

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОГО УЩЕРБА ЭКОНОМИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

ПОРФИРЬЕВ Борис Николаевич, академик РАН, b_porfiriev@mail.ru, Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, Москва, Россия

ORCID: 0000-0001-8515-3257; Scopus Author ID: 6603270384

АКЕНТЬЕВА Елена Марковна, к.геогр.н., eakentyeva@mail.ru, Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова Росгидромета, Санкт-Петербург, Россия

ЕЛИСЕЕВ Дмитрий Олегович, к.э.н., elisd@mail.ru, Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, Москва, Россия

ХЛЕБНИКОВА Елена Ивановна, к.ф.-м.н., khlebnikova_e@mail.ru, Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова Росгидромета, Санкт-Петербург, Россия

Обоснованы понятийный аппарат, критерии и параметры формирования перечня климатически уязвимых объектов в России. Представлена авторская методика оценки возможного ущерба указанным объектам от климатических изменений и их последствий, включая ее основные ограничения, этапы и способы расчетов. Отличительной особенностью методики является комплексный подход, учитывающий региональные особенности климатических воздействий, определяющие степени подверженности и чувствительности и обусловленную ими величину климатического риска. Оценка экспертами на основе шкалирования текущей и прогнозной величины указанного риска, а также уровня адаптационного потенциала хозяйственных объектов позволяет рассчитать степень их уязвимости к климатическим воздействиям и, в конечном счете, используя параметр полной (балансовой и восстановительной) стоимости активов, – величину возможного ущерба.

Ключевые слова: климатические изменения, подверженность, чувствительность, уязвимость, климатически уязвимые объекты, прямой и косвенный ущерб.

DOI: 10.47711/0868-6351-202-67-80

Введение. Одним из ключевых вызовов устойчивому развитию экономики во всех странах мира, включая Россию, являются климатические изменения и их последствия в виде опасных явлений, чрезвычайных ситуаций и бедствий, разрушительная сила которых имеет явную тенденцию к росту по мере усиления глобального потепления и увеличения стоимости активов в зонах риска [1; 2]. Указанное обстоятельство обуславливает важнейшую роль адаптации как инструмента снижения потерь и ущерба, который (инструмент) по своей значимости не уступает системе мер по снижению нетто-выбросов парниковых газов и декарбонизации экономики, осуществляемых в рамках национальной политики государств [3, с. 406]. Это особо подчеркнуто в принятой в 2009 г. Климатической доктрине Российской Федерации, а также в ст. 7 принятого в 2015 г. Парижского соглашения по реализации Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК), которая предусматривает обязательства государств по разработке национальных планов адаптации [4; 5].

Такие планы и/или национальные стратегии осуществляются в более чем 60 странах мира, включая нашу страну [6]. В 2019 г. правительством Российской Федерации было принято распоряжение по национальным планам мероприятий первого (до 2022 г.) этапа адаптации к изменениям климата [7], в развитие которого Минэкономразвития России в 2021 г. были разработаны Методические рекомендации и показатели по вопросам адаптации к изменениям климата [8], что сформировало институциональную

базу отраслевого и регионального планирования адаптации. По состоянию на август 2023 г. такие планы разработаны 10 федеральными органами исполнительной власти и 60 органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации [9].

Наш анализ этих документов (за немногими исключениями) свидетельствует об ограниченности их сферы действия и эффективности мер, что одновременно означает значительный потенциал по снижению возможного социально-экономического ущерба, который пока не задействован отраслями и регионами. Меры по его реализации определены принятым в мае 2023 г. распоряжением правительства России по национальным планам мероприятий второго (до 2025 г.) этапа адаптации к изменениям климата [10], которым, помимо прочих важных мероприятий, предусматривается разработка федеральными органами исполнительной власти во главе с Минэкономразвития России методических рекомендаций по оценке возможного ущерба от воздействий, связанных с изменением и изменчивостью климата, включая рекомендации по формированию перечня климатически уязвимых объектов в отраслях экономики и в субъектах Российской Федерации [10, п. 9].

В данной статье предлагается версия таких рекомендаций для Минэкономразвития России, которая содержит развитые авторами методологические положения (включая понятийный аппарат) и разработанную ими с учетом существующего международного и отечественного опыта методику оценки экономического ущерба от природных бедствий, методику расчетов ущерба для хозяйственных объектов России от воздействий, связанных с изменением и изменчивостью климата.

Основные понятия, объект и предмет, и ограничения оценки возможного ущерба экономическим системам и объектам. Ключевой категорией, определяющей объект оценки в рассматриваемой методике, являются *климатически уязвимые объекты* (КУО) в отраслях и субъектах Российской Федерации. К таким объектам, строго говоря, следует отнести не только все технические (инженерные) системы в соответствующих отраслях, видах экономической деятельности и производствах, но и природные (экологические) и социальные объекты (системы), а также население территорий (регионов России), которые находятся в зоне подверженности климатическим воздействиям и испытывают негативное влияние последствий изменчивости и изменений климата, включая опасные гидрометеорологические явления, природные, биосоциальные и природно-техногенные чрезвычайные ситуации.

При этом использованные в дефиниции КУО категории, определяющие суть *уязвимости* как степени, где природные, технические и социальные объекты (системы), а также население восприимчивы к неблагоприятным последствиям изменения климата и не могут справляться с этими последствиями, и являющиеся функцией характера, величины и скорости климатических воздействий, которым подвергается данный объект, а также их чувствительности и адаптационного потенциала, нуждаются в четком определении. В том числе, понятия *подверженности* – суть экспозиции, открытости КУО такому влиянию, и *чувствительности к изменению климата* – степени изменения свойств (характеристик) КУО в результате негативных климатических воздействий¹. Производной от этих понятий категорией является *климатический риск*, подразумевающий возможность (вероятность) в течение определенного периода времени существенных нарушений нормального функционирования (жизнедеятельности) КУО вследствие упомянутых негативных воздействий, обусловленных изменением или изменчивостью климата

¹ В общем виде речь может идти не только о негативных последствиях в виде возможного ущерба, но и о благоприятных, обусловленных изменениями климата, в полном соответствии с определением адаптации как процесса приспособления природных, антропогенных или смешанных природно-антропогенных систем, людей и их сообществ, субъектов экономики в ответ на фактические или ожидаемые воздействия (в частности, климатические), который позволяет уменьшить вред или использовать благоприятные возможности [11].

и их последствий. Что касается категории *адаптационного потенциала*, последний означает способность КУО приспосабливаться или быть приспособленными к негативным последствиям указанных воздействий.²

Результирующей этих воздействий, с одной стороны, и уязвимости рассматриваемых объектов, с другой, является *возможный (потенциальный) ущерб* – базовое понятие, составляющее предмет оценки, методика которого рассматривается в данной статье. Оно подразумевает вред, который может быть нанесен КУО негативным воздействием, обусловленным изменением или изменчивостью климата и их последствиями, и включает: а) ущерб здоровью людей, в том числе гибель, преждевременную смертность (безвозвратные потери), а также заболевших в результате эпидемий инфекционных заболеваний, травмированных и раненых (санитарные потери) в результате опасных гидрометеорологических явлений и чрезвычайных ситуаций; б) экономический ущерб, в том числе *прямой* – полные или частичные разрушения и утрату: имущества домохозяйств, хозяйственных объектов и систем (включая инфраструктуру), и *косвенный* – связанные с указанными разрушениями и утратами потери выпуска продукции и доходов; в) экологические потери, в том числе: полные или частичные разрушения и утрата экосистем и биоразнообразия, и ухудшение качества окружающей среды.

Далее в этой статье ограничимся рассмотрением методических подходов и алгоритмов оценки возможного экономического ущерба, исключив, таким образом, из всей совокупности КУО и наносимого им общего (интегрального) ущерба, соответственно, экологические системы и экологические потери (специфика которых требует разработки специалистами естественнонаучного профиля, в первую очередь, биологами и экологами), и население и ущерб здоровью людей, особенностям методики оценки ущерба которым будет посвящена отдельная статья, подготовленная совместно одним из авторов данной публикации (экономистом) и известным профессионалом-медиком.

Формирование перечня климатически уязвимых объектов – предварительный этап оценки возможного ущерба. Необходимым условием и одновременно предварительным этапом оценки возможного ущерба данной отрасли или региона (субъекта РФ) от климатических воздействий является формирование перечня КУО, исходя из видов таких воздействий, актуальных (характерных) для данной территории, и приведенных выше определений самих этих объектов и климатического риска, а также официальной классификации видов экономической деятельности (ОКВЭД-2).

Спектр (описание) видов климатических воздействий включает в себя: а) перечень опасных гидрометеорологических явлений (метеорологических, гидрологических, агрометеорологических), а также связанных с изменчивостью и изменением климата опасных явлений в литосфере и криосфере (протаивание и деградация многолетней мерзлоты, оползни и т. д.) и гидросфере (рост уровня моря); б) характеризующие их специализированные климатические показатели, которые содержатся в соответствующих нормативных документах (СП, ГОСТ и др.) и описывают вышеупомянутые климатические риски и уязвимость КУО.

Что касается *уязвимых к этим воздействиям экономических (хозяйственных) объектов (собственно КУО)*, то на «верхнем» (федеральном) уровне – на котором разрабатываются соответствующие методические рекомендации, речь идет о ключевых категориях или соответствующих группах, и КУО, поскольку объекты одного и того же вида экономической деятельности (например, автомобильные дороги, металлургический завод и т. д.) в разных регионах подвергаются качественно и количественно отличным (по источнику, интенсивности и т. д.) климатическим влияниям или их комбинации, что предопределяет особенности планирования и реализации

² Или использованию возникающих благоприятных возможностей для развития (см. сноску 1).

мер адаптации. Что касается *конкретных КУО*, перечень таковых может быть сформирован на уровне субъекта РФ профильными экспертами (включая специалистов из территориальных управлений Росгидромета, региональных университетов и отделений РАН), обладающих компетенциями в области характерных для данной территории климатических воздействий и использующих для их оценки и оценки подверженности и уязвимости КУО специализированные показатели.

При этом в основу таких региональных перечней КУО целесообразно положить федеральный перечень категорий КУО, типовая форма которого представлена ниже в табл. 1 на примере ВЭД «Производство, передача и распределение электроэнергии».

Таблица 1

Перечень основных категорий климатически уязвимых объектов в сфере производства, передачи и распределения электроэнергии в России³

| Виды климатических воздействий | Категории КУО | Климатические риски для КУО |
|---|--------------------------------|---|
| Увеличение повторяемости и интенсивности волн тепла – продолжительных периодов с аномально высокими температурами воздуха | АЭС, ТЭС, ЛЭП | <ul style="list-style-type: none"> ➢ Снижение эффективности цикла генерации энергии ➢ Угроза остановки агрегатов из-за перегрева ➢ Увеличение выбросов загрязняющих веществ ➢ Угроза аварий на ЛЭП вследствие растяжения проводов ➢ Угрозы перегрева трансформаторных подстанций и, как следствие, возникновение инцидентов, связанных с отключением холодильных установок, систем кондиционирования воздуха, электроэнергии |
| Увеличение повторяемости и продолжительности засушливых периодов (длительных периодов с суточными суммами осадков менее 1 мм) и маловодий | АЭС, ТЭС, ГЭС | <ul style="list-style-type: none"> ➢ Недостаток воды нужной температуры для охлаждения энергоблоков АЭС и ТЭС ➢ Снижение выработки энергии на ГЭС |
| Высокие скорости ветра | АЭС, ТЭС, ВЭУ*, ЛЭП | <ul style="list-style-type: none"> ➢ Угроза повреждения и разрушения конструкций АЭС, ТЭС, ВЭУ ➢ Угроза аварий на ЛЭП |
| Штили | АЭС, ТЭС, ВЭУ | <ul style="list-style-type: none"> ➢ Увеличение загрязнения воздуха в районе АЭС и ТЭС ➢ Прекращение выработки энергии на ВЭУ |
| Аномальные гололедные и гололедно-ветровые нагрузки | ЛЭП, ВЭУ | <ul style="list-style-type: none"> ➢ Угроза аварий на ЛЭП и ВЭУ |
| Снижение несущей способности многолетнемерзлых грунтов вследствие деградации многолетней мерзлоты | АЭС, ТЭС, ГЭС, ВЭУ, СЭУ**, ЛЭП | <ul style="list-style-type: none"> ➢ Угроза повреждения и разрушения объектов производства и передачи энергии |
| Опасные гидрологические явления (наводнение, паводок), опасные явления в литосфере (лавины, оползни и др.), и криосфере (пучение, солифлюкция и др.), возникающие под влиянием изменения и изменчивости климата | АЭС, ТЭС, ГЭС, ВЭУ, СЭУ, ЛЭП | <ul style="list-style-type: none"> ➢ Угроза повреждения и разрушения объектов производства и передачи энергии |

* ВЭУ – ветроэнергетическая установка.

** СЭУ – солнечная энергетическая установка.

Источник: разработано авторами.

Указанный федеральный перечень категорий КУО разработан авторами данной статьи из ГГО им. А.И. Воейкова (с учетом предложений коллег из ИНП РАН) на

³ Формирование перечня КУО в конкретных муниципалитетах и субъектах Российской Федерации осуществляется на основе выделенных категорий с учетом наличия соответствующих КУО на территории и ее реальной подверженности определенным видам негативных воздействий.

основе многолетнего опыта климатического обслуживания различных отраслей экономики и социальной сферы России, а также анализа большого массива российских и зарубежных исследований по данной тематике, важнейшие результаты которых представлены в докладах Росгидромета: О климатических рисках (2017), Втором (2014) и Третьем (2022) оценочных докладах об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации [2; 12; 13].

Методические подходы к оценке возможного ущерба экономическим (хозяйственным) объектам и системам. Оценка возможного ущерба хозяйственным КУО от климатических воздействий основывается на учете следующих критериев и параметров: балансовой стоимости активов⁴, стоимости восстановления их ключевых характеристик функционирования до первоначального состояния (без эффектов указанных воздействий), характеристик (переменных) климатических воздействий, актуальных для данного региона, подверженности к ним конкретных категорий КУО, чувствительности этих категорий КУО к актуальным для данного региона видам климатических воздействий и адаптационного потенциала конкретных категорий КУО в их отношении.

В общем виде оценка интегрального (совокупного) возможного ущерба экономическим (хозяйственным) объектам и системам от климатических рисков $TD_{i,j}$ представлена в формуле (1):

$$TD = D + L, \quad (1)$$

где D – прямой ущерб активам КУО от климатических воздействий, L – косвенный ущерб или обусловленные этими воздействиями потери выпуска и доходов КУО соответственно.

Формула расчета возможного прямого ущерба D имеет следующий вид (2):

$$\sum D_{i,j} = \sum_{k,i=1}^{N,M} D_{kir} = \sum_{k,i=1}^{N,M} (C_{ki} \times V_{kir}), \quad (2)$$

где D_{kir} – возможный ущерб активам k -ой категории КУО i -ой отрасли (руб.); C_{ki} – стоимость полного ущерба (разрушения, выхода из строя) КУО k -ой категории i -ой отрасли – эквивалентная стоимости его полного восстановления до первоначального функционального значения (руб.); V_{kir} – уязвимость указанных КУО к климатическому воздействию r -го вида (в долях от единицы – по шкале от 0 (объект практически неуязвим) до 1 (объект полностью уязвим)) (см. далее).

Суть формулы (2) легко понять, приняв $V_{kir} \geq 1$, что означает максимальную уязвимость (незащищенность) активов КУО k -ой категории к r -му виду климатических воздействий и их полное разрушение и/или утрату функционала, которые фактически наступают уже при $V_{kir} = 1$. В этом случае стоимость прямого ущерба суть полная стоимость восстановления указанной категории КУО до их первоначального функционального значения (C_{ki}).

Величина C_{ki} рассчитывается по формуле (3), исходя из предположения полной утраты КУО и их функционала:

$$C_{ki} = C_{ki(b)} + C_{ki(f)}, \quad (3)$$

где $C_{ki(b)}$ – балансовая стоимость КУО k -ой категории i -ой отрасли, $C_{ki(f)}$ – стоимость дополнительных затрат (работ) по восстановлению КУО k -ой категории i -ой отрасли до их первоначального функционального значения.

⁴ В зависимости от сектора (отрасли) экономики, к которым относятся конкретные категории КУО, их активы могут включать: а) физические активы (здания, сооружения, машины, оборудование, транспортные средства, складские помещения, мебель, ирригационные системы, плотины, дорожные системы и порты; б) запасы готовой продукции и полуфабрикатов, сырья, стройматериалов и запчастей [14, р. 32-37].

Величина V_{kir} рассчитывается по формуле (4):

$$V_{kir} = R_{kir}/A_{kir}, \quad (4)$$

где R_{kir} – климатический риск КУО k -ой категории i -ой отрасли от r -го вида воздействия, r ; A_{kir} – адаптационный потенциал (защищенность) указанных КУО.

При этом параметры R_{kir} и A_{kir} рассчитываются по формулам (5) и (6) соответственно:

$$R_{kir} = E_{jr} \times S_{kir}, \quad (5)^5$$

где E_{jr} – степень подверженности j -ой территории климатическим воздействиям r -го вида; S_{kir} – степень чувствительности КУО k -ой категории i -ой отрасли экономики к данному виду климатических воздействий.

$$A_{kir} = A_{kir(p)} + A_{kir(o)}, \quad (6)$$

где $A_{kir(p)}$ и $A_{kir(o)}$ – оценка достаточности и эффективности групп превентивных и оперативных мер адаптации, соответственно (подробнее см далее).

Исходя из этого полная формула оценки возможного ущерба КУО данной отрасли или региона (субъекта РФ) от климатических воздействий имеет следующий вид:

$$\sum D_{i,j} = \sum_{k=1}^N (C_{ki(b)} + C_{ki(f)}) \times [(E_{jr} \times S_{kir}) / (A_{kir(p)} + A_{kir(o)})]. \quad (7)$$

Алгоритм оценки и расчетов прямого и косвенного ущерба. Исходя из формулы (7) на первом этапе оценки ущерба хозяйственным КУО рассчитывается величина возможного прямого ущерба (C_{ki}). Расчеты производятся, исходя: а) из стоимостных параметров активов данной категории КУО: их балансовой стоимости ($C_{ki(b)}$) и стоимости дополнительных затрат (работ) по их восстановлению до первоначального функционального значения ($C_{ki(f)}$); б) вышеупомянутой гипотезы о полной уязвимости и, соответственно, полной утрате этих КУО и их функционала.

Оценку балансовой и восстановительной стоимости активов КУО, которые в конкретной отрасли или регионе могут принадлежать (и реально принадлежат) разным институциональным субъектам: домашним хозяйствам, бизнесу и государству⁶, целесообразно проводить раздельно, указывая при этом (при наличии соответствующей информации) в каждом случае долю застрахованных активов. Такая разбивка важна для последующего обоснования объема бюджетных средств, которые могут потребоваться для восстановления (замещения выбывших) активов, в рамках которого особое внимание нужно уделить долям незастрахованных активов: а) государственного сектора и б) критически важных КУО частного сектора. Также раздельно целесообразно вести учет отечественных и импортных компонентов активов, учитывая, что процесс их замещения требует дополнительного времени и ресурсов, планировать которые нужно заблаговременно.

⁵ В целом ряде зарубежных руководств таким способом определяется уязвимость (см., например, [14]). Такой подход к оценке уязвимости представляется ущербным, т. к. полностью исключает из рассмотрения адаптационный потенциал (применительно к сюжетам указанного руководства – живых организмов). Поэтому формулу (5) корректно использовать для расчета именно величины риска (в данном случае, климатического).

⁶ Домашние хозяйства, как правило, являются пользователями (собственниками или арендаторами) домов и собственниками предметов быта; государству (госучреждениям) принадлежат, помимо прочего, административные здания, социальная инфраструктура (образовательные учреждения, больницы) и дорожная сеть; бизнесу (производственным компаниям частного сектора), а также компаниям с государственным участием – административные здания, производственные мощности, включая производственные здания и сооружения, машины, оборудование и запасы различных товаров.

В связи с этим важно подчеркнуть, что стоимость восстановления КУО – это оценочная стоимость именно *замещения* активов, которые могут полностью или частично утратить свой функционал из-за климатических рисков. Она не идентична финансированию реконструкции, которая может включать: а) общие качественные и технологические улучшения, увеличивающие стоимость строительства по сравнению заменой того, что было повреждено или утрачено; б) специальные мероприятия по улучшению готовности к будущим бедствиям, направленные на снижение риска и повышение устойчивости.⁷

В качестве ориентира для расчета стоимости восстановления может использоваться разность между балансовой стоимостью КУО k -ой категории по их первоначальной стоимости в году, t_0 ($\hat{C}_{k(b)}^{t_0}$) с учетом дисконтирования и стоимости нового строительства аналогичных объектов в период восстановительных работ в терминах затрат, приведенных к ценам года начала этих работ, t (\hat{C}_k^t). Например, для жилых помещений это разность между балансовой стоимостью 1 кв. м здания и ценой 1 кв. м строительства жилья в конкретном регионе. В других случаях можно использовать методики Минстроя России для огрубленной оценки стоимости строительства 1 кв. м соответствующих КУО.

Следующий шаг – оценка⁸ *степени подверженности территории данного региона* (параметр E_{jr} в формуле (7)) конкретным, актуальным для данной территории видам климатических воздействий. Для этой цели используется интервальная шкала, в которой риски подверженности территории конкретным видам климатических воздействий варьируют в диапазоне от 0 до 1⁹, а сам их диапазон разбит на шесть интервалов (групп), исходя из матрицы характеристик климатических рисков ГГО им. А.И. Воейкова [17], которые определяются на основе ретроспективных данных по видам климатических воздействий в регионе (за прошедшие 10 лет)¹⁰, исходя из верхней границы вероятности их реализации. Далее выделенные в каждой из шести групп риски обобщаются (объединяются) в четыре категории степеней подверженности – от незначительной (0,01) до сильной (0,99) (табл. 2).

Оценка текущего значения степени подверженности на базовый год («точка отсчета»), $E_{jr}^{t(0)}$, рассчитывается на основе ретроспективных данных Росгидромета и МЧС за последние 10 лет для r -го вида климатических воздействий на территорию j -го региона, исходя из верхней границы вероятности их реализации. Прогнозная оценка степени подверженности территории в году t , E_{jr}^t , (например, в 2030 г., если иметь в виду среднесрочные инвестиции в развитие и адаптацию j -го региона)

⁷ Например, строительство аналогичного КУО, но с использованием более строгих стандартов строительства и, возможно, элементов системы раннего предупреждения, или же сооружение такого объекта в другом месте, менее подверженном климатическому воздействию данного вида (что предполагает, помимо прочего, дополнительные затраты на приобретение земли). Стоимость восстановления КУО также не должна включать издержки, которые связаны со строительством в данном регионе, подверженном опасным климатическим воздействиям, новых мощностей (в том числе, жилья) в целях ликвидации существующего их дефицита, который возник не в результате последствий указанного воздействия [15, р. 32-37].

⁸ Здесь и далее, если специально не оговорено, имеются в виду оценки экспертов.

⁹ Другие методики для оценки подверженности КУО применяют 100-балльную шкалу, однако в этом случае используются иные (не вероятностные) подходы к оценке, в частности, компанией Trucost (подразделения корпорации S&P), которая именуется или «физическим риском изменения климата»: от 1 (минимальный риск) до 100 (максимальный риск). Измеряется относительный уровень риска для каждого вида климатических воздействий на конкретной территории относительно глобальных условий применительно к четырем сценариям МГЭИК (IPCC) прогноза изменений климата (RCP) до 2050 г. Значение выше 70 баллов характеризуется как «высокий физический риск» [16]. В России аналогичную шкалу предлагает использовать Минтранс России. Баллами оценивается доля объектов, подвергающихся определенным видам климатического воздействия и/или его последствий (например, деградация многолетнемерзлых грунтов: доля «не менее 70%» характеризуется как «опасный уровень риска/подверженности», 100% – как опасный уровень (см. письмо Минтранса России в Минэкономразвития России от 14.07.2023 № Д9/19781-ИС).

¹⁰ Имеются в виду данные Росгидромета и МЧС России.

базируется на соответствующем сценарии изменения климата и его последствий, который строится (выбирается) экспертами-климатологами, исходя из особенностей данного региона.¹¹ При этом значение $E_{jr}^{t(2030)}$ определяется на основе той же интервальной шкалы подверженности климатическим воздействиям.

Таблица 2

Подверженность территорий регионов климатическим воздействиям

| Номера регионов (субъектов РФ), j ($j=1,2...89$) | Климатические воздействия, r^* | Характеристика климатического воздействия (уровень интенсивности, верхняя граница вероятности) ** | | | | | |
|---|----------------------------------|---|-----------|---------|---------|---------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | 0,001 | 0,01-0,05 | 0,1-0,2 | 0,4-0,5 | 0,7-0,8 | 0,9-0,99 |
| | | Степень подверженности, E_{jr}^{***} | | | | | |
| | | H | M | $У$ | C | | |
| 1 | 1.1 | | | | | | |
| <p>* Указываются только актуальные для данного региона виды климатических воздействий, включая опасные гидрометеорологические явления и чрезвычайные ситуации. Нумерация в столбце 2: первая цифра – номер группы рисков, вторая – номер риска. Например, 1. Температура – 1.1; Жара (волны жары) – 2. Осадки – 2.1. Сильные осадки – 2.2. Град – 3. Опасные явления в атмосфере – 3.1. Ураганы, смерчи, сильный ветер – 4. Опасные явления в гидросфере – 4.1. Наводнение – 4.2. Подтопление территории и т. д.</p> <p>** 1 – незначительный (пренебрежимый); 2 – крайне маловероятный; 3 – маловероятный; 4 – средневероятный; 5 – вероятный; 6 – высоковероятный.</p> <p>*** H – незначительная; M – слабая (малая); $У$ – умеренная; C – сильная.</p> | | | | | | | |

Источник: разработано авторами.

Затем дается оценка степени чувствительности КУО, относящихся к данной категории соответствующей отрасли экономики и размещенных на территории этого региона, к конкретным видам актуальных для нее климатических воздействий рисков (параметр S_{kir} в формуле (7)). Определение категорий КУО производится на основе их федерального (типового) перечня (табл. 1), а сама оценка как таковая – на основании шкалы чувствительности, варьирующей в диапазоне от 0 до 1. Она включает пять интервалов, соответствующих степени чувствительности КУО k -ой категории i -ой отрасли (S_{ki}) к воздействию конкретного вида климатического воздействия (r), которая обусловлена: а) спецификой отрасли (вида экономической деятельности) – прежде всего, теснотой ее связи и зависимости от природно-климатических условий, и б) особенностей этих условий в каждом регионе (табл. 3).

Далее, дается оценка климатического риска нормальному функционированию КУО, величина которого рассчитывается на основе модифицированной формулы (5) – по формуле (8):

$$R_{kir} = [\ln (E_{jr} \times S_{kir} \times 10^4) + 1]. \tag{8}$$

Модификация формулы (5) вызвана тем, что размерность величин E_{jr} и S_{kir} варьирует от 10^{-3} до 99×10^{-2} и от 10^{-1} до 99×10^{-2} соответственно, поэтому размерность результирующей их произведения (величины R_{kir}) будет варьировать от 10^{-4} до $99,80 \times 10^{-2}$. Использование в качестве коэффициента к этим значениям интервала множителя 10^4 позволяет трансформировать его в вид от 1 до 9980, а использование логарифмической функции типа $(\ln x + 1)$ с округлением результирующих значений до целых чисел – сузить вариационный размах R_{kir} до

¹¹ Один из вариантов, предлагаемых международными экспертами, предусматривает в качестве основы для построения региональных сценариев использование известных четырех репрезентативных сценариев динамики концентраций парниковых газов (RCP) МГЭИК (IPCC) [18; 19; 20].

диапазона от 1 до 10, удобного для шкалирования. Указанный диапазон, в свою очередь, по аналогии с шкалами оценки параметров E_{jr} и S_{kir} , разбивается на пять интервалов, соответствующих пяти степеням уязвимости КУО (табл. 4).

Таблица 3

Чувствительность хозяйственных объектов к климатическим воздействиям

| Категории КУО i -ой отрасли | Номера регионов (субъектов РФ), ($j=1, \dots, 89$), в которых размещаются КУО i -ой отрасли | Климатические воздействия, r^{**} | Степень чувствительности, S_{kir}^{***} | | | | |
|-------------------------------|---|-------------------------------------|---|---------|---------|---------|----------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 0,1 | 0,2-0,3 | 0,4-0,5 | 0,6-0,8 | 0,9-0,99 |
| $k (X.N)^*$ | 1 | 1.1 | | | | | |
| | ... | ... | | | | | |
| | ... | ... | | | | | |

* X – буквенный символ по ОКВЭД; N – цифры номера вида экономической деятельности, к которой относится КУО.
 ** Нумерация: первая цифра – номер группы рисков, вторая – номер риска.
 *** 1 – незначительная; 2 – малая (слабая); 3 – умеренная; 4 – повышенная; 5 – высокая (сильная).

Источник: разработано авторами.

Таблица 4

Климатические риски нормальному функционированию хозяйственных объектов

| Категории КУО i -ой отрасли* | Номера регионов (субъектов РФ), ($j=1 \dots 89$), в которых размещаются КУО* | Климатические воздействия, r^* | E_{jr}^{**} | S_{kir}^{***} | Уровень климатического риска, R_{kir}^{****} | | | | |
|--------------------------------|--|----------------------------------|---------------|-----------------|--|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | H | M | $У$ | B | K |
| | | | | | 1-3 | 4-5 | 6-7 | 8-9 | 10 |
| | | 1.1 | | | | | | | |
| $k (X.N)$ | 1 | ... | | | | | | | |
| | N.N | ... | | | | | | | |
| | ... | ... | | | | | | | |
| | 1.1 | ... | | | | | | | |
| | 89 | ... | | | | | | | |
| | N.N | ... | | | | | | | |

* Нумерация в столбцах 1-3 – см табл. 3.
 ** Степень подверженности.
 *** Степень подверженности. Значения E_{jr} и S_{kir} – из табл. 2 и 3 соответственно.
 **** H – незначительный; M – малый; $У$ – умеренный; B – высокий; K – критический (очень высокий).
 Числа – оценка в баллах по 10-ти балльной шкале, рассчитанная по формуле (7).

Источник: разработано авторами.

Следующий шаг – оценка адаптационного потенциала КУО (параметр A_{kir}) на основе формулы (6). Она предусматривает расчет значения этого параметра как сумму оценок достаточности и эффективности групп мер: а) превентивной адаптации, включающую мероприятия по управлению (снижению) физическими рисками, которые являются частью планирования и реализации хозяйственной деятельности КУО (параметр $A_{kir(p)}$ в формуле (6)); б) оперативной адаптации, включающей мероприятия по обеспечению готовности и реагированию на опасные явления и чрезвычайные ситуации, обусловленные изменчивостью и изменением

климата (параметр $A_{kir(o)}$ в формуле (5)). Эти меры – часть процесса планирования и реализации планов КУО в области ГО и ЧС.

Оценка каждого из параметров $A_{kir(p)}$ и $A_{kir(o)}$ производится на основе пяти-балльной шкалы, характеризующей три степени снижения климатического риска (защищенности) благодаря упомянутым превентивным и оперативным группам мер адаптации и, соответственно – три уровня защищенности КУО (табл. 5).

Таблица 5

Потенциал адаптации хозяйственных объектов к климатическим воздействиям (адаптационный потенциал)

| Категории КУО i -ой отрасли* | Номера регионов (субъектов РФ), $(j=1, \dots, 89)$, в которых размещаются КУО* | Климатические воздействия, r ** | Достаточность и эффективность мер адаптации (защищенность КУО) от климатических воздействий** | | | | | | Адаптационный потенциал, A_{kir} *** |
|--------------------------------|---|-----------------------------------|---|----------|----------|--|----------|----------|--|
| | | | Превентивные меры адаптации, $A_{kir(p)}$ *** | | | Оперативные меры адаптации, $A_{kir(o)}$ *** | | | |
| | | | <i>H</i> | <i>C</i> | <i>B</i> | <i>H</i> | <i>C</i> | <i>B</i> | |
| | | | (1) | (2-4) | (5) | (1) | (2-4) | (5) | |
| <i>K (X.N)</i> | | | | | | | | | |

* Нумерация в столбцах 1-3 – см таблицу 3.
 ** Степени защищенности КУО: *H* – низкая; *C* – средняя; *B* – высокая.
 *** Числа в скобках – оценка защищенности КУО в баллах по пятибалльной шкале; числа в скобках – оценка степени защищенности КУО по пятибалльной шкале. Согласно формуле (6), сумма баллов по обеим группам мер дает оценку величины адаптационного потенциала, A_{kir} , которая варьирует в диапазоне от 2 (минимальный потенциал) до 10 (максимальный потенциал).

Источник: разработано авторами.

Эти уровни имеют следующие качественные характеристики (в скобках – их количественные метрики, в баллах): 1) *низкий* (1) – планирование и/или реализация плановых мер не удовлетворяют действующим в i -ой отрасли стандартам безопасности или нормативам ГОЧС МЧС России¹²; 2) *средний* (2-4) – планирование и/или реализация мер осуществляются, но не в полной мере соответствуют (удовлетворяют) упомянутым стандартам безопасности и нормативам ГОЧС; 3) *высокий* (5) – планирование и/или реализация мер полностью удовлетворяют упомянутым стандартам безопасности и нормативам ГОЧС.

Согласно формуле (6), сумма баллов по обеим группам мер дает оценку величины адаптационного потенциала A_{kir} , которая варьирует в диапазоне от 2 (минимальный потенциал) до 10 (максимальный потенциал).

Далее, на основе двух предыдущих этапов, используя формулу (4), производится оценка уязвимости КУО, V_{kir} , которая представляет собой соотношение величин климатического риска КУО и их адаптационного потенциала. Используя значения этого соотношения и 10-ти балльную шкалу, формируется матрица уязвимости КУО (см. табл. 6).

На основании табл. 6 выделяются три степени уязвимости КУО, имеющие следующие качественные характеристики (в скобках – их количественные метрики, в баллах):

¹² При этом $A_{kir(p)}$ и $A_{kir(o)}$ полагаются не равными нулю, исходя из реальной практики использования минимального набора из одной или обеих групп мер адаптации, в том числе, «по умолчанию», когда реальные мероприятия формально не идентифицируются как адаптационные и, соответственно, не отражаются в официальных планах адаптации КУО.

– *полная* ($V_{kir} \geq 1$), подразумевающая потенциально полное разрушение/выход из строя КУО и исходящая из ранее представленного комментария к формуле (3), согласно которому при указанном значении показателя V_{kir} степень уязвимости КУО k -ой категории i -ой отрасли максимальна, а при реализации климатического риска r -го вида (т. е. наступлении соответствующего опасного явления или чрезвычайной ситуации) – ущерб максимален и равен величине $C_{ki(d)}$ (стоимость полного ущерба (разрушения, выхода из строя) указанного КУО);

– *средняя* ($1 > V_{kir} \geq 0,5$) предполагает ограничение возможного ущерба КУО за счет реализации комплекса необходимых, но недостаточно эффективных мер адаптации (прежде всего, оперативных мероприятий готовности и действий при ЧС, а также превентивных мероприятий по снижению уязвимости КУО);

– *низкая* ($V_{kir} < 0,5$), предполагает (очень) значительное снижение возможного ущерба КУО за счет комплекса необходимых и эффективных мер адаптации, прежде всего, превентивных мероприятий по снижению уязвимости КУО.

Таблица 6

Матрица уязвимости хозяйственных объектов к климатическим воздействиям*

| Климатический риск, R_{kir} ** | Адаптационный потенциал, A_{kir} | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------------------------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-----|--|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 1 | 0,5 | 0,333 | 0,25 | 0,2 | 0,167 | 0,143 | 0,125 | 0,111 | 0,1 | |
| 2 | | 0,667 | 0,50 | 0,4 | 0,333 | 0,286 | 0,250 | 0,222 | 0,2 | |
| 3 | | | 0,75 | 0,6 | 0,500 | 0,429 | 0,375 | 0,333 | 0,3 | |
| 4 | | | | 0,8 | 0,667 | 0,571 | 0,500 | 0,444 | 0,4 | |
| 5 | | | | | 0,833 | 0,714 | 0,625 | 0,555 | 0,5 | |
| 6 | | | | | | 0,857 | 0,750 | 0,667 | 0,6 | |
| 7 | | | | | | | 0,875 | 0,778 | 0,7 | |
| 8 | | | | | | | | 0,889 | 0,8 | |
| 9 | | | | | | | | | 0,9 | |
| 10 | | | | | | | | | | |

* Величина уязвимости в ячейках матрицы V_{kir} (степень уязвимости КУО k -ой категории i -ой отрасли при климатическом воздействии r -го вида) рассчитывается по формуле (5) и выражается в долях от единицы (или в процентах), варьируя в диапазоне от 0,1 до 5.
 ** Значения R_{kir} и A_{kir} – из табл. 4 и 5 соответственно.

Условные обозначения степеней уязвимости КУО
 ■ полная ■ средняя □ низкая

Источник: разработано авторами.

На заключительном этапе оценки прямого ущерба КУО производится расчет его величины по формуле (2) как произведения переменных $C_{ki(d)}$ и V_{kir} . При этом, учитывая, что, как уже подчеркивалось ранее, полное разрушение и/или утрата функционала КУО фактически наступают уже при $V_{kir} = 1$, при расчетах с использованием матрицы уязвимости этих объектов значения V_{kir} (см. табл. 6) в серой зоне принимаются равными единице; значения V_{kir} в розовой и светло-серой зонах (от 0,1 до 0,9) – проставляются в правой части формулы (3) в своих конкретных расчетных величинах.

Далее производится оценка величины косвенного ущерба $\sum L_{i,j}$, используя формулу (9):

$$\sum_{k,i=1}^{N,M} L_{kir} = \sum_{k,i=1}^{N,M} (L_{kir}^d \times t), \tag{9}$$

где L_{kir}^d – стоимость потери в единицу времени (чаще всего, сутки или месяц) выпуска продукции и неполученных в связи с этим доходов от реализации КУО k -ой категории i -ой отрасли из-за их (КУО) простоя, снижения производительности или

невозможности сбыта продукции в результате последствий климатических воздействий g -го вида (повреждения производственных мощностей, прерывания снабжения электричеством или сырьем, разрыва транспортно-логистических цепочек и т. д.), t_{kir} – продолжительность (время) указанных выше нарушений нормального функционирования данных КУО по указанным причинам.

Например, при повреждении моста через реку из-за паводка пропускная способность проходящей по мосту дороги снижается, при ее разрушении – объем суточного трафика до момента восстановления падает до нуля. Соответственно, величина неполученных или недополученных в связи с этим доходов транспортных организаций L_{transp} будет равна произведению стоимости их выручки от указанного суточного трафика L_{transp}^d и количества дней ремонта, t_m .

Величина L_{kir} является динамической характеристикой потока (потерь) доходов, сокращающегося по сравнению с так называемой базовой траекторией развития (т. е. без учета климатических рисков). Это обстоятельство обуславливает, во-первых, необходимость разработки отраслевых и региональных прогнозов развития экономики, которые должны корректироваться с учетом новейших экономических трендов и климатических прогнозов [21]. Во-вторых, невозможность полной, обоснованной оценки потерь выпуска и доходов КУО на момент (или вскоре после) опасного воздействия или ЧС (реализации климатического риска). Учитывая, что экономические последствия могут сохраняться в течение определенного, нередко значительного, времени, это, очевидно, на региональном и общенациональном уровне может сказываться на показателях ВРП (ВВП), занятости, финансов, торговли. Согласно мировому опыту, такой период времени достигает в среднем порядка пяти лет, за которые и принято определять среднесреднюю стоимость потерь доходов. При этом сами потери, являясь добавленной стоимостью произведенной или недопроизведенной продукции, не отражаются в системе национальных счетов, в отличие от дополнительных расходов [15; 19].

Заключение. Изложенная выше методика оценки возможного ущерба хозяйственным объектам от негативных климатических воздействий изменений основана на комплексном подходе, отличительными чертами которого являются, во-первых, учет: а) всех видов указанных воздействий и их источников (имея в виду как климатическую изменчивость, так и климатические изменения, обусловленные антропогенными факторами); б) объектов (реципиентов) этих воздействий, включая хозяйственные системы всех форм собственности; в) последствий указанных воздействий на перечисленные объекты, включая прямой и косвенный ущерб активам, и социально-экономические эффекты в средне- и долгосрочной перспективе. Во-вторых, междисциплинарный характер оценки, подразумевающий использование знаний экспертов из различных областей науки при формировании перечня КУО и данных о стоимости этих объектов, определения перечня климатических воздействий, подверженности, чувствительности и уязвимости к ним КУО, а также оценки адаптационного потенциала этих объектов, что дает возможность качественного улучшения процесса планирования и реализации планов адаптации на отраслевом и региональном уровнях принятия решений.

Литература / References

1. IPCC, 2021. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Pp. 3–32.
2. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В.М. Катцова. Росгидромет. Санкт-Петербург: Научно-технические технологии, 2022. 676 с. [The

- Third assessment report on climate change and its consequences in the territory of the Russian Federation / Ed. by V.M. Kattsov. Roshydromet. St. Petersburg: Naukoemkiye tekhnologii. 2022. 676 p. (In Russ.)]*
3. *Изменения климата и экономика России: тенденции, сценарии, прогнозы. Монография / Под ред. акад. РАН Б.Н. Порфирьева и чл.-корр. РАН В.И. Данилова-Данильяна. М.: Научный консультант, 2022. 514 с. [Climate change and the economy of Russia: trends, scenarios, forecasts: monograph / Eds.: B.N. Porfiriev and V.I. Danilov-Danilyan. M., Nauchnii consultant. 2022. 514 p. (In Russ.)]*
 4. *Распоряжение Президента РФ от 17.12.2009 г. № 861-рп «О климатической доктрине Российской Федерации» URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_94992/909fe05faf4cc71c8a6b79408d600dcb73cc272e/ [Order of the President of the Russian Federation dated 17.12.2009 No. 861-rp «On the Climatic Doctrine of the Russian Federation» (In Russ.)]*
 5. *Paris Agreement. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf*
 6. *Porfiriev B.N., Terent'ev N.E. and Zinchenko Yu.V. Planning for Adaptation to Climate Change: World Experience and Opportunities for Sustainable Social and Economic Development in Russia // Studies on Russian Economic Development. 2023. Vol. 34. No. 2. Pp. 263–273.*
 7. *Распоряжение Правительства РФ от 25.12.2019 N 3183-р (ред. от 23.07.2022) «Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года» URL: <http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/ALzCFp4EbLkAEuDwZpAxQIWOqeI3mGT.pdf> [Decree of the Government of the Russian Federation of 25.12.2019 No. 3183-r (ed. 23.07.2022) «On the approval of the national action plan for the first stage of adaptation to climate change for the period until 2022» (In Russ.)]*
 8. *Методические рекомендации и показатели по вопросам адаптации к изменениям климата. Утверждены Приказом Минэкономразвития РФ от 13 мая 2021 г. № 267. URL: <https://rulings.ru/acts/Prikaz-Minekonomrazvitiya-Rossii-ot-13.05.2021-N-267/> [Guidelines and Indicators on Adaptation to Climate Change. Approved by Order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation dated May 13, 2021. No. 267. (In Russ.)]*
 9. *Регионы впервые отчитались по реализации планов адаптации к изменениям климата. URL: <https://energo.eco/info/news/regiony-vpervye-otchitalis-po-realizatsii-planov-adaptatsii-k-izmeneniyam-klimata/> [Regions reported for the first time on the implementation of climate change adaptation plans. (In Russ.)]*
 10. *Распоряжение Правительства РФ от 11.03.2023 № 559-р «Об утверждении национального плана мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года» URL: <http://static.government.ru/media/files/DzVPGII7JgT7QYRoogpW69KKQREGTB.pdf> [Decree of the Government of the Russian Federation of 11.03.2023 No. 559-r «On the approval of the national action plan for the second stage of adaptation to climate change for the period until 2025» (In Russ.)]*
 11. *Report of the Conference of the Parties on its seventh session, held at Marrakesh from 29 October to 10 November 2001. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/russian/cop7/cp713a01.pdf>*
 12. *Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (основной том) / Под ред. В.М. Катцова и С.М. Семенова. М., Росгидромет. 2014. 1018 с. [The Second assessment report on climate change and its consequences in the territory of the Russian Federation / Ed. by V.M. Kattsov and S.M. Semenov. M., Roshydromet. 2014. 1018 p. (In Russ.)]*
 13. *Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / Под ред. В.М. Катцова. Санкт-Петербург. ГГО им. А.И. Воейкова (ФГБУ «ГГО»). 2017. 106 с. [Report on climate risks in the Russian Federation / Ed. V.M. Kattsov. St. Petersburg. The Voeikov Main Geophysical Observatory (FGBU «GGO»). 2017. 106 p. (In Russ.)]*
 14. *Environmental Defense Fund. Climate Vulnerability Assessment (CVA): How-To Guide. 2022. 13 p. URL: <https://fisherysolutionscenter.edf.org/sites/default/files/2022-08/Primer%20for%20Climate%20Vulnerability%20Assessment.pdf>*
 15. *Handbook for Disaster Assessment. Santiago, ECLAC. 2014. Pp. 32-37.*
 16. *Damage Limitation: Using Enhanced Physical Climate Risk Analytics in the U.S. CMBS Sector. S&P Global, February 2021. 34 p.*
 17. *Метод оценки экономических последствий изменения климата на основе анализа затрат и выгод. СПб. ГГО, 2019. 19 с. [A method for assessing the economic impact of climate change based on a cost-benefit analysis. St. Petersburg. GGO, 2019. 19 p. (In Russ.)]*
 18. *Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год. М., 2022. 104 с. URL: <https://www.meteorf.gov.ru/images/news/20220324/4/Doklad.pdf> [Report on climate features in the Russian Federation for 2021. M., 2022. 104 p. (In Russ.)]*
 19. *Shaping climate-resilient development: A framework for decision-making. A report of the Economics of Climate Adaptation Working Group. ECA, 2009. 164 p.*
 20. *Schleussner C-F. et al. Pathways of climate resilience over the 21st century // Environ. Res. Lett. 2021. No.16. p. 054058.*
 21. *Широв А.А., Колпаков А.Ю. Целевой сценарий социально-экономического развития России с низким уровнем нетто-выбросов парниковых газов до 2060 года // Проблемы прогнозирования. 2023. № 6 (201). С. 53-66. [Shirov A.A., Kolpakov A.Yu. Target scenario for the socio-economic development of Russia with a low level of net greenhouse gas emissions until 2060 // Problemy prognozirovaniya. 2023. No. 6 (201). Pp. 53-66 (In Russ.)]*



Статья поступила в редакцию 04.09.2023. Статья принята к публикации 28.09.2023.

Для цитирования: Б.Н. Порфирьев, Е.М. Акентьева, Д.О. Елисеев, Е.И. Хлебникова. Методические подходы к оценке возможного ущерба экономическим системам от климатических изменений // Проблемы прогнозирования. 2024. № 1 (202). С. 67-80.
DOI: 10.47711/0868-6351-202-67-80

Summary

METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING POSSIBLE DAMAGE TO ECONOMIC SYSTEMS FROM CLIMATE CHANGE

B.N. PORFIRIEV, Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

ORCID: 0000-0001-8515-3257. Scopus Author ID: 6603270384

E.M. AKENT'eva, Cand. Sci. (Geography), A.I. Voeikov Main Geophysical Observatory, Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet), St. Petersburg, Russia

D.O. ELISEEV, Cand. Sci. (Econ.), Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

E.I. KHLEBNIKOVA, Cand. Sci. (Math. and Physics), A.I. Voeikov Main Geophysical Observatory, Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet), St. Petersburg, Russia

Abstract: The concepts' glossary, criteria, and parameters for compiling the list of climatically vulnerable objects in Russia are substantiated. The original methodology for assessing possible damage to these facilities from climate change and its impact is presented, including key limitations, stages, and calculation technique. The methodology's specificity involves an integrated approach that takes into account regional characteristics of climate impact precipitating the degrees of exposure and sensitivity of the facilities above that determine the amount of climate risk. The experts' assessment based on scaling the existing and expected value of risk as well as the level of adaptation capacity of the facilities provides for calculating the degree of their vulnerability to climate impact. Finally, using the variable of total (book and replacement) value of assets the amount of possible damage could be obtained.

Keywords: climate changes, exposure, sensitivity, vulnerability, climatically vulnerable objects, direct and indirect damage.

Received 04.09.2023. Accepted 28.09.2023.

For citation: *B.N. Porfiriev, E.M. Akent'eva, D.O. Eliseev, and E.I. Khlebnikova. Methodological Approaches to Assessing Possible Damage to Economic Systems from Climate Change // Studies on Russian Economic Development. 2024. Vol. 35, No. 1. Pp. 44–53.*

DOI: 10.1134/S1075700724010143