелеон постійно змінює колір в різних умовах освітлення, відображає колір річки та рослин навколо будинку, до того ж має природню функцію самоочищення.

Наприкінці, слід зазначити, що подальші дослідження кольору в природних системах при вирішенні задач біокліматичної архітектури потребують залучення розвиненого комплексного апарату різних наукових знань. Так, отриманий в біологічних дослідженнях значний дослідницький матеріал щодо особливостей та механізмів утворення кольору в природі, що ґрунтується на фізичних та хімічних законах, надає основу для обґрунтування та розрахунку параметрів природного утворення кольору та їх прикладного застосування при вирішенні задач біокліматичної архітектури.

Таблиця 1.

Застосування природних аналогів утворення кольорів в біокліматичній архітектурі

Функції	Природні рішення	Застосування в біокліматичній архітектурі
Теплорегуляція змiна кольору об'єкту не може генерувати власну теплоту тіла, зміна кольору може допомогти регулювати температуру об'єкту	Природні механізми утворення видимого кольору та блиску, що впливають на ступінь поглинання тепла.	Застосування на фасадах будівель з урахуванням кліматичних умов та завдань з терморегуляції будівель різних ступенів кольору фасаду (від світлого до темнішого від матового до блискучого), що забезпечить різні ступені поглинання тепла, яке трансформується зі світла. На графіку показані результати експериментальних досліджень щодо ступеня поглинання температури для різних кольорів. https://www.fs.fed.us/t-d/pubs/htmlpubs/htm06512312/
Регулювання вологості	Природний механізм зворотності кольору, при зміні зовнішніх кліматичних параметрів	Використання в системі «розумного фасаду», який зможе реагувати на ступінь зволоження чи поглинання тепла, змінюючи колір. На зображенні показана наноплівка - індикатор вологості, що змінює колір від зеленого до червоного при впливі водяної пари, аналогом якої є гігрохромна особливість жука <i>Tmesisternus isabellae</i> [13]
Забезпечення довговічності, фасадів	Структурний механізм утворення кольору .	При оздобленні фасадів застосовувати структурні механізми для кольорової фільтрації світла у наномасштабі, що забезпечить довговічність оздоблення фасадів при збереженні якості кольорових рішень (рис). https://www.mdpi.com/1996-1944/10/8/944
Регулювання освітленості	Природні механізми утворення видимого кольору та блиску, що впливають на ступінь відбиття світла.	Регулювання освітленості фасадів будівель, вулиць, приміщень при застосуванні різних кольорів (від світлого до темнішого від матового до блискучого), що забезпечується різними ступенями відбиття світла для різних кольорів.



Колір	Коефіцієнт відбиття %	Колір матеріалу	Коефіцієнт відбиття %
білий	65-85	дзеркальна поверхня	90-94
жовтий	45-70	білий пластик	70-80
червоний	30-50	бетон	40-60
сірий, коричневий	20-50	деревина	18-50
Зелений та синій	15-45	скло прозоре	7-24
чорний	2-10	алюміній	55-65

Висновки.

Згідно аналізу досліджень, колір впливає на створення візуального комфорту міського середовища, на сприйняття геометричної форми будівлі, підкреслює та приховує фактуру матеріалу будівель [15, 16]. Для вирішення задач біокліматичної висотної архітектури важливим є врахування попередніх досліджень щодо засобів використання кольору при проектуванні, які дозволяють створити візуально комфортне для людини середовище. Крім того, перспективним є застосування аналогів колористичних рішень в природі, які базуються на функціональній доцільності, оптимізації пристосування до оточуючого середовища, умов життєдіяльності [17, 18, 19, 20]. Різноманітність забарвлення в природі створена завдяки біологічній еволюції, утворюється за законами оптичної фізики та складної системи будови живих клітин і тканин, має свій зміст та функцію. Різноманітні засоби утворення кольору в живій та неживій природі можуть застосовуватись в біокліматичних висотних будівлях для нових дизайнерських кольорових рішень фасадів при забезпеченні їх довговічності та для регулювання енергоефективних та екологічних параметрів (терморегуляції, регулювання освітленості, вологості).

Список використаних джерел

1. Йоханес Иттен. Искусство цвета/ Пер. с немецкого. - М.: Издатель Д. Аронов, 2004. – 96 с.
2. Кравец В.И. Цели и средства колористического формообразования в архитектуре / В. И. Кравец – Дис. д-ра арх.. – Х., 1994. – 371 с.
3. Алексеев С. С., Теплов Б. М., Шеварев П. А. Цветоведение для архитекторов. – М – Л.: Гонти., 1938. – 157 с.
4. Ефимов А. В. Колористика города. – М.: Стройиздат, 1990. – 265 с.
5. Волкова Н. Ю. Формирование цвето - композиционных решений фасадов жилых домов и комплексов: дис. кандидата архитектуры: 18.00.02 – Архитектура зданий и сооружений. Москва. 2009. 214 с.
6. Филин В. А. Видеоэкология. Что для глаз хорошо, а что для глаз плохо. М: МЦ Видеоэкология, 2006.- 512 с.
7. Козак Н. Ф. Система прийняття рішень при формуванні колористики предметно- просторового середовища: дис. к.т.н.: 05.01.03 – технічна естетика.
8. Романовская Т. Структурный цвет в живой природе. //Биология, биофизика, 11. 2017 https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/433671/Strukturnyy_tsvet_v_zhivoy_prirode
9. Feisner, E.A. (2000). Colour. London: Laurence King
10. Е. К. Герман. «Структурная окраска», «Химия и жизнь» № 11, 2010

11. M. Rassart, J.-F. Colomer, T. Tabarrant, and J. P. Vigneron. Diffractive hygrochromic effect in the cuticle of the hercules beetle *Dynastes hercules* // *New J. Phys.* 2008. V. 10. No. 3. P. 033014
12. B. J. Glover and H. M. Whitney. Structural colour and iridescence in plants: the poorly studied relations of pigment colour // *Ann. Bot.* Apr. 2010. V. 105. No. 4. P. 505–511
13. Han-bok Seo, Seung-Yop Lee “Bio-inspired colorimetric film based on hygroscopic coloration of longhorn beetles (*Tmesisternus isabellae*), *Scientific reports*|7:44927| DOI:10.1038/srep44927, 2017, 03
14. Yuqian Zhao, Yong Zhao, Sheng Hu, Jiangtao Lv, Yu Ying, Gediminas Gervinskas and Guangyuan Si “Artificial Structural Color Pigments: A Review”, *Materials*, 2017,10,944; ma10080944, www.mdpi.com/journal/materials
15. K Lynch, *The Image of the City* (Cambridge, MA: MIT Press, 1960)
16. L Swirnow, *Dimensional Color* (Boston: Birkhauser, 1989)
17. Parker, A. R. & Townley, H. E. Biomimetics of photonic nanostructures. *Nat. Nanotechnol.* 2, 347–353 (2007).
18. Yu, K., Fan, T., Lou, S. & Zhang, D. Biomimetic optical materials: Integration of nature’s design for manipulation of light. *Prog. Mater. Sci.* 58, 825–873 (2013).
19. Kinoshita, S. & Yoshioka, S. Structural colors in nature: the role of regularity and irregularity in the structure. *Chem. Phys. Chem.* 6, 1442–1459 (2005).
20. Zhao, Y., Xie, Z., Gu, H., Zhu, C. & Gu, Z. Bio-inspired variable structural color materials. *Chem. Soc. Rev.* 41, 3297–3317 (2012)

References

1. Yokhanes Itten. *Iskusstvo tsveta/ Per. s nemetskogo.* - M.: Izdatel' D.Aronov, 2004. – 96s.
2. Kravets V. I. *Tseli i sredstva koloristicheskogo formoobrazovaniya v arkhitekture / V. I. Kravets – Dis. d-ra arkh..* – KH., 1994. – 371 s.
3. Alekseyev S. S., Teplov B. M., Shevarev P. A. *Tsvetovedeniye dlya arkhitektorov.* – M – L.: Gonti., 1938. – 157 s.
4. Yefimov A. V. *Koloristika goroda.* – M.: Stroyizdat, 1990. - 265s.
5. Volkova N. YU. *Formirovaniye tsveto - kompozitsionnykh resheniy fasadov zhilykh domov i kompleksov: dis. kandidata arkhitektury: 18.00.02 – Arkhitektura zdaniy i sooruzheniy.* Moskva. 2009. 214s.
6. Filin V. A. *Videoekologiya. Chto dlya glaz khorosho, a chto dlya glaz plokho.* M: MTS Videoekologiya, 2006.- 512 s.
7. Kozak N. F. *Systema pryynyattya rishen pry formuvanni kolorystyky predmetno- prostorovoho seredovyscha: dys. k.t.n.: 05.01.03 – tekhnichna estetyka.*

8. Romanovskaya T. Strukturnyy tsvet v zhivoy prirode. //Biologiya, biofizika,11.2017, https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/433671/Strukturnyy_tsvet_v_zhivoy_prirode
9. Feisner, E. A. (2000). Colour. London: Laurence King
10. Ye. K. German. «Strukturnaya okraska», «Khimiya i zhizn'» № 11, 2010 М.
11. Rassart, J.-F. Colomer, T. Tabarrant, and J. P. Vigneron. Diffractive hydrochromic effect in the cuticle of the hercules beetle *Dynastes hercules* // New J. Phys. 2008. V. 10. No. 3. P. 033014
12. B. J. Glover and H. M. Whitney. Structural colour and iridescence in plants: the poorly studied relations of pigment colour // Ann. Bot. Apr. 2010. V. 105. No. 4. P. 505–511.
13. Han-bok Seo, Seung-Yop Lee “Bio-inspired colorimetric film based on hygroscopic coloration of longhorn beetles (*Tmesisternus isabellae*), Scientific reports|7:44927| DOI:10.1038/srep44927, 2017, 03
14. Yuqian Zhao, Yong Zhao, Sheng Hu, Jiangtao Lv, Yu Ying , Gediminas Gervinskas and Guangyuan Si “ Artificial Structural Color Piels: A Review”, Materials, 2017,10,944; ma10080944, www.mdpi.com/journal/materials
15. K Lynch, The Image of the City (Cambridge, MA: MIT Press,1960)
16. L Swirnoff, Dimensional Color (Boston: Birkhauser,1989)
17. Parker, A. R. & Townley, H. E. Biomimetics of photonic nanostructures. Nat. Nanotechnol. 2, 347–353 (2007).
18. Yu, K., Fan, T., Lou, S. & Zhang, D. Biomimetic optical materials: Integration of nature’s design for manipulation of light. Prog. Mater. Sci. 58, 825–873 (2013).
19. Kinoshita, S. & Yoshioka, S. Structural colors in nature: the role of regularity and irregularity in the structure. Chem. Phys. Chem. 6,1442–1459 (2005).
20. Zhao, Y., Xie, Z., Gu, H., Zhu, C. & Gu, Z. Bio-inspired variable structural color materials. Chem. Soc. Rev. 41, 3297–3317 (2012).

Аннотация

К.т.н., доцент Кривенко О. В., Киевский национальный университет строительства и архитектуры.

Определение колористической составляющей при моделировании биоклиматических высотных зданий.

В статье рассмотрены характеристики и особенности цветообразования в природе для решения задач биоклиматической высотной застройки. Представлен анализ основных направлений исследований относительно значения и возможностей колористических решений при создании городской

среды вообще и высотной застройки в частности. Хотя высотные здания играют роль доминант при формировании облика города, особенности работы с цветом и его восприятием в высотной застройке мало исследованы. Особенно это касается задач биоклиматической высотной архитектуры. Для получения природных черт и качеств биоклиматического дизайна высотных зданий возможно использовать аналоги природы, в том числе касательно цветовой составляющей их образования.

Разнообразие окраски в природе создается благодаря биологической эволюции, строится по законам оптической физики и сложной системы строения живых клеток и тканей, имеет свое содержание и функцию. Процесс эволюции и адаптации цвета в природе оптимизирует механизм его образования. В результате анализа исследований выделены механизмы образования цвета в природе, основанные на функциональной целесообразности, оптимизации приспособления к окружающей среде, условиях жизнедеятельности. А именно, рассмотрены природа образования пигментного, структурного и комбинированного механизма цвета. Обозначена особенность и значение изменчивости цвета в природе, которая позволяет реагировать на меняющиеся условия внешней среды.

На основе представленного анализа функциональности образования цвета в природе выделены колористические средства регулирования энергоэффективных и экологических параметров биоклиматического высотного здания, а именно: терморегуляция, регулирование освещенности, влажности.

Дальнейшие исследования цвета в природных системах для решения задач биоклиматической архитектуры нуждаются в привлечении комплексного аппарата различных научных знаний. Так, полученный в биологических исследованиях значительный исследовательский материал об особенностях и механизмах образования цвета в природе, основывается на физических и химических законах, предоставляет основу для обоснования и расчета параметров образования цвета в природе и их прикладного применения при решении задач биоклиматической архитектуры.

Ключевые слова: высотная биоклиматическая застройка, колористика, пигментный и структурный механизм образования цвета, изменчивость цвета.

Annotation

Ph.D in Technical Science, Senior Research Associate Krivenko O. V., Kyiv National Technical University of Building and Architecture.

The determination of the coloristic component in the high-rise buildings bioclimatic modeling process.

In the article characteristics and features of color formation in the nature considered for the decision of tasks of bioclimatic high-rise buildings. The analysis of the main directions of researches presented regarding to a value and possibilities of coloristic solutions at creation of urban environment in general and high-rise buildings in particular. Although high-rise buildings play a dominant role in forming the look of city, the features of working with color and its perception in high-rise buildings have been little studied. This is especially true for the tasks of bioclimatic high-rise architecture. For the receipt of natural features and qualities of the bioclimatic design of high-rise buildings, it is possible to use analogues of nature, including the color component of their formation.

The variety of colouring in the nature creates thanks to a biological evolution, founds on the laws of optical physics and a complex system of the structure of living cells and tissues, has its own content and function. The process of evolution and adaptation of color in the wild optimizes the mechanism of its formation. As a result of the analysis of researches, the mechanisms genesis of colors in nature, based on functional advisability, optimization of adaptation to the environment and living conditions, distinguished. Namely, the nature of the formation of the pigment, structural and combined coloring mechanism considered. The feature and value of variability of color coding in the wild which allows to react on the changing environmental conditions marked in the article.

Based on the presented analysis of functionality of formation of color in the wild, there are coloristic facilities of adjusting of energy efficiency and ecological parameters of bioclimatic pitch building, namely: temperature adjusting, adjusting of luminosity, humidity.

Further researches of color in the natural systems for the decision of tasks of bioclimatic architecture require the involvement of an integrated apparatus of various scientific knowledge. So, the significant research material obtained in biological researches about the features and mechanisms of color formation in the wild, it bases on physical and chemical laws, provides a basis for justifying and calculating the parameters of color formation in nature and their application at the decision of tasks of bioclimatic architecture.

Keywords: bioclimatic high-rise buildings, coloristic, pigment and structural coloring mechanism, color variation.