

С.Б. КУЗЬМИНИнститут географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, sergey_kuzmin1966@mail.ru**ГЛОБАЛЬНЫЙ ИНДЕКС РИСКА СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ
ДЛЯ АНАЛИЗА МНОЖЕСТВЕННЫХ РИСКОВ В МЕНЯЮЩЕМСЯ КЛИМАТЕ ЗЕМЛИ**

Определена актуальность и необходимость глобального подхода к оценке риска стихийных бедствий. Он становится в последние годы все более очевидным для общества, ученых, структур управления, бизнеса, политиков. Показано, что различные опасные природные (землетрясения, цунами, ураганы, наводнения) и антропогенные (промышленные аварии, загрязнение и деградация ландшафтов, истощение природных ресурсов) процессы постоянно угрожают миллионам людей во всем мире. Данные процессы сильно отличаются друг от друга, но подвергающиеся их воздействию активы в основном одни и те же: население, экономика, территории, экосистемы, инфраструктура, окружающая среда. Сделан вывод о том, что результаты воздействия на них следует рассматривать как динамический процесс, примерами которого являются быстрая урбанизация, депопуляция сельских районов, изменения, связанные с фактической эволюцией самих поселений, снижение качества жизни и др. В этом аспекте главная задача исследователей состоит в том, чтобы найти инновационные, по возможности наиболее простые и эффективные, методы сбора, организации, хранения и передачи данных о таких воздействиях, учитывая присущую им пространственно-временную динамику. Цель настоящей статьи представляет собой анализ проблем реализации модели воздействия в глобальном масштабе, подходящей для различных природных опасностей в рамках динамической и масштабируемой структуры, на основе метода оценки глобального индекса риска для стран мира. Составляется дорожная карта для использования глобальной модели воздействия, которая будет постоянно развиваться с течением времени за счет ввода и обновления данных, включая рассмотрение неопределенностей. Установлено, что такая модель заложит основу для глобальной оценки уязвимости и рисков от стихийных бедствий, предоставляя надежную стандартизированную информацию об активах и субъектах, подверженных воздействию различных природных опасностей.

Ключевые слова: опасные природные процессы, природные катастрофы, риск, мультириск, изменения природной среды, страны мира.

S.B. KUZMINV.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, sergey_kuzmin1966@mail.ru**GLOBAL DISASTER RISK INDEX FOR ANALYZING MULTIPLE RISKS
IN THE EARTH'S CHANGING CLIMATE**

The relevance and necessity of a global approach to natural disaster risk assessment are determined. In recent years, it has become increasingly obvious to society, scientists, management structures, businesses, and politicians. It has been shown that various dangerous natural (earthquakes, tsunamis, hurricanes, floods) and anthropogenic (industrial accidents, pollution and degradation of landscapes, depletion of natural resources) processes constantly threaten millions of people around the world. These processes differ greatly from each other, but the assets exposed to their impact are basically the same: population, economy, territories, ecosystems, infrastructure, and the environment. It is concluded that the results of the impact on them should be considered as a dynamic process, examples of which are rapid urbanization, rural depopulation, changes associated with the actual evolution of settlements themselves, declining quality of life, etc. In this aspect, the main task for researchers is to find innovative, as simple and effective methods as possible for collecting, organizing, storing and transmitting data on such impacts, taking into account their inherent spatio-temporal dynamics. The objective of this article is to analyze the challenges of implementing an impact model on a global scale, suitable for various natural hazards within a dynamic and scalable framework, based on the method of estimating the global risk index for countries of the world. A roadmap is being developed for the use of the global impact model that will continually evolve over time through input and updating of data, including consideration of uncertainties. It is established that such a model will form the basis for a global assessment of vulnerability and risks from natural disasters, providing reliable standardized information on assets and entities exposed to various natural hazards.

Keywords: hazardous natural processes, natural disasters, risk, multi-risk, changes in the natural environment, countries of the world.

ВВЕДЕНИЕ

Спрос на информацию о риске стихийных бедствий, ее оценку и использование в последние годы неуклонно растет. Такая информация имеет решающее значение для заинтересованных сторон в общественных, административных и бизнес-системах, которые работают в области снижения риска бедствий, пространственного территориального планирования экономики, страхования и перестрахования. В глобальном масштабе по странам мира такие оценки риска имеют место, актуальны и требуют внимания [1–3]. Большое значение оценка рисков стихийных бедствий имеет для модернизации и воплощения в жизнь концепции устойчивого развития [4].

В мире накоплен достаточный опыт по разработке методик оценки риска стихийных бедствий. Рассмотрим один такой, относительно новый, подход, который позволяет сравнивать страны в глобальном масштабе [5]. Он получил название «глобальный индекс риска от стихийных бедствий» (ГИРСБ). Концепция ГИРСБ рассматривает риск как взаимодействие природных опасностей и уязвимости, подвергающихся воздействию элементов хозяйственной и социально-бытовой инфраструктуры, жизни и здоровья человека. Уязвимость оценивается по нескольким показателям, которые описывают подверженность опасным природным процессам (ОПП), таким как землетрясения, оползни, циклоны, наводнения, засухи, повышение уровня моря, эпидемии и др. Она состоит из восприимчивости к стихийным бедствиям, способности справляться с трудностями и способности к адаптации. ГИРСБ характеризует риск и уязвимость с использованием природных, социальных, экономических, медицинских и экологических факторов, а также вопросов управления для сравнения уровней риска и уязвимости в национальном и глобальном масштабах.

Все современные множественные риски, или мультириски, связаны с глобальными изменениями климата, обусловленными природными и антропогенными факторами [6]. Природные включают потепление и иссушение климата планеты и, как результат, активизацию ОПП как по масштабу, так и по силе: волны тепла и холода, засухи, оползни и наводнения, землетрясения и цунами, ураганы и торнадо, таяние покровных ледников, вечномерзлых горных пород, повышение уровня Мирового океана и затопление прибрежных районов, высвобождение из мерзлых грунтов и возврат в биогеохимический цикл болезнетворных микроорганизмов, иммунитет к которым у человека давно потерян или вовсе отсутствовал, что чревато мощными пандемиями, и т. п. Антропогенные факторы включают деградацию природных ландшафтов, экосистем, видов биоты. Прежде всего, это загрязнение атмосферного воздуха, воды и почвы; физическое изъятие питьевой воды и истощение пахотных земель, вырубка лесов, снижение биоразнообразия и т. д. В результате понижается общий природно-ресурсный потенциал, растут голод и нищета, которые провоцируют вооруженные конфликты и государственные перевороты, увеличиваются неконтролируемые миграционные потоки, возрастает риск терроризма, сепаратизма и геноцида, киберугроз и т. д.

На Всемирном экономическом форуме в Давосе в 2024 г. констатировали, что в течение следующих 10 лет наиболее серьезными рисками будут: экстремальные погодные явления, критические изменения в природных системах, потеря биоразнообразия и коллапс экосистем, недостаток природных ресурсов, загрязнение окружающей среды [7]. Все эти риски связаны с изменениями климата. На ВЭФ-2024 были глубоко обеспокоены тем, что многие страны могут не выполнить свои обязательства к 2030 г. в рамках Куньминско-Монреальской глобальной рамочной программы по сохранению биоразнообразия, Парижского соглашения и Целей устойчивого развития ООН.

ГЛОБАЛЬНЫЙ ИНДЕКС РИСКА СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

В последнее время большое внимание уделяется разработке инструментов для оценки риска от стихийных бедствий, уязвимости или устойчивости сообществ к ОПП. Особое внимание сосредоточено на разработке составных индексов для количественной оценки этих концепций, отражающих их применение в других областях, например, устойчивое развитие или бизнес-менеджмент. В результате обнаруживается существенное разнообразие в методах построения комплексных показателей риска, уязвимости и устойчивости. В основном используются иерархические или дедуктивные показатели [8].

Обычно параметры выбираются экспертами из статистических данных и объединяются простым сложением с одинаковыми весами. Их классификация показала, что 34 % параметров относятся к социальной среде, 25 — к среде стихийных бедствий, 20 — к экономической, 13 — к искусственной, 6 — к природной и 3 % составили другие индексы. Однако переменные, измеряющие действия по смягчению последствий стихийных бедствий, составляли в среднем только 12 % от общего числа в каждом индексе, и лишь 19 % методов использовали анализ чувствительности или неопределенности [9].

ГИРСБ — это новый инструмент для оценки риска. Он позволяет сравнивать государства относительно вероятности того, что ОПП может превратиться в стихийное бедствие. ГИРСБ не фокусируется на смертности и экономических потерях, а рассчитывается с учетом подверженности и уязвимости общества перед стихийными бедствиями в связи с тем пониманием риска, которое используется в обществе по снижению риска бедствий [10]. В докладе рабочей группы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК II) [11] подчеркивается, что риск стихийных бедствий определяется взаимодействием экстремальных погодных явлений, на которые влияет изменчивость климата, с одной стороны, а также уязвимость и незащищенность общества, с другой. ГИРСБ характеризует риск и уязвимость с помощью природных, социальных, экономических, медицинских, экологических и других факторов.

ГИРСБ разработан Институтом международного права и вооруженных конфликтов в Бохуме и Институтом окружающей среды и безопасности в Штутгарте в Германии. Он публикуется ежегодно с 2011 г. и рассчитывается на основе показателей воздействия ОПП и уязвимости (таблица). ГИРСБ присваивает каждой стране единый балл глобального риска, а также баллы в пяти подкатегориях: воздействие, уязвимость, восприимчивость, способность к преодолению трудностей, возможность адаптации [12].

В 2022 г. концептуальная и методологическая основа ГИРСБ была полностью пересмотрена. Теперь этот глобальный индекс охватывает около 100 показателей, что превышает первоначальный набор из 27. Все 193 страны, включенные в отчет, представляют собой всех членов ООН. Риск превращения ОПП в катастрофу лишь частично зависит от силы самого события. Он усугубляется или смягчается социальными условиями, способностью общества быстро реагировать и оказывать помощь. Чем слабее инфраструктура реагирования и физическая инфраструктура, тем более страны скатываются к нищете, неравенству и отсутствию доступа к социальным услугам.

Обоснование показателей для расчета ГИРСБ

Воздействие	Восприимчивость	Преодоление трудностей	Адаптация
Незащищенное население по отношению к: — землетрясениям; — циклонам; — наводнениям; — засухам; — повышению уровня моря	Общественная инфраструктура: — население, не имеющее доступа к улучшенной санитарии; — население, не имеющее доступа к питьевой воде. Жилищные условия: — доля населения, проживающего в трущобах; — соотношение капитальных и малопрочных домов. Питание: — процент недоедающего населения. Бедность и зависимость: — коэффициент зависимости — доля населения младше 15 и старше 65 лет; — крайняя бедность — население, живущее менее чем на 1,25 долл. США в день. Экономическая мощь и доход: — ВВП по паритету покупательной способности; — индекс Джини — показатель неравенства в распределении доходов различных групп населения.	Правительство и власти: — индекс восприятия коррупции; — индекс банкротства. Медицинские услуги: — число врачей на 10 000 чел. — количество больничных коек. Социальные сети: — семья, соседи, самообеспечение. Экономическое покрытие: — страхование (кроме страхования жизни)	Образование и наука: — уровень грамотности взрослого населения; — совокупный общий охват школьным образованием (коэффициент охвата детей школьного возраста в начальной, средней школе и вузах). Гендерное равенство: — гендерный паритет в образовании (начальном, среднем и высшем); — доля представительниц женского пола в национальном парламенте. Статус и защита экосистем: — водные ресурсы; — защита биоразнообразия; — управление лесами; — сельскохозяйственный менеджмент. Стратегии адаптации: — объем национальной адаптации; — программы действий по борьбе с изменением климата; — конвенция об изменении климата (доступно для 45 наименее развитых стран). Инвестиции: — ожидаемая продолжительность жизни при рождении; — частные расходы на здравоохранение; — общие расходы на здравоохранение

Не всегда можно контролировать такие ОПП, как наводнение, землетрясение, ураган, но можно решить проблемы бедности, здравоохранения, готовности к стихийным бедствиям, чтобы снизить риск. ГИРСБ измеряет два фактора: подверженность потенциальному воздействию ОПП и уязвимость, которая измеряется в трех аспектах. Восприимчивость отражает структурные параметры общества, которые увеличивают вероятность ущерба, что приводит к переходу от ОПП к стихийному бедствию. Преодоление трудностей — это способность мобилизовать ресурсы для противодействия негативному влиянию стихийного бедствия и минимизировать ущерб. Адаптация относится к долгосрочным стратегиям, направленным на прогноз изменений с целью смягчения или предотвращения будущих неблагоприятных последствий от ОПП.

Понятно, что невозможно контролировать сами ОПП, но можно сосредоточиться на восприимчивости, преодолении трудностей и адаптации. Само по себе воздействие не определяет, превратятся ли ОПП в стихийные бедствия. Вместо этого оно сопровождается уязвимостью, истоки которой лежат в социальной сфере. Если общество знает, как бороться с ОПП, тогда их воздействие будет более терпимым, а возникающий ущерб — минимальным. Общество должно осуществлять инвестиции в знание о том, как минимизировать уязвимость и не потерять над ней контроль. Чтобы добиться этого, требуется масштабное государственно-частное сотрудничество и большие капиталовложения.

Компонент воздействия охватывает сферу самих ОПП и направлен на выявление субъектов риска: население, природные ресурсы, экономические, социальные и культурные активы, инфраструктуру, производство, товары, услуги, территории, экосистемы, виды биоты. Кроме того, воздействие можно разделить на временной и пространственный компоненты. Оно может быть оценено с точки зрения количества ОПП, численности населения и площади, которые ему подвергаются, и меняется в зависимости от конкретных характеристик ОПП, таких как сила, период повторяемости, масштабы и др. ОПП могут представлять собой и внезапно возникающие явления, такие как ураганы, наводнения, землетрясения и др., и так называемые ползучие опасности, такие как засухи или повышение уровня Мирового океана.

Социально-экономическая сфера охватывает основные компоненты уязвимости перед ОПП, а именно восприимчивость, преодоление трудностей и адаптацию. При этом восприимчивость относится к населению, экономике, инфраструктуре, социально-бытовой сфере, территориям, экосистемам, которые пострадают от негативного воздействия ОПП, стихийных бедствий и катастроф или изменения климата. Она тесно связана с такими характеристиками населения, как питание, экономический потенциал и социально-бытовая инфраструктура. Восприимчивость вместе с потенциалом преодоления трудностей и адаптацией могут реально снизить риск стихийных бедствий. При этом преодоление трудностей обычно рассматривается как действие после события, тогда как адаптация связана с действиями до него [13].

При оценке ГИРСБ основными индикаторами восприимчивости антропогенных и экологических систем к ОПП и стихийным бедствиям являются:

- доля населения, не имеющего доступа к санитарным услугам;
- доля населения, не имеющего доступа к источникам питьевой воды;
- доля недостаточно питающегося населения;
- индекс человеческого развития — это составной коэффициент ожидаемой продолжительности жизни, уровня образования и ВВП на душу населения, разработанный пакистанским экономистом Махбубом Уль Хаком в 1970-х гг. и широко используемый в экономике и политике, например, Отделом отчетов о человеческом развитии Программы развития ООН [14];
- коэффициент бедности — определяется ООН как лишение человека его основных потребностей, включая пищу, безопасную питьевую воду, санитарные условия, здравоохранение, жилье, образование и информацию, зависит не только от реальных доходов, но и от доступа к услугам [15];
- ВВП на душу населения по паритету покупательной способности (ППС) — это стоимость всех конечных товаров и услуг, реализованных в экономике страны за год, полученная на основе пересчета ВВП на уровень текущих цен в стране или покупательную способность национальной валюты [16];
- коэффициент Джини, это статистический показатель степени расслоения жителей страны по уровню годового дохода на душу населения, разработанный итальянским статистиком К. Джини в 1912 г.; это макроэкономический показатель, характеризующий дифференциацию денежных доходов населения в виде степени отклонения фактического распределения доходов от абсолютно равного их распределения между жителями страны, который иногда используют для выявления уровня неравенства по накопленному богатству при условии неотрицательности чистых активов субъекта [17].

В контексте оценок восприимчивости, несмотря на значительный прогресс в сокращении глобальной бедности, мир стал свидетелем постоянного роста глобального неравенства. Существует взаимосвязь между природными ресурсами, риском стихийных бедствий, экологической уязвимостью, денежно-фискальной стабильностью и неравенством в обществе. Обычно различают неравенство в потреблении и доходах населения. Природные ресурсы повышают неравенство в потреблении и доходах, тогда как выбросы парниковых газов сокращают неравенство обоих типов. Качество государственного управления и доступ к электроэнергии снижают неравенство, а технологические инновации и денежно-фискальная стабильность оказывают постепенное влияние на его рост. ГИРСБ положителен для неравенства потребления, но отрицателен и незначителен для неравенства доходов. Качество государственного управления обеспечивает положительное влияние природных ресурсов на неравенство потребления, но отрицательное на неравенство доходов [18].

Преодоление трудностей — это способность общества, группы, организации или системы использовать собственные ресурсы для борьбы с бедствиями, которые могут привести к неблагоприятным последствиям, и управление ими. По сравнению с адаптацией это прямая реакция на воздействие конкретного ОПП. Это немедленная рефлексия во время кризиса или катастрофы. Поэтому преодоление трудностей напрямую связано с ОПП, определяется как неструктурированное действие и ориентировано на краткосрочную перспективу.

Способность человека преодолевать трудности при воздействии ОПП и стихийных бедствий рассчитывается на основе ряда показателей.

Индекс восприятия коррупции, оценивает страны на основе уровня коррупции. Он определяется как злоупотребление государственным положением в целях личной выгоды, что на практике обычно означает получение взятки. Поскольку в коррумпированных странах качество и независимость судебной власти и СМИ обычно низкие, официальная статистика по разоблачению коррупции и судебному преследованию недооценивает ее уровень. Коэффициент представляет собой ценный источник информации о незаконной деловой практике среди государственных служащих и политиков в конкретной стране [19].

Надлежащее управление, или индекс несостоятельности государства. Данный индекс не является прогностическим и не означает, что в какой-то момент времени внутри конкретной страны возникнет конфликт. Это инструмент, который обеспечивает понимание более глубокого контекста управления государством, в котором действуют правительства [20]. Несостоятельность государства определяется как совокупность нескольких признаков: утрата физического контроля над своей территорией или монополии на законное применение силы; ограничение законных полномочий по принятию коллективных решений; неспособность предоставлять основные государственные услуги; неспособность взаимодействовать с другими государствами в качестве полноправного члена международного сообщества. При расчетах используется 12 ведущих социальных, экономических и политических показателей: демографическое давление, беженцы или перемещенные лица, групповое недовольство, бегство людей/«утечка мозгов», неравномерное экономическое развитие, экономика, легитимность государства, государственные услуги, права человека, аппарат безопасности, фракционированные элиты, внешнее вмешательство.

Также при расчете учитывается численность врачей на 10 000 жителей, число больничных коек на 10 000 жителей и страхование.

Адаптация антропогенных систем к ОПП основана на анализе следующих показателей: уровень грамотности населения (1), общий охват школьным образованием (2), гендерный паритет в образовании (3), доля женщин в национальном парламенте (4), водные ресурсы (5), биоразнообразие и защита среды обитания (6), лесостроительство (7), сельскохозяйственный менеджмент (8), расходы на здравоохранение (9), ожидаемая продолжительность жизни (10), частные расходы на здравоохранение (11).

Показатели 5–8 основаны на индексе экологической эффективности. Это оценка экологических показателей политики государства на базе переменных, касающихся состояния окружающей среды, жизнеспособности экосистем и последствий изменения климата. В расчете учитываются также верховенство закона, контроль над коррупцией и эффективность деятельности правительства. Индекс помогает правительствам уточнять свои политические программы, облегчает общение с ключевыми партнерами, минимизирует риск инвестиций в охрану окружающей среды. На 2024 г. оценивается для 180 стран [21].

Преодоление трудностей и адаптация могут быть связаны с ресурсами, которые помогают противостоять стихийным бедствиям и управлять ими. Управление осуществляется соответствующими учреждениями, системой раннего предупреждения, медицинской помощи, больничного потенциала,

гражданской защиты и страхования. Адаптация — это долгосрочная стратегия. Она связана с определенной угрозой и включает в себя потенциал, меры и алгоритмы, которые позволяют сообществам трансформироваться, чтобы справиться с негативными последствиями стихийных бедствий и изменений климата. Адаптация — более структурированное поведение, направленное на содействие изменениям и преобразованиям. Она сосредоточена на ресурсах, которые позволяют изменять структуры внутри общества. Различия между преодолением трудностей и адаптацией связаны с качеством процесса реагирования на ОПП и стихийные бедствия. В то время как преодоление трудностей направлено на поддержание системы и ее функций перед лицом неблагоприятных условий, адаптация предполагает изменения и требует процессов реорганизации [22].

МНОЖЕСТВЕННЫЕ РИСКИ (МУЛЬТИРИСКИ)

В большинстве случаев одновременно действует более одного ОПП, что приводит к различным, часто противоречивым, оценкам риска. Недавно были предложены различные методики и тематические исследования для проведения сопоставимых оценок с целью сравнения и ранжирования множественных рисков. Анализ каскадных и кумулятивных эффектов, или эффектов домино, триггерных механизмов подчеркнул важность взаимодействия между различными ОПП и рисками, показав, что в подходах с учетом нескольких ОПП риски следует не только сравнивать, но и выявлять их взаимное влияние [23, 24].

В наших исследованиях концепция мультирисков воплощена в подходе к оценке риска природопользования от стихийных бедствий (РПСБ). РПСБ объединяет перспективу устойчивости антропогенных систем с перспективой активизации ОПП и вероятностного риска стихийных бедствий, давая новое представление об угрозах любого уровня: от локального до глобального.

Для оценки РПСБ нами использованы два критерия: природная опасность и защищенность от стихийных бедствий. ОПП здесь — это источники потенциальных ущербов для общества или факторы риска. Субъекты риска (экономика, бизнес, власть, население) должны строить планы своей деятельности с учетом этих факторов. Специалисты по ОПП и риску редко оказываются вовлеченными в экономическую деятельность и процессы управления, поэтому они должны сделать основные сведения о природной опасности, защищенности от стихийных бедствий и РПСБ доступными и понятными лицам, принимающим решения в коммерческом секторе и секторе власти.

Классические оценки рисков стихийных бедствий основаны на их независимости и необъективности, поскольку это предположение не всегда и/или не везде верно. Например, определение ожидаемого ущерба от конкретной опасности обычно производится посредством оценки уязвимости, основанной на моделях хрупкости целевых активов. Структурный анализ, обычно используемый для построения кривых хрупкости, основан на предположении о том, что конструкция не повреждена, т. е. на нее одновременно воздействует только одна конкретная опасность. При этом очевидно, что возможное одновременное действие двух или более опасностей вообще не рассматривается. Такие взаимодействия, безусловно, статистически незначимы или ошибочны.

РПСБ показал, что при анализе одной опасности механизм, приводящий к потерям при единичных или одновременных событиях, одинаков. Каждое конкретное действие по смягчению последствий стихийных бедствий (например, модернизация, планы землепользования) снижает общий риск, т. е. воздействует как на компоненты одиночного, так и множественного риска. Поэтому полное и последовательное сравнение рисков имеет смысл только тогда, когда учитываются такие интерактивные эффекты. Другими словами, предвзятость оценок одиночного риска (без взаимодействия) может привести к ошибочным оценкам иерархии рисков и приоритетности действий по их минимизации.

Интеграция ОПП и рисков в сети взаимодействия (каскады) представляет собой синтез между многоуровневыми подходами к одной угрозе и подходами к множеству угроз, которые интегрируют взаимодействия самих ОПП. Игнорирование взаимодействия искажает приоритеты управления, повышает уязвимость к другим значимым ОПП и недооценивает риск стихийных бедствий. Расширение структуры мультириска достигается посредством следующих шагов: описание и определение трех групп опасностей (природные, антропогенные, технологические) как соответствующих компонентов среды множественных рисков; описание трех типов взаимодействий (триггер, повышенная вероятность, катализ/импеданс); оценка важности сетей взаимодействий (каскадов) на примерах тематических исследований. Используют две системы визуализации для представления этих каскадов: матрицы взаимодействия опасностей и диаграммы потоков опасностей. В результате каскады позволяют моделировать наблюдаемую реальность стихийных бедствий, ограничивать потенциальные изменения

физической и социальной уязвимости между последовательными опасностями и определять приоритетность распределения ресурсов для смягчения последствий и снижения риска бедствий [25].

Подходы с учетом множественных рисков (даже наш РПСБ) обычно не рассматривают последствия изменения климата и полагаются на анализ простой статической уязвимости, т. е. на отсутствие зависящих от времени уязвимостей и отсутствие изменений среди подвергающихся воздействию элементов антропогенных систем [26]. Поэтому актуальной задачей, в том числе наших исследований, является разработка комплексных формальных подходов к оценке различных опасностей и рисков, связанных с изменением климата, включая динамическое воздействие и уязвимость. Это требует выбора и агрегирования подходящих показателей угроз и уязвимости для синтеза информации о множественных воздействиях климата, пространственного анализа и ранжирования рисков, включая их визуализацию и передачу конечным пользователям.

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И РОСТ РИСКА СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Мы живем в сильно взаимосвязанном мире, где интеракции между природными, социально-экономическими, экологическими и технологическими системами передают риск от одной системы к другой, создавая новые риски или усугубляя существующие. Например, снижение выбросов парниковых газов может повысить продовольственную безопасность, если биоэнергетические культуры вытеснят продовольственные, но может привести и к потере биоразнообразия в результате изменения структуры землепользования при выращивании сельскохозяйственных культур и лесонасаждениях. Торговые сети и цепочки поставок связывают отдаленные продовольственные системы и могут компенсировать снижение продовольственной безопасности, но они также могут создать угрозы защищенности местных производителей за счет распространения болезней-вредителей или инвазивных видов. Эти взаимодействия включают как риски, вызванные собственно изменением климата, так и риски, связанные с ответными реакциями человека на эти изменения посредством адаптации к ОПП и смягчения последствий стихийных бедствий.

Стремясь разделить оценку риска на отдельные системы, сектора, регионы, классы активов или типы вариантов реагирования, можно упустить важные взаимодействия. В этом плане есть ряд материальных и концептуальных границ, которые могут исказить оценку риска. Наиболее важные из них — отраслевые, временные, пространственные и границы вариантов реагирования. Взаимодействия через эти границы часто повышают или понижают риск от стихийных бедствий по сравнению с тем, когда они игнорируются.

Изменение глобального климата влияет на природные и социально-экономические системы во всех регионах мира и является главной причиной активизации ОПП и повышения риска стихийных бедствий [27]. В этом контексте Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) определила климатические риски как возникающие в результате динамического взаимодействия между ОПП и антропогенными системами. Климатические риски представляют собой яркий пример множественных рисков [28].

Моделирование социальных, экологических и экономических издержек в результате стихийных бедствий в контексте изменения климата подвержено сильной неопределенности. Борьба с ней является сложной задачей на нескольких уровнях — от выявления и количественной оценки источников неопределенности до их включения в моделирование и доведения до сведения экспертов. Один из особенно полезных подходов — анализ неопределенности и чувствительности на платформе CLIMADA, который помогает количественно оценить достоверность выходных значений и выявить факторы неопределенности, одновременно учитывая потенциальные корреляции в модели. С помощью CLIMADA можно проверить неопределенность и чувствительность к входным переменным различных выходных показателей, таких как пространственное распределение вероятностей превышения риска или соотношение выгод и затрат различных мер по адаптации. Этот подход раскрывает интересные взаимодействия параметров и может предоставить ценную информацию для лиц, принимающих решения. Например, исследование геопространственного распределения индексов воздействия и чувствительности к ущербу от тропических циклонов показало, что основным фактором неопределенности в густонаселенных регионах (например, в городах) является уязвимость к ОПП и риску, тогда как в редконаселенных — это сам уровень воздействия [29].

До 2030 г. глобальное потепление превысит доиндустриальный уровень на 1,5 °C из-за выбросов парниковых газов и естественных изменений климата. Повышение средней температуры воздуха и иссушение климата, а также связанные с этим последствия, например, таяние покровных ледников

и вечной мерзлоты, сочетаются с другими негативными природными факторами, такими как волны тепла и холода, пыльные бури и ураганы, засухи, которые увеличивают риск стихийных бедствий и подрывают устойчивость и надежность антропогенных систем. Растущая взаимосвязь населения, экономики и окружающей природной среды увеличивает риск сложных и каскадных кризисов.

Устранение пробелов в обеспечении устойчивости населения, экономики и территорий потребует беспрецедентного роста инвестиций, высокоэффективных мер по адаптации со стороны государственного и частного секторов, особенно для наиболее уязвимых стран и регионов. Поскольку эти инвестиции требуют времени для мобилизации и подготовки, задержка приведет к увеличению неизбежных затрат. Действовать необходимо сейчас. Снижение риска стихийных бедствий представляет собой связующее звено между экономическим развитием, гуманитарными программами и действиями по изменению климата. Корректировка путей социально-экономического развития требует пересмотра того, как измеряется процветание общества, и большего внимания к снижению риска как к ключевому элементу устойчивого развития.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время общество пришло к осознанию того, что риск стихийных бедствий и, в конечном счете, геополитический риск, связаны с кумулятивными и каскадными эффектами, триггерными механизмами. Это множественный риск. А среды с множественным риском характеризуются эффектом домино, который усиливает общий эмерджентный риск. К ним относятся цепочки опасных природных событий и возрастающая уязвимость, а также другие типы взаимосвязей внутри процесса оценки риска.

Представленный в статье подход к оценке риска стихийных бедствий объединяет взаимодействие между разными опасными процессами и рисками посредством использования гармонизированных процедур, основанных на общих показателях. Хотя продукты, возникающие в результате этого подхода, такие как индексы множественных рисков, карты, каскадные сценарии или системы предупреждения, предоставляют инновационную и эффективную информацию, они также создают определенные проблемы для политиков и практиков из-за их новых междисциплинарных аспектов. Возникают институциональные барьеры на пути принятия решений на основе этих подходов. Поэтому необходимо четко определить ответственность сторон за их реализацию, так как институциональные рамки снижения рисков по сей день сосредоточены в основном на каком-то одном опасном природном процессе или стихийном бедствии и риске. Власти редко несут официальную ответственность за управление эффектом домино между, например, цунами и промышленными авариями, землетрясениями и оползнями, наводнениями и сбоями в электросетях и т. п.

Другие препятствия для оценки мультириска включают ограниченные меры по снижению воздействия на локальном уровне, недостаточные финансовые возможности муниципалитетов и ограниченное государственно-частное партнерство, особенно в случае взаимодействия между природными и промышленными рисками. Адаптация масштаба общественных институтов к среде с множеством опасных природных процессов и рисков остается серьезной проблемой для эффективного внедрения подхода, рассмотренного в статье, в геополитику. Для решения этой проблемы стоит разработать структуру управления мультирисками, которая включала бы этапы наблюдения, анализ социального и институционального контекстов, генерирование знаний, а также аспекты взаимодействия с заинтересованными сторонами. Необходимы дополнительные исследования, чтобы протестировать эту структуру и определить отличительные характеристики эффективного управления с учетом многих рисков.

Изменение климата, рост населения, нерациональное потребление природных ресурсов, утрата биоразнообразия, экологическая деградация, вспышки болезней, отсутствие продовольственной безопасности, политические конфликты, финансовая нестабильность и неравенство создают риски и повышают уязвимость стран в контексте развития и гуманитарной ситуации в мире. Изменение риска требует перехода от изолированного рассмотрения ОПП к признанию системного риска, при котором проявляются кумулятивные и каскадные эффекты, триггерные механизмы, что приводит к значимым социальным, финансовым, экономическим и экологическим последствиям. Решения по снижению риска должны быть лучше интегрированы в институциональных секторах, принимая во внимание взаимозависимости, сопутствующие выгоды и компромиссы, поскольку страны сталкиваются со сложностями климатического будущего.

Сегодня уже очевидна необходимость разработки общей глобальной открытой архитектуры данных о рисках стихийных бедствий. Такая глобальная геополитическая конструкция должна включать в повестку дня и охватывать, по крайней мере, четыре основных пункта, представленные ниже.

1. Раскрытие информации. Общие показатели риска по странам, регионам и секторам могут обеспечить высокоуровневую проверку уязвимости общества перед лицом опасности в качестве косвенного показателя.

2. Финансирование инфраструктуры. Фондам и бизнес-структурам трудно оценивать проекты, когда стандарты риска фрагментированы. Общие показатели облегчат детальную оценку бизнес-портфелей и проектов.

3. Стресс-тестирование и анализ сценариев. Стандартный набор информации о рисках стихийных бедствий помогает финансовым учреждениям при анализе климатических сценариев. Это позволит разработать общий стандарт о физических рисках в отчетах финансовых учреждений, полученных по запросу регулирующих органов или в результате стресс-тестирования.

4. Фискальная устойчивость и инструменты суверенного финансирования. Стандарты риска с открытым исходным кодом дают возможность субъектам, особенно в странах с развивающейся экономикой, учитывать климатический риск при разработке политики и сценариев развития.

Работа выполнена по государственному заданию Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (AAAA-A21-21012190017-5, «Морфолитогенез Внутренней Азии: теоретические, методические и практические аспекты исследования»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Peduzzi P., Dao H., Herold C., Mouton F. Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: the Disaster Risk Index // Natural Hazards Earth System Sciences. — 2009. — N 9. — P. 1149–1159.
2. Pittore M., Wieland M., Fleming K. Perspectives on global dynamic exposure modelling for geo-risk assessment // Natural Hazards. — 2017. — Vol. 86, N 1. — P. 7–30.
3. Ward P.J., Blauhut V., Bloemendaal N., Daniell J.E., de Ruiter M.C., Duncan M.J., Emberson R., Jenkins S.F., Kirschbaum D., Kunz M., Mohr S., Muis S., Riddell G.A., Schaffer A., Stanley T., Veldkamp T.I.E., Winsemius H.S. Natural hazard risk assessments at the global scale // Natural Hazards and Earth System Science. — 2020. — Vol. 20, N 4. — P. 1069–1096.
4. Трифонов Ю.В., Брыкалов С.М., Трифонов В.Ю. Управление рисками в рамках концепции устойчивого развития // Проблемы анализа рисков. — 2022. — Т. 19, № 5. — С. 10–18.
5. Welle T., Birkmann J. The World Risk Index — Approach to Assess Risk and Vulnerability on Global Scale // Journ. of Extreme Events. — 2015. — Vol. 2, N 1. — P. 76–88.
6. Beard S.J., Holt L., Tzachor A., Kemp L., Avin S., Torres P., Belfield H. Assessing climate change's contribution to global catastrophic risk // Futures. — 2021. — Vol. 127. — P. 102673.
7. Global Risks Report 2024. 19th edition. — Switzerland, Zurich: March McLennan and Zurich Economic Group Press, 2024. — 124 p.
8. Малышев В.П. Возможные направления совершенствования единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС в целях уменьшения опасности природных бедствий // Проблемы анализа рисков. — 2024. — Т. 21, № 2. — С. 14–32.
9. Beccari B.A. Comparative Analysis of Disaster Risk, Vulnerability and Resilience Composite Indicators // PLoS Currents: Disasters. — 2016 [Электронный ресурс]. — <https://currents.plos.org/disasters/article/a-comparative-analysis-of-disaster-risk-vulnerability-and-resilience-composite-indicators/> (дата обращения 12.10.2024).
10. Wisner B., Blaikie P., Cannon T., Davies I. At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters. — London; New York: Routledge, 2004. — 496 p.
11. Birkmann J., Cardona O.D., Carreno L., Barbat A.H. Framing vulnerability, risk and societal responses: the move framework // Natural Hazards. — 2013. — Vol. 67, N 2. — P. 193–211.
12. Welle T., Birkmann J., Krause D., Suarez D.C., Setiadi N.J., Wolfertz J. The World Risk Index: a concept for the assessment of risk and vulnerability at global/national scale // Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies. — Tokyo; New York: United Nations University Press, 2013. — P. 219–251.
13. Cardona O.D., van Aalst M.K., Birkmann J., Fordham M. Determinants of risk: exposure and vulnerability // Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Inter-governmental Panel on Climate Change (IPCC). — Cambridge: Cambridge University Press, 2012. — P. 65–108.
14. Gasper D. Pioneering the Human Development Revolution: Analyzing the Trajectory of Mahbub ul Haq // Journ. of Human Development and Capabilities. — 2011. — Vol. 12, N 3. — P. 433–456.

15. Jolliffe D., Lakner C. Measuring Global Poverty in a Changing World // Handbook of Labor, Human Resources and Population Economics. — Washington: World Bank Press, 2023. — P. 1–25.
16. Макконнелл К.Р., Брю С.Л. Экономика: принципы, проблемы и политика. — М.: Республика, 1992. — Т. 2. — 384 с.
17. Giorgi G.M., Gigliarano C. The GINI concentration index: a review of the inference literature // Journ. of Economic Surveys. — 2016. — Vol. 31, N 4. — P. 1130–1148.
18. Shah M.I., Shuaibu M.S., AbdulKareem H.K.K., Khan Z., Abbas S. Inequality consequences of natural resources, environmental vulnerability and monetary-fiscal stability: a global evidence // Environmental Science and Pollution Research. — 2023. — Vol. 30. — P. 10329–10345.
19. Визгунов К.А., Смирнова Е.В., Плаксина Н.В., Акулова Т.Н. Индекс восприятия коррупции как мировая оценка // Успехи в химии и химической технологии. — 2021. — Т. 35, № 11. — С. 125–127.
20. Haken N., Burbank J., Baker P.H. Casting globally: using content analysis for conflict assessment and forecasting // Military Operations Research. — 2010. — Vol. 15, N 2. — P. 5–19.
21. Gorham E., Lehman C., Kelly J. Relationships of the Environmental Performance Index to Six Interrelated Variables in Nations Around the World // Bull. of Ecological Society of America. — 2019. — Vol. 100, Iss. 2. — P. 654–679.
22. Birkmann J., Welle T. The World Risk Index 2016: Reveals the Necessity for Regional Cooperation in Vulnerability Reduction // Journ. of Extreme Events. — 2016. — Vol. 3, N 2. — P. 436–466.
23. Hochrainer-Stigler S., Trogrlić R.Š., Reiter K. et al. Toward a framework for systemic multi-hazard and multi-risk assessment and management // Science. — 2023. — Vol. 26, N 5. — P. 106736.
24. Mohammadi S., De Angeli S., Boni G., Pirlone F., Cattari S. Current approaches and critical issues in multi-risk recovery planning of urban areas exposed to natural hazards // Natural Hazards Earth System Sciences. — 2024. — Vol. 24. — P. 79–107.
25. Gill J.C., Malamud B.D. Hazard interactions and interaction networks (cascades) within multi-hazard methodologies // Earth System Dynamics. — 2016. — Vol. 7. — P. 659–679.
26. Gallina V., Torresan S., Critto A., Sperotto A., Glade T., Marcomini A. A review of multi-risk methodologies for natural hazards: consequences and challenges for a climate change impact assessment // Journal of Environmental Management. — 2016. — Vol. 168. — P. 123–132.
27. Башкин В.Н., Припутина И.В., Галиулина Р.А. Управление природными и экологическими рисками при усилении континентальности климата // Проблемы анализа риска. — 2023. — Т. 20, № 2. — С. 68–85.
28. Stalhandske Z., Steinmann C.B., Meiler S., Sauer I.J., Vogt T., Bresch D.N., Kropf C.M. Global multi-hazard risk assessment in a changing climate // Scientific Reports. — 2024. — Vol. 14, N 1. — P. 54–76.
29. Kropf C.M., Ciullo A., Meiler S., Otth L., McCaughey J.W., Bresch D.N. Uncertainty and sensitivity analysis for natural risk and adaptation appraisal modeling with CLIMADA // EGU General Assembly. — 2021. — P. 19–30.

Поступила в редакцию 27.08.2024

После доработки 07.11.2024

Принята к публикации 21.05.2025