

УДК 72.01

Введение

*С. В. Корниенко,  
Р. Х. Ишмаметов*

**ПРИНЦИПЫ  
УМНОГО ГОРОДА**

На основе философских идей И. Пригожина сформулированы базовые принципы умного города как открытой, биосферной, самоорганизующейся системы. Важным процессом развития умного города является обновление антропоморфной среды обитания с целью повышения ее устойчивости. Сформулированные принципы являются теоретической основой построения системы понятий, необходимых для разработки целостной концепции умного города.

**Ключевые слова:**  
умный город,  
самоорганизация,  
ячейки Бенара,  
диффузия,  
рурализация,  
реновация,  
устойчивость,  
энергосбережение,  
энергоэффективность,  
биосферная система.

*S. V. Kornienko,  
R. Kh. Ishmametov*

**THE PRINCIPLES  
OF THE SMART CITY**

Based on the philosophical ideas of I. Prigogine, the basic principles of a smart city as an open, biospheric, self-organizing system are formulated. An important process in the development of a smart city is the renewal of an anthropomorphic habitat in order to increase its sustainability. The formulated principles are the theoretical basis for building a system of concepts which are necessary for the development of a holistic concept of a smart city.

Одним из стратегических направлений приоритетного технологического развития России является создание умного города. Умный город — сложная система. Наверное, поэтому термин «умный город» остается неясным в своей специфике и, следовательно, предполагает множество толкований и обсуждений [1—10]. При разработке базовых принципов умного города мы исходили из философских идей И. Пригожина [11]. Известный физик, лауреат Нобелевской премии в области химической термодинамики Илья Пригожин наряду с бесспорными достижениями в области специальных знаний внес большой вклад в развитие философской мысли. Он создал новую всеобъемлющую теорию изменения и развития, по-новому подошел к проблеме времени и соотношению между случайностью и необходимостью. Философские идеи И. Пригожина и возглавляемой им брюссельской школы оказались настолько плодотворны, что с успехом могут быть применены в других областях знаний, в частности в градостроительстве.

**«Умный город» как открытая система**

Умный город представляет собой открытую систему. Главной особенностью открытых систем является возможность обмена с окружающей средой энергией, веществом, информацией (рис. 1, а). Эти системы не только открыты, но и существуют только потому, что они открыты. Их «питают» потоки энергии, вещества, информации, которые поступают из внешнего мира. Открытые системы сложны. Для них свойственны неустойчивость, неравновесность, нелинейность.

Для создания комфортной среды обитания требуются затраты энергии. Город, климат, энергия тесно взаимосвязаны (рис. 1, б). Из открытости системы вытекает необходимость использования внешних источников энергии в современном городе [12—14]. На самом деле у человечества есть один неисчерпаемый экологически безопасный источник энергии — солнце. Не случайно М. Горький сравнивал солнце с «океаном энергии, красоты и опьяняющей душу радостью».

**Key words:**  
 smart city,  
 self-organization,  
 Benar's cell,  
 diffusion,  
 ruralization,  
 renovation,  
 sustainability,  
 energy saving,  
 energy efficiency,  
 biosphere system.

**Об авторах:**

**Корниенко Сергей Валерьевич** –  
 д-р техн. наук,  
 профессор кафедры архитектуры  
 зданий и сооружений,  
 Волгоградский государственный  
 технический университет (ВолГТУ).  
 Российская Федерация, 400074,  
 Волгоград, ул. Академическая,  
 1, skorn73@mail.ru

**Kornienko Sergei Valer'evich** –  
 Doctor of Engineering Sciences,  
 Professor of Architecture of Buildings  
 and Constructions Department,  
 Volgograd State Technical University (VSTU).  
 1, Akademicheskaya St., Volgograd,  
 400074, Russian Federation,  
 skorn73@mail.ru

**Ишмаматов Рамиль Хамидулович** –  
 доцент кафедры урбанистики  
 и теории архитектуры,  
 Волгоградский государственный  
 технический университет (ВолГТУ).  
 Российская Федерация, 400074,  
 Волгоград, ул. Академическая,  
 1, ramil.euro-lux@mail.ru

**Ishmametov Ramil' Khamidulovich** –  
 Docent of Urban Development Department,  
 Volgograd State Technical University (VSTU).  
 1, Akademicheskaya St., Volgograd,  
 400074, Russian Federation,  
 ramil.euro-lux@mail.ru

В ближайшей перспективе эффективным методом преобразования солнечной энергии в электрическую может стать преобразование на основе полупроводниковых солнечных батарей.



*a*



*б*

**Рис. 1.** «Умный» город как открытая система: *a* — обмен с окружающей средой энергией, веществом, информацией; *б* — город, климат, энергия

Специалисты утверждают, что сегодня уже есть солнечные батареи с КПД 30—35 %, в ближайшем будущем это значение возрастет до 40—45 %, а через 20—30 лет этот тип солнечной энергетики станет экономически сравнимым с другими типами получения энергетических мощностей.

**Умный город как живой организм**

Умный город можно рассматривать как живой организм в той мере, в которой определяющими являются элементы живого мыслящего существа. Умный город представляет собой сложный и многообразный синтез биологических, социальных и неорганических систем, охваченных жизнью и человеческой мыслью.

Рассмотрим, например, клетку (рис. 2, *а*). Клетка является открытой системой. Как только прекращается воздействие извне на клетку, она погибает. Основным элементом социальных систем являются люди, их взаимодействия, отношения, связи (рис. 2, *б*). Взаимодействие элементов социальной системы между собой и с окружающей средой обуславливают ее существование, функционирование и развитие как целого. Любая система предполагает наличие внутренней упорядоченности и установление границ, отделяющих ее от других объектов.



**Рис. 2.** «Умный» город как живой организм: *а* — клетки; *б* — человек в городской среде

Обмен информацией способствует улучшению связи между городскими жителями, властными структурами и государством.

### **Самоорганизация — ключевой аспект умного города**

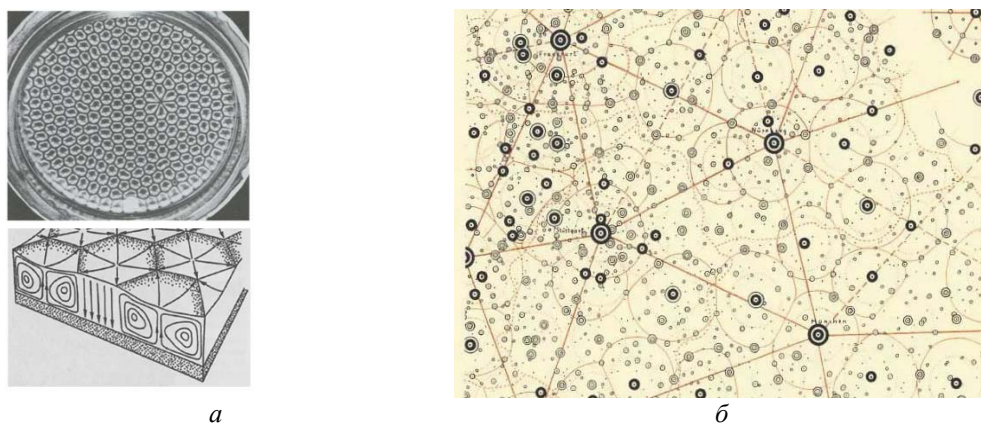
Самоорганизация представляет собой процесс упорядочения элементов одного уровня в системе за счет внутренних факторов, в результате которого возможно появление более высокого уровня организации. Пригожин подчеркивает возможность спонтанного возникновения порядка и организации из беспорядка и хаоса в результате процесса самоорганизации.

Самой простой моделью самоорганизации можно считать ячейки Бенара (рис. 3, *а*), которые являются пространственно упорядоченными структурами в виде шестиугольных призм, образующихся вследствие конвекции в слое вязкой жидкости с вертикальным градиентом температуры [15]. Управляющим параметром самоорганизации служит градиент температуры. По мере увеличения градиента температуры ячейки распадаются, и в пределе возникает турбулентный хаос.

Более сложная модель построена географами на основе оптимизации пространственного распределения центров экономической деятельности (модель Кристаллера) (рис. 3, *б*). Крупные городские центры располагаются в узлах шестиугольной решетки. Каждый из центров окружен кольцом городов меньшего масштаба; те, в свою очередь, окружены тяготеющими к ним еще меньшими населенными пунктами и т. д. Ясно, что в действительности такое правильное иерархическое распределение встречается очень редко: множество исторических, политических, географических факторов нарушают пространственную симметрию.

В более совершенной динамической модели оптимизации — модели полицентричного города — авторы исходят из гипотезы о том, что в городе существует ряд взаимосвязанных общественно-деловых зон, которые могут

располагаться в удалении от городского ядра. Новые зоны функционально связаны между собой и эволюционируют во времени. Модель позволяет определить возможную «историю урбанизации» и проследить возникновение иерархически упорядоченной активности. Модель показывает, что даже если начальное состояние системы совершенно однородно, то одной лишь игры случайных факторов достаточно для нарушения симметрии — появления зон с высокой концентрацией активности и одновременного спада экономической активности в других областях и оттока из них населения. Система сама выбирает сценарии развития событий.



**Рис. 3. Самоорганизация — ключевой аспект умного города:** *а* — ячейки Бенара; *б* — решетка Кристаллера

Динамическая модель оптимизации в форме полицентричного города нацелена на создание компактных планировочных структур, что очень важно для решения глобальной задачи зеленой экономики — энергосбережения и повышения энергетической эффективности [16—19].

### **«Стрела времени» как вектор развития умного города**

При описании умного города следует учитывать вектор его развития.

Проиллюстрируем эффект векторного развития на примере диффузии краски в жидкости (рис. 4, *а*). Капля краски в жидкости диффундирует до тех пор, пока смесь не станет однородной. Обратная диффузия, которая приводила бы к разделению смеси на исходные компоненты, никогда не наблюдается. В любой момент времени смесь отличается от той, которая была в сосуде в предыдущий момент времени и будет в следующий момент. Весь процесс сориентирован во времени.

Необратимость присуща открытым системам. По мнению И. Пригожина, необратимые процессы являются источником порядка. Необходимость и случайность согласуются, дополняя друг друга. Тесно связанные с открытостью системы и случайностью, необратимые процессы порождают более высокие уровни организации — «диссипативные структуры» [11].

Ярким примером образования диссипативных структур в современных градостроительных системах является, на наш взгляд, малоэтажное жилищное строительство, обусловленное процессом рурализации — оттоком населения из городов в сельскую местность при переходе от индустриального

общества к постиндустриальному (рис. 4, б). Рурализация — мегатренд постиндустриального общества [20, 21]. Она часто связана с ухудшением экономической ситуации в городах.



**Рис. 4.** «Стрела времени» как вектор развития «умного города»: *а* — диффузия краски в жидкости; *б* — рурализация

Выделяются следующие основные факторы, способствующие рурализации:

- высокая стоимость земельных участков в городах;
- деградация городской среды;
- проблема транспортного коллапса мегаполисов;
- экологическая проблема городов;
- регулярность вирусных эпидемий в городах.

Малозэтажное жилищное строительство энергоэффективно, экологически безопасно, экономично. Оно актуально и перспективно.

#### **Реновация — важный процесс развития умного города**

Важным процессом развития умного города является обновление антропоморфной среды обитания с целью повышения ее устойчивости — реновация (рис. 5). Традиционный взгляд на город как систему тысячелетних неизменяемых форм сегодня является сомнительным.



**Рис. 5.** Реновация — важный процесс обновления антропоморфной среды обитания: *а* — устойчивость в природе; *б* — энергоэффективность, экологичность, экономичность как базовые критерии умного города

Большое значение при реновации имеет автоматизация систем жизнеобеспечения среды обитания, главной целью которой является повышение безопасности, создание оптимальных условий комфорта, обеспечение максимальной эффективности энерго- и ресурсопотребления. Автоматизированная система управления является технической основой главного компонента умного города — умных зданий [22]. Она предназначена для высокоэффективной реализации процессов и операций в зданиях и на территории застройки.

Инженерные системы объекта должны быть интегрированы в единый комплекс контроля и управления:

- комфортом среды обитания объекта (тепловлажностным, воздушным, световым и акустическим режимами);
- сбором и утилизацией отходов;
- водоснабжением и утилизацией стоков;
- расходами тепловой энергии на отопление и вентиляцию, горячее водоснабжение, расходом электрической энергии;
- потреблением возобновляемых и вторичных энергоресурсов;
- воздействием объекта на окружающую среду.

Результат достигается за счет существенного повышения качества работы систем жизнеобеспечения среды обитания [23, 24].

Подводя итоги сказанному, можно сформулировать **основные принципы умного города**.

1. Умный город представляет собой открытую систему, которая обменивается с окружающей средой энергией, веществом, информацией. Открытые системы сложны. Для них свойственны неустойчивость, неравновесность, нелинейность. Из открытости системы вытекает необходимость использования возобновляемых источников энергии в современном городе.

2. Умный город является биосферной системой. В нем разворачивается жизнедеятельность современного человека. Умный город представляет собой сложный и многообразный синтез биологических, социальных и неорганических систем, охваченных жизнью и человеческой мыслью. Обмен информацией способствует улучшению связи между городскими жителями, властными структурами города и государством.

3. Ключевым аспектом умного города является самоорганизация — процесс упорядочения элементов одного уровня в системе за счет внутренних факторов, в результате которого возможно появление более высокого уровня организации. Динамическая модель оптимизации в форме полицентричного города нацелена на создание компактных планировочных структур, что очень важно для решения глобальной задачи зеленой экономики — энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

4. При описании умного города следует учитывать вектор его развития. Необратимость присуща открытым системам. Тесно связанные с открытостью системы и случайностью, необратимые процессы порождают более высокие уровни организации, например малоэтажное жилищное строительство в ходе рурализации — оттока населения из городов в сельскую местность при переходе от индустриального к постиндустриальному обществу.

5. Важным процессом развития умного города является обновление антропоморфной среды обитания с целью повышения ее устойчивости. Автоматизированная система управления является технической основой главного компонента умного города — умных зданий. Результат достигается за счет повышения качества работы систем жизнеобеспечения среды обитания.

Сформулированные принципы являются теоретической основой построения системы понятий, необходимых для разработки целостной концепции умного города.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Есаулов Г. В. «Умный» город в цифровой экономике // *Academia. Архитектура и строительство*. 2017. № 4. С. 68—74.
2. Табуничиков Ю. А. Умные инженерные технологии Москвы — энергоэффективного города // *АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика*. 2017. № 7. С. 4—13.
3. Волков А. А. Умный город: конвергентный социо-киберфизический комплекс // *Промышленное и гражданское строительство*. 2018. № 9. С. 4—11.
4. Шеина С. Г., Федоровская А. А., Юдина К. В. «Умный город»: концепция устойчивого развития застроенных территорий с позиции экологической комфортности // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2018. № 10 (1010). С. 20—23.
5. Бушуев В. В., Соловьев Д. А., Шилова Л. А. Развитие «умных» городов: электротранспорт «умного» мегаполиса // *Вестник гражданских инженеров*. 2018. № 4(69). С. 167—174.
6. Адонина А. В., Ахмедова Е. А., Кандалова А. Д. Реализация цифровой утопии медийного города // *Приволжский научный журнал*. 2018. № 3(47). С. 119—127.
7. Максимчук О. В., Баулина О. А., Ключин В. В. «Умное» проживание как один из аспектов формирования «умного» города // *Социология города*. 2017. № 1. С. 61—77.
8. Травуш В. И. Цифровые технологии в строительстве // *Academia. Архитектура и строительство*. 2018. № 3. С. 107—117.
9. An urban building database (UBD) supporting a smart city information system / C. S. Monteiro, C. Costa, A. Pina, M. Y. Santos, P. Ferrão // *Energy and Buildings*. 2018. Vol. 158. Pp. 244—260.
10. Kolokotsa D. The role of smart grids in the building sector // *Energy and Buildings*. 2016. Vol. 116. Pp. 703—708.
11. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. М. : Прогресс, 1986. 432 с.
12. Kaygusuz A., Keles C., Alagoz B.B., Karabiber A. Renewable energy integration for smart sites. *Energy and Buildings*, 2013, vol. 64, pp. 456—462.
13. Borodinecs A., Zemitis J., Sorokins J., Baranova D. V., Sovetnikov D. O. Renovation need for apartment buildings in Latvia // *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No. 68(8). Pp. 58—64. doi: 10.5862/MCE.68.6
14. Active buildings in smart grids — Exploring the views of the Swedish energy and buildings sectors / M. B. Bulut, M. Odlare, P. Stigson, F. Wallin, I. Vassileva // *Energy and Buildings*. 2016. Vol. 117. Pp. 185—198.
15. Ван-Дайк М. Альбом течений жидкости и газа. М. : Мир, 1986. 184 с.
16. Корниенко С. В. Энергоэффективность, экологическая безопасность, экономическая эффективность — приоритетные задачи «зеленого» строительства // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. Серия: Строительство и архитектура. 2017. № 49(68). С. 167—177.

17. Корниенко С. В. Повышение энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь через краевые зоны ограждающих конструкций // *Academia. Архитектура и строительство*. 2010. № 3. С. 348—351.
18. Korniyenko S. V. The experimental analysis and calculative assessment of building energy efficiency // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 618. Pp. 509—513.
19. Using life-cycle analysis to assess energy savings delivered by building insulation / A. Gorshkov, N. Vatin, D. Nemova, A. Shabaldin, L. Melnikova, P. Kirill // *Procedia Engineering*. 2015. No. 117. Pp. 1080—1089. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.08.240
20. Бродач М. М., Шилкин Н. В. Рурализация: мегатренд постиндустриального общества // *Энергосбережение*. 2019. № 1. С. 4—10.
21. Корниенко С. В. Малоэтажное жилищное строительство: в поисках совершенства // *Энергосбережение*. 2019. № 1. С. 16—21.
22. Smart homes, home energy management systems and real-time feedback: Lessons for influencing household energy consumption from a Swedish field study / A. Nilsson, M. Wester, D. Lazarevic, N. Brandt // *Energy and Buildings*. 2018. Vol. 179. Pp. 15—25. DOI: 10.1016/j.enbuild.2018.08.026
23. Renovation of educational buildings to increase energy efficiency / N. Vatin, M. Petrichenko, D. Nemova, A. Staritsyna, D. Tarasova // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. No. 633—634. Pp. 1023—1028.
24. Korniyenko S. V. Renovation of apartment buildings in Russia // *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2018. No. 5(68). Pp. 15—23. doi: 10.18720/CUBS.68.2

#### REFERENCES

1. Esaulov G. V. [Smart City in Digital Economy]. *Academia. Arkhitektura i Stroitelstvo* [Academia. Architecture and construction], 2017, no. 4, pp. 68—74.
2. Tabunschikov Yu. A. [Smart Engineering Technologies of Moscow — Energy Efficient City]. AVOK: Ventilyatsiya, otoplenie, konditsionirovanie vozdukh, teplosnabzhenie i stroitel'naya teplofizika [Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics], 2017, no. 7, pp. 4—13.
3. Volkov A. A. [Smart City: Convergent Socio-Cyber-Physical Complex]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and Civil Engineering], 2018, no. 9, pp. 4—11.
4. Sheina S. G., Fedorovskaya A. A., Yudina K. V. [“Smart city”: a sustainable development concept for the builtup territories from the viewpoint of environmental comfort]. *BST: Byulleten' stroitel'noi tekhniki* [BST. Bulletin of construction equipment], 2018, no. 10, pp. 20—23.
5. Bushuev V. V., Soloviev D. A., Shilova L. A. [Development of “smart” cities: electric transport of the “smart” megalopolis]. *Vestnik grazhdanskikhingenerov* [Bulletin of Civil Engineers], 2018, no. 4, pp. 167—174.
6. Adonina A. V., Akhmedova E. A., Kandalova A. D. [Realization of digital utopia of a media city]. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal], 2018, no. 3, pp. 119—127.
7. Maksimchuk O. V., Baulina O. A., Klyushin V. V. [“Smart” living as one of the aspects of the formation of a “smart” city]. *Sotsiologiya Goroda* [Sociology of City], 2017, no. 1, pp. 61—77.
8. Travush V. I. [Digital Technologies in Construction]. *Academia. Arkhitektura i Stroitelstvo* [Academia. Architecture and construction], 2018, no. 3, pp. 107—117.
9. Monteiro C. S., Costa C., Pina A., Santos M. Y., Ferrão P. An urban building database (UBD) supporting a smart city information system. *Energy and Buildings*, 2018, vol. 158, pp. 244—260.



10. Kolokotsa D. The role of smart grids in the building sector. *Energy and Buildings*, 2016, vol. 116, pp. 703—708.
11. Prigozhin I., Stengers I. *Poryadok iz khaosa: Novyi dialog cheloveka s prirodoi* [Order from chaos: A new dialogue between human and nature]. Moscow, Progress Publ., 1986. p.432
12. Renewable energy integration for smart sites / A. Kaygusuz, C. Keles, B. B. Alagoz, A. Karabiber // *Energy and Buildings*. 2013. Vol. 64. Pp. 456—462.
13. Borodinecs A., Zemitis J., Sorokins J., Baranova D.V., Sovetnikov D. O. Renovation need for apartment buildings in Latvia. *Magazine of Civil Engineering*, 2016, no. 68(8), pp. 58—64. doi: 10.5862/MCE.68.6
14. Bulut M. B., Odlare M., Stigson P., Wallin F., Vassileva I. Active buildings in smart grids — Exploring the views of the Swedish energy and buildings sectors. *Energy and Buildings*, 2016, vol. 117, pp. 185—198.
15. Van Dake M. *Al'bom techenii zhidkosti i gaza* [Album of liquid and gas flows]. Moscow, Mir Publ., 1986. 184 p.
16. Kornienko S. V. [Energy efficiency, ecological safety, economic effectiveness — priority tasks of “green” construction]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 49(68), pp. 167—177.
17. Kornienko S. V. [The Increase of Power Efficiency of Building at the expense of Reduction of Heat Losses through Edge Zones of Enclosure]. *Academia. Arkhitektura i Stroitel'stvo* [Academia. Architecture and construction], 2010, no. 3, pp. 348—351.
18. Korniyenko S. V. The experimental analysis and calculative assessment of building energy efficiency. *Applied Mechanics and Materials*, 2014, vol. 618, pp. 509—513.
19. Gorshkov A., Vatin N., Nemova D., Shabaldin A., Melnikova L., Kirill P. Using life-cycle analysis to assess energy savings delivered by building insulation. *Procedia Engineering*, 2015, no. 117, pp. 1080—1089. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.08.240
20. Brodach M. M., Shilkin N. V. Ruralization: megatrend of post-industrial society. *Energoberezhnie* [Energy saving], 2019, no. 1, pp. 4—10.
21. Kornienko S. V. [Low-rise housing construction: in search of perfection]. *Energoberezhnie* [Energy saving], 2019, no. 1, pp. 16—21.
22. Nilsson A., Wester M., Lazarevic D., Brandt N. Smart homes, home energy management systems and real-time feedback: Lessons for influencing household energy consumption from a Swedish field study. *Energy and Buildings*, 2018, vol. 179, pp. 15—25. DOI: 10.1016/j.enbuild.2018.08.026
23. Vatin N., Petrichenko M., Nemova D., Staritsyna A., Tarasova D. Renovation of educational buildings to increase energy efficiency. *Applied Mechanics and Materials*, 2014, no. 633—634, pp. 1023—1028.
24. Korniyenko S. V. Renovation of apartment buildings in Russia. *Construction of Unique Buildings and Structures*, 2018, no. 5, pp. 15—23. doi: 10.18720/CUBS.68.2

© Корниенко С. В., Ишмаматов Р. Х., 2019

Received in June 2019

Поступила в июне 2019 г.

**Ссылка для цитирования:** Корниенко С. В., Ишмаматов Р. Х. Принципы умного города // Социология города. 2019. № 2. С. 37—45.

**For citation:** Kornienko S. V., Ishmametov R. Kh. [The principles of the smart city]. *Sotsiologiya Goroda* [Sociology of City], 2019, no. 2, pp. 37—45.