

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА
ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 504:502.64

ИНДЕКС ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДОВ РОССИИ:
КРИТЕРИИ, ПОКАЗАТЕЛИ, ОЦЕНКА

© 2022 г. Е. В. Булдакова^{1,*}, В. Г. Заиканов¹, Т. Б. Минакова¹, Ю. П. Прокопенко¹

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

*E-mail: e_buldakova@mail.ru

Поступила в редакцию 06.08.2022 г.

После доработки 30.08.2022 г.

Принята к публикации 12.09.2022 г.

В статье рассматривается методический подход к определению *Индекса геоэкологической безопасности* (ИГБ), реализованный на представительной выборке российских городов. Анализ существующих подходов и методик определения интегральных экологических индексов как в России, так и за рубежом показал отсутствие в них геоэкологических факторов, выраженных конкретными показателями или индикаторами. На основе оценки геоэкологической опасности 100 модельных городов России были обоснованы показатели и рассчитаны индикаторы, отражающие их геоэкологическое состояние, определены количественные значения ИГБ. Сравнение существующих экологических показателей для одних и тех же городов, входящих в информационно-аналитические системы России, показало несопоставимость балльных оценок и значительные различия в перечне учитываемых экологических параметров, в частности практическое отсутствие геоэкологических индикаторов. В целях повышения эффективности решения задач в области устойчивого развития урбанизированных территорий целесообразна интеграция данных ИГБ в существующие информационно-аналитические системы по оценке экологического состояния городов России.

Ключевые слова: геоэкологическая опасность/безопасность, индекс геоэкологической безопасности, индикатор геоэкологической безопасности, города России

DOI: 10.31857/S0869780922060029

ВВЕДЕНИЕ

Один из глобальных трендов развития городов в XXI в. — стремительная урбанизация в условиях меняющейся окружающей среды. Как отмечают эксперты ООН, урбанизация является мощным инструментом устойчивого развития, только в том случае, если ее процессы хорошо спланированы¹. В настоящее время в городах России, так же, как и в мире, наметилась устойчивая тенденция роста населения. Почти 75% населения нашей страны проживает в городах, из них $\frac{3}{4}$ сосредоточены в городах с населением более 100 тыс. человек. Для большинства городов характерны высокий уровень загрязнения воздуха и почв, снижение устойчивости геологической среды, изменение режима подземных вод, негативное воздействие физических полей и т.п. Поэтому одной из актуальных задач становится обеспечение комфортной и безопасной городской среды как основы дальнейшего устойчивого развития городов [8, 9, 11].

В России экологическая безопасность входит в число приоритетных направлений обеспечения национальной безопасности, что подтверждается реализацией различных программ и документов². В настоящее время при анализе экологической безопасности городских территорий практически рассматриваются только: загрязнение природных компонентов, обеспеченность водными ресурсами и сохранение биоразнообразия [1, 2, 5, 7–10]. Характеристики же устойчивости геологической среды и других геоэкологических факторов при планировании городской территории, проектировании и строительстве учитываются недостаточно. Отмечается неудовлетворительное состояние геологической среды во многих городах. Увеличение частоты проявления опасных геоэкологических процессов требует дальнейшего развития системы показателей и индикаторов для их

¹ <https://news.un.org/ru/story/2022/04/1422882>

² Указ Президента Российской Федерации о Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года. <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201704200016.pdf>

объективной оценки и учета при мониторинге современной экологической ситуации в городах.

В настоящее время часто используемыми инструментами определения качества городской среды, в том числе и экологического благополучия городов, являются разнообразные индексы, представляющие собой комплексные количественные показатели. В мировой практике используются различные индексы для оценки городов с социально-экономической, эколого-экономической, социально-экологической позиций (*Инициатива благополучия городов*)³ (City Prosperity Initiative), *Индекс глобальных городов*⁴ (Global Cities Index), *Индекс экологической эффективности*⁵ (Environmental Performance Index) и др. В России регулярно рассчитываются индексы и определяются рейтинги городов [1, 2, 9–11 и др.], частично отражающие экологические характеристики. Индексы позволяют сравнивать города между собой на глобальном, национальном и региональном уровнях и разрабатывать рекомендации по улучшению и управлению городским пространством.

Все эти индексы так или иначе затрагивают аспект оценки окружающей среды. В международных⁶ и национальных документах⁷ подчеркивается необходимость безопасного развития городской среды для улучшения качества жизни и комфортности проживания городского населения. Достижение этой цели возможно при уменьшении негативного экологического, в том числе геоэкологического воздействия на городскую среду.

Таким образом, цель существующих индексов – оценивать состояние городов в целом и сравнивать их между собой. Индексы служат информационной основой для принятия управленческих решений, в том числе по долгосрочному городскому планированию. Анализ структуры индикаторов позволяет понять, какие факторы окружающей среды наиболее остро нуждаются в изменении. Однако слишком часто отмечается, что существующие данные о состоянии городской среды недостаточно детализированы, документированы и согласованы, или они просто недоступны [1, 2, 5, 10].

Цель настоящего исследования – разработать методический подход к определению количественных значений *Индекса геоэкологической без-*

опасности (ИГБ) и реализовать его на модельной выборке городов России.

Основная задача исследований направлена на обоснование необходимости учета геоэкологических особенностей города при комплексной оценке его территории, которая представлялась бы индивидуальным индексом.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИНДЕКСА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Авторами предлагается рассматривать геоэкологическую безопасность городов как обратную величину геоэкологической опасности [6, 4]. Геоэкологические опасности подразделяются на два блока: природный и техногенный. Однако из-за тесного взаимодействия их составляющих в городах чаще всего выделяются природно-техногенные или геоэкологические процессы (опасности) [3]. В отличие от локальных природных процессов, приуроченных чаще всего к периферийным участкам незастроенной городской территории, многочисленные объекты техногенного воздействия на геологическую среду рассредоточены по всей городской территории. При этом основными исходными показателями для оценки геоэкологической безопасности являются площади поражения природными процессами, аварийными разливами и т.п.

Согласно принятому критерию оценки геоэкологической безопасности минимальный вероятный ущерб от последствий проявления негативных природно-техногенных процессов, степень геоэкологической опасности города определяется величиной потенциального ущерба. Привлечение стоимостных величин обеспечивает сопоставимость оценок как по отдельным индикаторам внутри одной группы, так и между группами. Переход к оценке ущербов на начальном уровне позволяет избежать несопоставимости измерения учитываемых геоэкологических факторов в различных физических единицах. Приведение получаемых величин оценки опасности к единице площади обеспечивает сопоставимость результатов оценки между городами. Последовательность определения ИГБ показана на рис. 1.

На первом этапе изучается территория города с целью выявления существующих и потенциально возможных опасных геоэкологических процессов. Проводится систематизация информации по группам, определяемым по признакам генезиса и ожидаемых видов последствий, уточняется набор собираемых показателей, источники их получения. Организуется сбор необходимой информации. Оценивается ее достаточность для осуществления необходимых расчетов по группам для определения видов и значений частных инди-

³ <https://unhabitat.org/programme/city-prosperity-initiative>

⁴ <https://www.kearney.com/global-cities/2021>

⁵ <https://epi.yale.eduhttps://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/>

⁶ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/>

⁷ <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102430636>

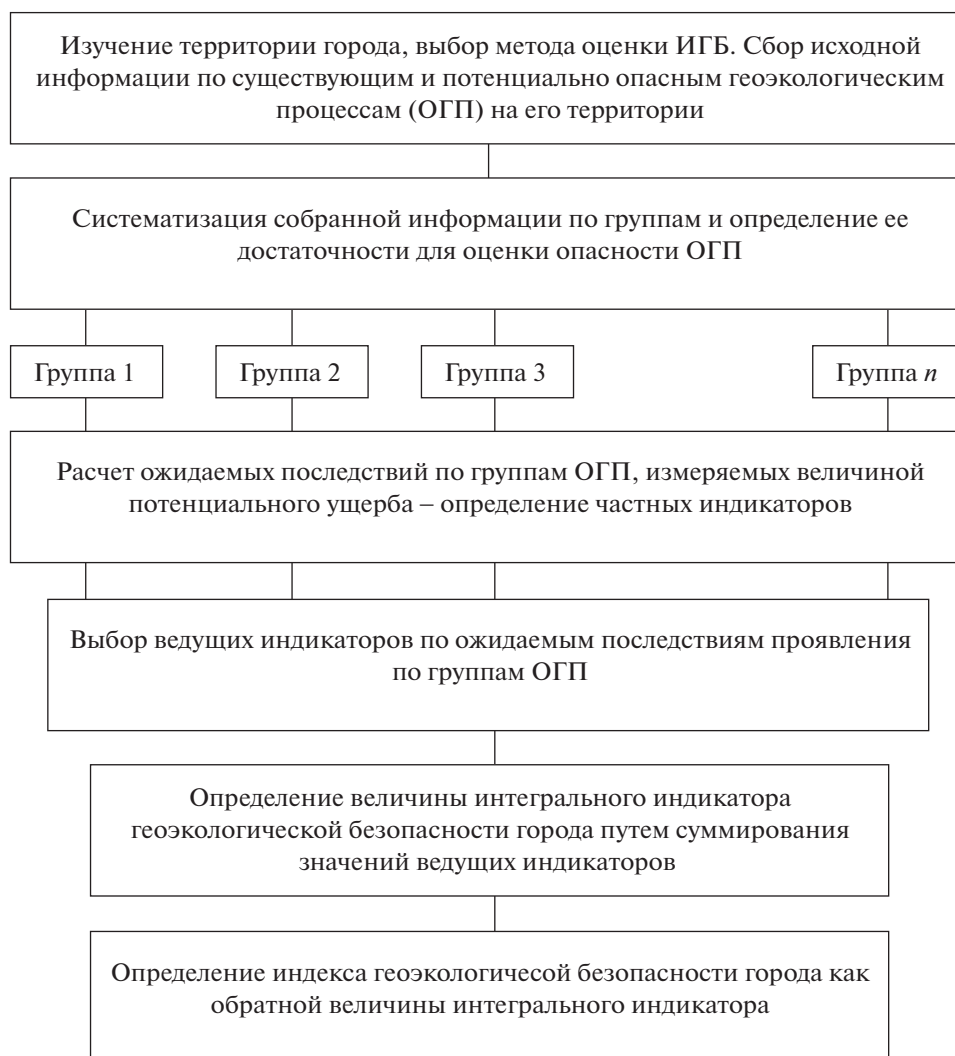


Рис. 1. Алгоритм определения Индекса геоэкологической безопасности города.

каторов. Под индикатором понимается *показатель, отражающий ожидаемые негативные изменения состояния городской среды при проявлении геоэкологических процессов, измеряемые величиной потенциального ущерба*. По своей сути индикатор – обоснованный количественный показатель – мера для сопоставления фактического состояния городской территории с планируемым уровнем безопасности (допустимый уровень ущерба/затраты на соответствующие природоохранные мероприятия).

Значения частных индикаторов рассчитываются на основе первичных данных о современном состоянии или возможном изменении геоэкологических условий на территории города. В итоге частные индикаторы позволяют судить об опасности отдельных геоэкологических процессов. Из их числа выбираются ведущие индикаторы, набор которых должен обеспечить достаточ-

ность определения индекса. Правильный выбор ведущих геоэкологических индикаторов обеспечивает повышение эффективности принимаемых решений в сфере развития и планирования городской среды.

Сумма значений ведущих индикаторов – *интегральный индикатор*, является основой для определения ИГБ. Отнесенное к площади города интегральное значение геоэкологического индикатора позволяет сопоставлять города между собой по уровню геоэкологической опасности, а частные индикаторы – определять их геоэкологические проблемы.

Анализ различных методик расчетов индексов [2, 7, 8, 10, 11] показал, что, как правило, они измеряются в баллах. Индекс может быть представлен суммой баллов в несколько сотен, или 100-балльной шкалой, например, как в экологи-

ческом рейтинге регионов России⁸, но чаще всего 10-балльной шкалой. Обычно они рассчитываются по некоторому количеству различных индикаторов, измеряемых в собственных физических единицах, что затрудняет сопоставление городов между собой. При этом каждый индикатор оценивается по 10-балльной шкале. Такая оценка может определяться разницей между максимумом и минимумом абсолютных значений в массиве данных, разделенном на 10 равных отрезков шкалы для каждого балла, и таким образом определяется фиксированное абсолютное значение⁹.

Особенность ИГБ заключается в многообразии и сложности взаимосвязей природных и техногенных процессов, и зачастую в одновременном их проявлении на одной и той же территории. Использование стоимостных величин на всех этапах расчетов индикаторов обеспечивает их сопоставимость и, в итоге, обоснованность ИГБ.

Для расчета индекса города значения интегрального индикатора (B_{yg}) приводятся к безразмерной величине. В случае, когда расчет показателей индекса осуществляется по неоднородной выборке в силу существенных природных и социально-экономических различий городов, целесообразно принимать во внимание среднее значение, рассчитываемое с учетом квадратического отклонения от арифметической середины значений ущерба по всей выборке. Тогда величина ИГБ, принимаемая за обратную величину ожидаемых последствий проявления опасных геоэкологических процессов, рассчитывается по формуле:

$$I_g^{\text{игб}} = \frac{1}{(B_{yg}/B_y^k)}, \quad (1)$$

где $I_g^{\text{игб}}$ – индекс g -го города, B_{yg} , B_y^k – соответственно, удельное значение геоэкологического ущерба g -го города и ущерба с учетом его квадратического отклонения от среднеарифметического значения по всей выборке городов.

Для многофакторной и объективной оценки ИГБ необходима достоверная количественная информация, но в настоящее время существующая открытая статистическая база явно недостаточна. Основными источниками информации для формирования БД по городам и последующей оценки ИГБ служат данные государственной статистики (Росстат, Росреестр) и сведения, раз-

мещенные на сайтах администраций муниципальных образований.

К числу основных показателей для оценки возможных последствий проявления природных процессов относится пораженная ими площадь в городах, информация о которой зачастую не отражается в официальной статистике. Такие сведения должны содержаться в данных геологических мониторингов (действуют не во всех городах), генпланах (разделы “Геологические условия”, “Инженерная подготовка территории”, “ЧС” и др.), экологических отчетах муниципальных образований (как правило, отсутствуют) и др. Систематизированная база подобных данных пока отсутствует, поэтому в практических расчетах целесообразно использовались результаты экспертных оценок, материалы собственных полевых исследований.

АПРОБАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ИГБ

Объектами настоящего исследования являются территории городов. Выборка представлена 100 городами РФ с населением свыше 100 тыс. человек, расположенных в 71 субъекте в 8 федеральных округах. Общая численность населения городов выборки составляет 43% от городского населения страны. Выбранные города находятся в неодинаковых природно-климатических условиях, характеризуются различными социально-экономическими и экологическими, в том числе и геоэкологическими особенностями.

Определение ИГБ для модельных городов осуществлялось на основе интегрального индикатора, представляющего собой сумму ведущих индикаторов по четырем группам опасных геоэкологических процессов (ОГП): активизация природных процессов и загрязнение почв в зависимости от источников загрязняющих веществ (ЗВ): выбросы стационарных источников, временное размещение промышленных и коммунальных отходов, аварии на опасных объектах (табл. 1).

Общее число необходимых исходных показателей для оценки геоэкологической опасности города, учитывая разнообразие возможных видов последствий, составило порядка 400. Показатели могут быть расчетными (площадь загрязнения, площадь СЗЗ и др.) или нормативными (коэффициенты: категория и класс опасности, вероятность события, уязвимость территории) величинами.

Оценка ущерба от возможного негативного воздействия геологических процессов рассматривалась ранее в статье [5].

Для определения ущерба от загрязнения почв выбросами ЗВ необходимы данные об их объемах, классе опасности и категории опасности

⁸ Национальный экологический рейтинг городов России: <https://greenpatrol.ru/ru/stranica-dlya-obshego-reytinga/ekologicheskij-reyting-subektov-rf?tid=453>

⁹ Распоряжение Правительства РФ от 23.03.2019 № 510-р (ред. от 30.12.2020) Об утверждении Методики формирования индекса качества городской среды https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_320

Таблица 1. Показатели и индикаторы ИГБ

Показатель	Индикатор
1. Группа природных процессов, активизируемых хозяйственной деятельностью	
Площадь процесса, га Коэффициент уязвимости территории Вероятность проявления процесса Удельный нормативный ущерб для каждого процесса, тыс. руб./га	Геоэкологическая опасность (удельное значение суммы ущербов по городу) при проявлении группы природных процессов, тыс. руб./га
2. Группа загрязнения почв выбросами от стационарных источников	
Площадь промплощадки стационарного источника токсичных выбросов, га Площадь СЗЗ источника, га Радиус распространения ЗВ, км Объем выбросов ЗВ в атмосферу с учетом класса опасности, т Нормативный ущерб загрязненных почв промышленным предприятием, тыс. руб./га	Площадь почв, загрязненных токсикантами, в городе, га Геоэкологическая опасность (удельное значение суммы ущербов по городу) от выбросов ЗВ в атмосферу промышленными предприятиями, тыс. руб./га
3. Группа загрязнения почв от наземных опасных объектов	
Площадь складирования промышленных отходов с учетом класса опасности, га Нормативный ущерб промышленных отходов, тыс. руб./га Площадь полигонов ТКО, га Нормативный ущерб ТКО, тыс. руб./га Площадь прочих опасных объектов, га Нормативный ущерб для соответствующих видов объектов, тыс. руб./га	Геоэкологическая опасность (удельное значение суммы ущербов от наземных опасных объектов по предприятиям и отраслям по городу), ТКО и др., тыс. руб./га
4. Группа загрязнения почв от потенциально аварийных объектов	
Количество потенциально аварийных объектов в городе, шт. Вероятность проявления аварии Нормативный ущерб, тыс. руб./авария	Геоэкологическая опасность (удельное значение суммы ущербов от аварийных объектов по городу), тыс. руб./га
Интегральный индикатор геоэкологической опасности (удельное значение суммы ущербов по четырем группам ОГП в городе), тыс. руб./га	

предприятия. В соответствии с законодательными актами площадь загрязнения почв выбросами нормативно соответствует площади санитарно-защитной зоны (СЗЗ). Токсичные промышленные отходы, как правило, временно размещаются на территории самого предприятия. Поэтому для расчетов необходимы сведения о площадях самого объекта и его СЗЗ. Кроме того, должна проводиться корректировка нормативного радиуса распространения выбросов ЗВ в соответствии с данными экологического мониторинга предприятий.

Полученные в результате расчетов индивидуальные значения ИГБ для городов по ф. (1) приводятся к 10-балльной шкале. Среднее значение ИГБ для всей выборки оценивается в 3.3 балла, чуть более 60% городов получили оценку ниже 5 баллов.

На следующем этапе было проведено ранжирование индивидуальных показателей ИГБ городов в баллах по 5 уровням геоэкологической безопасности: <0.75 – максимально опасный, 0.76–1.50 – опасный, 1.51–3.00 – минимально опасный, 3.01–6.00 – минимально безопасный, более 6.01 – безопасный.

Значения <0.75 баллов характерны, главным образом, для городов – центров горнодобывающей и металлургической промышленности. Самый низкий показатель ИГБ (0.15 баллов) определен для Старого Оскола из-за повышенной техногенной нагрузки (Стойленский карьер, ОЭМК, хвостохранилища и др.), сопровождающейся активизацией негативных природных процессов (депресссионная воронка, сезонное затопление территории и т.п.). Лидирующая позиция Мурманска (10 баллов) обусловлена геологическим

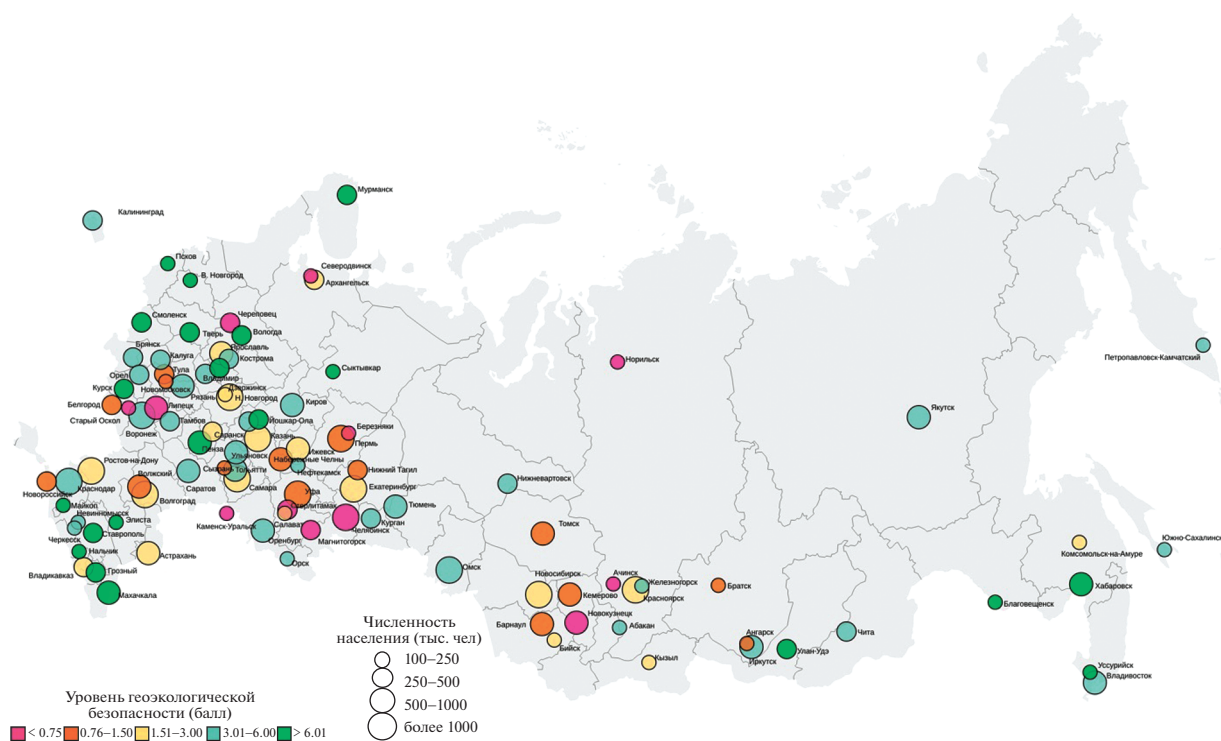


Рис. 2. Результаты оценки геоэкологической безопасности модельных городов России.

строением и спецификой горных пород, на которых слабо развиваются учитываемые в расчетах негативные природные процессы, на фоне относительно слабой техногенной нагрузки.

На рис. 2 представлено пространственное распределение значений ИГБ. По результатам расчетов, каждый пятый из выборки город может быть отнесен к группе геоэкологических безопасных. Половина городов выборки находится в переходной стадии от категории минимально опасных к категории минимально безопасных городов, среди них более 60% соответствуют категории минимально безопасных.

Отсутствие городов, относящихся к группе “максимально опасных” по уровню геоэкологической безопасности, характерно для Северо-Кавказского, Дальневосточного и Южного федеральных округов. Так, в Северо-Кавказском федеральном округе преобладают “безопасные” города, их доля здесь превышает 70% при среднем балле 5.2. Это может быть связано с относительно комфортными природными условиями и исторической экономической специализацией городов.

Для Уральского и Сибирского федеральных округов, напротив, типичны малочисленность группы “безопасных” городов (соответственно 25 и 13%) и лидерство по числу городов в группе “максимально опасных” при среднем значении ИГБ ниже среднего по всей выборке. Это объяс-

няется, с одной стороны, сложностью природных условий, а с другой — “накопленным экологическим следом” от воздействия многочисленных промышленных предприятий. В Северо-Западном федеральном округе города в основном распределены по двум контрастным группам: “максимально опасные” и “безопасные”. Это может быть связано с сильным различием в экономической специализации городов этого округа. Так, Псков, Великий Новгород и Вологда являются туристическими центрами, тогда как Северодвинск и Череповец — крупные промышленные центры (рис. 3).

Прослеживается также зависимость ИГБ от природных факторов. Именно природными особенностями обусловлено развитие ОГП в городах. Рассматриваемые города весьма разнообразны по геолого-геоморфологическим условиям, определяющим уязвимость территории, под которой понимается способность природно-техногенных систем к самовосстановлению после ограниченного по времени воздействия опасного процесса. Баллы уязвимости определялись экспертным путем. В результате локально уязвими оказались города Дальнего Востока и Европейского Севера. Тем не менее большую часть городов выборки (95%) по степени уязвимости их территории от ОГП можно считать безопасными или минимально безопасными. Совместный ана-

	Средний индекс геоэкологической безопасности (балл)	Доля геоэкологически безопасных городов, %	Количество городов выборки, шт
Северо-Кавказский	5.2	71	7
Центральный	4	61	18
Южный	3.2	38	8
Приволжский	3.2	35	23
Северо-Западный	3.5	30	10
Дальневосточный	2.9	30	10
Уральский	2.2	25	8
Сибирский	2	13	16

Рис. 3. Распределение средних значений ИГБ и доли городов выборки с благоприятным геоэкологическим состоянием по федеральным округам.

лиз полученных значений ИГБ городов, в свою очередь включающих оценку ОГП, с оценкой уязвимости их территорий от природных процессов показал, что около 85% городов выборки относятся к группе “безопасных”. Значит, для большинства городов выборки по степени природной безопасности и с учетом уязвимости территории характерен высокий уровень безопасности и, как следствие, — качества жизни. Таким образом, выполненный анализ подтвердил предположение, что ИГБ напрямую связан не только с социально-экономическими характеристиками города, но и с особенностями его природных условий, влияющих на безопасное проживание человека.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ ГОРОДОВ И ИНДЕКС ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В последнее время ежегодно проводятся рейтинги городов по их экологическому состоянию, комфортности проживания и т.д., выражаемые соответствующими индексами, рассчитываемыми по различным методикам и индикаторам [2, 7–10]. С целью повышения эффективности планирования городов и обоснования необходимости учета ИГБ в существующих информационно-аналитических системах оценки городской среды были проанализированы методики определения опубликованных экологических индексов и рейтингов городов России.

*Индекс качества жизни*¹⁰ рассчитывается на основании значений более 200 показателей по 18 направлениям для 115 городов России. При этом используется международный опыт, в частности Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), включающий оценку достижения городами целей устойчивого развития и показателей индексов лучшей жизни и благополучия. Одним из направлений этих исследований

является “Хорошая экология и развитая система обращения с отходами в городе”. В направлении “Экология” учитываются 29 показателей оценки качества жизни: уровень загрязнения воздуха, изменение площади лесного покрова, качество питьевой воды, доля ТКО и т.п.

*Индекс качества городской среды*¹¹ — показатель оценки качества материальной городской среды и условий ее формирования. Он разрабатывается Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ и используется в реализации положений Указа Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474 “О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года” и национального проекта “Жилье и городская среда”. Например, с помощью этого индекса идет определение размеров субсидий из федерального бюджета субъектам РФ на поддержку государственных и муниципальных программ формирования современной городской среды.

Этот индекс рассчитывается на основе оценки шести типов пространств (жилье, улично-дорожная сеть, озеленение и пр.) в соответствии с шестью критериями (безопасность, экологичность, и др.) качества городской среды. Из общей матрицы, оценивающей 36 индикаторов, анализировались только те, которые относились к экологическим характеристикам (доля ТКО, доля озеленения и уровень его состояния, качество питьевой воды и т.д.).

*Экологический рейтинг городов России*¹² составлен по данным опроса более 90 тыс. жителей 200 городов России в 2019 г. Жители городов оценивали состояние своих городов по 11 критериям, один из которых — экологическое состояние го-

¹⁰Индекс качества жизни. <https://citylifeindex.ru/>

¹¹Индекс качества городской среды <https://индекс-городов.рф/#/methodology>

¹²Экологический рейтинг 200 городов России. https://www.domofond.ru/statya/ekologicheskij_reyting_200_gorodov_rossii_za_2019_god/100219

рода, определяемое только двумя показателями: озеленение и состояние воздуха по 10-балльной шкале. В итоге средняя оценка экологической обстановки в городах, по мнению местных жителей, составила 6.6 баллов.

Рассмотренные выше индексы нацелены, главным образом, на отражение степени комфортности городов для их жителей, и не один из них не рассматривает городскую территорию с позиций оценки ее геоэкологической безопасности. Экологические индексы, косвенно отражающие безопасность городов, практически не учитывают возможную угрозу со стороны опасных геоэкологических процессов.

При сравнении балльных оценок индексов и экологического рейтинга между собой было выявлено, что практически во всех модельных городах по мнению местных жителей уровень экологического благополучия выше индекса качества городской среды, в некоторых городах более, чем на 4 балла, что свидетельствует об удовлетворенности местных жителей экологической обстановкой их городов. Скорее всего, это обусловлено субъективностью и недостаточной информированностью жителей и органов местной власти о реальном геоэкологическом состоянии городского пространства. Поэтому отражаемое таким образом экологическое состояние городов из-за недоучета геоэкологических факторов может быть существенно хуже.

При сравнении балльных оценок всех индексов отмечается, что большинство городов имеет ИГБ ниже экологических индексов. Очевидно, в рассмотренных выше информационно-аналитических системах не учитываются: уязвимость городской территории от опасных природных процессов, потенциальный ущерб от их проявления и проявления техногенных процессов, площади загрязненных городских почв и др., т.е. то, что определяет экологическую, включая геоэкологическую безопасность городов. Поэтому учет ИГБ при оценке экологического состояния города ухудшит показатели – чем ниже балл ИГБ, тем хуже качество городской среды.

Отличие ИГБ от других индексов заключается в многообразии и сложности взаимосвязей природных и техногенных процессов, зачастую в одновременном их проявлении на одной и той же территории. Кроме того, в отличие от показателей в рассмотренных информационно-аналитических системах, измеряемых в собственных физических единицах, переводимых в баллы, использование при определении ИГБ стоимостных величин на всех этапах расчетов индикаторов обеспечивает их сопоставимость и в итоге обоснованность оценки индекса.

Проведенный анализ индексов выявил различия в перечне экологических параметров, прак-

тическое отсутствие геоэкологических показателей и, как следствие, невозможность комплексной оценки общей экологической безопасности городских пространств. Таким образом, объективное сравнение городов РФ по экологическим индексам и рейтингам возможно лишь при разработке единого набора показателей и учете в их числе геоэкологических факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан методический подход к определению Индекса геоэкологической безопасности города, позволяющий корректировать экологические рейтинги городов. На примере представительной выборки модельных городов показаны его действенность и оригинальность выбора в качестве основы для расчета ИГБ – интегрального индикатора, оцениваемого по критерию минимального потенциального ущерба от опасных геоэкологических процессов.

Результаты расчета ИГБ показали, что только каждый пятый город выборки по состоянию в настоящее время можно отнести к геоэкологически безопасным. В то же время, учитывая преобладание в выборке городов с максимальной техногенной нагрузкой (города-субъекты РФ не рассматривались), а также учитывая, что около 50% городов находятся в переходной стадии от категории минимально опасных к категории минимально безопасных, с позиций геоэкологической оценки можно сделать вывод о преобладании в России безопасных городов.

ИГБ можно использовать для ранжирования городов и их сравнения по уровню геоэкологической безопасности в единой системе показателей.

Перечень предложенных показателей и индикаторов геоэкологической безопасности представляют собой открытую систему, которую можно совершенствовать и дополнять новыми показателями.

Использование ИГБ потребует расширить и узаконить доступный перечень статистических показателей на уровне отдельных городов, что в свою очередь будет способствовать стимулированию получения и анализа более полной информации о состоянии городской среды.

Результаты анализа существующих в открытом доступе различных экологических оценок, выраженных комплексными индексами или экологическими рейтингами городов России, показали низкую сопоставимость этих значений между собой и с рассчитанными значениями ИГБ.

Выполненный анализ подтвердил необходимость дальнейшего развития существующих комплексных индексов и рейтингов по оценке городского пространства, повышение их информативности и доступности данных, обеспечивающих

объективную экологическую, в том числе геоэкологическую оценку городов. Следовательно, интеграция ИГБ в существующие информационно-аналитические системы позволит расширить доступный перечень статистических показателей на уровне отдельных городов, это в свою очередь приведет к повышению эффективности решения экологических проблем при планировании и проектировании городов.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГЭ РАН по теме НИР № г.р. 122022400104-2 “Техногенез и природа: геоэкологические проблемы”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арустамов Э.А. Рейтинги и критерии оценки экологического состояния городов и регионов России // *Науковедение*. 2017. Т. 9. № 4. <http://naukovedenie.ru/PDF/41EYN417.pdf> (дата обращения: 21.07.2022).
2. Бобылев Н.Г., Гадаль С., Коновалова М.О., Сергунин А.А. и др. Ранжирование регионов арктической зоны Российской Федерации по индексу экологической безопасности // *Север и Рынок: формирование экономического порядка*. 2020. № 3 (69). С. 17–40. <https://doi.org/10.37614/2220-802X.2.2020.69.002>
3. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В. Природно-техногенные геоэкологические опасности в городе: формирование, динамика, воздействие // *Геоэкология*. 2021. № 5. С. 45–59. <https://doi.org/10.31857/S086978092105009X>
4. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б., Булдакова Е.В. Геоэкологические процессы в городе и оценка их опасности // *Геоэкология*. 2022. № 3. С. 82–96. <https://doi.org/10.31857/S0869780922030109>
5. Минакова Т.Б., Заиканов В.Г., Булдакова Е.В. Геоэкологический след в городах России: подходы, оценки, результаты // *Геоэкология*. 2020. № 6. С. 83–94. <https://doi.org/10.31857/S0869780920060065>
6. Минакова Т.Б., Заиканов В.Г., Булдакова Е.В. Подход к оценке загрязнения почвенного компонента природно-техногенных систем для геоэкологической безопасности города // *Геоэкология*. 2021. № 6. С. 89–96. <https://doi.org/10.31857/S0869780921060060>
7. Павликова О.В., Ферару Г.С. Методология определения экологических возможностей устойчивого развития региона // *Экономика. Информатика*. 2012. № 1 (120). С. 42–50.
8. Рейтинг устойчивого развития городов России, 2020. Вып. 8. <https://www.agencysgm.com/upload/iblock/513/51385c0f0ec17be0a989b7f371e928ca.pdf>
9. Рожков М.М. Индексы и индикаторы устойчивого развития как элемент качества жизни населения Российской Федерации // *Экономика, статистика и информатика*. 2015. № 2. С. 113–117.
10. Тронин А.А. Ранжирование регионов России по уровню экологической безопасности // *Региональная экология*. 2019. № 1 (55). С. 5–12. <https://doi.org/10.30694/1026-5600-2019-1-5-12>
11. Michalina D., Mederly P., Diefenbacher H., Held B. Sustainable Urban Development: A Review of Urban Sustainability Indicator Frameworks. *Sustainability*. 2021; 13 (16): 9348. <https://doi.org/10.3390/su13169348>

GEOENVIRONMENTAL SAFETY INDEX OF RUSSIAN CITIES: CRITERIA, INDICATORS AND ASSESSMENT

E. V. Buldakova^{a, #}, V. G. Zaikanov^a, T. B. Minakova^a, and Yu. P. Prokopenko^a

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

[#] *E-mail: e_buldakova@mail.ru*

The article discusses a methodological approach to determining the Geoenvironmental Safety Index (GSI) tested at a representative sampling of Russian cities. The analysis of existing approaches and methods for determining integral environmental indices both in Russia and abroad showed the absence of geoenvironmental factors expressed in specific indicators. The parameters were substantiated that reflect urban geoenvironmental status based on the of geoenvironmental hazard assessment for 100 Russian cities tested, and the quantitative values of GSI were calculated. A comparison of environmental indices currently used in the Russian information and analytical systems pointed to significant differences in the list of environmental parameters accounted for, in particular, the practical absence of geoenvironmental indicators or characteristics and the disparity of the scores obtained in these systems for the same cities. To solve the problems in sustainable urban development more efficiently, it is necessary to integrate IGB data into existing information and analytical systems for assessing the ecological state of Russian cities.

Keywords: *geoenvironmental hazard/safety, index of geoenvironmental safety, geoenvironmental safety indicator, Russian cities*

REFERENCES

1. Arustamov, E.A. *Reitingi i kriterii otsenki ekologicheskogo sostoyaniya gorodov i regionov Rossii* [Ratings and criteria for assessing the ecological status of cities and regions of Russia]. *Naukovedenie*, 2017, vol. 9, no 4. <http://naukovedenie.ru/PDF/41EVN417.pdf> (accessed: 21.07.2022). (in Russian)
2. Bobylev, N.G., Gadal, S., Konovalova, M.O. et al. *Ranzhirovanie regionov Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii po indeksu ekologicheskoi bezopasnosti* [Regional ranking of the Russian Arctic zone by the environmental safety index]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka*, 2020, 69 (3), pp. 17–40. (in Russian)
3. Zaikanov, V.G., Minakova, T.B., Buldakova, E.V. *Prirodno-tekhnogennye geoekologicheskie opasnosti v gorode: formirovanie, dinamika, vozdeistvie* [Natural and technogenic-geoecological hazards in the city: formation, dynamics, impact]. *Geoekologiya*, 2021, no. 5, pp. 45–59. (in Russian)
4. Zaikanov, V.G., Minakova, T.B., Buldakova, E.V. *Geoekologicheskie protsessy v gorode i otsenka ikh opasnosti* [Geoenvironmental processes in the city and assessment of their hazard]. *Geoekologiya*, 2022, no. 3, pp. 82–96. (in Russian)
5. Minakova, T.B., Zaikanov, V.G., Buldakova, E.V. *Geoekologicheskii sled v gorodakh Rossii: podkhody, otsenki, rezul'taty* [Geoecological footprint in Russian cities: approaches, assessments, and results]. *Geoekologiya*, 2020, no. 6, pp. 83–94. (in Russian)
6. Minakova, T.B., Zaikanov, V.G., Buldakova, E.V. *Podkhod k otsenke zagryazneniya pochvennogo komponenta prirodno-tekhnogennykh system dlya geoekologicheskoi bezopasnosti goroda* [The approach to assessing pollution of soil component in natural-anthropogenic systems for urban geoenvironmental safety]. *Geoekologiya*, 2021, no. 6, pp. 89–96. (in Russian)
7. Pavlikova, O.V., Feraru, G.S. *Metodologiya opredeleniya ekologicheskikh vozmozhnostei ustoichivogo razvitiya regiona* [Methodology for determining environmental opportunities for sustainable development of the region]. *Ekonomika. Informatika*, 2012, no. 1 (120), pp. 42–50. (in Russian)
8. Rating of sustainable development of Russian cities, 2020. <https://www.agencysgm.com/upload/iblock/513/51385c0f0ec17be0a989b7f371e928ca.pdf> (accessed: 07/29/2022). (in Russian)
9. 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 Russian Federation population]. *Ekonomika, statistika i informatika*. 2015, no. 2, pp. 113–117. (in Russian)
10. Tronin, A.A. *Ranzhirovanie regionov Rossii po urovnyu ekologicheskoi bezopasnosti* [Ranking of Russian regions by the environmental safety level]. *Regional'naya ekologiya*, 2019, no. 1 (55), pp. 5–12. <https://doi.org/10.30694/1026-5600-2019-1-5-12>. (in Russian)
11. Michalina, D., Mederly, P., Diefenbacher, H., Held, B. Sustainable urban development: a review of urban sustainability indicator frameworks. *Sustainability*, 2021, no. 13 (16), p. 9348. <https://doi.org/10.3390/su13169348>.