

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 504.;502.64

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ: ПОДХОДЫ И ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ

© В. Г. Заиканов*, Т. Б. Минакова**, Е. В. Булдакова

*Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН,
Уланский пер., д. 13, стр. 2, Москва, 101000 Россия*

**E-mail: v.zaikanov@mail.ru,*

***E-mail: yasenevo312@mail.ru*

Поступила в редакцию 20.09.2018 г.

Городская территория – важнейшая пространственно-временная форма взаимодействия общества и природы. Именно на урбанизированной территории наиболее остро проявляются экологические проблемы. В разработанной Стратегии экологической безопасности РФ на период до 2025 года практически не рассмотрена роль геоэкологических факторов в общей безопасности города. В данной статье определяется их место в системе общей экологической безопасности урбанизированных территорий. Предложена структура геоэкологических опасностей и приведен пример их взаимосвязей. Разработаны последовательность оценки обеспеченности геоэкологической безопасности города и вариант системы геоэкологической безопасности урбанизированной территории.

Ключевые слова: *экологическая и геоэкологическая безопасность, геоэкологические опасности, алгоритм оценки безопасности.*

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019117-23>

Приоритетные направления развития РФ на ближайшее десятилетие нашли отражение в отраслевых стратегиях. Анализ этих, а также других действующих законодательных актов и документов развития, планирования и проектирования страны показал практическое отсутствие или недостаточность внимания обеспечению геоэкологической безопасности городских территорий, которая является составляющей частью экологической безопасности, а значит и безопасности страны.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ

Урбанизированная среда – важнейшая и наиболее проблемная пространственно-временная форма взаимодействия общества и природы [1]. Большая часть населения РФ проживает в городах. Территориальная структура города планируется и размещается в естественных природных системах. Город как ландшафт изменяется, растет, адаптируется, реагирует и подражает экосистеме. В то же время в современных городах эволюционные изменения протекают быстрее, чем в природе. Человек делает природные системы в пределах городской террито-

рии нестабильными, изменяя их и одновременно помогая приспособляться к новым условиям.

Город – это доминирование природно-техногенных систем. Существенное отличие природной системы от природно-техногенной заключается в устойчивости ее структуры и тесных горизонтальных связях с соседними системами того же ранга, что определяет их большую стабильность. Для природно-техногенной системы характерны быстрые преобразования под антропогенным воздействием, высокая динамичность и интенсивное развитие за счет расширения ресурсной базы извне. Однако в целом город как природно-техногенная система развивается по экологическим закономерностям [2].

Проблемы экологии сегодня приобретают важнейшее стратегическое значение, поскольку они касаются дальнейшего безопасного существования человеческого общества. Приоритетами в области обеспечения экологической безопасности должны стать¹:

¹ Стратегия экологической безопасности РФ на период до 2025 года. Утв. Указом Президента РФ от 19 апреля 2017 г. № 176. <http://docs.cntd.ru/document/420396664>

- сохранение и восстановление природных экосистем;
- сохранение биологического разнообразия;
- регулирование роста техногенной нагрузки на окружающую среду при снижении уровня негативного воздействия на компоненты окружающей среды каждого отдельного источника негативного воздействия (это особенно характерно для урбанизированных территорий);
- рациональное использование, восстановление и охрана природных ресурсов.

В связи с усилением урбанизации особое значение приобретает обеспечение экологической безопасности городских территорий, для которых важны все указанные выше направления. Градостроительная деятельность основана на отсутствии угроз и формировании безопасности городской среды при условии соблюдения экологических стандартов, обеспечения благоприятной природно-климатической, архитектурной и экономической обстановки. Тенденции подчас стихийного развития городов — главное препятствие для обеспечения экологической устойчивости и безопасности.

Какое же место занимает в общей экологической безопасности урбанизированной территории ее составляющая — геоэкологическая безопасность? Основные направления экологической безопасности можно представить в виде трех основных взаимосвязанных блоков (рис. 1):

- природные системы с их биоразнообразием;
- природные ресурсы;



Рис. 1. Место геоэкологической безопасности урбанизированной территории в системе экологической безопасности.

- характерные для урбанизированных территорий высокие антропогенные нагрузки, требующие обязательного регулирования для обеспечения безопасности.

Один из критериев поддержки стабильности природных систем — сохранение их биоразнообразия. Согласно выполненным ранее исследованиям, определено, что максимально приемлемое количество пострадавших видов биогеоценоза составляет 5–10%. Любая природная система обладает теми или иными природными ресурсами, хотя большая их часть для города импортируется из других природных систем. Непременным условием существования человечества является сохранение растительного и животного мира в составе природных и преобладающих в городе природно-техногенных систем. Б.Б. Родоман [4] указывает на необходимость правильного размещения в пространстве двух полюсов современной жизни — города и естественного ландшафта, разделив и в то же время соединив их промежуточными функциональными зонами производственного и непроизводственного использования природных ресурсов. В пределах городской черты, а тем более городского округа, особо охраняемые природные территории, парки и скверы являются необходимыми элементами ландшафта для обеспечения оптимальной среды жизнедеятельности человека. На урбанизированной территории природные системы и их ресурсы находятся под воздействием значительной антропогенной нагрузки, требующей регулирования. Критерием допустимой нагрузки можно считать хозяйственную емкость природной системы, которая должна служить основой для определения уровня геоэкологической безопасности урбанизированной территории, а взаимодействие этих блоков фактически определяет место геоэкологической безопасности в структуре общей экологической безопасности.

В современных условиях для развития городов необходимы экологическая устойчивость и экологическая, в том числе геоэкологическая, безопасность. Гармонизация пространственного развития урбанизированной территории возможна только при обеспечении рационального природопользования [3]. Для этого необходимо:

- совершенствование природоохранного законодательства и механизмов его реализации;
- сохранение природно-ресурсного баланса природных и природно-техногенных систем;
- снижение антропогенной нагрузки на природные компоненты путем внедрения безотходных и малоотходных технологий;
- сохранение уникальных природных объектов, повышение естественного биоразнообразия;

реабилитация и рекультивация нарушенных и загрязненных территорий.

Поэтому одной из фундаментальных задач научных исследований является развитие теории и практики обеспечения комфортности и безопасности городской среды на основе минимизации угроз проявления опасных природных и природно-техногенных процессов. Решение задачи обеспечения экологической, в том числе геоэкологической, безопасности города возможно путем установления социально-приемлемого уровня угроз на его территории, зонирования территории по степени опасности проявления угроз, создания системы предупреждения и минимизации чрезвычайных ситуаций и экологических катастроф. Другой путь – долгосрочное системно-динамическое моделирование сценариев его развития [5, 6].

СТРУКТУРА ОПАСНОСТЕЙ

При существующей общей тенденции усиления урбанизации будет снижаться безопасность городских территорий. Для ее обеспечения приоритетным должно стать предупреждение возможных негативных событий и их последствий, для чего необходим предшествующий анализ причин их возникновения. При этом авторы не берутся за анализ и оценку таких угроз геоэкологической безопасности, как инертность внедрения передовых природоохранных технологий и безотходных производств.

Безопасность урбанизированной территории во многом определяется отсутствием/наличием геоэкологических опасностей, которые многочисленны и весьма разнообразны в зависимости от генезиса, площади распространения, времени возникновения, продолжительности проявления, интенсивности воздействия и т.д.

Естественные причины возникновения геоэкологических опасностей и угроз – это процессы и явления в геологической среде, связанные с деятельностью воды, гравитации, климата и др., а также с внутриземными процессами. Градостроительное освоение территории человеком сопровождается значительными изменениями состояния природных компонентов, активизацией экзогенных процессов при строительстве, разработке полезных ископаемых и т.д. Причины техногенных угроз – амортизация коммуникаций, зданий и технического оснащения, износ оборудования, статические нагрузки на грунты от инженерных сооружений, планировочные, проектные и эксплуатационные ошибки, отсутствие мониторинга, контроля и т.п. [1].

Выделяют три класса геоэкологических опасностей – природные, техногенные, а при их взаимодействии – природно-техногенные.

Учитывая, что объектом исследования является территория, среди всего множества опасностей в данной работе анализируются те, которые характеризуются площадным распространением и играют важную роль в пространственном развитии урбанизированной территории. При этом момент возникновения и продолжительность проявления опасностей имеют приоритетное значение.

Класс природных опасностей подразделяется на подклассы опасностей экзогенного и эндогенного происхождения. Большинство экзогенных геологических опасностей отличаются продолжительностью развития. Однако антропогенное воздействие значительно сокращает время их естественного развития, например, сход оползня при подрезании склона. Регулярные наблюдения за этими процессами позволяют предупредить их катастрофическое проявление и этим обеспечивать безопасность территорий. Эндогенные процессы – вулканизм и землетрясения – отличаются определенной внезапностью возникновения и сопровождаются другими опасностями, вызванными их проявлением, например, активизацией экзогенных опасностей.

Значимый фактор среды обитания человека, определяющий канцерогенную опасность, – эксхалация радона и его производных с земной поверхности, а также концентрации радона в атмосферном воздухе и помещениях зданий, которые делают среду обитания человека проблемной. Радиационное воздействие приводит к разрушению клеток организма, разрывает химические связи в молекулах ферментов, которые управляют всеми жизненными процессами.

К классу техногенных опасностей относятся свалки, нарушение земной поверхности при строительстве и разработке полезных ископаемых, подземные горные выработки и др. При наличии опасных объектов на урбанизированных территориях возможно внезапное проявление аварий, аварийных выбросов и сбросов загрязняющих веществ, взрывов, разливов нефти и нефтепродуктов.

Кроме того, для городских территорий характерны природно-техногенные опасности. К ним относятся избыточная нагрузка сооружений на грунты, прорыв плотины, наведенная сейсмичность, пожары и др. Закрытые свалки, отработанные карьеры и шахты долгое время остаются опасными для урбанизированных территорий, и поэтому тоже относятся к категории природно-техногенных опасностей.

Конечно, структура опасностей для каждой урбанизированной территории будет индивидуальной в зависимости от ее природных и социально-экономических особенностей. Анализ генпланов городских округов в различных регионах

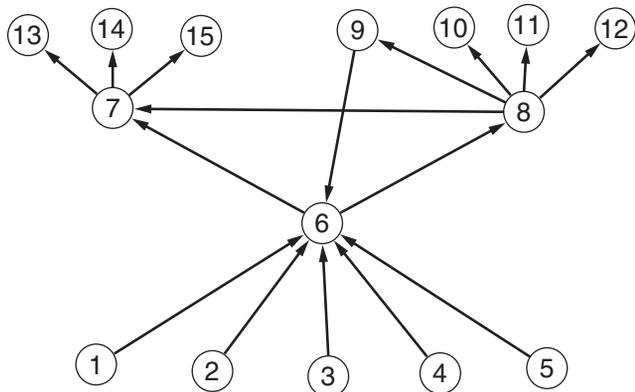


Рис. 2. Пример взаимосвязи проявления первичных и вторичных геоэкологических опасностей (на примере оползневой опасности). Причины опасностей: 1 – гравитационные, 2 – криогенные, 3 – флювиогляциальные, 4 – сейсмические, 5 – техногенные. Виды опасностей I порядка: 6 – оползни. Виды первичных последствий: 7 – трансформация геосистемы, 8 – аварии на инженерных сооружениях. Виды опасностей II порядка: 9 – взрывы, 10 – пожары, 11 – разливы нефти, 12 – разрушение инженерных сооружений. Виды последствий: 13 – трансформация растительного покрова, 14 – трансформация почв и/или грунтов, 15 – трансформация гидрологического режима.

России позволил выявить из 19 видов опасностей природной группы наиболее приоритетные (наиболее часто встречающиеся) – овражную эрозию и наводнения, а из природно-техногенной группы – подтопление.

Часто реализация одной опасности вызывает проявление нескольких новых опасностей. Зависимости могут быть прямыми и обратными, непосредственными, вторичными и т.д. Некоторые потенциальные связи представлены на рис. 2.

Фрагмент систематизации опасностей на урбанизированной территории по классам и вероятности их проявления

Классы опасностей	Систематизация по вероятности проявления опасностей	Отдельные примеры опасностей
Природные	Реальные	Эрозия, заболачивание, наводнения
	Потенциальные (прогнозируемые)	Зоны суффозионно-карстовой опасности, радоноопасности
	Спонтанные (внезапные)	Землетрясения, вулканизм
Техногенные	Реальные	Свалки, аэрогенное загрязнение почв
	Спонтанные (внезапные)	Аварии, взрывы, пожары
Природно-техногенные	Реальные	Подтопление, заболачивание
	Потенциальные (прогнозируемые)	Карьеры
	Спонтанные (внезапные)	Прорыв плотины, пожары



Рис. 3. Вариант алгоритма оценки степени геоэкологической безопасности урбанизированной территории.

В зависимости от местоположения города в природно-экономической зоне, его размера и т.д. определяются приоритетность факторов опасности и реципиенты, устанавливается их значимость относительно друг друга.

Другая важная задача – систематизация геоэкологических опасностей урбанизированной



Рис. 4. Модель структуры системы геоэкологической безопасности урбанизированной территории. БД – база данных.

территории и выполнение их ранжирования с учетом вероятности реализации: реальные и потенциальные (прогнозируемые и спонтанные), возможности нейтрализации и предупреждения проявления угроз. К реальным опасностям относятся действующие экзогенные геологические процессы, свалки и др., к спонтанным – эндогенные процессы, техногенные аварии (табл.)

Реальные опасности частично можно нейтрализовать путем проведения соответствующей инженерной защиты территории и природоохранных мероприятий. Прогнозируемые опасности следует учитывать при проектировании и реализации проекта с помощью использования соответствующих технологий подготовки территории и строительства, указанных в СНиПах и СП (например, СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах и т.п.). Спонтанные опасности (в основном это возникновение чрезвычайных ситуаций) невозможно предусмотреть заранее, их последствия можно представить только путем моделирования.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Определение степени обеспеченности геоэкологической безопасности урбанизированной территории основывается на изучении особенностей оцениваемой территории. Анализ фондовых, кар-

тографических материалов, а также результатов обследования территории позволяет установить перечень возможных опасностей (рис. 3). На следующем этапе выполняется отбор наиболее реальных из них с характеристиками и географической привязкой в соответствии с принятыми критериями.

Особенностью любого поселения является сочетание двух противоречащих условий: наличие опасных источников негативного воздействия и разнообразие реципиентов в зоне их влияния. После определения зон распространения опасностей в их пределах определяются реципиенты, и применительно к ним устанавливаются поражающие факторы. В результате формируются дополнительные ареалы, границы которых определяются наличием определенных опасностей (или их сочетаний) для выявленных реципиентов. Эти ареалы становятся основными ядрами – объектами изучения возможностей обеспечения безопасности.

Далее на основании разработанных ранее методик оценивается уязвимость реципиентов от поражающих факторов. Важными моментами являются выявление и оценка геоэкологической составляющей в сложившейся системе экологической безопасности. Оценка ожидаемых негативных последствий реализации опасностей укажет на необходимость разработки мероприятий по защите территории. При достижении положительного эффекта от реализации предложенных мероприятий определяется степень обеспеченности геоэкологической безопасности урбанизиро-

ванной территории. В случае же возникновения непредвиденного ущерба необходима корректировка проектных решений и их реализации.

На основе такой оценки может быть установлен обоснованный рейтинг безопасности городов.

СИСТЕМА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Реализация безопасности конкретной территории должна опираться на разработанную систему (рис. 4). В настоящее время необходимы новые критерии безопасности урбанизированных территорий, связанные не только с правильностью выделения функциональных зон, принятой планировочной структурой, обеспеченностью информационной базой, пополняемой в результате мониторинга. Если в конце XIX в. безопасность поселений определялась близостью границы, природными особенностями территории и надежностью конструкций зданий и сооружений, а XX в. принес понятие экологической опасности и экологических катастроф, то в начале XXI в. на первый план вышли такие критерии опасности функционирования городов, как экономический, социальный, геоэкологический и организационно-политический.

Для практической организационной деятельности по созданию «Системы ...» в первую очередь необходимо современное или опережающее нормативно-правовое и информационное обеспечение планирования и проектирования урбанизированных территорий [3]. Сегодня первостепенными задачами являются выявление, систематизация и получение исходной информации в унифицированной форме – параметров информационного потока (утвержденная статистическая отчетность, данные мониторингов, постоянно обновляемые карты, фондовые материалы, литературные источники и т.п.). Успехи проектирования зависят от достаточности и достоверности исходных данных, а успешная реализация проекта – от качественной экспертизы и эффективности предлагаемого комплекса защитных мероприятий. На основе анализа существующих систем, обеспечивающих безопасность и надежность городских поселений, в каждом конкретном случае разрабатывается собственный комплекс мероприятий.

Результаты мониторинговых наблюдений и контроль реализации проектных решений, направленных на ликвидацию существующих, своевременную нейтрализацию реальных опасностей и предупреждение потенциальных угроз, позволят установить недостатки в предложенных

проектом защитных мерах, которые устраняются при корректировке проекта.

Реализация предлагаемой «Системы...» будет способствовать оптимизации принимаемых решений по обеспечению геоэкологической безопасности урбанизированных территорий в рамках общей экологической безопасности городской среды. Этому будет содействовать и разработка паспорта геоэкологической безопасности урбанизированной территории.

Таким образом, безопасность урбанизированной территории определяется не только уровнем соответствия потенциала территории ее функциональному использованию, но и своевременным предупреждением прогнозируемой опасности (внутренней и внешней) на основе данных комплексного мониторинга и моделирования спонтанных опасностей.

Источник финансирования. Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания по теме №г.р. АААА-А19-119021190077-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булдакова Е.В., Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Геоэкологическая безопасность урбанизированных территорий (актуальность и подходы к оценке)// Анализ, прогноз и управление природными рисками с учетом глобального изменения климата: матер. 10-й Междунар. научно-практ. конф. «ГЕОРИСК-2018». 2018. Т. 2. С. 302–308.
2. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Геоэкологическая оценка территорий. М.: Наука, 2005. 319 с.
3. Минакова Т.Б., Заиканов В.Г. Проблемы геоэкологической безопасности урбанизированных территорий // Геоэкология. 2018. № 3. С. 18–26.
4. Родоман Б.Б. Поляризованная биосфера. Смоленск: Ойкумена, 2002. 336 с.
5. Forrester J.W. World Dynamics. Cambridge, Mass. Wright-Allen Press, Inc., 1971.
6. Meadows D.H., Meadows D.L., Rangers J., W.W. Behrens III. The Limits of Growth. New York, Universe Books, Potomac Associated Book, 1972.

REFERENCES

1. Buldakova, E.V., Zaikanov, V.G., Minakova, T.B. *Geoecological safety of urban areas (relevance and approaches to assessment)*. *Analiz, prognoz i upravlenie prirodnyimi riskami. Materialy X mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Georisk-2018"* [Analysis, prediction and management of natural risks in global climate

- change “Georisk-2018’]. Moscow, RUDN, 2018, vol. 2 pp. 302–308 (in Russian)
2. Zaikanov, V.G., Minakova, T.B. *Geoekologicheskaya otsenka territorii* [Geoecological assessment of territories]. Moscow, Nauka Publ., 2005, 319 p. (in Russian)
 3. Minakova, T.B., Zaikanov, V.G. Problems of geoecological security in urban territories *Geoekologiya*, 2018, no. 3, pp. 18-26. (in Russian)
 4. Rodoman, B.B. *Polarizovannaya biosfera* [Polarized biosphere]. Smolensk, Ecumene, 2002, 336 p. (in Russian)
 5. Forrester, J.W. *World dynamics*. Cambridge, Mass. Wright-Allen Press, Inc., 1971.
 6. Meadows, D.H., Meadows, D.L., Rangers, J., and W.W. Behrens III. *The limits of growth*. New York, Universe Books, Potomac Associated Book, 1972.

GEOENVIRONMENTAL SAFETY OF URBAN AREAS: APPROACHES AND IMPLEMENTATION

V. G. Zaikanov^{1,*}, T. B. Minakova^{1,}, E. V. Buldakova¹**

¹*Sergeev Institute of Environmental Geoscience, Russian Academy of Sciences,
Ulanskii per. 13, str. 2, Moscow, 101000 Russia*

^{*}*E-mail: v.zaikanov@mail.ru,*

^{**}*E-mail yasenevo312@mail.ru*

An urban area is the most important form of space-time interaction between society and nature. It is in the urbanized area that environmental problems are most acute. The developed Strategy of Ecological Safety of Russia for the period up to 2025 almost does not consider the role of geoenvironmental factors in the overall safety of the city. This article defines their place in the system of general ecological safety of urban areas. The structure of geoenvironmental hazards is introduced, and an example of their relationship is given. The algorithm of assessment is proposed and a version of the geoenvironmental safety system is developed for the urban area.

Keywords: *environmental and geoenvironmental safety, geoenvironmental hazards, safety assessment algorithm.*

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019117-23>