

МОДЕЛЬ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ

В результате исследования существующих моделей, описывающих город, разработана и предложена модель, описывающая городскую среду как пространственно-ограниченную природно-техногенную систему, с подробным анализом подсистем. Качество атмосферы города оценивается через удельный потенциал загрязнения (УПЗ), который создается единицей площади отдельной территории, выступающей в качестве источника выбросов примесей в атмосферный воздух, и физический смысл, которого заключается в том, что он служит порогом, определяющим целесообразность интенсификации загрязнения территории.

Проанализировав существующие модели «город – экосистема», мы за основу приняли модель, предложенную Лихочевым Э.А, согласно которой городская экосистема – это пространственно-ограниченная природно-техногенная система, сложный комплекс взаимосвязанных обменом вещества и энергии автономных живых организмов, абиотических элементов, природных и техногенных, создающих городскую среду жизни человека, отвечающую его потребностям: биологическим, психологическим, этническим, трудовым, экономическим, социальным. Состоит она из взаимосвязанных и взаимопроникающих подсистем (сред): квазиприродной (преобразованной географической среды), ландшафтно-архитектурной, социально-экономической, общественно-производственной. Связь между ними столь велика, что практически ни одна из них в отдельности не может выполнять свои функции и в то же время отсутствие одной из подсистем влечет разрушение этой экосистемы в целом.

Мы считаем, что город – это антропоэкологическая система, динамическая совокупность, составленная коллективом людей с хозяйственной деятельностью и освоенной этим коллективом (а не сообществом) территорией. Вместе с тем город – это и природно-антропогенная система, основными системообразующими факторами (элементами системы) которой является человек (он сам и все виды деятельности, осуществляемой в пределах городской территории) и природная среда (рельеф, геология, климат, воды и т. д.). Взаимодействие этих двух факторов и создает специфическую экосистему – город и присущую ей также специфическую природно-антропогенную городскую среду (рисунок 1).

Необходимым и достаточным условием структурной и функциональной устойчивости города как экосистемы является наличие трех подсистем: населения, географической среды и городской среды. Функциональная устойчивость (выполнение городом определенных функций) определяется географическим положением города, наличием ресурсов, развитой промышленной и социальной инф-

раструктурой и степенью духовности населения (или интеллектуальным потенциалом).

В условиях неуклонного роста антропогенных воздействий на окружающую среду необходимо иметь разнообразную и детальную информацию о ее фактическом состоянии. Такая информация позволит не только оценить сложившуюся ситуацию, но и дать прогноз будущего состояния среды и, наконец, определить стратегию управления загрязнением природы. Поскольку компоненты среды (атмосфера, гидросфера, литосфера, биосфера) тесно связаны между собой, очевидно, что информация также должна быть комплексной. Кроме того, необходимо учитывать и имеющиеся различия в уровнях воздействия. Таким образом, при организации наблюдений за городом – экосистемой целесообразно применять комплексно-системный подход. Причем под системой будем подразумевать в нашем случае город. Его можно расчле-

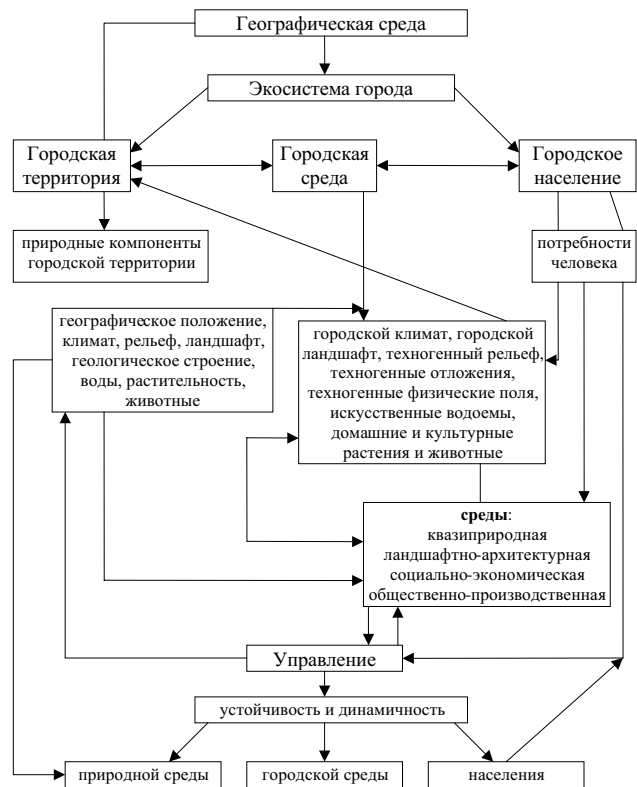


Рисунок 1. Структура и динамические связи экосистемы «Город».

нить на составные части – подсистемы, между которыми существуют определенные взаимодействия, характеризующиеся взаимными прямыми и обратными связями. При системном подходе вполне допустимо предположение о квазиоднородности загрязнений в пределах системы. Аналитически описать такую систему практически невозможно. Однако подход реализуем, если использовать метод математического моделирования. Для построения подобной модели применяется модульный принцип, при котором каждый модуль имеет самостоятельное значение.

В связи с тем, что несомненный интерес с экологической точки зрения представляет динамическое взаимодействие двух крупных подсистем, квазиприродной и техногенной, рассмотрим город как объект комплексной системы в виде схемы, представленной на рисунке 2. Любой комплекс – объект в его физическом смысле – имеет несколько системных характеристик, исследование и знание закономерностей изменения которых необходимы при выделении его границ. Комплекс – прежде всего сложная система, характеризующаяся наличием многообразных внутренних и внешних прямых и обратных связей естественного, технического, социального или комбинированного происхождения.

Характер функционирования городской среды в целом определяют динамика процессов, протекающих в подсистемах, а также интенсивность прямых и обратных связей между ними. Так, квазиприродная подсистема (изменяемая природная) характеризуется сложными геохимическими и биологическими процессами – регенерацией кислорода атмосферы и воды в результате фотосинтеза, почвообразованием, миграцией населения и т. д. Техногенную подсистему определяет появление и развитие структур техногенного происхождения. Взаимное влияние природной и антропогенной подсистем неоднозначно, и главное различие заключается в том, что квазиприродная подсистема стремится к саморегуляции и способна существовать автономно, а техногенная подсистема, напро-

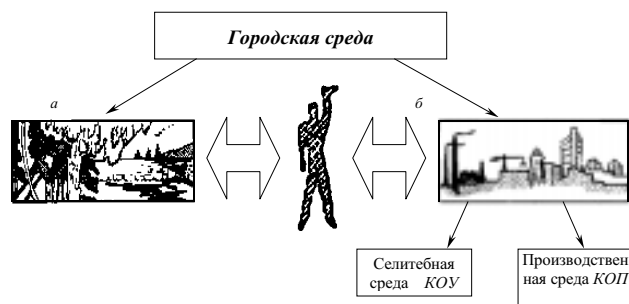


Рисунок 2. Городская среда – как объект комплексной системы: а – квазиприродная среда; б – техногенная среда.

тив, всецело зависит от природной. При этом человек как элемент природы одновременно является социальным существом. Он не просто влияет на техногенную подсистему, но и создает ее. Одновременно человек оказывает огромное влияние на квазиприродную подсистему, что даже может привести к ее гибели.

Территорию любого города с учетом его заселения и компактности размещения промышленных предприятий можно представить через отношения численности населения и предприятий к площади данной территории (города), то есть соответственно через плотности:

$$\rho_n = \frac{N}{S_g} \tag{1}$$

$$\rho_p = \frac{n}{S_g} \tag{2}$$

где S_g – площадь города, км²;
 N – численность населения, тыс. чел.;
 n – численность предприятий, шт;
 ρ_n и ρ_p – плотность населения и предприятий, чел/км² и шт/км² соответственно.

Для города определенной конфигурации один из возможных вариантов представления территории ТПК – это возможность рассматривать ее как поделенную на m условно равных частей (m рекомендуется принимать 4 или 8, согласно направлению румбов розы ветров) и вписанную в одну из простых геометрических фигур (например, прямоугольник или круг). Тогда формула (1) примет следующий вид:

$$\rho_n = \sum_{i=1}^n \rho_{n_i} = \sum_{i=1}^n \frac{N_{n_i}}{S_i} = \frac{N_{n_1}}{S_1} + \frac{N_{n_2}}{S_2} + \dots + \frac{N_{n_4}}{S_4} \tag{3}$$

$$\rho_p = \sum_{i=1}^m \rho_{p_i} = \sum_{i=1}^m \frac{n_{p_i}}{S_i} = \frac{n_{p_1}}{S_1} + \frac{n_{p_2}}{S_2} + \dots + \frac{n_{p_4}}{S_4} \tag{4}$$

где S_i – площадь i -ой части города, в нашем случае круга, км².

Выражением (3) описывается квазиприродная среда, а выражением (4) – техногенная. Причем квазиприродная среда существует автономно, а техногенная нет, поэтому ее необходимо рассмотреть подробнее.

Техногенная среда напрямую зависит от плотности застройки районов города наиболее крупными промышленными предприятиями, которая рассчитывается по формуле:

$$K_{nl} = \sum_{i=1}^n (S_{np_i}) / S_p \tag{5}$$

где S_{np} – площадь территории промышленного предприятия, м²;

S_p – площадь территории района города, m^2 .

Плотность застройки представляет собой отношение суммы площадей предприятий, находящихся на территории района или ТПК, к площади района города. Таким образом, чем выше плотность застройки ТПК, тем больше площадь техногенной среды на территории этого района города и соответственно ниже уровень устойчивости подсистемы.

Показатель плотности застройки в промышленных районах или ТПК, размещаемых в городе, выше по сравнению с районами, расположенными на значительном расстоянии от него. В первом случае неиспользуемая территория составляет, как правило, до 10% общей территории района, во втором достигает иногда 30-40% .

Таким образом, в городе, в котором вопросам использования территории придается большое значение, достигается ее значительная экономия, но одновременно возрастает значение уровня загрязнения или опасности техногенной среды.

Чтобы оценить техногенную среду, опишем сначала ее через взаимодействие производственной и селитебной среды. Причем производственная среда предназначена для размещения промышленных предприятий и выступает в роли генератора (источника) отходов и для атмосферы может оцениваться через категорию опасности города (КОГ, m^3/c) или через сумму категорий опасности предприятий (КОП, m^3/c) [5]:

$$КОГ = \sum_{i=1}^m КОП_i \quad (6)$$

Селитебная среда предназначена для размещения жилых районов и связанных с их функционированием социальных объектов с предполагаемой удобной транспортной и пешеходной связью (под которой нами подразумевается объем воздуха, который определяется характеристиками жилой застройки), что также предполагает выбросы примесей в атмосферный воздух. Поэтому через категорию опасности улицы (КОУ, m^3/c) [5] проведем оценку выбросов в атмосферу селитебной среды. КОУ включает в себя оценку экологической опасности автомобиля (КОА, m^3/c), автомобильной дороги (КОД, m^3/c) и рассчитывается по формуле

$$КОУ = КОА + КОД \quad (7)$$

где КОД – категория опасности дороги, m^3/c .

В качестве комплексного показателя, характеризующего территорию ТПК в качестве источника выбросов в атмосферу (рассматриваемого в данной работе и сосредоточенного на одной промплощадке), предлагаем категорию опасности комплекса КОК, которая представляет собой сумму

$$КОК = \sum_{i=1}^n КОУ_i + \sum_{j=1}^k КОП_j \quad (8)$$

где $\sum_{i=1}^n КОУ_i$ – суммарное значение категорий опасности улиц, входящих в данный комплекс;

$\sum_{j=1}^k КОП_j$ – суммарное значение категорий опасности предприятий, образующих данный комплекс.

В свою очередь опасность комплекса лучше выразить через удельные показатели, например через удельный потенциал загрязнения (УПЗ), который создается единицей площади урбанизированной территории, выступающей в качестве источника выбросов примесей в атмосферный воздух, то есть:

$$УПЗ = \frac{КОК}{S_{mc}} \quad (9)$$

где S_{mc} – площадь города (района) как техногенной подсистемы;

КОК – категория опасности комплекса, m^3/c .

Таким образом техногенная подсистема выражается:

$$КОГ = \sum_{j=1}^m КОК_j = \sum_{j=1}^n КОП_j + \sum_{j=1}^k КОУ_j \quad (10)$$

В результате деления города на районы техногенная среда может быть описана не через характеристики предприятий, а через удельные характеристики выбросов:

$$КОГ = \sum_{j=1}^m КОК_j = \sum_{j=1}^m (УПЗ_m \cdot S_m) \quad (11)$$

В том случае, когда сумма площадей застройки комплекса равна самой площади комплекса, его можно представить в виде:

$$КОК = \sum_1^m УПЗ_m \cdot S_m =$$

$$= УПЗ_1 \cdot S_1 + УПЗ_2 \cdot S_2 + \dots + УПЗ_4 \cdot S$$

при равенстве площадей застройки, входящей в ТПК ($S_1 = S_2 = \dots = S_n = S_e/n$), получим:

$$КОГ = \frac{S_e}{n} \cdot (УПЗ_1 + УПЗ_2 + \dots + УПЗ_n) \quad (13)$$

Удельный потенциал загрязнения атмосферы ТПК интересен тем, что по его величине можно судить о генерирующей способности по выбросам урбанизированной территории. УПЗ – это порог

приведенного количества массы загрязняющего вещества к предельно допустимой концентрации на единицу площади, увеличение которого возможно только при одновременном выполнении ряда экологических условий. К ним относятся, с одной стороны, повышение репродуктивности территории. С другой – внедрение безотходных производств, локальных очистных систем, эффективно удаляющих вредные вещества.

УПЗ как величина пространственная и переменная зависит от особенностей производств различного профиля и присущих им приоритетных загрязняющих веществ. Однако он служит порогом, определяющим целесообразность интенсификации загрязнения территории. В противном случае экологическая ситуация в городской среде будет безусловно ухудшаться.

Таким образом, категория опасности города может быть использована в качестве основного параметра, способного охарактеризовать влияние города, представляющего собой источник выбросов загрязняющих веществ в атмосферу террито-

рии, определенный через удельный потенциал загрязнения на квазиприродную среду.

Силу воздействия природной среды на города можно измерить путем определения ее наибольших отклонений от комфортных условий, за которые обычно принимают условия средней полосы России. Сила же воздействия крупного города на природу, и прежде всего на ее отдельные компоненты (климат, воздух, воду и др.), зависит от размера города, насыщенности его промышленными предприятиями, учета в архитектурно-планировочной структуре города местных природных условий. В старых крупных городах естественные природные ландшафты давно уже трансформировались в природно-антропогенные комплексы, «рукотворные ландшафты», которые, в свою очередь, влияют на окрестности города – естественную природную среду.

Таким образом, современный город нельзя рассматривать изолированно от географической среды. Связанный с природным окружением, с другими городами и прочими населенными пунктами района, он является лишь элементом этой системы.

Список использованной литературы:

1. Безуглая Э.Ю., Расторгуева Г.П., Смирнова И.В. Чем дышит промышленный город. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 353 с.
2. Защита атмосферы от промышленных загрязнений / Под ред. С. Калверта и Г.М. Инглунда. – М.: Металлургия, 1988. – Т.1. – 760 с.
3. Борисова Л.Б., Колотвин А.В. Влияние выбросов АОО «ОРМЕТО» на экологическую ситуацию г. Орска // Материалы всероссийской научной молодежной конференции «Стратегия природопользования и сохранения биоразнообразия в XXI веке». Оренбург: Институт степи УрО РАН, Изд-во ОГУ, 1999. – 126 с.
4. Бударников О.Е., Колотвин А.В., Шабанова С.В. Влияние интенсивности движения автомобильного транспорта по территории завода ЖБиС на качество атмосферного воздуха // Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 25-летию кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности» КГУ. – Курган, 2000. – С. 27.
5. Колотвин А.В. Использование критерия качества атмосферы для определения зон экологического бедствия // Учебная, научно-производственная и инновационная деятельность высшей школы в современных условиях (материалы международной научно-практической конференции). – Оренбург: ОГУ, 2001. – 420 с.