

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В.Б. Калманова

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан

Предложен и систематизирован комплекс научных взаимодополняющих методов, направленных на получение достоверных результатов экологического состояния городской среды и выявление степени деградации ее природных компонентов.

При геоэкологических исследованиях используются методические приемы различных отраслей науки, в частности географии, экологии, биологии и др. Это, с одной стороны, способствует всестороннему изучению объектов исследования, а с другой – позволяет находить нестандартные пути решения геоэкологических задач. Геоэкология использует трансформированные ранее географией и экологией сравнительный, системный, временной подходы, восприятие действительности как гетерогенной целостности [5]. Однако традиционные методы, например биологические, эффективные во многих случаях, требуют существенной доработки при исследовании таких сложных объектов, как техногенные и техногенно-преобразованные территории [7].

Возникает необходимость рационального комплексирования (модификации) различных методов в зависимости от характера решаемых задач, природных особенностей и специфики техногенных изменений. Множественность методов, используемых при научных исследованиях, требует определенной их систематизации.

Цель работы – выбор и обоснование методов оценки экологического состояния урбанизированных территорий.

Методы исследований динамичны и каждый из них со временем приобретает новые черты, существенно меняется на разных уровнях исследования – глобальном, региональном и локальном. Все используемые научные методы в геоэкологической оценке городской территории были объединены в 2 группы – теоретические и специализированные и 3 подгруппы: информационно-аналитические, описательные (морфологические) и эколого-геохимические (рис. 1).

Предложенные методы наиболее оптимальны для геоэкологической оценки городской территории, так как включает группу мероприятий, направленных на анализ качества отдельных природных компонентов и в целом городских комплексов, а также позволяет интегрировать результаты исследования (моделирование, картографирование).

В недалеком прошлом основным и едва ли не единственным методом оценки экологической ситуации в



Рис. 1. Основные методы геоэкологической оценки городской территории

городах был описательный (морфологический, визуальный). Его результат – качественное описание объектов с некоторыми количественными характеристиками, которые могли быть оценены глазомерно и представлены в виде отдельных показателей, таблиц, графиков. Важно при этом не ограничиваться простым изложением фактов, а постараться вскрыть связи и причины, дать оценку изучаемым объектам. Интерес должен проявляться не только к внешней стороне явлений природы, а к их генезису, описание не неизменной, статичной природы, а природы изменяющейся, имеющей свою историю развития [6].

Знакомство с территорией, где проводятся исследования начинается с описания ее природных особенностей (рельеф, климат), а также определения техногенной нагрузки (наличие источников загрязнения и их расположение, захлапленность территории, наличие санкционированных и несанкционированных свалок и др.). Более детальное изучение проводится на пробных площадках. Они закладываются на участках с однородным почвенным и растительным покровом, а также с учетом хозяйственного использования территории. Работа на пробной площадке проводится в соответствии с паспортом описания пробной площадки, включающей следующие пункты: номер участка, адресация площадки и его характеристика (описание территории), рельеф, почвенный и растительный покров территории, наличие источников загрязнения. Оптимальный размер пробных площадок для контроля санитарного состояния природных компонентов городской среды $10 \times 10 \text{ м}^2$ [16].

Пробы почвы отбираются согласно ГОСТу 17.4.3.01-83 (СТ СЭВ3847-82) [13]. Точечные пробы берутся на пробной площадке из одного или нескольких слоев или горизонтов методом конверта, по диагонали или любым другим способом с таким расчетом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоев данного типа почв. Объединенную пробу составляют путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке. Для химического анализа объединенную пробу составляют не менее, чем из пяти точечных проб, взятых с одной экспериментальной площадки. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг.

Методика зимних полевых работ основывается на применении традиционных стационарных способов гидрометеорологических наблюдений. Отбор проб снега и подготовку их к анализу проводят в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве» № 5174-90. Керны снега отбираются из всей толщи снежного покрова без тонкого (2–3 см) приземного слоя, чтобы исключить попадание в пробу частиц почвы. На каждой площадке отбираются 3–5 проб в зависимости от высоты снежного покрова в точках, удаленных друг от друга на 5–10 м. Это делается для того, чтобы получить усредненный результат по участку. Керны снега складываются в полиэтиленовые пакеты, плотно закрываются и транспортируются в лабораторию [14, 16].

Эколого-геохимические методы позволяют на осно-

ве теории геохимии окружающей среды, изучающей миграцию и концентрацию химических элементов и их соединений в основных геосферах Земли, анализировать транзитные, а также депонирующие среды (снег, почва, растительность), химический состав которых достаточно точно индицирует длительное загрязнение и происходящую под его влиянием трансформацию городской среды [17]. Эколого-геохимический метод позволяет сопоставлять разнокачественные компоненты городской среды, то есть сравнить твердые горные породы с жидкой гидросферой и газообразной атмосферой, живую природу с неживой и т.д.

В процессе антропогенного преобразования компонентов урбанизированной среды важную роль играет загрязнение технологическими отходами. Одну из приоритетных групп загрязняющих веществ составляют тяжелые металлы (ТМ). При определении ТМ в объектах окружающей среды метод атомно-абсорбционной спектроскопии занимает одно из ведущих положений, особенно для таких металлов, как медь (Cu), цинк (Zn), кадмий (Cd), ртуть (Hg), свинец (Pb), никель (Ni) и др. [14]. Для валовых и зольных анализов, которые делают в первую очередь и дополняют анализами на содержание азота, углерода, хлора и микроэлементов, используют различные методические руководства, в том числе не устаревшие и по сегодняшний день [6].

Для установления уровня геохимического загрязнения широко применяется метод биоиндикации, обеспечивающий интегральную полуколичественную оценку геоэкологической обстановки. К индикатору предъявляется целый ряд требований: обширный ареал произрастания, широкая экологическая пластичность (модификационная изменчивость вида должна проявляться на анатомическом, физиологическом, биохимическом, цитогенетическом уровнях). Индикаторы должны быть удобными для опробования и последующей обработки. Для городов предлагается много различных вариантов биоиндикации [3, 6, 12, 13, 17]. Важнейшей стороной биоиндикационных исследований является обеспечение генетической однородности материала. Надежным индикатором являются древесные насаждения, испытывающие наиболее концентрированное воздействие загрязнителей вследствие обилия всевозможных источников поступления токсикантов в городскую среду, значительных пылевых нагрузок и широкого спектра загрязнителей. Биологические индикаторы отражают техногенную нагрузку, негативное влияние на окружающую среду через изменения состояния древостоя – повреждения органов растений, заболевания и др. После выбора видов-биоиндикаторов визуально описывается их состояние на всей исследуемой территории: возраст, жизненность стволов, степень поражения листьев и др. На основе метода фенологических наблюдений фиксируются феноритмы у растительности, в результате чего по смещенным фенофазам можно определить продолжительность вегетационного периода, раннее расцветивание листьев и т.д., которые могут свидетельствовать в целом о качестве воздуха, окружающего это зеленое насаждение, и почвы [16].

Визуальный осмотр подтверждается химическим ана-

лизом органов растений. Оценка реакции растений на загрязнение окружающей среды проводится на основе анализа комплекса биогеохимических показателей как отдельных элементов, так и совокупности химических элементов.

Фитогеохимические пробы отбираются в одну и ту же фазу сезонного развития растений, наиболее подходящую для биогеохимического исследования (август–сентябрь).

У древесных растений отдельно отбираются пробы листьев и коры, так как они имеют различную индикаторную значимость. Листья в большей степени отражают сезонное загрязнение среды, причем накопление металлов в листьях деревьев в городе происходит как из почвы, так и из загрязненного воздуха: газообразные и тонкодисперсные поллютанты поступают через устьица непосредственно в листья и включаются в метаболические процессы, а твердофазные выпадения аккумулируются на их поверхности [18]. В конце вегетационного периода нагрузка на листья, создаваемая оседающими частицами, может достигнуть высоких уровней. Следовательно, листья отражают загрязнение городской среды за вегетационный период аналогично тому, как снежный покров (при его постоянстве) характеризует загрязнение за зимний сезон.

Корка (наружная часть коры) является безбарьерным аккумулятивным фитоиндикатором, который позволяет круглогодично исследовать степень загрязнения воздушного бассейна и почв. Она представляет собой своеобразный сорбционный барьер на пути ассимилятов по флоэме от листьев к корням во внешних слоях ствола. Кроме того, довольно высокие концентрации металлов во флоэме обусловлены тем, что катионы образуют труднорастворимые фосфаты, практически неподвижные во флоэме и накапливающиеся в ее отмерших тканях (в феллодерме), что и обуславливает высокую концентрирующую способность периферической части ствола. Корка деревьев интегрально отражает загрязнение городской среды, и в этом отношении она подобна почвам, являющимся депонирующим компонентом городского ландшафта [7, 17].

Для оценки значимости различных факторов, определяющих геоэкологическую оценку территорий, применяется также экспертный метод. При современном уровне развития геоэкологических исследований данный метод наиболее распространен. Экспертные оценки используются и при сравнительном геоэкологическом анализе отдельных участков городской территории.

Математические методы широко применяются в ряде отраслевых географических наук [5, 6, 9]. Математико-статистический анализ исходных данных включает расчет основных статистических параметров, построение функций распределения и нахождение зависимостей между исследуемыми величинами с применением методов корреляционного и регрессионного анализов. При этом для получения корректных результатов нередко используются процедуры фильтрации рядов, исключения трендов и др. Кроме метода математической статистики, широко используемого в настоящее время, применяют-

ся также математический и векторный анализ, теория информации и множеств, теория графов и распознавания образов, теория вероятности и конечных автоматов [5]. При этом резко возрастает роль таких познавательных операций, как идеализация, абстракция, гипотеза [6, 7]. Сравнительно-географический метод лежит в основе любой классификации природно-территориальных комплексов (ПТК) и других объектов и явлений природы. На нем базируются различного рода оценочные работы, в процессе которых свойства ПТК сопоставляются с требованиями, предъявляемыми к тем или иным видам хозяйственного использования территории. Различают два основных аспекта применения сравнительно-географического метода. Первый аспект связан с использованием умозаключений по аналогии (метод аналогий). Он представляет сопоставление слабо изученного или неизвестного объекта с хорошо изученным. Второй аспект состоит в исследовании одинаково изученных объектов. Возможны два пути их сравнения. Можно сравнивать объекты, находящиеся на одинаковой стадии развития и установить их сходство и различие, искать и находить факторы и причины, обуславливающие их сходство. Это позволит сгруппировать объекты по сходству, а затем применить характеристики однотипных объектов для рекомендаций по их использованию, прогнозированию их дальнейшего развития и т.д. [6].

Необходимость внедрения математического направления обусловлена обилием информации, поступающей в результате геоэкологических исследований. На базе математической логики и многообразного математического аппарата можно увеличить достоверность суждения о том или ином явлении, более строго обосновать гипотезу и даже прийти к новым теоретическим построениям и обобщениям. Кроме того, развитие математических методов связано с появлением и совершенствованием вычислительной техники, которая позволяет не только обрабатывать большой объем информации, но и, что немаловажно для географии, представить её в виде аналоговой картинки и осуществлять моделирование, временные и пространственные преобразования.

Моделирование как метод исследования в геоэкологии в последнее время приобретает все более широкое распространение. С проблемой моделирования тесно перекликается задача создания банка географических данных, который должен представлять собой автоматизированную систему обработки и анализа информации. Нужно, чтобы она позволяла хранить, накапливать, систематизировать, комбинировать и перерабатывать географические данные для любых целей и в любой последовательности [6, 11].

Картографический метод познания действительности столь же широко распространенный и такой же (или почти такой же) древний, как и сравнительно-географический. Карта служит специфической формой фиксации результатов наблюдений, накопления и хранения географической информации.

Методологические и методические принципы составления геоэкологических карт в достаточной мере еще не разработаны. При картографировании сложных систем,



Рис. 2. Тематические составляющие интегральной карты, отражающей экологическое состояние городской среды

к которым относятся урбогеосистемы, прибегают к их содержательному расчленению. Здесь традиционно используется два основных пути их делимитации – покомпонентный и посистемный [1, 13].

Покомпонентный подход направлен на составление аналитических карт отдельных компонентов (элементов природы, техносферы и социальной среды). Единица осреднения информации (как территориальная, так и содержательная) зависит от масштаба картографирования, требований к полноте и детальности исследований. Целостную характеристику каких-либо районов города можно получить при сопоставлении различных компонентных карт.

Другой подход расчленения территории – посистемный, основан на выделении участков, обладающих определенным составом компонентов и определенными свойствами, позволяющими классифицировать данный выдел как целостный. На основе теоретического материала [8, 13] и авторского дополнения предложено создание серии тематических карт, которые являются наиболее приоритетными при отображении экологической ситуации урбанизированных территорий (рис. 2).

Несмотря на то, что в России на базе приведенных исследований разработаны методологии и методики создания отдельных карт экологического содержания [4], до настоящего времени в экологическом картографировании все же отсутствуют единые методологические основы создания сложных унифицированных карт и система показателей отображаемых явлений и характеристик [1, 5, 6, 12].

Как правило, большинство методических разработок по составлению унифицированных экологических карт на той или иной территории опирается на комплексный подход, учитывающий интеграцию тематических карт. Наиболее разработаны методики создания ландшафтно-экологических, эколого-функциональных карт, когда экологическое содержание гармонично и корректно вводится в тематическую основу [4, 5, 7, 10, 13].

В настоящее время решение сложных задач геоэкологического картографирования немислимо без широкого использования геоинформационных методов, направленных на создание и использование обширных баз данных, получение в автоматизированном режиме разнообразных карт природного, эколого-геохимического,

социально-экономического и медико-географического содержания, выполнение операций по моделированию и оценке различных ситуаций (эколого-геохимических, медико-географических и др.). В целом для создания цифровых карт широко используется пакет настольной картографии MapInfo, Arcwief. Использование методов автоматизированного картографирования позволяет не только составить множество разнообразных тематических карт, характеризующих территорию города, но и создать мощную разноплановую базу исходной картографической, статистической, текстовой информации, создать, по сути, основные компоненты городской географической системы [2, 13].

Таким образом, выбранные методы позволяют объективно оценить экологическое состояние городской среды, степень деградации ее природных компонентов при наличии негативных факторов. С использованием комплекса взаимодополняющих методов, направленных на решение конкретных взаимосвязанных задач, ориентированных на получение достоверных результатов состояния городской среды, возможен выбор направлений регулирования и оптимизации качества урбогеосистем.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта ДВО РАН 10-III-B-09-236.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Барбаш Н.Б. Методика изучения территориальной дифференциации городской среды. М.: ИГ АН СССР, 1986. 180 с.
2. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование в экологических исследованиях // Геоэкоинформатика. Сб. статей. М.: МГУ, 1995. С. 38–49.
3. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем // Р. Шуберга. М.: Мир, 1988. 344 с.
4. Верещака Т.В., Митькова И.В. Экологическое картографирование городов // Геодезия и картография. 1997. № 8. С. 34–39.
5. Геоэкологические основы территориального проектирования и планирования / отв. ред. В.С. Преображенский, Т.Д. Александрова. М.: Наука, 1989. 170 с.
6. Жучкова В.К., Раковская Э.М. Методы комплексных физико-географических исследований. М.: АСАДЕМА, 2004. 368 с.

7. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Геоэкологическая оценка территорий. М.: Наука, 2005. 319 с.
8. Заруцкая И.П., Красильникова Н.В. Картографирование природных условий и ресурсов. М.: Недра, 1988. 300 с.
9. Калинина В.Н., Панкин В.Ф. Математическая статистика. М.: Высшая школа, 2001. 336 с.
10. Климина Е.А. Ландшафтно-картографическое обеспечение территориального планирования (на примере Хабаровского края). Владивосток: Дальнаука, 2007. 132 с.
11. Крайнюк Е.М., Буц Ю.В. Моделирование миграционной способности тяжелых металлов при чрезвычайных ситуациях техногенного характера // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2008. №3. Прил. 2. Ч.1. С. 90–91.
12. Курбатова А.С, Башкин В.Н., Касимов Н.С. Экология города. М., 2004. 624 с.
13. Макаров В.З., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Эколого-географическое картографирование городов. М.: Научный мир, 2002. 196 с.
14. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982. 112 с.
15. Стурман В.И. Экологическое картографирование. М.: Аспект Пресс, 2003. 251 с.
16. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. Воронеж: ВГУ, 1997. 305 с.
17. Экогеохимия городских ландшафтов / под ред. Касимова Н.С. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 328 с.
18. Baker A.J.M. Accumulation and excluders – strategies in the response of plants to heavy metal // J. Plat. Nutr. 1981. Vol. 3, № 14. P. 643–654.

A complex of scientific complementary methods, directed at obtaining the authentic data on the ecological condition of urban environment and evaluating its natural components degree of degradation, is offered and systematized.