

УДК 504;502.64

## ИНДЕКСЫ И ИНДИКАТОРЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

© 2019 г. В. Г. Заиканов<sup>1,\*</sup>, Т. Б. Минакова<sup>1</sup>, Е. В. Булдакова<sup>1</sup>, И. С. Сависько<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН  
Уланский пер., 13, стр. 2, Москва, 101000 Россия

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

Поступила в редакцию 28.03.2019 г.

Приведен анализ многолетнего международного и отечественного опыта разработки и внедрения индикаторов и индексов устойчивого развития регионов, качества городской среды, экологической безопасности. Отмечено, что в настоящее время общепризнанного индекса геоэкологической безопасности нет. В России индикаторы и индексы разрабатываются в основном для регионов, реже для городов и городских округов. Широко используемые экологические индикаторы недостаточны, они не охватывают геоэкологические показатели, являющиеся их составной частью, необходимые для комплексной оценки безопасности урбанизированной территории. Предлагается концептуальный подход к прогнозной оценке геоэкологических опасностей. Для разработки индекса геоэкологической безопасности определенную трудность представляет отсутствие в настоящее время в материалах государственной статистики необходимой для расчета информации.

**Ключевые слова:** экологическая и геоэкологическая безопасность, индекс геоэкологической безопасности, урбанизированная территория.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019494-101>

### ВВЕДЕНИЕ

В условиях глобальных изменений в природе и обществе увеличились темпы экспансии городов, сопровождающиеся ростом антропогенной нагрузки на окружающую среду. Существующие экологические проблемы и проблемы снижения риска бедствий выходят на первый план Повестки дня в области устойчивого развития до 2030 года, которая была принята мировыми лидерами в сентябре 2015 г. на историческом саммите ООН. Требуется сбалансированность между социальными, экономическими и экологическими интересами в области политики и принятия решений при планировании и управлении современным городским пространством. Для эффективного взаимодействия геологов и градостроителей, архитекторов и других специалистов при принятии таких решений необходимы единое информационное поле и применение стандартных показателей.

Важнейшие задачи современного общества — снижение уровня риска и техногенной нагрузки, улучшение экологических параметров территории и социальных условий жизни отдельного человека и общества в целом. Это подчеркивается в целом ряде международных и национальных документов, в том числе в «Стратегии экологической безопасности Рос-

сийской Федерации на период до 2025 года»<sup>1</sup>. В ней содержится раздел о механизмах оценки состояния экологической безопасности и контроля эффективности реализации самой стратегии. К числу основных индикаторов реализации Стратегии относится улучшение качества селитебных территорий, что напрямую связано с повышением экономической безопасности регионов и страны в целом.

В условиях субурбанизации обеспечение экологической безопасности приобретает первостепенную важность. Однако реализуемые проекты реконструкции и развития городского пространства часто приводят к конфликтным ситуациям, когда из-за стремления к максимальной экономической эффективности нового строительства пренебрегают сохранением природного и историко-культурного наследия, обеспечением социального и экологического комфорта для жителей. Во многих случаях отсутствие данных или их недостаточная подробность и документированность приводят к увеличению риска возникновения опасных природных, природно-техногенных и техногенных процессов и явлений.

Геоэкологическая безопасность — важная составляющая экологической безопасности. Для ре-

<sup>1</sup> Указ Президента РФ от 19 апреля 2017 г. № 176 "О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года". URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41879>

шения стратегической задачи по повышению требований к обеспечению безопасности городской среды необходимо усовершенствовать сбор и анализ данных по оценке геоэкологической безопасности территории городов на основе системы взаимосвязанных, релевантных и измеряемых индикаторов, учитывающих аспекты взаимодействия человека с природой. В целях устранения существующего недостатка в территориальных инструментах планирования в зонах потенциального риска проявления геоэкологических опасностей необходимо разработать комплексный индекс геоэкологической безопасности. Это даст возможность повысить эффективность принимаемых управленческих решений и снизить затраты на устранение последствий проявления опасных геоэкологических процессов и явлений при развитии городского пространства.

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ И ИНДЕКСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ В ГЛОБАЛЬНОМ И НАЦИОНАЛЬНОМ МАСШТАБАХ

Базовые принципы устойчивого развития, выработанные на конференции ООН в Рио-де-Жанейро (1992 г.), – экономическая стабильность и сотрудничество, социальное благополучие, экологическое равновесие. Общепризнана необходимость использования системы взаимосвязанных эколого-экономических, экологических и социально-экономических индикаторов устойчивого развития. Это позволит принимать меры по управлению экономической политикой за счет снижения воздействия человека на окружающую среду; улучшению экологических условий и уменьшению экологических угроз для жизни и здоровья городского населения.

В настоящее время существуют различные международные и национальные инициативы по разработке индикаторов и индексов устойчивого развития, которые позволяют собирать базовую информацию по качеству жизни населения отдельных стран и регионов. Самая распространенная и масштабная – система индикаторов устойчивого развития (Ecological Footprint) для изучения и сравнения различных стран мира, где анализируется информация более чем по 550 показателям<sup>2</sup>.

Впервые внедрение экологических индикаторов предложено Комиссией по устойчивому развитию ООН в 1996 г. Позднее они нашли отражение в системах, разработанных Йельским и Колумбийским университетами США, Всемирным фондом дикой природы (WWF)<sup>3</sup>; Программой ООН по населенным пунктам (UN-НABИТАТ)<sup>4</sup>. Все эти индикаторы интегрируют данные по различным ком-

понентам окружающей среды и рассчитываются ежегодно или с небольшой периодичностью. Они позволяют оценить положение отдельного региона или страны в глобальном экологическом пространстве и измерять достижения страны по состоянию экологии и управлению природными ресурсами.

Однако в силу методологических и статистических проблем, сложностей расчета для оценки экологической компоненты качества жизни в городах индикаторов, которые имели бы мировое признание и давали бы возможность провести сравнение различных городов по этому показателю на глобальном уровне, пока еще нет.

В России накоплен значительный опыт по разработке индикаторов устойчивого развития в нескольких регионах нашей страны [2, 3, 4, 6, 9, 11, 12, 13 и др.]. С.Н. Бобылевым с соавторами была разработана матрица ключевых индикаторов устойчивого развития для городов. Выбор индикаторов направлен на достижение баланса между различными мероприятиями в рамках устойчивого развития городов и системами индикаторов международных организаций [2].

Для оценки экологического состояния регионов используются различные показатели, например, природоемкость – затраты природных ресурсов и величины загрязнений, рассчитываемые на единицу конечного результата (конечной продукции); агрегированные индикаторы – истинные сбережения, индекс развития человеческого потенциала, природный капитал, экологические индикаторы по компонентам среды [3]. Конструктивность отражения экологического фактора, ущербов для среды и здоровья населения в показателях устойчивого развития позволяет проводить эффективную экологическую политику.

Для оценки качества городской среды в отечественной практике широко используют систему интегральных индексов для выбора приоритетов социально-экономического развития при разработке стратегий городов. Одним из них является “индекс качества городской среды” [5], который отражает степень готовности города к современным вызовам, а кроме того, позволяет выявлять проблемы городской среды. Безопасность является одним из критериев оценки городского пространства, отвечает как за определение существующего уровня опасности определенных пространств, так и за оценку таких параметров среды, которые потенциально могут способствовать причинению вреда жизни и здоровью человека. Индекс качества городской среды позволяет провести рейтинг городов.

Учитывая современные тренды развития городов в России, И.А. Прядко [10] указывает на возникновение множества экологических проблем при “рас-

<sup>2</sup> <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>

<sup>3</sup> URL:<http://www.worldwildlife.org/pages/living-planet-report-2018>

<sup>4</sup> URL:<https://unhabitat.org>

ползании” городов на обширных пространствах при получении статуса “городской округ”. В результате осложняются геоэкологические условия развития города, происходит активизация и возникновение новых, не свойственных данной местности геологических процессов; ухудшается экологическая обстановка. Несмотря на значительный прогресс за прошедшие годы в области разработки и внедрения индикаторов экологической направленности на локальном и региональном уровнях в России, до сих пор не учитываются актуальные для обеспечения экологической безопасности города индикаторы, определяющие устойчивость геологической среды. Еще одно препятствие для внедрения индикаторов геоэкологической безопасности – отсутствие фактических открытых данных для их расчета. Это обуславливает необходимость внедрения новых эффективных индикаторов, в том числе геоэкологических, для анализа, сбора и мониторинга экологической безопасности городов.

Анализ различных публикаций свидетельствует об отсутствии сложившегося единого подхода к оценке экологической безопасности регионов и городов РФ. Состав компонентов, необходимых для оценки безопасности города, как правило, не включал индикаторы геоэкологической безопасности. Общее для современных методик и алгоритмов – их индивидуальный характер: решение частной задачи, оценка одной из составляющих экологической безопасности, использование экспертных оценок, трудоемкость получения исходной информации, невозможность сквозной оценки систем различного уровня агрегирования. Вследствие этого результаты таких исследований мало сопоставимы, их сложно проверить, практически невозможно повторить на другом объекте [6].

В настоящее время для предотвращения риска бедствий от опасных природных и природно-техногенных процессов и явлений на урбанизированных территориях необходимо разработать систему индикаторов геоэкологической безопасности. Накопленный опыт многолетних исследований, проводимых сотрудниками ИГЭ РАН [7, 8], позволяет авторам статьи представить основные подходы к разработке интегрального индекса геоэкологической безопасности урбанизированных территорий. Такой индекс необходим для проведения глобальных и региональных рейтингов качества городской среды.

### НАЗНАЧЕНИЕ ИНДЕКСОВ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Геоэкологическая безопасность урбанизированных территорий – составная часть экологической безопасности [7]. Среди выделенных групп экологических опасностей к числу геоэкологиче-

ских относятся опасные геологические и гидрологические процессы, загрязненные почвы в результате антропогенного воздействия (рис. 1).

В таблице приведены примеры индикаторов, имеющие важное мониторинговое и оценочное значение для безопасного развития городов.

*Индикаторы геоэкологической безопасности урбанизированных территорий* – это показатели, которые характеризуют существующие и ожидаемые геоэкологические опасности на заданных временных отрезках. Они могут быть количественно установлены с использованием статистических и мониторинговых данных.

*Индекс геоэкологической безопасности* – это количественная характеристика одного или нескольких индикаторов.

Основная цель разработки индекса геоэкологической безопасности урбанизированных территорий – предоставление комплексной релевантной и сопоставимой информации по геоэкологической опасности, необходимой для принятия решений по планированию и развитию территории городов и координированию действий по обеспечению их экологической безопасности.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ опыта разработки и внедрения экологических индексов безопасности развития на различных уровнях; установление их достаточности для обеспечения оценки экологической безопасности урбанизированных территорий;

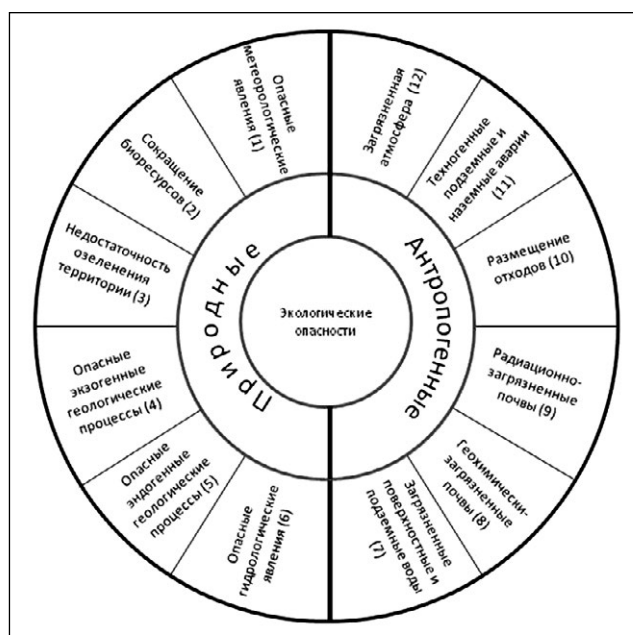


Рис. 1. Структура групп экологических опасностей, включая геоэкологические, на урбанизированных территориях.

Основные группы экологических опасностей и примеры их индикаторов для комплексной оценки экологической безопасности урбанизированных территорий

№ п.п.	Группы экологических опасностей	Примеры индикаторов экологической опасности
<b>Природного класса</b>		
1	Опасные метеорологические явления	Ураганы (частота, скорость ветра) Осадки (интенсивность, количество)
2	Сокращение биоресурсов	Сокращение биоразнообразия (количество видов, численность, количество краснокнижных видов) Сокращение площадей лесов (пожары, вырубка, вредители)
3	Нарушение норматива озеленения территории	Общая площадь бульваров, парков, ООПТ Количество зеленых насаждений на 1 жителя
4	Опасные экзогенные геологические процессы	Оползни (площадь пораженности, интенсивность проявления) Суффозионно-карстовые (площадь пораженности, интенсивность проявления)
5	Опасные эндогенные геологические процессы	Землетрясения (вероятность, балльность) Радиопроявления (превышение допустимых пределов доз облучения)
6	Опасные гидрологические явления	Наводнения (повторяемость, продолжительность)
<b>Антропогенного класса</b>		
7	Загрязненные поверхностные и подземные воды	Объем сбрасываемых загрязненных вод Загрязнение донных отложений (площадь, СПЗ)
8	Геохимически загрязненные почвы	Ареалы загрязненных почв (площадь, СПЗ)
9	Радиационно-загрязненные почвы	Ареалы загрязненных почв (площадь, превышение концентрации радионуклидов над нормой)
10	Размещение отходов	Объемы складироваемых отходов Загрязнение почв и подземных вод
11	Техногенные подземные и наземные аварии	Подземные взрывы при строительстве, прорыв магистральных подземных коммуникаций Провалы, прогибы
12	Загрязненная атмосфера	Объем выбросов загрязняющих веществ Заболеваемость населения

- корректировка нормативно-законодательной базы в разделах соответствующих документов;

- расширение общедоступных данных в статистических источниках по геоэкологическим параметрам;

- разработка системы геоэкологических индикаторов с выделением ключевых из них;

- установление точки пересечения существующих экологических индикаторов с предлагаемыми геоэкологическими индикаторами;

- выбор или разработка методики определения интегрального геоэкологического индекса;

- формирование информационной базы данных по предложенным индикаторам на модельные территории.

Для оценки степени геоэкологической безопасности урбанизированных территорий необходима дифференциация структуры индикаторов

на 4 группы: “давления”, “состояния”, “отклика”, “реакции” (рис. 2).

В итоге индексы геоэкологической безопасности урбанизированной территории должны отражать:

- ожидаемые изменения при реализации опасных геоэкологических процессов и явлений (вероятность и продолжительность проявления опасности);

- степень чувствительности к изменениям (уязвимость реципиентов);

- определение отрицательной направленности геоэкологических угроз (ожидаемые последствия).

Через индикаторы отклика осуществляется управление экологическим состоянием и рисками негативных изменений окружающей среды и отдельных ее компонентов через международные соглашения, правовые акты и мероприятия по оздоровлению окружающей среды или по предотвращению ущерба.

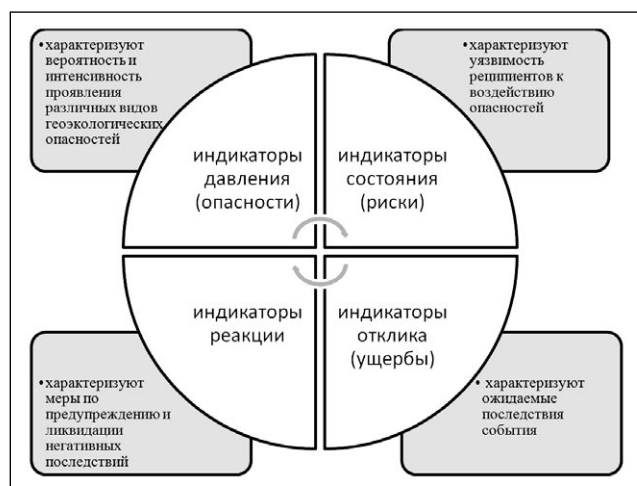
Использование индексов геоэкологической безопасности применимо там, где хорошо прослеживаются причинно-следственные связи. Основная трудность при агрегировании информации в индексы состоит в определении исходных показателей без утраты их значимости. С увеличением уровня объединения информации сложность сопоставления индикаторов возрастает.

Одним из необходимых условий для снижения риска геоэкологических опасностей в городах является наличие достоверной информации об опасных явлениях. Для этого необходимо иметь унифицированный набор индикаторов, анализируемых в выбранном масштабе, которые полностью раскрывают особенности опасных природных, природно-техногенных и техногенных процессов на территории города. Включение информационного блока “индикаторы геоэкологической безопасности” в интегральную систему “индекса качества городской среды” является необходимым условием обеспечения комплексной экологической безопасности городов.

### ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИНДИКАТОРОВ И ИНДЕКСОВ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Исходя из международного опыта, применительно к определению индекса геоэкологической безопасности урбогеосистем возможны три подхода:

- разработка системы индикаторов, каждый из которых отражает отдельные аспекты безопасности городской территории;
- реализация по подсистемам показателей: природные, природно-техногенные и техноген-



**Рис. 2.** Дифференциация структуры индикаторов на показатели, используемые для систем Комиссии ООН по устойчивому развитию (КУР) и Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР).

ные опасности, базирующихся на принятой классификации опасностей;

- построение агрегированного (интегрального) индекса, на основе которого можно судить о степени геоэкологической безопасности урбогеосистем (учитывается сочетание видов опасностей, вероятность их одновременного проявления, ожидаемые результаты).

В рамках первого подхода, ориентирующегося на разработку системы индикаторов безопасности по отдельным видам геоэкологической опасности, возможны различные варианты структуры такой системы. Ее компактность можно достичь путем выбора и обоснования ключевых/базовых индикаторов. Ключевые индикаторы должны отражать приоритетные опасности на рассматриваемой территории, при этом каждому приоритетному виду соответствует свой индикатор. Такой подход наиболее востребован при локальном планировании.

Сложность второго подхода заключается в равномерном распределении отдельных видов геоэкологических опасностей по классам и разработке единого подхода к их оценкам, независимо от класса. Этот подход нацелен на отраслевого потребителя.

Третий подход – самый сложный, но и самый эффективный, так как интегральный индекс будет отличаться максимальной востребованностью не только на региональном, но и на федеральном уровне (например, сравнение городов при внедрении инвестиционных проектов). Наличие такого индикатора, выраженного количественно, необходимо для лиц, принимающих решения. По этому показателю можно судить в целом о степени безопасности территории, экологичности траектории ее развития. Если подобный агрегированный индикатор растет, то возрастает степень безопасности, если он уменьшается, то возрастает опасность геоэкологических угроз. Сложность этого подхода – в соизмеримости как индикаторов по классам опасностей, так и классов между собой (необходима разработка обоснованной системы весовых коэффициентов).

Разнообразие природных и социально-экономических характеристик городского пространства заставляет разбивать территорию на однородные участки (урбогеосистемы), подвергающиеся одной и той же возможной опасности (или их сочетанию) и характеризующиеся одинаковой ожидаемой реакцией реципиентов на воздействия. При этом для выделяемых урбогеосистем будет характерен неодинаковый набор индикаторов, отражающих как природные, так и техногенные особенности территории, что усложнит расчет интегрального индекса.

Для выбора индикаторов важна их конкретная интерпретация – в виде валовых натуральных

или удельных показателей. Выбор между этими показателями должен определяться целями и областями использования индикатора. Так, для оценки современного состояния больше подойдут удельные показатели природоёмкости, интенсивности загрязнений и т.п., для прогнозирования – необходимо моделирование ожидаемых изменений после события.

Геоэкологические индикаторы должны включать в свой состав предельные пороговые значения показателей, изменение которых должно служить сигналом для принятия чрезвычайных мер воздействия. Достоверность собираемых данных определяется их доступностью, адекватностью, научной и статистической значимостью, верифицируемостью. Индикаторы могут быть ранжированы по уровням приоритетности для конкретной территории. Среди них выбираются ключевые/базовые и дополнительные/специфические индикаторы. К дополнительным индикаторам относятся показатели, которые являются важными для города, но в меньшей степени, чем базовые. Базовые индикаторы могут быть использованы и другими городами, а специфические актуальны для конкретной территории.

При оценке отклика реципиентов на проявление геоэкологических опасностей возникают определенные трудности. Если для объектов экономики обобщенным показателем предельной уязвимости может служить амортизационный срок, то для компонентов природы подобные нормативы практически не разработаны.

Процесс выбора индикаторов в большей мере определяется тем, кто является заинтересованной стороной [3]. Основными “распорядителями” индикаторов, отвечающими за их внедрение, должны выступать региональные и местные администрации. Учитывая экономико-социальную и природную уникальность городских территорий, прямое использование некоторых индикаторов может оказаться неэффективным.

Способы определения индекса могут быть различными: например, прямой счет, использование удельных значений, сравнение с нормативами, использование аналогов уже произошедших событий, моделирование воздействий на определенные реципиенты и др. Общепринятая концепция расчета риска опасных явлений (произведение вероятности проявления процесса или явления и уязвимости реципиента) требует использования достоверных данных о прогнозируемом ущербе, которые в текущее время отсутствуют. Решением может стать применение метода комплексной оценки разнородных показателей, т.е. обращение к непараметрическим методам (использование относительных значений оценки). Вероятность событий рассчитывается с учетом повторяемости событий.

Разнородность показателей (многообразие опасностей со своими характеристиками, разнообразие реципиентов, вероятностные величины реализации событий и изменений условий) определяет необходимость их индексирования (приведение к единым единицам измерения) и взвешивания. В соответствии с квалиметрией определение весовости отдельных показателей возможно стоимостным, экспертным, вероятностным и смешанным методами.

Превышение величины рассчитанного индекса уровня допустимого экологического риска указывает на снижение безопасности урбанизированной территории и необходимость разработки мероприятий по предупреждению негативного воздействия. Переход на нормирование допустимых рисков обеспечит снижение на 40-50% риска для населения, проживающего в районах, подверженных воздействию природных и техногенных опасностей. Реализация комплекса превентивных мероприятий позволит в 10-15 раз сократить затраты на ликвидацию ЧС по сравнению с величиной предотвращенного ущерба [1, с. 159].

Разными специалистами предлагаются разнообразные шкалы. Рекомендуются вести отсчет уровня опасных воздействий с единицы, ограничить диапазон присваиваемых баллов, при альтернативной оценке использовать только максимальный и минимальный баллы и др.

По нашему мнению, современная геоэкологическая опасность тождественна величине комплексной оценки геоэкологических ограничений, рассчитанной на данный момент времени и отражающей невозможность использования (освоения) урбогеосистем в определенных направлениях (виды разрешенного использования). Если принять абсолютную геоэкологическую безопасность за 1, тогда индекс безопасности будет равен разности данной величины и индекса опасности (нормированная величина оценки ограничений, по сути, равная существующему геоэкологическому ущербу).

Прогнозная величина безопасности будет определяться несколькими возможными видами опасностей, возникающими в результате “накопленной” реальной угрозы или стихийных явлений. Их различия проявятся при учете временного фактора. Прогнозный индекс опасности ( $Igd$ ) рассчитывается по формуле:

$$Igd_m = P_i \cdot D_{mir}^y / S_m,$$

$$D_{mir}^y = S_{mir} \cdot k_i \cdot k_r \cdot Z_r,$$

где  $S_m$  – площадь урбогеосистемы  $m$ ;  $S_{mir}$  – площадь проявления опасности  $i$ -го вида для реципиента  $r$ -го вида в пределах урбогеосистемы  $m$ ;

$P_i$  – вероятность проявления опасности  $i$ -го вида;  $D_{mir}^y$  – ожидаемый ущерб в урбосистеме  $t$  при проявлении опасности  $i$ -го вида для реципиента  $r$ -го вида;  $k_i$  – коэффициент значимости опасности  $i$ -го вида;  $k_r$  – коэффициент реакции реципиента на опасность  $i$ -го вида;  $Z_r$  – нормативная стоимость реципиента  $r$ -го вида.

При оценке геоэкологического индекса безопасности урбанизированной территории обязательно необходимо учитывать возможные сочетания нескольких опасностей, поскольку уязвимость реципиентов к ним и последствия их реализации могут заметно отличаться от суммы значений отдельных показателей.

Разработка индикаторов и индексов является комплексным и долгосрочным процессом, требующим большого количества информации, получить которую достаточно сложно. Многие индикаторы в связи с отсутствием необходимых статистических данных невозможно использовать. С.Н. Бобылев считает [3], что в краткосрочной перспективе получение необходимых данных может быть ограничивающим фактором. Применительно к геоэкологическим и природно-техногенным опасностям, данные в открытом доступе как за рубежом, так и в России отсутствуют. Сейчас Росстат не публикует многие приоритетные экологические, экономические и социальные индикаторы, связанные с устойчивым развитием и экологической ситуацией. В связи с этим необходимо наряду с включением в государственную статистику показателей, предлагаемых С.Н. Бобылевым (количество людей, проживающих на загрязненных территориях (городах); энергоемкость; выбросы парниковых газов; показатели по деградации почв в сельском хозяйстве), включить также такие геоэкологические показатели, как пораженность территории опасными геологическими процессами, результаты мониторинговых наблюдений, позволяющие определять вероятность проявления стихийных природных явлений и т.п.

Полученный интегральный индекс, представленный на картах, будет отражать территориальную дифференциацию степени геоэкологической безопасности городов, измеряемой индикативными параметрами, привлекая инвестиционный поток для своего развития.

**Источник финансирования.** Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ФГБУН ИГЭ РАН по теме НИР №г.р. ААА-А-19-119021190077-6.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. М.: МГОФ “Знание”, 2015. 863 с.

2. Бобылев С.Н., Кудрявцева О.В., Соловьева С.В. Индикаторы устойчивого развития для городов // Экономика региона. 2014. №3. С. 101-109.
3. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение. Пособие по региональной экологической политике / Отв. ред. В.М. Захаров. М.: Центр экологической политики России, 2007. 60 с.
4. Белоусова А.П. Индикаторы экологической безопасности // Геоэкология. 2008. №5. С. 443-451.
5. Бюллетень городов России. 2017. №3. 57 с.
6. Глинский В.В., Серга, Л.К., Хван М.С. Оценка экологической безопасности муниципальных образований региона: система показателей, методика расчета, применение // Идеи и идеалы. 2015. Т. 2. № 4(26). С. 13-32.
7. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В. Геоэкологическая безопасность урбанизированных территорий: подходы и пути реализации // Геоэкология. 2019. №1. С. 17-23.
8. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Проблемы геоэкологической безопасности урбанизированных территорий // Геоэкология. 2018. №3. С. 18-26.
9. Кириллов С.Н., Матвеева А.А., Холоденко А.В., Половинкина Ю.С. Концепция разработки программы внедрения экологических индикаторов в систему регионального управления // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 11. Естественные науки. 2014. №1 (7). С. 1-10.
10. Прядко И.А. Экономический механизм обоснования экологической устойчивости развития городских территорий. Ростов н/Д.: Ростиздат, 2009. 144 с.
11. Растяпина О.А. Направления оценки градостроительной безопасности // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2015. Вып. 4(40). С. 1-7.
12. Рожков М.М. Индексы и индикаторы устойчивого развития как элемент качества жизни населения Российской Федерации // Экономика, статистика и информатика. 2015. №2. С. 113-117.
13. Хоружая Т.А. Оценка экологической опасности. М.: Книга сервис, 2002. 208 с.

## REFERENCES

1. Bezopasnost' Rossii. Pravovye, sotsial'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhicheskie aspekty [Safety of Russia. Legal, socio-economic, scientific and technical aspects]. Moscow, MGOF Znanie, 2015, 863 p. (in Russian)
2. Bobylev, S.N., Kudryavtseva, O.V., Solov'eva S.V. *Indikatory ustoichivogo razvitiya dlya gorodov* [Sustainable development indicators for cities]. *Ekonomika regiona*, 2014, no 3, pp. 101-109. (in Russian)

3. Bobilev, S.N. *Indikatory ustoichivogo razvitiya: regional'noe izmerenie. Posobie po regional'noi ekologicheskoi politike* [Indicators of sustainable development: the regional dimension. Guidebook on regional ecological policy]. Zakharov, V. M., Ed.-in-Chief. Moscow, Tsentr ekologicheskoi politiki Rossii, 2007, 60 p. (in Russian)
4. Belousova, A.P. *Indikatory ekologicheskoi bezopasnosti* [Indicators of ecological safety]. *Geoekologiya*, 2008, no 5, pp. 443-451. (in Russian)
5. *Byulleten' gorodov Rossii* [Bulletin of Russian cities]. 2017, no 3, 57 p. (in Russian)
6. Glinskii, V.V., Serga, L.K., Khvan, M.S. *Otsenka ekologicheskoi bezopasnosti munitsipal'nykh obrazovaniy regiona: sistema pokazatelei, metodika rascheta, primeneniye* [Assessment of environmental safety of municipalities in the region: system of indicators, calculation method and application]. *Idei i idealy*, 2015, vol. 2, no. 4(26), pp. 13-32. (in Russian)
7. Zaikanov, V.G., Minakova, T.B. Buldakova, E.V. *Geoekologicheskaya bezopasnost' urbanizirovannykh territoriy: podkhody i puti realizatsii* [Geoenvironmental safety of the urbanized territories: approaches and implementation]. *Geoekologiya*, 2019, no. 1, pp. 17-23.
8. Minakova, T.B., Zaikanov, V.G. *Problemy geoekologicheskoi bezopasnosti gorodskikh territoriy* [Problems of geoeological safety in urban territories]. *Geoekologiya*, 2018, no. 3, pp. 18-26. (in Russian)
9. Kirillov, S.N., Matveeva, A.A., Kholodenko, A.V., Polovinkina, Yu.S. *Kontseptsiya razrabotki programmy vnedreniya ekologicheskikh indikatorov v sistemu regional'nogo upravleniya* [The concept of development of the program on introducing ecological indicators in the regional management system]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.11, Estestvennye nauki*. 2014, no. 1(7), pp.1-10. (in Russian)
10. Pryadko, I.A. *Ekonomicheskii mekhanizm obosnovaniya ekologicheskoi ustoichivosti razvitiya gorodskikh territoriy* [Economic mechanism of substantiating the ecological sustainability of urban development]. Rostov-on-Don, Rostizdat, 2009, 144 p. (in Russian)
11. Rastyapina, O.A. *Napravleniya otsenki gradostroitel'noi bezopasnosti* [Directions of urban safety assessment]. *Internet-vestnik VolgGASU*, 2015, vol. 4(40), pp. 1-7. (in Russian)
12. Rozhkov, M.M. *Indeksy i indikatory ustoichivogo razvitiya kak element kachestva zhizni naseleniya Rossiiskoi Federatsii* [Indices and indicators of sustainable development as an element of the life quality of the population in the Russian Federation]. *Ekonomika, statistika i informatika*, 2015, no 2, pp. 113-117. (in Russian)
13. Khoruzhaya, T.A. *Otsenka ekologicheskoi opasnosti* [Environmental hazard assessment]. Moscow, Kniga servis, 2002, 208 p. (in Russian)

## INDICES AND INDICATORS OF GEOENVIRONMENTAL SAFETY FOR URBAN AREAS

© 2019 V. G. Zaikanov<sup>1,\*</sup>, T. B. Minakova<sup>1</sup>, E. V. Buldakova<sup>1</sup>, I. S. Savisko<sup>1</sup>

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

<sup>\*</sup>*E-mail: v.zaikanov@mail.ru*

The paper analyses the long-term international and domestic experience in the development and implementation of indicators and indices of sustainable development of regions, the quality of the urban environment and environmental safety. At present, there is no any commonly recognized integral environmental indicator. In Russia, indicators and indexes are developed mainly for regions, and to a lesser extent, for cities and urban districts. Widely used environmental indicators are insufficient and they do not cover the geoenvironmental indicators that are part of them and that are necessary for the comprehensive assessment of urban area safety. The conceptual approach to the evaluation of environmental hazards is presented. The development of the geoenvironmental safety index is complicated to a certain extent by the current lack of open-access information in the state statistics necessary for the calculation.

**Keywords:** *environmental and geoenvironmental safety, index of geoenvironmental safety, urban area.*

**DOI:** <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019494-101>