

УДК 502.31:911.375.4(476.5)

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

П. А. Галкин

*Витебский государственный медицинский университет, пр. Фрунзе, д. 27,
210009, г. Витебск, Беларусь, galkin-pasha@yandex.by*

Рассмотрены структура и содержание оценки геоэкологических условий урбанизированной территории, позволяющей учитывать тематические, пространственные и динамические геоэкологические критерии. Представлена методика построения карты геоэкологических условий города, основанная на результатах исследований геоэкологической обстановки и комфортности среды проживания населения, а также геоэкологического потенциала геосистем.

Ключевые слова: городская среда; техногенные воздействия; природно-техническая система; геоэкологическая обстановка; комфортность; геоэкологический потенциал; геоэкологические условия.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF ASSESSMENT AND MAPPING OF GEOECOLOGICAL CONDITIONS OF AN URBANIZED TERRITORY

P. A. Galkin

*Vitebsk State Medical University, Frunze Ave., 27,
210009, Vitebsk, Belarus, galkin-pasha@yandex.by*

The article discusses the structure and content of assessing the geoecological conditions of an urbanized area, which allows taking into account thematic, spatial and dynamic geoecological criteria. A methodology for constructing a map of the geoecological conditions of the city is presented, based on the results of studies of the geoecological situation and the comfort of the population's living environment, as well as the geoecological potential of geosystems.

Keywords: urban environment; technogenic impacts; natural-technical system; geoecological situation; comfort; geoecological potential; geoecological conditions.

Городская среда (ГС) с точки зрения условий проживания населения достаточно адаптирована для удовлетворения человеческих потребностей. Эти адаптации имеют свои следствия, которые проявляются в нарушении природной обстановки и трансформации всех компонентов окружающей среды, нередко негативно отражаясь на условиях проживания населения.

Следовательно, весьма важно своевременно определять степень благоприятности среды, измененной деятельностью человека, или выполнять ее геоэкологическую оценку, предполагающую анализ качества компонентов среды и тех изменений, которые произошли под воздействием техногенных факторов. Она позволяет определить степень остроты геоэкологических ситуаций и масштабов их распространения.

При этом, анализируя преследуемые цель и задачи исследований, целесообразно полагать, что они по своей сути должны быть направлены на оценку *геоэкологических условий городской среды* [1]. Вариантов методик таких оценок достаточно много. Многие из них базируются на интегральной геоэкологической оценке территории, в основную задачу которой входит анализ состояния ГС и прогноз возможных изменений в ней, провоцируемых антропогенной деятельностью. Безусловно, получить строгое решение этой задачи, которое учитывало бы весь комплекс взаимосвязей между природными и техногенными процессами на исследуемой территории, весьма сложно — слишком широк спектр входящих в него показателей, и далеко не всегда известны их функциональные связи. Сократить их множество позволяет переход от реальной ситуации на исследуемой территории к ее *геоэкологической модели — ограниченному набору факторов, определяющих свойства окружающей среды и воздействия на нее и представляющих собой совокупность пространственных характеристик исследуемой территории*. В этом случае решение данной задачи может быть сведено к оценке интегральной картины проявления этих факторов с помощью геоэкологического районирования территории. Несмотря на то, что в настоящее время довольно хорошо проработана методология районирования, созданы комплекты различных геоэкологических карт, опирающиеся на разные оценочные критерии, принят ряд нормативных документов, содержащих методические рекомендации по проведению геоэкологического картирования и регламентирующие состав основных анализируемых показателей, до сих пор остаются определенные проблемы в технологии реализации указанной задачи.

Чисто информационный подход к геоэкологической модели как к набору карт на исследуемую территорию, получивший широкое применение, не позволяет полностью учесть авторские модельные представления об анализируемой ситуации; недостаточно количественного описания исследуемых факторов обработки; используемые в качестве программно-аналитического обеспечения геоинформационные системы, несмотря на широкий круг функциональных возможностей, требуют дополнительной адаптации к особенностям геоэкологических задач.

Актуальность имеющихся проблем в решении геоэкологических задач, большой объем информации и высокий уровень современных ГИС-технологий, вызывают необходимость создания единого методического подхода к формированию комплексной модели геоэкологического

состояния территории и разработки новых технологических средств, обеспечивающих ее автоматизированное построение и компьютерный анализ входящих в нее факторов на основе алгоритмов многокритериального районирования [1, 2]. Соответственно *целью* исследований явилась разработка методики создания карты геоэкологических условий урбанизированной территории, основанная на оценке геоэкологической обстановки в городе, комфортности среды проживания населения и геоэкологического потенциала геосистем.

На основании применения геоэкологического подхода, базирующегося на рассмотрении города как природно-технической системы (ПТС), в пределах которой изучаются все ее структурные элементы и взаимосвязи между ними, нами разработан алгоритм оценки и картографирования геоэкологических условий урбанизированной территории. Он предусматривает выполнение трех блоков работ.

1) выделение операционных единиц анализа и разработка критериев оценки состояния ПТС локального уровня;

2) оценки техногенных воздействий и состояния природных компонентов городской среды с созданием цифровых картографических моделей, отображающих природные и функционально-территориальные особенности городской среды, характер техногенных воздействий и состояние компонентов в пределах локальных ПТС города;

3) комплексной оценки геоэкологического состояния городской среды, предполагающей разработку картографических моделей геоэкологической обстановки в городе, комфортности среды проживания населения, геоэкологического потенциала территории и, как главный результат исследований, карты геоэкологических условий.

Если для построения карт во втором блоке работ, как правило, используются сложившиеся неоднократно апробированные методики, то для создания геоэкологических картографических моделей нами предложен оригинальный авторский подход, базирующийся на геосистемном принципе, моделировании и количественных оценках. Картографическая модель *геоэкологической обстановки* строится на основе сопоставления результатов базовых оценок состояния природных компонентов ГС по каждой выделенной локальной ПТС с привлечением комплексного показателя геоэкологической ситуации:

$$П_{гс}=1/K_1+1/K_2+1/K_3+1/K_4+1/K_5+1/K_6+1/K_7,$$

где $П_{гс}$ – комплексный показатель геоэкологической ситуации; K – численное значение критерия состояния одного из компонентов ПТС равное 1 – норма (Н), 2 – риск (Р), 3 – кризис (К), 4 – бедствие (Б). *Индексы*: 1 – уровень звука, 2 – тепловые аномалии; природных компонентов по показателям

химического загрязнения: 3 – атмосферного воздуха, 4 – почвенного покрова, 5 – подземных вод, 6 – древесных насаждений; 7 – пораженность территории ЭГП.

Данный комплексный показатель представляет собой математическую модель, основанную на нечеткой логике. К созданию таких моделей прибегают тогда, когда математическое описание предмета исследования слишком сложное или неизвестно [1]. Качество выходных показателей этих моделей зависит лишь от эксперта, который создает модель. Легенда карты геоэкологической обстановки представляется в виде матрицы. Ее заполнение по всем локальным ПТС итоговыми оценками геоэкологической ситуации, позволяет установить определенные закономерности ее территориальной дифференциации.

Пространственные различия геоэкологической обстановки урбанизированной территории актуализируют вопрос о геоэкологической комфортности среды проживания (или пребывания) населения — оптимальном состоянии окружающей его среды, обеспечивающем здоровье и работоспособность. Использование категории нечеткости позволяет оценить качество среды проживания населения города. Для проведения данной оценки предлагается использовать функцию желательности Харрингтона–Менчера, адаптированную нами для системы показателей, комплексно характеризующих геоэкологическую обстановку территории. Эта функция позволяет моделировать поведение отдельных подсистем внутри системы, учитывать связи и воздействия при оценке качества объекта. Основой ее построения является преобразование натуральных значений частных параметров разной физической сущности и размерности в единую безразмерную шкалу желательности. Комплексный показатель качества ГС на основе обобщенной функции желательности рассчитывается как среднее геометрическое частных показателей, отражающих состояние различных факторов, влияющих на качество ГС, по формуле [1]:

$$КП_{\text{кс}} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i},$$

где d_i ($i=1-7$) – частный показатель качества состояния компонента среды или фактора ПТС (их *индексы* см. в предыдущей формуле); n – число используемых показателей. Надо заметить, что для частных показателей вполне можно применить одну из категорий нечеткости – нечеткость непосредственных данных, когда любой из этих показателей будет равен $1/K_i$, где K – численное значение критерия состояния одного из компонентов ПТС.

Геоэкологические условия любой геосистемы будут зависеть не только от изменений состояния и свойств ее компонентов, но и от

способности сохранять свою структуру и свойства в пространстве и во времени при изменяющихся условиях, т.е. устойчивости, которая в совокупности со степенью нарушенности геосистемы позволяет оценить *геоэкологический потенциал урбанизированной территории* — запас потенциальной устойчивости геосистемы в условиях конкретных техногенных нагрузок. Его использование при оценке геоэкологических условий территории города требует количественного подхода.

Для решения этой задачи следует выполнить количественную оценку параметров устойчивости и степени нарушенности геосистемы. Соотношение этих двух параметров позволяет ввести *коэффициент состояния геосистемы* ($K_{сг}$) [1]: $K_{сг} = V/H$, где V — потенциальная устойчивость геосистемы к техногенному воздействию; H — степень нарушенности геосистемы. При $K_{сг} = 1$ геосистема будет находиться в состоянии равновесия. Если данное состояние геосистемы принять за базовое, то можно определить *коэффициент геоэкологического потенциала* ($K_{гп}$), представляющий собой разность коэффициента состояния анализируемой геосистемы и геосистемы с $K_{сг} = 1$: $K_{гп} = K_{сг} - 1$, где $K_{гп}$ — коэффициент геоэкологического потенциала; $K_{сг}$ — коэффициент состояния геосистемы. Такая операция позволяет провести группировку геосистем по признаку комплекса деструктивных процессов, протекающих в них, которые способны определять геоэкологические ограничения в пределах геосистемы: $-0,5 < K_{гп} < 0$; $K_{гп} = 0$; $0 < K_{гп} \leq 1,0$. Очевидно, что отрицательное значение $K_{гп}$ указывает на развитие деструктивных процессов в геосистеме, положительные же значения $K_{гп}$ свидетельствуют об отсутствии или весьма слабых проявлениях этих процессов, не нарушающих потенциал устойчивости геосистемы.

На заключительном этапе на основе совмещения картографических изображений, содержащих информацию о геоэкологической обстановке, комфортности среды и геоэкологическом потенциале локальных ПТС, проводится оценка геоэкологических условий территории города с выделением соответствующих им классов: *неблагоприятные, относительно неблагоприятные, относительно благоприятные, благоприятные и весьма благоприятные*, и существующих *геоэкологических ограничений* — группы природно-техногенных факторов, выводящих ПТС из устойчивого состояния вследствие изменений свойств их литогенной основы, геофизических параметров среды, химического состава депонирующих компонентов и т. д., а также *потенциального риска* влияния на здоровье населения факторов среды обитания. Создается итоговая карта геоэкологических условий города.

Библиографические ссылки

1. *Галкин, П. А.* Оценка и картографирование геоэкологических условий на территории крупного города (на примере Витебска) // Природопользование. 2023. № 1. С. 93–112.
2. *Любимова, А. В.* Компьютерная технология комплексной оценки геоэкологического состояния территории // Геоинформатика. 2003. № 2. С. 44–47.