

СУЧАСНІ ГЕОГРАФІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ДОВКІЛЛЯ

УДК 504.064.2

В. Ю. ПРИХОДЬКО, канд. геогр. наук, доц.

Одесский государственный экологический университет
ул. Львовская, Одесса, 1565016,
vks26@ua.fm

КОМПЛЕКСНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ

Представлены методические принципы определения комплексных экологических показателей города с позиций внутрисистемных и внешних связей. Их определение проводится на основе балльной оценки экологических характеристик с учётом веса каждой из них в составе комплексного показателя. Полученные значения комплексных показателей позволяют оценить благоприятность условий и уровень техногенной нагрузки.

Ключевые слова: городская система, комплексный показатель, экологическая характеристика, оценка

Приходько В. Ю. КОМПЛЕКСНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ МІСЬКИХ СИСТЕМ

В роботі представлені методичні принципи визначення комплексних екологічних показників міста з позицій внутрісистемних і зовнішніх зв'язків. Їх визначення проводиться на основі балльної оцінки екологічних характеристик з урахуванням ваги кожної з них у складі комплексного показника. Отримані значення комплексних показників дозволяють оцінити сприятливість умов і рівень техногенного навантаження.

Ключові слова: міська система, комплексний показник, екологічна характеристика, оцінка

Prykhodko V. COMPLEX ENVIRONMENTAL INDEXES OF CITY SYSTEMS

Methodological principles of city's complex environmental indexes determination of are presented from positions of intrasystem and external connections. Their determination is conducted on the basis of numerical score of environmental characteristics taking into account weight each of them in the composition a complex index. The values of complex indexes allow to estimate favorableness of conditions and level of human pressure.

Keywords: municipal system, complex index, environmental characteristic, estimation

Введение

Современные города в полной мере ощущают негативные экологические последствия научно-технического прогресса, когда повышение уровня жизни происходит без учёта, а иногда и за счёт загрязнения и деградации окружающей природной среды (ОПС). В городах происходит локализация негативных эффектов антропогенной нагрузки на все компоненты ОПС, что проявляется в ухудшении качества городской среды и возникновении экологических проблем городов. С другой стороны, высокая концентрация источников техногенной нагрузки в городах и связанных с этим негативных качественных преобразований в природной составляющей обуславливают распространение негативных эффектов за

пределы городской территории, т. е. на окружающие природно-территориальные комплексы (ПТК). Такой аспект функционирования городских систем нашел своё отражение в концепции «экологического следа», который рассматривается как территория, необходимая для обеспечения города и аккумуляции всех его отходов. В связи с этим актуальной является разработка комплексного подхода к оценке экологических аспектов функционирования городских систем, которая учитывает внутренние и внешние экологические проявления функционирования города. Одним из исследований в данном направлении может стать разработка комплексных показателей, которые позволят объединить группу характеристик, касающихся экологической

ситуации в городе и его влияния на прилегающие природные объекты и территории.

Анализ основных исследований и публикаций. Комплексный подход к изучению экологических аспектов функционирования городских систем с последующей разработкой интегральных критериев их оценки нашел своё отражение в работах украинских и зарубежных ученых, среди которых – В. А. Кучерявый, В. А. Фесюк, В. В. Владимиров, А. Н. Тетиор и др., а также в научных разработках международных организаций – Центр ООН по поселениям (UNCHS, Habitat), Организация экономического сотрудничества и развития (OECD), Европейское Агентство по охране окружающей среды (ЕЕА). Комплексный подход к учёту многообразия факторов, определяющих экологическую ситуацию в городах, положен в основу методики оценки эколо-

гического состояния территории города по ключевым интегральным факторам (Т. Л. Мелихова), а также комплексной оценки потенциала экологической комфортности (Е. Ф. Картавая). Для комплексной оценки экологичности городских территорий автором разработаны методики экологической экспресс-оценки качества городской среды и SWOT-анализа экологических аспектов функционирования городских систем. Тем не менее, важной представляется разработка комплексного показателя, значение которого определяется набором исходных показателей и позволяет дать интегральную характеристику экологического состояния города.

Целью исследования является разработка методических принципов определения комплексных экологических показателей города.

Изложение основного материала исследований

В основу методических принципов определения комплексных экологических показателей городских систем положено выделение основных экологических характеристик и их количественное приведение к единому показателю. В данном случае под экологической характеристикой города понимается свойство или явление, комплексно характеризующее отдельный природный компонент или направление антропогенного воздействия. Теоретические основы создания сложной системы показателя представлены в работах, посвященных экспертным системам в области охраны ОПС [1, 2] и экспертным измерениям [3, 4].

Разработка комплексных экологических показателей города заключается в следующем:

- 1) определение экологических характеристик города, исходя из задачи исследования;
- 2) определение весового коэффициента каждой экологической характеристики;
- 3) выбор количественного показателя для анализа состояния экологической характеристики;
- 4) разделение каждой отдельно взятой характеристики на равное для всех характеристик количество категорий, характеризующих определённое состояние (на основе градаций выбранного показателя), с присвоением балла для каждой категории [5, 6].

В общем случае, определение комплексного экологического показателя (K) при помощи такого алгоритма комплексирования как среднее арифметическое взвешенное, можно представить в виде

$$K = \sum_{i=1}^n k_i \alpha_i, \quad (1)$$

где k_i – оценка наблюдаемого проявления i -ой экологической характеристики, баллы;

α_i – коэффициент весомости (коэффициент значимости) i -ой экологической харак-

теристики, доли единицы ($\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$).

Первоосновой составления таблиц определения комплексных экологических показателей является целеполагание и рассмотрение объекта оценки с различных сторон. В дальнейшем от этого зависит набор соответствующих экологических характеристик и их весовых коэффициентов. Целью разработки комплексных экологических показателей города является интегральная оценка качества городской среды и уровня оказываемой антропогенной нагрузки на ОПС.

Таким образом, город как сложная система рассматривается с двух позиций:

- 1) внутрисистемных связей природных и антропогенных составляющих, которые

формируют условия жизни человека и функционирования урбоэкосистем, а также определяют качество городской среды;

2) внешних связей с окружающими ПТК, т. е. урбанизированная территория рассматривается как составляющая территориальных систем регионального масштаба и источник антропогенной нагрузки на ОПС [6].

В соответствии с этим, в качестве комплексных экологических показателей городской системы нами рассматриваются два критерия качества природной составляющей и набор экологических характеристик к каждому из них (табл. 1). Предложенные нами критерии качества природной составляющей городских систем с позиций

внутрисистемных и внешних связей определяются для городов с населением от 10 до 250 тыс. чел.

Каждая из представленных экологических характеристик делится на четыре категории, которые характеризуют её определённое состояние и оцениваются, соответственно, показателем k_i . Разложение экологических характеристик на категории необходимо для балльной оценки, которая позволяет сопоставить различные количественные показатели по каждой из характеристик, приводя к единой размерности – баллам [6].

Таблица 1

Наборы экологических характеристик для определения критериев качества природной составляющей городской системы

№ п/п	Критерий качества природной составляющей городской системы с позиций внутрисистемных связей		Критерий качества природной составляющей городской системы с позиций внешних связей	
	Экологическая характеристика	α_i	Экологическая характеристика	α_i
1	Качество атмосферного воздуха	0,30	Техногенное воздействие на атмосферный воздух	0,30
2	Качество воды водных объектов	0,25	Техногенное воздействие на водные объекты	0,25
3	Качество почвы	0,10	Озеленение	0,15
4	Озеленение	0,15	Отходы	0,20
5	Экологическая безопасность техногенного комплекса	0,20	Экологическая безопасность техногенного комплекса	0,10

Количественные показатели для каждой из экологических характеристик выбираются из уже существующих показателей оценки качества или уровня загрязнения компонентов ОПС, а также антропогенного воздействия на них. Выбор методики оценки и, соответственно, показателя должен отвечать следующим требованиям:

1) наиболее полно и адекватно характеризовать изменения состояния экологической характеристики;

2) быть максимально информативным, основываться на существующих данных системы мониторинга ОПС;

3) иметь шкалу изменения показателя и качественную характеристику градаций. Желательно, чтобы количество градаций показателя совпадало с количеством категорий, которые характеризуют экологическую характеристику.

Каждая экологическая характеристика имеет четыре категории, которые отвечают определённому диапазону значений конкретного показателя. Следовательно $1 \leq k_i \leq 4$ балла. Нами разработаны таблицы для определения комплексных экологических показателей. При построении таблиц определения комплексных экологических показателей используется номинальная (вербально-числовая) шкала, позволяющая представить совокупность факторов определённой урбоэкологической ситуации в качественном развитии.

В качестве примера приведём фрагмент таблицы определения комплексного экологического показателя городской системы с позиций внешних связей – оценочные показатели и градации для такой характеристики, как «техногенное воздействие на атмосферный воздух» (табл. 2).

Показатель $\overline{КОП}_u$ представляет собой средний КОП для предприятий города. Представленные градации значений показателей соответствуют стандартным, которые изложены в методиках их определения и интерпретации. Однако наличие уже установленных градаций значений показателя по 4-х балльной шкале является желательным, но не обязательным условием для использования показателя с целью оценки экологической характеристики. Например, такая характеристика, как «озеленение» оценивается по показателю отношения фак-

тической обеспеченности населения города зелеными насаждениями общего пользования к нормативу, т. е. можно принять такой диапазон изменения: от 0 до 100 %, разбив его на 4 категории. Показатели могут представлять собой наличие или отсутствие явления. Например, экологическая характеристика «экологическая безопасность техногенного комплекса» оценивается по наличию или отсутствию объектов повышенной опасности (в пределах или вблизи города).

Таблица 2

Определение оценки k_i для экологической характеристики «техногенное воздействие на атмосферный воздух»

Показатели	Количественная оценка k_i , балл			
	1	2	3	4
<ul style="list-style-type: none"> интегральный коэффициент опасности предприятий ($\overline{КОП}_u$) 	$\geq 10^8$	$10^4 \leq \overline{КОП}_u < 10^8$	$10^3 \leq \overline{КОП}_u < 10^4$	$< 10^3$
<ul style="list-style-type: none"> средняя интенсивность движения автотранспорта, тыс. авто/сутки 	18 – 27	8,0 – 17	3,6 – 8,0	до 3,6

Весовой коэффициент каждой экологической характеристики определялся методом экспертной оценки с последующей обработкой полученной квалиметрической информации [3, 4]. Критерием отбора экспертов в группу является наличие высшего образования и опыта научной работы в области экологии и охраны ОПС. В группу вошли 18 экспертов, что соответствует диапазону оптимального количества и минимизирует эффект чувствительности оценок при рассогласованности мнений [3]. Весовой коэффициент каждой экологической характеристики определялся методом ранжирования по мере важности вклада в комплексный показатель: наибольший ранг присваивается наиболее важной экологической характеристике, наименьший – наименее важной. В случае, если эксперт затрудняется присвоить всем характеристикам различные ранги, допускается присвоение одинаковых рангов двум или более характеристикам.

Полученное ранжирование приводится к нормальному виду, значения весовых коэффициентов экологических характеристик (α_i) рассчитываются по формуле (2)

$$\alpha_i = \left(\sum_{j=1}^m \alpha_{i,j} \right) / \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_{i,j} \right), \quad (2)$$

где $\alpha_{i,j}$ – ранг i -й экологической характеристики, проставленный j -м экспертом;

n – количество оцениваемых характеристик ($n = 5$);

m – количество экспертов ($m = 18$) [3].

Для оценки согласованности мнений экспертов в оценке весовых коэффициентов экологических характеристик, нами был рассчитан коэффициент конкордации Кендалла [3, 4]. В случае определения весовых коэффициентов характеристик в составе критерия качества с позиций внутрисистемных связей, значение коэффициента составило 0,58, а в случае критерия качества с позиций внешних связей – 0,41. Это говорит о согласованности мнений экспертов в определении весовых коэффициентов экологических характеристик. Значимость различий весовых коэффициентов рассматриваемых экологических характеристик в составе двух критериев можно оценить с помощью рангового дисперсионного анализа Фридмана [4]. Для пяти экологических характеристик значения критерия Фридма-

на χ^2 составили 41,77 и 29,70 при $\chi_{кр}^2(0,01;4) = 13,28$, следовательно, эксперты в разной степени оценивают важность каждой из экологических характеристик.

Значение критерия качества природной составляющей городской системы с позиций внутренних (подсистемных) связей позволяет охарактеризовать благоприятность условий с точки зрения качества городской среды: 1) $1,0 < K \leq 2,0$ (неблагоприятные); 2) $2,0 < K \leq 3,0$ (умеренно неблагоприятные); 3) $3,0 < K \leq 4,0$ (благоприятные).

Значение критерия качества природной составляющей с позиций внешних связей с ОПС говорит об уровне техногенной нагрузки: 1) $1,0 < K \leq 2,0$ (высокая); 2) $2,0 < K \leq 3,0$ (средняя); 3) $3,0 < K \leq 4,0$ (низкая).

Таким образом, первый комплексный экологический показатель можно охарактеризовать как критерий качества городской среды, а второй – критерий экологичности города [7].

Выводы

Предложены методические принципы определения комплексных экологических показателей городской системы, а также представлен подход к их качественному наполнению – т. е. определены основные экологические характеристики и показатели, на основании которых можно дать оценку разнородной информации в единой размерности – баллах.

Результаты апробации методики. По результатам комплексной оценки качества компонентов природной составляющей определены комплексные экологические показатели для города Белгород-Днестровский:

- значение критерия качества природной составляющей городской системы с позиций внутрисистемных связей составляет 2,9, что соответствует умеренно неблагоприятным экологическим условиям;

- значение критерия качества природной составляющей городской системы с позиций внешних связей составляет 2,75, что соответствует среднему уровню техногенной нагрузки.

Сравнение значений полученных показателей позволяет заключить, что локализация эффектов техногенного воздействия происходит в большей мере за пределами данной урбанизированной территории, поскольку значение первого критерия качества природной составляющей ниже значения второго критерия [7].

Полученные комплексные показатели позволяют оценить качество городской среды и уровень техногенной нагрузки.

В перспективе возможно расширение списка экологических характеристик и применение для их балльной оценки новых показателей и методик, которые применяются для оценки качества отдельных природных компонентов городской системы, уровня техногенного воздействия на ОПС и т.п.

Литература

1. Коробов В. Б. Шкалирование показателей при создании экспертных систем в области окружающей среды / В. Б. Коробов, А. Г. Тутыгин // Экологическая экспертиза. – 2003. – № 5. – С. 81–86.
2. Тутыгин А.Г. Возможности применения экспертных оценок в некоторых задачах охраны окружающей среды / А.Г. Тутыгин, В.Б. Коробов, Л. Э. Скибинский // Экологическая экспертиза. – 2004. – № 1. – С. 86–94.
3. Хамханова Д. Н. Теоретические основы обеспечения единства экспертных измерений [Электронный ресурс] / Д. Н. Хамханова. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – 170, [1] с. – Режим доступа к книге: window.edu.ru/window_catalog/redirect?id=40684&file=mtduk62.pdf.
4. Электронный учебник по статистике [Электронный ресурс] / Москва, StatSoft, Inc. (2001). – Режим доступа к ресурсу: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>.

5. Коріневська В. Ю. Комплексні екологічні показники урбанізованих територій / В. Ю. Коріневська // Матеріали ІІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції «Географія та екологія: наука і освіта». – Умань: Видавець «Сочинський», 2010. – С. 107-108.

6. Коріневська В. Ю. Оцінка геоекологічного стану урбанізованих територій за допомогою комплексних показників / В. Ю. Коріневська // Регіональні проблеми України: географічний аналіз та пошук шляхів вирішення. Зб. наук. праць. – Херсон: ПП Вишемирський, 2011. – С. 144-148.

7. Кориневская В. Ю. Комплексная оценка природной составляющей урбанизированных территорий: дис. канд. геогр. наук : 11.00.11 / Вероника Юрьевна Кориневская. – Одесса, 2010. – 245 с.

Надійшла до редколегії 18.09.2013