

текст

Арслан Баракбаев
Казахский
агротехнический
исследовательский
университет имени
С. Сейфуллина (Астана;
Казахстан)

Сеймур Мамедов
Евразийский
Национальный
Университет (Астана;
Казахстан)

Шолпан Абдыкаримова
Казахский
агротехнический
исследовательский
университет имени
С. Сейфуллина (Астана;
Казахстан)

Арай Сайбулатова
Казахская головная
архитектурно-
строительная академия
(Алматы – Алма-Ата;
Казахстан)

Алия Темирова
Евразийский
Национальный
Университет (Астана;
Казахстан)

Алмагуль Тойшиева
Евразийский
Национальный
Университет (Астана;
Казахстан)

text

Arslan Barakbayev
S. Seifullin Kazakh
Agrotechnical Research
University (Astana,
Kazakhstan)

Seimur Mamedov
Eurasian National
University (Astana,
Kazakhstan)

Sholpan Abdykarimova
S. Seifullin Kazakh
Agrotechnical Research
University (Astana,
Kazakhstan)

Aray Saibulatova
Kazakh leading architecture
and civil engineering
academy (Astana,
Kazakhstan)

Atiya Temirova
Eurasian National
University (Astana,
Kazakhstan)

Almagul Toishiyeva
Eurasian National
University (Astana,
Kazakhstan)

Население Чимкента (Шымкента) постоянно растет, что имеет негативные последствия: неконтролируемое разрастание города, давление на социальную и инженерную инфраструктуры. Анализ экологической емкости города Чимкента важен, потому что город входит в число лидеров по количеству промышленных производств в Казахстане. Вкупе с миллионным населением и большим количеством транспортных средств в городе вопрос экологической емкости города стоит достаточно остро. Авторы делают акцент на архитектурно-градостроительных решениях, влияющих на ее организацию без учета социально-экономических факторов, так как изучение данного вопроса будет произведено в дальнейших исследованиях с соответствующими специалистами.

Ключевые слова: градостроительство; экологическая емкость; генеральный план; экология; население. /

The population of Shymkent is constantly growing, which has negative effects, such as the uncontrolled sprawl of the city, and pressure on the social and engineering infrastructure of the city. Additionally, an analysis of the urban carrying capacity of the city of Shymkent is important because the city is among the leaders in terms of the number of industrial productions in Kazakhstan. Together with a million inhabitants and a large number of vehicles in the city, the issue of urban carrying capacity is quite acute. The authors of the research focus on architectural and urban planning decisions without considering socio-economic factors, as the study of this issue will be done in further research with relevant specialists.

Keywords: urban planning; urban carrying capacity; master plan; ecology; inhabitants.

Расчет экологической емкости на примере г. Шымкент (Чимкент) / Calculation of urban carrying capacity: Shymkent, Kazakhstan

1. Введение

Рост урбанизации является одной из определяющих закономерностей и важнейшей современной демографической тенденцией XXI века. Эксперты прогнозируют, что урбанизация в сочетании с общим ростом населения мира может добавить к городскому населению еще 2,5 миллиарда человек к 2050 году.

В 1960 году доля городского населения в Казахстане составляла около 40%, в 2010 году этот показатель увеличился на 14,4%, а в 2021 году он достиг 59%. При этом 38% городского населения проживает в трех городах – Алматы (Алма-Ата), Астана и Чимкент. В последние годы в стране появился третий мегаполис – Чимкент, который также приобрел статус города республиканского уровня. По сравнению с другими мегаполисами интенсивность миграционных процессов здесь значительно ниже, но уровень рождаемости значительно выше: общий коэффициент рождаемости составляет 3,99, а общий коэффициент рождаемости закономерно увеличивается – 25,6.

Проблемы городской экосистемы изучались в трудах ответственных ученых, например, в книге О. Семенюк, Ю. Хван, Р. Чекаевой, С. Садыковой, Е. Тойбазаровой «Influence of Modern Processes of Life to the Architecture and Environmental Problems of Urbanization – cities of Kazakhstan» рассмотрено влияние современных процессов на архитектуру и экологические проблемы городов Казахстана [1]. В работе определены экологические проблемы городов Казахстана, выделены пять экологических принципов. В то же время эти принципы являются глобально-теоретическими, что не позволяет определить региональное влияние измерений для применения мер, повышающих экологическую емкость города.

Всесторонний анализ экологической емкости дают исследования, проведенные на примере китайского города Фунчжоу в провинции Фуцзянь. Китайские авторы Дж. Гэн, Ю. Куньонг, С. Чжэнь, З. Гэджин, А. Цзиньвэн, Ю. Люцин, Ю. Хунхуэй, Л. Цзянь в работе «Analysis of spatiotemporal variation and drivers of ecological quality in Funzhou based on RSEI» провели анализ качества окружающей среды города Фучжоу с 2001 по 2020 год на основе индекса окружающей среды дистанционного зондирования (RSEI) [2]. Однако в этом исследовании

оценка экологической емкости территории не связана с архитектурно-градостроительными инструментами, а рамки работы выходят за пределы города, охватывая границы провинции в целом. Кроме того, исследование не имеет практической основы.

В исследовании «A Review of Ecosystem Services Based on Bibliometric Analysis: Progress, Challenges, and Future Directions», проведенном К. Ли, Ш. Гонг, К. Ши, Ю. Фанг, авторы анализируют экологическую емкость территорий в масштабе целого города или даже в масштабе провинции [3]. Между тем это исследование фокусируется только на контактной зоне (зона плотной застройки городской территории) без учета прилегающих к застройке открытых территорий (бесконтактной зоны); более того, его авторы анализируют и делят город на 4 административных территории. В работе [3] авторы также основываются на литературном обзоре концепций экологической емкости территорий, то есть на теоретическом материале. Исследование опирается на официальные практическое материалы – действующий генеральный план и существующая строительно-нормативная база. В результате анализа проектных документов формируются предложения по расчету экологической емкости города Чимкент. Исследование [3] не является архитектурно-градостроительным и не имеет соответствующего (архитектурно-градостроительного) влияния на экологическую емкость территорий. Наш анализ обращается именно к этим, архитектурно-градостроительным аспектам, которые могут влиять на формирование сине-зеленых зон.

В некоторых работах (Д. Ксю, К. Жанг, Х. Лью, Ф. Юн, Ю. Ксю, Ч. Гао «Monitoring of spatiotemporal changes in ecosystem service functions and analysis of influencing factors in Pingtan Island») использованы модели CASA (Carnegie-Ames-Stanford Approach), RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) и InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs) для анализа данных о ландшафте, использовании земли, типах почвы, климатических условиях и других параметрах, которые влияют на экосистемы и процессы изменения ландшафта [4]. Однако и эта работа не включает в себя архитектурно-градостроительную часть и антропогенные факторы развития территорий, то есть не учитывается

1. Introduction

The growth of urbanization is one of the defining patterns and the most important modern demographic trend of the 21st century. Experts predict that urbanization, combined with the overall growth of the world's population, could add another 2.5 billion people to the urban population by 2050.

In 1960 the share of the urban population in Kazakhstan was about 40%, in 2010 this indicator increased by 14.4%, and in 2021 it hit 59%. At the same time, 38% of the urban population lives in three cities – Almaty, Astana, and Shymkent. In recent years, a third metropolis, Shymkent, has appeared in the country, which also acquired the status of a city of the republican level. Compared to other metropolises, the intensity of migration processes here is much lower, but the birth rates are significantly higher: the total birth rate is 3.99, and the total birth rate naturally increases – 25.6.

The environmental issues were studied in the works of domestic scientists, for example, in the study by Semenyuk O., Khvan Y., Chekayeva R., Sadykova S., Toibazarova E., "Influence of Modern Processes of Life to the Architecture and Environmental Problems of Urbanization – cities of Kazakhstan", the influence of modern

processes on architecture and environmental problems in the cities of Kazakhstan was considered [1]. The study defines the environmental problems of the cities of Kazakhstan, highlighting five environmental principles. At the same time, these principles are global-theoretical, which makes it impossible to determine the regional influence of measurements for the application of measures that increase carrying capacity.

Comprehensive analysis of the urban carrying capacity is presented by the studies carried out on the example of the Chinese city of Funzhou in the province of Fujian. In the study "Analysis of spatiotemporal variation and drivers of ecological quality in Funzhou based on RSEI", Chinese researchers Geng J., Kunyong Y., Zhen X., Gejin Z., Jingwen A., Liuqing Y., Honghui Y., Jian L. conducted an environmental quality analysis of Fuzhou City from 2001 to 2020 based on Remote Sensing Environmental Index (RSEI) [2]. However, in this study, the assessment of the carrying capacity of the territory is not related to architectural and urban planning instruments, and the scope of the study goes beyond the city, covering the borders of the province as a whole. In addition, the study lacks a practical basis.

влияние архитектурно-градостроительных решений на экологию города. И в этом отношении настоящее исследование отличается от описанного тем, что сосредоточено именно на архитектурно-градостроительных сторонах создания различных типов зелено-синих зон.

Несмотря на большое количество научных работ, посвященных различным аспектам роста и разрастания городов, они в определенном смысле обобщены и не затрагивают вопросы емкости территорий. Расчет экологической емкости необходим для эффективного управления и планирования городской среды, обеспечения устойчивого развития и повышения качества жизни.

2. Материалы и методы

2.1. Дизайн исследования

В исследовании использована группа аналитических методов (выборочных и статистических), системный подход, вероятностные и экспертные методы прогнозирования.

2.2. Инструменты и процедуры исследования

На начальном этапе проведен анализ документов, сбор и анализ научных трудов, литературных источников, проектной документации и действующей строительной и нормативной базы в области экологического градостроительства в Республике Казахстан и за рубежом.

2.2.2. Метод полевых исследований

Для анализа экологической емкости города Чимкент авторы посетили районы города; также было проведено полевое обследование жилых массивов, рекреационных зон, в том числе набережной реки Кошкар-Ата.

2.2.3. Метод критического анализа

Для метода критического анализа был проанализирован генеральный план города Чимкент, а именно раздел социально-экономического развития.

2.2.4. Метод сравнительного анализа

Для метода сравнительного анализа был проанализирован и сравнен существующий метод в разделе социально-экономического развития города Чимкент с международным опытом. На этом этапе проведено сравнение критериев оценки экологической емкости, полученных в результате математических расчетов, полевых исследо-

ваний и существующей градозоологической нормативной базы.

В исследовании использовано уравнение демографической емкости территорий, пригодных для промышленного и гражданского строительства:

$$D_1 = (T_1 * 1000) / N, \text{ где}$$

D_1 – частная демографическая емкость территории, человек;
 T_1 – территории, получившие наивысшую оценку, га;
 N – ориентировочная потребность в территории 1 тыс. жителей, га/чел.

Расчет экологической емкости территории по водным ресурсам проводился по следующей формуле:

$$D_2 = D_3 + D_4, \text{ где}$$

D_2 – общая демографическая емкость территории по водным ресурсам;
 D_3 – емкость территории по поверхностным водам;
 D_4 – емкость территории по грунтовым водам.

Емкость подземных вод территории рассчитывалась по следующей формуле:

$$D_4 = \frac{E * T_p * 1000}{P_0}, \text{ где}$$

D_4 – частная демографическая емкость территории;
 E – эксплуатационный модуль подземного стока, м³/(сут. * км²);
 T_p – территория города, км²;
 P_0 – норматив водоснабжения на 1 тыс. жителей.

При определении демографической емкости территории по наличию рекреационных ресурсов предполагается, что количество туристов в пиковый период составит 40% от населения города, которое в районах с жарким и сухим климатом будет распределяться следующим образом: в лесу – 25%, у воды – 75%. По условиям организации отдыха у воды емкость территории определяется по формуле:

$$D_6 = \frac{2BC * 1000}{0,5M}, \text{ где}$$

D_6 – частная демографическая емкость территории;
 B – длина водотоков, пригодных для купания, км;
 C – коэффициент, учитывающий возможность организации пляжей (в районах степной зоны $C=0,3$);
 $0,5$ – ориентировочный норматив потребности 1 тыс. жителей в пляжах, км;

In the study “A Review of Ecosystem Services Based on Bibliometric Analysis: Progress, Challenges, and Future Directions” conducted by Li X., Gong S., Shi Q., and Fang Y., the authors analyze the carrying capacity of territories on the scale of a whole city or even on the scale of a province [3]. Meanwhile, this study focuses only on the contact zone (the zone of dense urban development) without consideration of the open sites adjacent to the development (no contact zone), moreover, the authors of this study analyze and divide the city into four administrative territories. Additionally, in their research [3], the authors base their work on a literature review of the concept of the urban carrying capacity, specifically on theoretical material. Whereas, this study is based on official practical materials, such as the current master plan of the city and existing urban planning regulatory framework. As a result of the analysis of the current urban project documents, the proposals for the calculation of urban carrying capacity of Shymkent city are formed. Also, the study [3] does not have an architectural or urban planning impact on the urban carrying capacity of territories, whereas this study focuses on architectural and urban planning solutions that can influence the formation of green and blue zones in the city.

M – коэффициент, учитывающий распределение отдыхающих в лесу и у воды для районов с жарким сухим климатом $M=0,3-0,4$.

Определение демографической емкости территории по условиям организации пригородной сельскохозяйственной базы рассчитывается по следующему уравнению:

$$D_7 = T_2 * 0,1 * 1,0 / 5, \text{ где}$$

D_7 – частная демографическая емкость территории;

T_2 – территории, включенные по результатам комплексной оценки в категории благоприятных и ограниченно благоприятных для ведения сельского хозяйства;

$0,1-1,0$ – коэффициент, учитывающий возможность использования сельскохозяйственных земель района/города под пригородную/городскую базу (этот коэффициент также может существенно измениться в зависимости от конкретных условий и в ряде случаев достигать 1);

5 – ориентировочный показатель, отражающий потребность 1000 жителей района в землях пригородной сельскохозяйственной базы, км².

2.2.5. Метод суммирования результатов

Ввиду сложности вопроса и масштабности исследования на заключительном этапе работы проводится корректировка (уточнение) полученных результатов.

Some studies (Jiajia X., Xiaofang J., Hai L., Feijian Y., Yuting X., Changhao G., “Monitoring of spatiotemporal changes in ecosystem service functions and analysis of influencing factors in Pingtan Island”) exploited CASA (Carnegie-Ames-Stanford Approach), RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) and InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs) models to analyze data on landscape, land use, soil types, climatic conditions and other parameters that affect ecosystems and landscape change processes [4]. However, the study [4] does not cover architectural, urban planning and anthropogenic factors of territorial development, i.e. the impact of architectural or urban planning decisions on urban environment is not considered. Whereas, the present study focuses on architectural and urban planning solutions that can influence the formation of different types of green and blue zones.

Despite a large number of scientific works on various aspects of growth and sprawl of cities, they are in a certain sense generalized and do not address the issues of carrying capacity. Calculating carrying capacity is necessary for the effective management and planning of the urban environment, ensuring sustainable development and improving the quality of life.

3. Результаты

В работе над генеральным планом города Чимкент выявлен ряд проблем, которые связаны с необходимостью решения сложных задач, вызванных множеством негативных факторов, возникших в результате влияния объективных и субъективных факторов развития города в последнее десятилетие [5].

Анализ исходной ситуации показал, что строительство на больших участках в центральной части города многочисленных торговых центров и рынков оптовой и розничной торговли, автостоянок и стояночных мест для автобусов, грузовых автомобилей, АЗС, предприятий по продаже автозапчастей, ремонту, техническому осмотру и мойке автомобилей велось в основном стихийно. Достаточно большая территория была выделена под строительство индивидуальных жилых домов и коттеджей, складов и мастерских с нарушением и без того сложного функционального зонирования города. В целом многочисленные отклонения от принципиальных положений предыдущего генерального плана привели к разбалансировке жизни городского организма, что привело к сложному комплексу проблем, которые необходимо было решать, чтобы направить город на путь устойчивого развития и заложить для него рациональную архитектурно-планировочную структуру, отвечающую современным требованиям [5].

В новом генеральном плане большая часть этих проблем была решена; в то же время выявились очевидные противоречия между реальной практикой развития города и стремлением проектировщиков упорядочить и оптимизировать его в условиях передовой отечественной и зарубежной теории и практики городского планирования. Эти проблемы выходят за рамки локальных и требуют решения на государственном уровне, с корректировкой законодательной и нормативной базы градостроительства, четким определением статуса разработчиков проектной документации и ответственности заказчиков за ее реализацию.

Поскольку одной из основных целей нового генерального плана города является повышение уровня и качества жизни населения, в проекте использованы методы социальной оценки территории на основе анкетного опроса жителей [5].

в Рис. 1. Город Чимкент /
Figure 1. The city of
Shymkent



2. Materials and methods

2.1 Research design

The study used a group of analytical methods (selective and statistical), a systematic approach, and probabilistic and expert forecasting methods.

2.2 Research tools and procedures

Document analysis at the initial stage of this study, the collection and analysis of research papers, literary sources, project documentation and the current building and regulatory framework in the field of environmental urban planning in the Republic of Kazakhstan and abroad were carried out.

2.2.2. Field survey method

To analyze the carrying capacity of the Shymkent city, the authors of the study visited the districts of the city, and a field survey of residential areas and recreational areas, including the embankment of the Koshkar-ata River, was carried out.

2.2.3. Critical analysis method

For the method of critical analysis, the master plan of the city of Shymkent was analyzed, namely the section on socio-economic development.

2.2.4. Benchmarking method

Социальная оценка города совместно с традиционной экспертной оценкой дает объективные предпосылки для принятия проектных управленческих решений по улучшению качества и уровня жизни населения в различных районах города путем разрешения проблем опрошенных жителей. Кроме того, инструменты такой оценки позволяют учитывать мнение населения о повышении его роли в городском планировании [6].

До недавнего времени емкость показателей территории представляла собой оценку ее размеров, пригодных для строительства резервных площадок. Другими словами, как и при оценке территориальных ресурсов, на первом месте стоят экономический и городской факторы. В настоящее время рассматриваются показатели демографической, экономической и городской емкости территории, характеризующие возможности расселения жителей по совокупности факторов. Емкость территории определяется минимальными показателями ресурсов, которые необходимы для развития системы.

В настоящее время важной проблемой является поиск путей перехода от критического уровня воздействия на окружающую среду к приемлемому. Уровни такого перехода отражают несущую способность территории как меру максимального техногенного воздействия [6].

Общепринятая система расчета экологической емкости – это методология, которая используется для оценки и измерения воздействия деятельности человека на окружающую среду. Она помогает определить, насколько та или иная деятельность вредит или способствует устойчивому развитию [6].

Оценка экологического потенциала включает рассмотрение различных факторов: потребление ресурсов, выбросы, загрязнение и воздействие на биоразнообразие и изменение климата. Различные аспекты деятельности анализируются для определения их влияния на окружающую среду. Важность расчета экологической емкости заключается в том, что она позволяет оценить и сравнить различные виды деятельности с точки зрения их воздействия на окружающую среду. Это помогает принимать обоснованные решения о том, как уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, способствует более

For the method of comparative analysis, in the section on the socio-economic development of the city of Shymkent the existing method was analyzed and compared with international practices. At this stage, a comparison was made of the criteria for assessing the ecological capacity, obtained as a result of mathematical calculations, field survey, and the existing urban-ecological regulatory framework.

The equation for the demographic capacity of areas suitable for industrial and civil construction employed in the study:

$$D_1 = (T_1 * 1,000) / H,$$

D_1 – private demographic capacity of the territory;

T_1 – territories that received the highest rating, ha;

H – the estimated need for the territory of 1,000 inhabitants, ha / person.

The calculation for the carrying capacity of the territory in terms of water resources was used according to the following formula:

$$D_2 = D_3 + D_4,$$

D_2 – the total demographic capacity of the territory in terms of water resources;

D_3 – the capacity of the territory in terms of surface waters;



устойчивым практикам и помогает ограничить неконтролируемое расширение города [7].

Система расчета экологической емкости может различаться в зависимости от конкретного контекста и целей оценки [7].

Город Чимкент – один из первых городов Казахстана, который начал включать такой показатель, как экологическая емкость в раздел социально-экономического развития генерального плана города.

Город Чимкент, как видно по рис. 4, находится в Арало-Сырдарьинском водохозяйственном бассейне страны, занимая второе место (57,2%) по антропогенной нагрузке на водные ресурсы среди всех аналогичных бассейнов в Казахстане.

К тому же, согласно индексу качества воздуха PM2.5, PM10 швейцарской лаборатории IQAir, город Чимкент занимает 3 место по загрязнению воздуха (PM2.5, PM10) среди всех городов (88) Казахстана.

Ниже приведен расчет экологической емкости города Чимкент.

Определение экологической емкости территорий, пригодных для промышленного и гражданского строительства, следует производить на основе территорий,

Рис. 2. Река Кошкар-Ата /
Figure 2. The river of Koshkar-Ata

D_4 – the capacity of the territory for groundwater.
 Groundwater capacity of the territory was calculated by following formula:
 $D_4 = OTr \cdot 1,000 / R_o$,
 D_4 – the private demographic capacity of the territory;
 O – operational module of the underground drain, $m^3 / (day \cdot km^2)$;
 Tr – the territory of the city, km^2 ;
 R_o – the water supply standard for 1,000 inhabitants.
 Determination of the population capacity of the territory by the availability of recreational resources assumes that the number of tourists during the peak period will be 40% of the population of the city, which in areas with a hot and dry climate will be distributed as follows:
 in the forest – 25%, near the water – 75%.
 According to the conditions of recreation near the water, the capacity of the territory is determined by the formula:
 $D_6 = 2VS \cdot 1,000 / 0.5M$,
 D_6 – private demographic capacity of the territory;
 V – length of streams suitable for swimming, km ;

S – coefficient that considers the possibility of organizing beaches (steppe zone areas $C = 0.3$);
 0.5 – an approximate standard need of 1,000 inhabitants for beaches, km ;
 M – coefficient considers the distribution of vacationers in the forest and near the water for areas with a hot dry climate $M = 0.3-0.4$.
 Determination of the demographic capacity of the territory according to the conditions for organizing a suburban agricultural base calculated by the following equation:
 $D_7 = T_2 \cdot 0.1 \cdot 1.0 / 5$,
 D_7 – the private demographic capacity of the territory;
 T_2 – territories included, according to the results of a comprehensive assessment, in the categories of favorable and limitedly favorable for agriculture;
 $0.1-1.0$ – coefficient that considers the possibility of using the agricultural land of the district/city for a suburban/urban base. This coefficient can also change significantly depending on specific conditions and in some cases reach 1;

получивших высшую оценку по совокупности рассматриваемых факторов. При этом используется ориентировочный показатель принятой потребности в территории 20–25 га на 1 тыс. жителей (в зависимости от характера производственной базы района).

Исходя из вышеизложенного, в 2021 году демографическая емкость города Чимкент по доступности для промышленного и гражданского строительства в существующих границах на 68455 га составит от 2738200 тыс. человек из 3042400 человек при наличии территорий

на 1000 человек, учитывая наличие в городе преимущественно жилых массивов с усадебной застройкой:

$$(68455 \text{ га} \cdot 1000 \text{ чел.}) / 25 \text{ га/чел.} = 2738200 \text{ чел.};$$

$$(68455 \text{ га} \cdot 1000 \text{ чел.}) / 22,5 \text{ га/чел.} = 3042400 \text{ чел.}$$

Емкость территории по подземным водам:

$$D_4 = (522400 \text{ м}^3/\text{сут} \cdot 1162,4 \text{ км}^2 \cdot 1000) / 0,280 \text{ м}^3/\text{сут} \cdot 1000 = 2169452 \text{ чел.}$$

В 2021 году расчетная демографическая емкость территории города Чимкент в пределах границ по подземным водам составит около 2170000 чел.

Рекреационный потенциал территории:

$$D_6 = 2 \cdot 95 \text{ км} \cdot 0,3 \cdot 1000 / 0,5 \cdot 0,3 = 380000 \text{ чел.}$$

При условии, что количество отдыхающих у воды в «пиковый» период составит 40% населения города, демографическая емкость всего населения города по обеспеченности рекреационными ресурсами составит 950 тыс. чел.

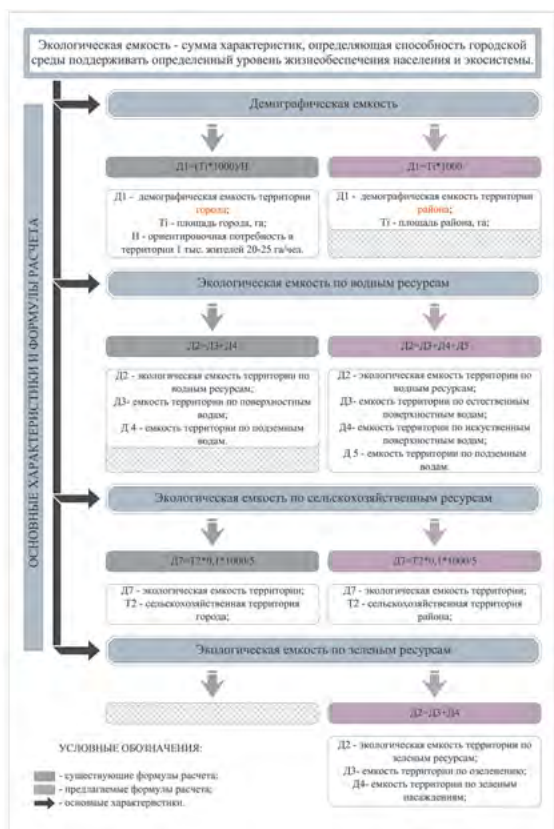
Расчетная демографическая емкость территории города Чимкент в границах 2021 года по обеспеченности рекреационными ресурсами в перспективе составит около 950 тыс. чел.

Определение демографической емкости территории по условиям организации загородной сельскохозяйственной базы:

$$D_7 = (10564 \text{ км}^2 \cdot 1,0 \cdot 1000 \text{ человек}) / 5 \text{ км}^2 = 2112800 \text{ чел.}$$

Авторы предлагают следующие комментарии к рис. 1:

4.1. В ходе анализа формулы расчета демографической емкости города Чимкент авторы выявили спорный выбор коэффициента 25 га на 1 тыс. человек. Согласно СП РК 3.01-101-2013 Градостроительство, планировка и застройка городских и сельских поселений, утвержденный Приказом Комитета жилищно-коммунального хозяйства и землеустройства Министерства национальной экономики Республики Казахстан от 29 декабря 2014 года, установлены требования к плотности населения 1000 человек на 7–8 га при застройке от 9 этажей и выше при средней расчетной обеспеченности жильем $20 \text{ м}^2/\text{чел.}$ жилой площади. При этом пунктом 32 Правил установлены рекомендуемые параметры плотности насе-



> Рис. 3. Сравнительная схема определения экологической емкости / Figure 3. Proposed calculation of the carrying capacity

5 – an indicative indicator reflecting the need of 1,000 inhabitants of the district for the lands of a suburban agricultural base, km².

2.2.5. Results summarization method

Due to the complexity of the matter and the scale of the study, at the final stage of the work, an adjustment (clarification) of the results obtained is carried out.

3. Results

The work on the master plan of the city of Shymkent identified several problems related to the need to solve difficult tasks caused by a multitude of negative factors, resulting from the influence of both objective and subjective factors of the city's development in the last decade [5].

The analysis of the initial situation showed that the construction of numerous shopping centers and markets of wholesale and retail trade, car parks and parking places for buses, trucks, petrol stations, enterprises selling auto parts, repair, technical inspection, and car wash were carried out almost sporadically on large areas in the central part of the city. A sufficiently large area was allocated for the construction of individual residential buildings and cot-

tages, warehouses, and workshops, with a violation of the already complicated functional zoning of the city. In general, numerous deviations from the fundamental provisions of the previous master plan led to an imbalance in the life of the city organism, which led to a complex set of problems that had to be solved to direct the city on the path of sustainable development and to lay for it a rational architectural and planning structure that meets modern requirements [5].

In the new master plan, most of these problems were solved, at the same time, obvious contradictions were revealed between the actual practice and development of the city and the aspirations of designers to streamline and optimize it under advanced domestic and foreign theory and practice of urban planning. These problems seem to go beyond the local and need to be addressed at the state level, with adjustment of the legislative and regulatory framework for urban planning, clear determination of the status of developers of project documentation and the responsibility of customers for its implementation.

Since one of the main goals of the new master plan of the city is to increase the level and quality of life of the population, the

ления в размере 460 чел./га. В структуре города расчетный коэффициент 25 га/1000 человек неоднозначен.

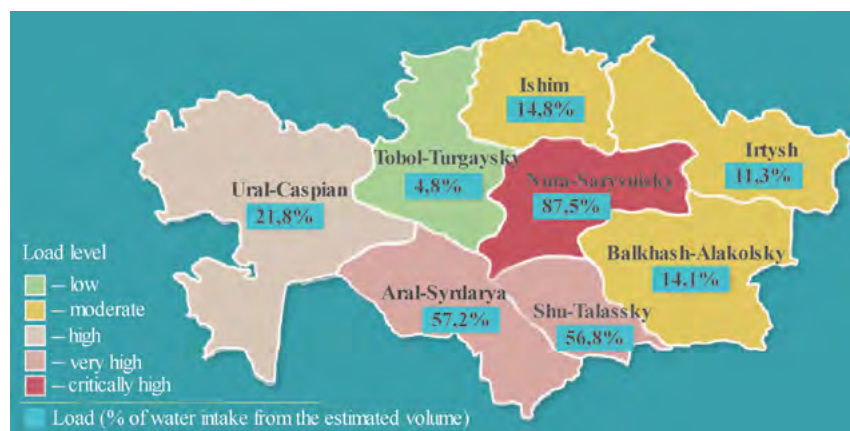
Использование в расчетах общей площади города, включая сельскохозяйственные угодья, не дает точной экологической емкости. Авторы считают целесообразным произвести этот расчет в масштабе района.

4.2 Основное замечание при расчете емкости территории по водным ресурсам состоит в том, что формула рассчитана для города в целом, хотя расчет целесообразно разделить в масштабе не города в целом, а районов. Расчет водоемкости территории в масштабах города не дает полного представления о городских элементах. Для более точной оценки экологической емкости территории необходимо разделить ее на части (районы, микрорайоны) с учетом ее природных и промышленных особенностей. Например, выделение промышленной зоны предполагает меньшую плотность населения и более высокий уровень землепользования и загрязнения [8]. Особенно это актуально при рассмотрении города Чимкент, поскольку в городе расположено большое количество промышленных предприятий. Предлагается следующая схема оценки:

Зонирование территории оценки по выбранным признакам.

Такое зонирование целесообразно проводить по административному делению, поскольку в этих границах осуществляется природопользование территории. На территории Чимкента рекомендуется выделить участки: Абайский, Аль-Фараби, Енбешинский, Каратауский, Туранский. Такое районирование соответствует методике определения ущерба, согласно которой коэффициент опасности загрязнения назначается в зависимости от плотности населения территории. Таким образом, плотность населения может варьироваться от одного района к другому.

4.3 Водные ресурсы рекреационных зон делятся только на поверхностные и подземные водные ресурсы, которые не являются полными. По мнению авторов, следует учитывать водные поверхности, используемые городским населением (т. е. благоустроенные набережные, пляжи), а также искусственные водные элементы, водные



поверхности. Кроме того, отсутствие рекреационных зон в расчете авторы считают упущением.

4.4 Авторы считают нецелесообразным учет земель сельскохозяйственного назначения при расчете экологической емкости города. Большая часть земель сельскохозяйственного назначения расположена за чертой города. Соответственно, экологические проблемы, создаваемые городом, должен решать сам город.

4.5 Авторы предлагают добавить в расчет такой показатель, как рекреационные зоны и зеленые ресурсы города. Зеленые зоны имеют большое значение при рассмотрении экологических проблем загрязнения воздуха. Большое значение имеют также перспективы улучшения городского воздуха, а также снижения выбросов и естественной фильтрации воздуха в виде зеленых лесных массивов [9].

4. Дискуссия

По мнению авторов, представляется целесообразным, в силу общности понятия экологической емкости города, разделить ее на градоэкологическую, геологическую и санитарно-гигиеническую.

Перечисленные виды емкости требуют от соответствующих групп специалистов разработки методики комплексного и специализированного определения состо-

^ Рис. 4. Антропогенная нагрузка на водные ресурсы Республика Казахстан / Figure 4. Anthropogenic load on water resources of the Republic of Kazakhstan

project used methods of social assessment of the territory based on a questionnaire survey of residents [5].

Social assessment of the city together with the traditional expert assessment gives objective prerequisites for the adoption of project management decisions to improve the quality of life and living standards of the population in different districts of the city by addressing the concerns of the residents interviewed. In addition, the tools of such an assessment make it possible to take account of the views of the population to increase its role in urban planning [6].

Until recently, the capacity of the territory indicators was an assessment of its size suitable for the construction of reserve sites. In other words, as in the assessment of territorial resources, the economic and urban assessment came first. Currently, indicators of the territory's demographic, economic, and urban carrying capacity are being considered. Such indicators characterize the possibilities for the population to resettle according to a combination of factors. The capacity of the territory is determined by the minimum indicators of resources that are vital for the development of the system.

Currently, an important problem is to find ways to move from a critical level of environmental impact to an acceptable level. The levels of such a transition reflect the carrying capacity of the territory as a measure of the maximum technogenic impact [6].

The generally accepted system for calculating carrying capacity or ecological footprint is a methodology that is used to assess and measure the impact of human activities on the environment. It helps to determine how much an activity or product harms or contributes to the sustainable development of the planet [6].

The assessment of environmental capacity includes consideration of various factors such as resource consumption, emissions, pollution, and impact on biodiversity and climate change. Different aspects of the activity or product are analyzed to determine their environmental footprint. The importance of the carrying capacity calculation is that it allows the assessment and comparison of different activities in terms of their environmental impact. It helps to make informed decisions on how to reduce negative impacts on the environment, promote more sustainable practices and help limit the uncontrolled spread of the city [7].

яния экологической емкости и методов, направленных на ее улучшение.

Геологическая емкость территории должна рассматриваться в контексте использования подземных пространств для хранения различных веществ – грунтовые воды, полезные ископаемые и т. д. Процессы, происходящие в городской структуре, в значительной степени оказывают влияние на возможности геологического образования, удерживающего эти вещества. Когда проблема дефицита воды актуальна, сохранение подземных вод имеет первостепенное значение.

Санитарно-гигиенический потенциал означает способность отдельных территорий обеспечивать здоровьесберегающие условия для благополучия населения. Это понятие связано с тем, в какой степени городская инфраструктура, городское планирование и общественная среда способствуют поддержанию высокого уровня санитарии и гигиены в городской среде.

В области градостроительства и архитектуры наиболее подходящим для рассмотрения является градоэкологическая емкость территории. По мнению авторов, городское планирование обладает наиболее эффективными инструментами решения экологических проблем внутри города.

На систему градостроительства Казахстана начинают влиять политические явления (демократизация; растущая практика «гражданского участия» в форме экологических инициатив, общественных движений в поддержку маломобильных граждан и др.). Широко применяется

практика сбора и обработки статистических данных в сфере градостроительства, используемая по принципу краудфандинга. «Градостроитель» начинает выступать системным интегратором знаний о среде обитания горожан, играет роль координатора общественных интересов. Эволюция процессов междисциплинарного взаимодействия в градостроительстве обусловлена усилением социально-политических процессов в ходе урбанизации. Динамическая сложность объекта градостроительства – искусственной среды обитания – провоцирует расширение «радиуса» его притяжения, который уже вышел за рамки профессионального интереса специалистов и формирует вокруг себя поле «открытого» городского знания. Важной составляющей представлений о современном градостроительстве становится понимание того, что градостроительная деятельность (независимо от вида ее специализации) может рассматриваться как часть «среза» комплекса совместно развивающихся научных дисциплин.

Значимость данного исследования определяется анализом и предложением дополнений к расчету экологической емкости города Чимкент. Внедрение новых показателей, особенно в области экологической безопасности, в нормативно-правовые акты в Казахстане происходит редко, поэтому положительная тенденция, начавшаяся с города Чимкента, по мнению авторов, должна быть максимально дополнена и изучена, чтобы стать хорошим примером для других городов, которые введут этот показатель в свои генеральные планы.

5. Выводы

Все принципы расчета несущей способности должны учитываться при создании методических основ обеспечения устойчивого развития территории. Поэтому неразрывная связь социальной и экологической систем должна проявляться в определении критериев и показателей, отражающих связь социально-экономической и экологической подсистем территории. Дальнейшее расширение города вместе с ростом населения возможно лишь в том случае, если потребности каждой части, составляющей сложную социально-эколого-экономическую систему, останутся в разумных пределах, диктуемых природой.

№	город	уровень загрязнения (PM2.5, PM10), µg
1	Атбасар	335
2	Павлодар	190
3	Шымкент (Чимкент)	142
4	Актобе (Актюбинск)	139
5	Астана	90
6	Алматы (Алма-Ата)	79
7	Аксай	55

> Рис. 5. Самые загрязненные города Казахстана / Figure 5. The most polluted cities in Kazakhstan

The carrying capacity calculation system may vary depending on the specific context and the purposes of the assessment [7].

The city of Shymkent is one of the first cities in Kazakhstan that began to include such an indicator as the carrying capacity in the section of socio-economic development of the master plan of the city.

The city of Shymkent, as can be seen in Figure 4, is located in the Aral-Syrdarya water basin of the country, ranking second (57.2 %) in terms of anthropogenic load on water resources among all similar analogous basins in Kazakhstan.

Furthermore, according to the air quality index of the Swiss laboratory IQAir, the city of Shymkent ranks 3rd among all cities (88) in Kazakhstan in terms of air pollution (PM2.5, PM10) (Figure 5).

Below is a calculation of the carrying capacity of Shymkent.

The determination of the carrying capacity for the availability of areas suitable for industrial and civil construction should be made based on the territories that have received the highest rating for the set of factors considered. At the same time, the indicative indicator of the need for territory for 1 thousand inhabitants, which is accepted 20-25 hectares (depending on the nature of the production base of the district), is exploited.

Based on the above, in 2021 the demographic capacity of the city of Shymkent in terms of availability for industrial and civil construction within existing boundaries for 68,455 hectares will be from 2,738,200 thousand people out of 3,042,400 people subject to the availability of the territories for 1,000 people, considering the presence of mainly residential areas with estate development in the city:

$(68,455 \text{ ha} * 1,000 \text{ people}) / 25 \text{ ha/person} = 2,738,200 \text{ people};$

$(68,455 \text{ ha} * 1,000 \text{ people}) / 22.5 \text{ ha/person} = 3,042,400 \text{ people.}$

Groundwater capacity of the territory:

$D_4 = (522,400 \text{ m}^3/\text{day} * 1162.4 \text{ km}^2 * 1,000) / 0.280 \text{ m}^3/\text{day} * 1,000 = 2,169,452 \text{ people.}$

In 2021 the estimated demographic capacity of the territory of Shymkent city within the boundaries in terms of groundwater will be about 2,170,000 people.

Recreational capacity of the territory:

$D_6 = 2 * 95 \text{ km} * 0.3 * 1000 / 0.5 * 0.3 = 380,000 \text{ people.}$

Provided that the number of vacationers near the water in the 'peak' period will be 40% of the city's population, the demographic capacity of the entire population of the city in terms of the availability of recreational resources is 950,000 people.

The estimated demographic capacity of the territory of Shymkent city within the boundaries of 2021 in terms of the availability of recreational resources will be about 950,000 people in the future.

Determination of the demographic capacity of the territory according to the conditions for organizing a suburban agricultural base:

$D_7 = (10,564 \text{ km}^2 * 1.0 * 1,000 \text{ people}) / 5 \text{ km}^2 = 2,112,800 \text{ people.}$

The authors propose the following comments according to Figure 1:

4.1 During the analysis of the formula for calculating the demographic capacity of the city of Shymkent the authors identified the controversial choice of the coefficient of 25 hectares per 1 thousand people. SP RK 3.01-101-2013 Urban Planning. Planning and development of urban and rural settlements, approved by the Order of the Committee for the Construction of Housing and Communal Services and Land Management of the Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan dated December 29, 2014, established requirements for a population density of 1,000 people per 7-8 hectares for development from 9 floors and above, with an average estimated housing supply of 20 m²/person living area. At the same time, paragraph 32 of the Rules establishes the recommended population density parameters in the amount of 460 people/ha. In the structure of the city the calculation coefficient of 25 ha/1,000 people is ambiguous.

Using the total area of the city, including agricultural plots, does not show the exact ecological capacity in calculations. The authors consider it appropriate to make this calculation on a district scale.

4.2 The main remark in calculating the capacity of territory for water resources is that the formula is calculated for the city as a whole, although it is advisable to divide the calculation on the scale of districts, not the city as a whole. The calculation of the water capacity of the territory on the scale of the city does not give a complete picture of urban elements. For a more accurate assessment of the carrying capacity of the territory, it is necessary to divide it into parts (districts, micro-districts) with its natural

and industrial characteristics. For example, the allocation of an industrial zone implies a lower population density and a higher level of land use and pollution [8]. This is especially true when considering the city of Shymkent since a large number of industrial enterprises are located in the city. The following evaluation scheme is proposed:

Zoning of the assessment area according to selected features.

It is advisable to conduct such zoning according to the administrative division because the environmental management of the territory is carried out within these boundaries. It is recommended to allocate areas (Abay, Al-Farabi, Yenbeshinsky, Karatau, Turansky) on the Shymkent territory. Such zoning is in line with the damage determination methodology, which assigns a pollution hazard factor according to the population density of the territory. Thus, the population density may vary from one district to another.

4.3 Water resources in the recreational areas are divided only into surface and underground water resources, which are not complete. According to the authors, water surfaces used by the urban population (i.e., landscaped embankments, beaches), as well as artificial water elements of the fountain, water surfaces should be considered. In addition, the absence of recreational areas in the calculation is considered by the authors to be an omission.

4.4 The authors find it inappropriate to consider agricultural land when calculating the carrying capacity of the city. For the most part, agricultural land is located outside the boundaries of the city. Accordingly, the environmental problems created by the city should be solved by the city itself.

4.5 The authors propose to add to the calculation such an indicator as recreational areas and green resources of the city. Green areas are of great importance when considering environmental issues of air pollution. The prospects for improving urban air, as well as the reduction of emissions, and the natural filtration of air in the form of green forested areas, are also of great importance [9].

4. Discussion

According to the authors, it seems appropriate, because of the generality of the term 'urban carrying capacity', to divide it into urban-ecological capacity, geological capacity, and sanitary-hygienic capacity.

The listed types of capacity require appropriate groups of specialists to develop a methodology for a comprehensive and specialized determination of the state of ecological capacity and methods aimed at improving it.

The geological capacity of the territory should be viewed in the context of the use of underground spaces for the storage of various substances such as groundwater, minerals, etc. The processes that take place in the urban structure to a large extent have an impact on the ability of geological formations to retain these substances. At a time when the issue of water scarcity is topical, groundwater conservation is of paramount importance.

Sanitary and hygienic capacity means the ability of certain territories to provide health-saving conditions for the population's well-being. This concept is related to the extent to which urban infrastructure, urban planning, and the public environment contribute to maintaining a high level of sanitation and hygiene within the urban environment.

In the field of urban planning and architecture, urban-ecological capacity is the most suitable for consideration. According to the authors, urban planning has the most effective tools to deal with environmental problems within the city.

Political phenomena (democratization; the growing practice of 'citizen participation' in the form of environmental initiatives, social movements in support of citizens with limited mobility, etc.) are beginning to influence on the urban planning system in Kazakhstan. The practice of collecting and processing statistical data in the field of urban planning based on the principle of crowdfunding is widely used. 'Urban planner' begins to act as a system integrator of knowledge about the living environment of citizens, and plays the role of a coordinator of public interests. The evolution of processes of interdisciplinary interaction in urban planning is conditioned by the increase in socio-political processes in the course of urbanization. The dynamic complexity of the object of urban development – artificial habitat – provokes the extension of the 'radius' of its attraction, which has already overcome the framework of professional interest of experts and forms a field of 'open' urban knowledge around itself. An important component of the ideas about modern urban planning is the understanding that urban planning activities (regardless of the type of its specialization) can

be considered as part of the 'cross-section' of the complex of jointly developing scientific disciplines.

The significance of this study is determined by the analysis and proposal of additions to the calculation of the carrying capacity of the city of Shymkent. The introduction of new indicators, especially in the field of environmental safety into regulatory legal acts in Kazakhstan is rare, therefore, according to the authors, the positive trend that began with the city of Shymkent should be supplemented and studied as much as possible to become a good case for other cities who will introduce this indicator into their master plans.

5. Conclusion

All of these principles for calculation of carrying capacity should be considered when establishing methodological foundations for ensuring sustainable development of the territory. Therefore, the inextricable connection between social and ecological systems should be evident in the definition of criteria and indicators that reflect link between the socio-economic and environmental subsystems of the territory. Further expansion of the city together with population growth is only possible if the needs of every part that makes up the complex socio-ecological-economic system remain within the

reasonable limits dictated by nature. Therefore, all activities on the territory must be proportional to the natural system's capacity, with society doing everything possible to maintain this balance as an essential and necessary state of the system. One of the key methodological principles in ensuring sustainable development is to ascertain the socio-ecological-economic capacity of the territorial system whilst considering the energy flows between its socio-economic and ecological subsystems. Any exceed in carrying capacity of the city will ultimately result in an unsustainable state.

Calculation of carrying capacity of the city of Shymkent enables determination of the ideal extent of population growth and urban development that a certain area can sustain without compromising long-term sustainability.

Calculation of urban carrying capacity helps to define the highest level of population or development that city can support without straining its resources or harming the environment, infrastructure and quality of life. Introducing the notion of urban carrying capacity into urban planning supports ensuring the long-term sustainability and liveability of cities.

Вся деятельность на территории должна быть пропорциональна возможностям природной системы, а общество делает все возможное для поддержания этого баланса как важнейшего и необходимого состояния системы. Одним из ключевых методологических принципов обеспечения устойчивого развития является определение социально-эколого-экономического потенциала территориальной системы с учетом энергетических потоков между ее социально-экономическими и экологическими подсистемами. Любое превышение экологической емкости города в конечном итоге приведет к неустойчивому состоянию.

Расчет экологической емкости города Чимкент позволяет определить идеальные масштабы роста населения и городского развития, которые определенная территория может поддерживать без ущерба для долгосрочной устойчивости.

Расчет экологической емкости города помогает определить самый высокий уровень численности населения или развития, который город может поддерживать, не истощая свои ресурсы и не нанося вреда окружающей среде, инфраструктуре и качеству жизни. Введение понятия пропускной способности города в городское планирование способствует обеспечению долгосрочной устойчивости и пригодности городов для жизни.

Литература / References

1. Semenyuk O., Khvan E., Chekayeva R., Sadykova S., Toibazarova E., "Influence of Modern Processes of Life to The Architecture and Environmental Problems of Urbanization-Cities of Kazakhstan" International Conference on Geotechnical Engineering (Iraq), 2020, pp.25-32. doi:10.1088/1757-899X/901/1/012025.
2. Geng, J., Yu, K., Xie, Z., Zhao, G., Ai, J., Yang, L., Yang, H., Liu, J., "Analysis of Spatiotemporal Variation and Drivers of Ecological Quality in Fuzhou Based on RSEI" in the Remote Sensing 14, no 19: 4900, 2022, pp. 1-20. doi.org/10.3390/rs14194900.
3. Li, Xiaoyu & Gong, Shudan & Shi, Qingdong & Fang, Yuan. 2023. A Review of Ecosystem Services Based on Bibliometric Analysis: Progress, Challenges, and Future Directions. Sustainability. 15. 16277. 10.3390/su152316277.
4. Jiajia Xu, Xiaofang Jiang, Hai Liu, Feijian Yin, Yuting Xu, Changhao Gao, Monitoring of spatiotemporal changes in ecosystem service

functions and analysis of influencing factors in Pingtan Island. Ecological Indicators, Volume 158, 2024, 111590.

5. Abilov, A., Mametov, A., "Shymkent" in the Urban development and territorial planning in Kazakhstan: origins and development trends, Almaty, 2022, pp. 67-80.

6. Fainstein, S. S., "Justice and Urban Transformation: Planning in Context" in the Just City, Cornell University Press, 2010, pp. 57-86.

7. Hixon, M.A., "Carrying Capacity" in the Encyclopedia of Ecology, Academic Press, 2008, pp. 528-530. doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00468-7.

8. Hartvigsen, G., "Carrying Capacity, Concept of" in the Reference Module in Life Sciences, Elsevier, 2022. pp. 117-125. doi.org/10.1016/B978-0-12-822562-2.00073-6.

9. Diener, A., Mudu, P., "How can vegetation protect us from air pollution? A critical review on green spaces' mitigation abilities for air-borne particles from a public health perspective - with implications for urban planning" in The Science of the Total Environment, 2021 (November 20), pp. 1-18. vol. 796. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148605.

10. Russo, A., Cirella, G.T., "Modern Compact Cities: How Much Greenery Do We Need?" in the International Journal Environmental Research and Public Health, vol. 15 no. 10, 2018 (October 5), pp. 1-15. doi.org/10.3390/ijerph15102180.