

УДК [551.588.7+504]:502.131.1

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ В ЦЕЛЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВА

Е.Н. Яковлева¹, Н.Н. Яшалова¹, Д.А. Рубан², В.С. Васильцов¹

¹ Череповецкий государственный университет, natalij2005@mail.ru

² Южный федеральный университет

Рассмотрены современные методические подходы к оценке природно-климатических рисков, обозначены проблемы их применения, систематизированы факторы, влияющие на их величину. Особое внимание уделено критериям оценки природно-климатических рисков, на основании детального анализа которых авторами разработана система количественных абсолютных и относительных индикаторов, характеризующих величину и интенсивность негативного антропогенного и техногенного влияния на климат. Также в работе представлена авторская методика оценки двух групп показателей негативного воздействия экономики народного хозяйства на климат — «энергоемкости» и «климатоемкости» — через построение карты климатических рисков. Предложенные рекомендации могут найти применение при разработке государственных программ по управлению природно-климатическими рисками.

Ключевые слова: климатический риск, оценка, инструментарий, индикаторы, экономика, карта климатических рисков.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO VALUATION OF NATURAL-CLIMATIC RISKS FOR THE PURPOSES OF COUNTRY'S SUSTAINABLE DEVELOPMENT

E.N. Yakovleva¹, N.N. Yashalova¹, D.A. Ruban², V.S. Vasil'tsov¹

¹ Cherepovets State University

² Southern Federal University

Modern methodological approaches to assessing natural-climatic risks are considered, problems of their application are identified, and factors affecting their magnitude are systematized. Particular attention is paid to criteria of valuation of natural-climatic risks, on the basis of detailed analysis of which the authors have developed a system of quantitative absolute and relative indicators characterizing value and intensity of negative anthropogenic and technogenic influences on climate. This work also contains the authors' methodology for valuation of two groups of indicators of negative influence of economy on climate, namely «energy demand» and «climate requirements» via climatic risks mapping. The proposed recommendations can be used in development of state programs of natural-climatic risks governance.

Keywords: climatic risk, valuation, approaches, indicators, economy, climatic risk map.

Введение

Климатическая доктрина Российской Федерации (утверждена распоряжением Президента РФ от 17 декабря 2009 г. № 861-рп) определяет основы формирования и реализации государственной климатической политики и устанавливает в качестве приоритета устойчивое социально-эколого-экономическое развитие

страны в условиях изменяющегося климата. Документ признает необходимость действий как по адаптации к изменениям климата, так и по смягчению негативного влияния на природно-климатические условия. Вместе с тем до настоящего времени отсутствует должная система мотивации управления природно-климатическими рисками. Для снижения негативного антропогенного воздействия на климат необходимы использование соответствующего механизма идентификации факторов климатической опасности, оценка характеристик риска и разработка экономических и административно-правовых методов регулирования в данной области.

Проблема оценки природно-климатических рисков включает в себя множество аспектов, а потому трудно разрешима. Тем не менее она является ключевой в системе управления данными рисками. Ее актуальность подчеркивают многие отечественные и зарубежные исследователи. Так, к примеру, академик РАН Б.Н. Порфирьев утверждает, что на современном этапе приоритет в международных исследованиях «должен быть отдан проблеме мониторинга и оценки стабильности биосферы, в том числе рисков ее перехода в состояние нового квазиравновесия и связанных с этим опасностей и ущерба для мирового сообщества», а «в международных инвестиционных проектах и политике — сохранению имеющихся естественных экосистем» [16].

Целью настоящей работы являются изучение методических подходов к оценке природно-климатических рисков и разработка системы критериев управления ими с целью устойчивого развития национальной экономики.

Подходы к оценке климатических рисков

Ряд ученых (М.А. Салль, Н.В. Кобышева, Б.А. Раевич, О.Г. Невидимова, Е.П. Янкович, А.А. Сергеев, Н.И. Золотарева и др.) до настоящего времени подходят к проблеме оценки климатических рисков в соответствии с теорией вероятности как к случайному типу ситуации появления неблагоприятных погодных условий или опасных гидрометеорологических явлений. На самом деле проблема имеет более сложный характер. Так, Б. О'Нил, Я. Ермолиев и Т. Ермолиева отмечают, что рассматриваемая проблема представляет собой ситуацию принятия решения не в условиях риска (когда известна вероятность тех или иных последствий принимаемых решений), а в условиях полной неопределенности (когда вероятность неизвестна) с ожиданием, что новая информация о ситуации будет получена в будущем.

В обсуждении политики изменения климата можно найти идеи, согласно которым управление здесь основано на выборе между действием сейчас и ожиданием, пока общество не узнает о проблеме больше [38]. Выбор ожидания приводит к отсрочке принятия решения, что может привести к необратимым последствиям. Необходимо также понимать, что природно-климатические риски по-разному воспринимаются в разных социально-экономических и социально-политических ситуациях. Например, установлено, что рост экономических рисков и рисков увеличения безработицы снижает в обществе интерес к рискам, связанным с изменениями климата [26].

Авторы настоящего исследования согласны с критикой методов прогнозной оценки вероятности природно-климатических рисков, однако считают, что для разработки концепции управления данной группой рисков они имеют большое значение. Поэтому представим здесь обобщающую модель для оценки природно-климатического риска исходя из ранее сформулированного определения [25]:

$$R_i = \sum_{i=1}^n (r_i P_i), \quad (1)$$

где R_i — цена (величина) природно-климатического риска; r_i — вероятность наступления i -го неблагоприятного климатического события; P_i — ущерб, потери от наступления i -го неблагоприятного климатического события.

Вероятность наступления события риска оценивается экспертными, статистическими или аналоговыми методами. Ущерб или потери определяют исходя из характеристик величины и масштабов распространения опасных последствий природно-климатических рисков. Показатели оценки рассматриваемых рисков можно представить в виде системы, представленной на рис. 1.

Кроме классификации по содержанию, приведенной на рис. 1, показатели природно-климатических рисков подразделяются по объектам воздействия, или реципиентам. Согласно исследованиям Н.В. Кобышевой [7], оценка климатического риска разделяется на оценку риска объекта и оценку риска территории. В качестве объекта может выступать любой реципиент — человек, общество, предприятие, отрасль, региональная экономика, национальная экономика и т.д.



Рис. 1. Система показателей природно-климатических рисков.

В настоящей работе в качестве реципиента будем рассматривать экономику хозяйствующего субъекта, отрасли, населенного пункта, региона, страны и др.

В качестве факторов, оказывающих влияние на величину риска, можно указать внешние по отношению к реципиенту (не зависящие от него) параметры риска, в том числе прямого действия (природные особенности территории, вид, агрессивность, частота опасных гидрометеорологических явлений, их сила, масштаб и продолжительность воздействия и др.) и косвенного действия (изменение норм международного климатического права, численность населения, нестабильность социальных условий и т.д.). Помимо внешних воздействий, следует не забывать про внутренние факторы (зависящие от субъекта риска), в том числе объективные (низкий уровень экономического развития, неустойчивое финансовое положение, отсутствие системы управления климатическими рисками и т.д.) и субъективные (недостаточное внимание к климатическим рискам, ошибки при принятии и реализации решений и др.).

Система внешних и внутренних факторов, определяющих климатические риски, приведена на рис. 2.

Все перечисленные на рис. 2 факторы оказывают существенное влияние на уровень климатического риска, но внутренние факторы поддаются корректировке, для чего в первую очередь требуется формирование системы управления климатическими рисками и адаптации к ним на всех уровнях управления.

На наш взгляд, внешние факторы определяют подверженность реципиента риску, а внутренние — его уязвимость. Поэтому дадим авторскую интерпретацию модели риска Н.В. Кобышевой на рис. 3. В частности, в работах этого специалиста вместо понятия «подверженность» приведено понятие «опасность», которое выражено частотой возникновения опасности. Понятие «уязвимость» определено как вероятность уязвимости реципиента риска от опасности. Климатический риск

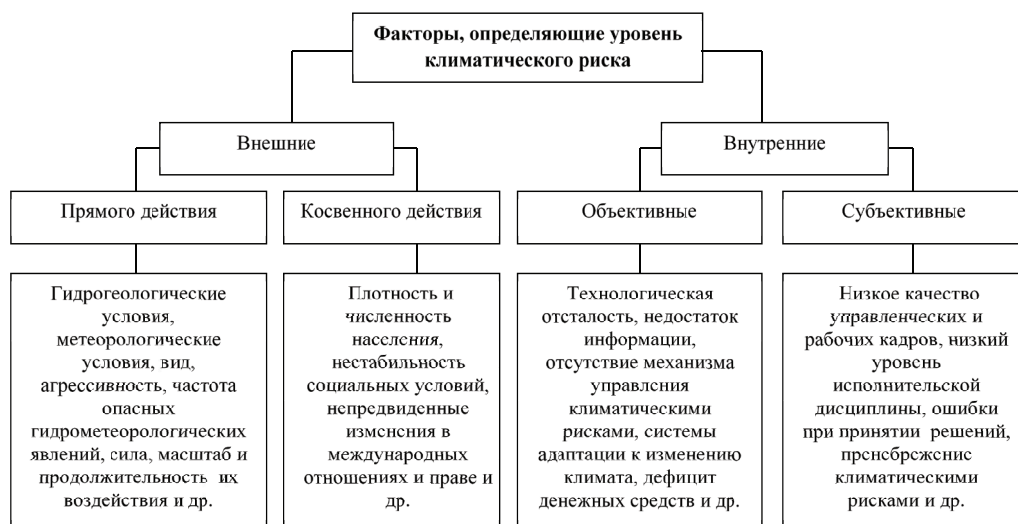


Рис. 2. Система факторов, влияющих на уровень климатического риска.



Рис. 3. Аналоговая модель природно-климатического риска.

здесь определяется как произведение частоты возникновения опасности на вероятность уязвимости реципиента риска в отношении опасности. На наш взгляд, в данной модели необходимо отразить не только вероятность, но и масштаб опасности и уязвимости.

Подверженность риску можно снизить через меры по ограничению негативного антропогенного и техногенного воздействия на климат, а уязвимость можно снизить через механизмы адаптации. Так, Н.В. Кобышева [7] выделяет два вида мониторинга — метеорологический и технический — и соответствующие виды адаптационных мер. Метеорологический мониторинг является частью Единой государственной системы экологического мониторинга Министерства природных ресурсов Российской Федерации и представляет собой систему наблюдений за негативными метеорологическими ситуациями. Технический мониторинг определяется автором как «слежение за состоянием реципиента (изменением технической системы)». В нашей трактовке технический мониторинг является частью наблюдения и контроля за состоянием реципиента, то есть мониторинга его уязвимости.

Систематизация индикаторов для оценки природно-климатических рисков

Совершенствованию метеорологического мониторинга и прогнозирования климата и будущих климатических рисков посвящено множество работ как российских, так и зарубежных ученых. Результаты анализа и прогнозирования климатических угроз, несомненно, важны, поскольку определяют выбор адаптационных мер к возникающим рискам [16]. Но данный (экстернальный по отношению к экономике) аспект совершенствования управления климатическими рисками (оценки, прогнозирование и разработки путей снижения рисков опасных гидрометеорологических явлений, неблагоприятных природных условий) мы оставим за пределами данного исследования, так как он находится в ракурсе профессиональных научных задач ученых-климатологов. С экономических же позиций необходимо уделить внимание оценке и управляющему воздействию на внутренние, интернальные факторы климатических рисков (уязвимости реципиентов) и соответственно адаптации этих факторов к изменению климата. В зависимости от этого показатели природно-климатических рисков также можно разделить на интернальные (непосредственно отражающие результат деятельности реципиента) и экстернальные (выражающие результат глобального изменения климата) (см. табл. 1, столбец 4). Интернальные показатели имеют несколько уровней применения в зависимости от масштабов реципиента: территориальный (в том числе мировой, национальный,

региональный, местный), корпоративный. Кроме того, некоторые авторы рассматривают критерии климатического риска безотносительно объектов воздействия. Такие показатели названы в табл. 1 нейтральными, так как могут применяться на любом уровне оценки и управления.

Таблица 1

Критерии оценки природно-климатических рисков

Критерий	Экономическое содержание	Источники	Область применения
Энергоемкость	Потребление энергии в т н.э. (<i>toe</i>) на единицу ВВП	[16, 22]	ИП, НУ
Энергопотребление	Потребление топливно-энергетических ресурсов в тоннах условного топлива в разрезе регионов, отраслей, стран, в целом в мире	[17, 18]	ИП, ТУ, ОУ
Карбоноёмкость энергопотребления	Выбросы углекислого газа на единицу энергии, т CO ₂ /т н.э.	[22]	ИП, НУ
Карбоноёмкость ВВП	Выбросы углекислого газа на единицу ВВП, т CO ₂ / тыс. дол.	[22]	ИП, НУ
Доля безуглеродных видов топлива в энергопотреблении	Доля (%) безуглеродных технологий получения энергии (атомная энергия, ветровая, солнечная, сухого тепла планеты и т.п.) в совокупном энергопотреблении	[22]	ИП, НУ
Выбросы углерода	Количество выбросов углерода в год, МтС/год	[22]	ИП, НУ
Концентрация углекислого газа в атмосфере	Концентрация CO ₂ в атмосфере	[27, 29, 35, 40]	ЭП
Выбросы парниковых газов	Приведенная масса выбросов парниковых газов в тоннах вещества, эквивалентного углекислому газу (так называемый углеродный эквивалент в т CO ₂)	[9, 17, 18, 22, 27, 35, 38, 39, 42]	ИП, НУ, ТУ
Соотношение затрат на снижение выбросов парниковых газов к валовому продукту	Доля (%) суммы затрат на снижение выбросов парниковых газов в мировом валовом продукте, национальном валовом продукте или региональном валовом продукте	[17, 18]	ИП, ТУ
Индекс геоэкологической опасности	Показывает риск деградации вечной мерзлоты	[19]	ЭП
Показатели здоровья населения: смертность от климато-зависимых причин: сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе ишемической болезни сердца и инсульта, заболеваний органов дыхания, в том числе хронических заболеваний нижних дыхательных путей, а также всех причин; инфекционная заболеваемость	Среднедневные показатели смертности от заболеваний органов дыхания, системы кровообращения и всего населения в процентах превышения среднего многолетнего значения	[19]	ИП, ТУ

Продолжение табл. 1

Критерий	Экономическое содержание	Источники	Область применения
Частота распространенности природно-очаговых заболеваний в популяциях флоры и фауны	Частота распространенности природно-очаговых заболеваний популяций флоры и фауны отдельными видами инфекционных заболеваний, опасных для здоровья человека	[19]	ЭП
Ожидаемый ущерб от климатических изменений	Дополнительный расход ресурсов, в первую очередь тепло- и электроэнергии, затраты на адаптацию хозяйственных систем к изменению климата, дополнительные затраты на лечение, потери от снижения урожайности сельхозкультур и другие дополнительные затраты и потери дохода	[18]	ИП
Экологический ущерб	Ущерб окружающей среде выражается в виде загрязнения или уничтожения лесных, водных, воздушных и земельных ресурсов, нанесения вреда биосфере и сельскохозяйственным угодьям	[24]	ЭП
Экологический риск	Вероятность наступления гражданской ответственности за нанесение ущерба окружающей среде, а также жизни и здоровью третьих лиц. Он может возникнуть в процессе строительства и эксплуатации производственных объектов и является составной частью промышленного риска	[24]	ЭП
Энвиронментальный риск	Риск субъектов экономической деятельности, связанный с физическими и химическими параметрами окружающей среды	[1]	ЭП
Повторяемость опасных гидрометеорологических явлений (ОГЯ)	Число опасных гидрометеорологических явлений (ОГЯ) за определенный период времени (как правило, за год). К ОГЯ относятся: — сильные ветры, шквалы, ураганы и смерчи; — лавины, сели; — засухи; — весенние половодья, дождевые паводки, наводнения; — сильный дождь, продолжительный дождь, ливень, крупный град, гроза; — заморозки, сильная жара, морозы; — гололед, сильный снег, сильная метель; — чрезвычайная пожарная опасность; — сильный туман, пыльные бури, резкие изменения погоды, сильное волнение и др.	[21]	ЭП
Коэффициент уязвимости земельных угодий	Коэффициент уязвимости земельных угодий, рассчитывается по формуле $K_y = T_y / Ч,$ где Ч — частота охвата чрезвычайными ситуациями земельных угодий регионов; Т _у — продолжительность исследуемого периода, число лет	[3]	ИП, ТУ

Продолжение табл. 1

Критерий	Экономическое содержание	Источники	Область применения
Изменение среднегодовой температуры	Изменение среднегодовой температуры и отклонения от средних значений (°C)	[8, 13, 27]	ЭП
Изменение среднегодового количества осадков	Изменение среднегодового количества осадков (мм)	[13]	ЭП
Гидрогеологическая напряженность	Степень опасности разрушения функциональных связей между компонентами системы, обеспечивающими целостность и устойчивое развитие системы (территории, экосистемы и пр.), сток наносов (объем перемещаемых наносов), а также сток талых вод (условная среднесуточная интенсивность снеготаяния): $NG = \sum_{i=1}^5 k_i / 5,$ где k_i — коэффициент, соответствующий оценке по пяти основным гидрологическим факторам, являющимся индикаторными для Томской области: низкий уровень воды (число дней в году с низким уровнем); ледовые явления — комплексный показатель, в котором учитываются продолжительность ледоходов, продолжительность ледостава и раннее начало ледовых явлений; высокий уровень воды (число дней в году с максимальной продолжительностью стояния высоких вод); коэффициенты (шкала от 0,1 до 1,0), соотнесенные с каждым фактором, — отражают роль этого фактора в возникновении опасных ситуаций	[13]	ЭП
Социально-экологическая напряженность	Зависит от особенностей расселения людей, проживающих вблизи потенциального источника опасности, социальной, инфраструктурной, производственно-технической реализации этих особенностей: $NR = \sum_{i=1}^3 g_i,$ где g_1 — оценка концентрации населения вдоль русел (баллы); g_2 — оценка частоты мостовых переходов (баллы); g_3 — оценка числа пересечений русел с источниками повышенной экологической опасности — нефтегазопроводами (баллы)	[13]	ЭП
Интегральная оценка рисков водопользования	Интегральная оценка ситуации, формирующейся в водопользовании, осуществляется путем объединения оценок климатического, гидрологического и социально-экологического содержания:	[13]	ЭП

Критерий	Экономическое содержание	Источники	Область применения
Комплексный показатель климатической опасности	$NC = 1/7 \sum_{i=1}^7 n_i$ Среднее арифметическое (в баллах) оценки риска: учитываются семь природно-климатических факторов, наиболее негативно воздействующих на развитие природопользования исследуемого региона: число дней в году со скоростью ветра 15 м/с и более; интенсивность стока талых вод; амплитуда колебания температуры на поверхности почвы в апреле (период особой неустойчивости температурного режима); число дней в году с ливнями; число гроз в году; число дней в году с влажностью воздуха менее 30 %; число дней в году с температурой воздуха -35°C и ниже	[12]	ЭП
Вероятность результата, «выигрыши» (урожайность сельхозкультур, прибыль), «потери» (затраты)	Усредненные значения показателей риска — применяются для выбора наилучшего решения из ряда альтернативных в соответствии с «байесовской стратегией». Предлагается применять для оценки климатических рисков в сельском хозяйстве. Использование традиционного подхода к оценке климатических рисков, на наш взгляд, затруднительно в условиях глобальных изменений климата	[23]	ИП, КУ, ТУ
Доля «энергоэффективных» расходов	Доля расходов на развитие энергоэффективных и энергосберегающих технологий и производств, возобновляемой энергетики, а также энергетической и транспортной инфраструктуры в общей стоимости антикризисных программ	[15]	ИП, НУ
Качество «энергоэффективных» решений	Действительная роль энергоэффективных и энергосберегающих технологий и производств в снижении климатических рисков на уровне отдельных социально-экономических и промышленных систем и эффективность самих этих технологий и производств	[37]	ИП, ОУ
Климатическая нейтральность	Образ жизни людей и политика государств, ориентированные на то, чтобы «не навредить климату», для чего необходимо ограничить климатические изменения и смягчить последствия антропогенного воздействия на этот процесс	[11]	ЭП
Территориальная (районная) урожайность сельхозкультур	Средняя урожайность сельскохозяйственной культуры в районе, сложившаяся за предшествующие пять лет	[10]	ИП, РУ

Продолжение табл. 1

Критерий	Экономическое содержание	Источники	Область применения
Дисперсия	Средний разброс значений случайной величины относительно ее математического ожидания	[10]	НП
Риск	Произведение вероятности конкретной метеорологической опасности на условную вероятность уязвимости реципиента, который может оказаться подверженным этой опасности (в долях единицы или процентах)	[7]	НП
Ущерб	Материальные или финансовые потери обусловленные опасными метеорологическими явлениями, неблагоприятными условиями погоды или аномальными климатическими условиями	[7]	НП
Магнитуда (величина) бедствия (методика М.А. Клячко: шкала DIMAK)	Длина луча/вектора, отражающего социальные (страховая оценка фактических или потенциальных человеческих потерь, ущерба здоровью) и финансовые потери	[7]	ИП, ТУ
Индекс относительной социальной уязвимости (методика М.А. Клячко: шкала DIMAK)	Тангенс угла между «вектором бедствия» и осью абсцисс (по оси ординат откладывается социальный ущерб, по оси абсцисс — экономический). Если индекс равен нулю, то бедствие считается «чисто экономическим», превышает единицу — абсолютно недопустимым, равен бесконечности — «полностью социальным» бедствием	[7]	ИП, ТУ
Показатель устойчивости к бедствию (методика М.А. Клячко: шкала DIMAK)	Экономическая характеристика, показывающая возможность той или иной пострадавшей территории противостоять бедствию и ликвидировать его собственными силами. Равен доле (в денежном выражении) размера ущерба бедствия в валовом продукте, производимом на рассматриваемой территории. Характеризует «восстанавливаемость» пострадавшей от бедствия территории	[7]	ИП, ТУ
Методика М.А. Клячко: шкала DIMAK (интегральный показатель)	Количественные (от менее «1 балла» до «более 7 баллов») или качественные (нет бедствия, незначительное бедствие, бедствие, большое бедствие, жестокое бедствие, катастрофа) характеристики бедствия	[7]	ИП, ТУ
Индекс экстремальности (Бедрицкий и др., 2007)	Интегральный показатель, характеризует одновременно подверженность и уязвимость реципиента. Позволяет выделять наиболее уязвимые районы и периоды времени, не может использоваться для оценки подверженности воздействиям отдельных опасных явлений	[7]	ИП, ТУ

Продолжение табл. 1

Критерий	Экономическое содержание	Источники	Область применения
Уязвимость: метод ГГО	Комплексный показатель, измеряемый в баллах, учитывает относительную площадь воздействия, численность населения, время действия и коэффициент агрессивности опасного явления:	[7]	ИП, ТУ
Обобщенная оценка погодно-климатического риска от опасных явлений для экономики конкретного субъекта РФ	$R_{\text{эк}} = \Sigma_{\text{роя}} \cdot \rho_{\text{нас}} \cdot \text{ВРП},$ где $R_{\text{эк}}$ — обобщенный экономический риск от ОЯ в субъекте РФ; $\Sigma_{\text{роя}}$ — сумма повторяемостей опасных гидрометеорологических явлений, наблюдаемых в данном субъекте РФ и причинивших ущерб его экономике; $\rho_{\text{нас}}$ — плотность населения в субъекте РФ, ВРП — валовый региональный продукт субъекта РФ	[4, 6]	ИП, РУ
Вероятность возникновения неблагоприятных климатических условий	Определяется путем корреляционно-регрессионного анализа оценки и прогнозирования погодных условий и ОГЯ. Статистические методы, по мнению автора, недостаточно достоверны для долгосрочного прогнозирования погодных условий: «проблема использования моделей для изучения грядущих погодно-климатических рисков достаточно далека от своего решения»	[20]	ЭП
Комплекс специализированных климатических индексов, рассчитываемых с помощью программы ClimPACT (http://www.r-project.org)	Входными данными для проведения расчетов являются ряды суточной максимальной и минимальной температуры воздуха и количества осадков, которые предварительно проходят автоматический контроль на наличие ошибок. На основе этих данных программа рассчитывает более 30 различных индексов, характеризующих изменение экстремальности термического и влажностного режимов в пункте наблюдений. Для параметров с межгодовой изменчивостью рассчитывается коэффициент линейного тренда (linear trend slope), его ошибка (slope error) и значимость (p-value)	[2]	ЭП
Выпадение загрязняющих веществ	Выпадение окисленных серы и азота, условно представленных в единицах массы SO_2 и NO_x ($\text{т}/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$)	[5]	ЭП
Коэффициент вариации урожайности сельхозкультур (продуктивности животноводства) и отдельных видов растений (животных)	Относительный показатель изменения урожайности культур (продуктивности животных), обусловленной как собственными производственными факторами, так и вариабельностью природно-климатических условий	[14]	ИП, ТУ, КУ

Окончание табл. 1

Критерий	Экономическое содержание	Источники	Область применения
Индикаторы МГЭИК	Глобальная средняя температура подстилающей поверхности, глобальный уровень океана, температура Мирового океана, площадь арктического оледенения, рН среды океана, чрезвычайные климатические события	[39]	ЭП
Экосистемные услуги	Блага, генерируемые природными ландшафтами для человека. Подлежат экономической оценке. Позволяют описать механизмы формирования рисков	[28]	ЭП

Примечание. ЭП — экстернальный показатель, ИП — интернальный показатель, НП — нейтральный показатель, НУ — национальный уровень, ТУ — территориальный уровень, РУ — региональный уровень, ОУ — отраслевой уровень, КУ — корпоративный уровень.

Анализ показателей, приведенных в табл. 1, позволяет сделать ряд важных выводов.

1. Большинство исследователей пытаются оценить климатические риски на территориальном уровне: мировом, национальном, региональном и местном (локальном), для чего разрабатывают и используют соответствующие показатели.

2. В качестве убедительных последствий изменения климата ученые видят глобальное потепление, а в качестве соответствующих индикаторов — изменение температуры воздушных и водных масс, повышение уровня Мирового океана и другие экстернальные показатели. Подобные показатели выбраны в качестве индикаторов климатических рисков комиссией МГЭИК (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*). Они являются результатом негативных глобальных изменений климата и отражают их последствия. Особое внимание среди них уделяется неблагоприятным погодным условиям и опасным гидрометеорологическим явлениям, поскольку перманентно возрастают их повторяемость и интенсивность, а также причиняемый экономике ущерб. Однако, как было отмечено выше, задача оценки и прогнозирования указанных природно-климатических показателей решается климатологами и выходит за рамки настоящего исследования.

3. Интернальные показатели можно разделить на два класса: 1) характеризующие следствие, т.е. потенциальные или реальные потери, затраты, ущербы от климатических изменений: коэффициент вариации урожайности сельхозкультур (продуктивности животноводства) отдельных видов растений (животных); индекс экстремальности; уязвимость: метод ГГО; обобщенная оценка погодно-климатического риска от опасных явлений для экономики конкретного субъекта РФ; методика М.А. Клячко: шкала DIMAK (интегральный показатель), территориальная (районная) урожайность; вероятность результата, «выигрыши» (урожайность сельхозкультур, прибыль), «потери» (затраты) сельхозкультуры; ожидаемый ущерб от климатических изменений, показатели здоровья населения и др.;

2) характеризующие величину и интенсивность негативного антропогенного и техногенного влияния на климат: энергоемкость, энергопотребление, карбоно-емкость энергопотребления, доля безуглеродного топлива в энергопотреблении, выбросы углерода, выбросы парниковых газов, соотношение затрат на снижение выбросов парниковых газов к валовому продукту и др.

4. Помимо натуральных, условно-натуральных и стоимостных оценок, широко используются балльные оценки. Для прогнозирования в основном применяются статистические или экспертные методы. О сложности и неоднозначности использования статистических методов говорят сами авторы, например М.А. Салль [20], Б. О'Нил, Я. Ермолиев и Т. Ермолиева [38]. Экспертные методы также подвергаются критике.

Система показателей управления климатическими рисками

В связи со сложностью прогноза результатов изменения климата многими исследователями справедливо предлагается воздействовать не на результат, а на причину, в качестве которой называются выбросы парниковых газов. П. Хиггис и Д. Харт [35] утверждают, что антропогенные выбросы парниковых газов приводят к большим изменениям климата, чем считается сегодня, а «безопасный» уровень концентрации углекислого газа в атмосфере требует значительно более низкой по сравнению с признанной в мире углеродной эмиссии. В то же время не все ученые согласны с тезисом о существенном влиянии антропогенного фактора на климат. По их мнению, необратимые инвестиции в сокращение эмиссии парниковых газов могут оказаться ненужными, поскольку не окажут существенного влияния на климатические тренды. Так, в работе А.Р. Джилес и др. [34] говорится о значительном скептицизме и даже критике общественности, политических лидеров и некоторых ученых в отношении климатических рисков. Внимание акцентируется на коммуникационных аспектах актуализации развития климатологии: «климатологи переносят тяжелые времена: потенциально судьба мира находится отчасти в их руках».

В то же время изменение климата не является фатальным, поэтому сегодня нужна масштабная пропаганда необходимости предсказания, моделирования, управления и предотвращения событий климатических рисков, а также новая модель научной коммуникации для широкого сотрудничества ученых на национальном и международном уровне. С необходимостью развития коммуникационного и информационного поля проблемы согласны Р. Вайнгарт с соавторами [43]. Поэтому подавляющая часть исследователей (Б. О'Нил, Я. Ермолиев, Т. Ермолиева [38], Ш. Тонг, У. Конфалоньери, К. Эби, Дж. Олсен [42], М.П. Батлер, П.М. Рид, К. Фишер-Ванден, К. Келлер, Т. Уодженер [29], К.Ричардсон, В. Штеффен, Д. Ливерман [39] и др.) сходятся во мнении, что целью политики управления климатическими рисками является снижение выбросов парниковых газов и ограничение тем самым концентрации углекислого газа в атмосфере. Поскольку основной виновницей образования парниковых газов называют энергетику, то достижение этой цели связано с использованием низко- и безуглеродных технологий получения энергии,

снижением энергоемкости экономики. Например, К. Ричардсон, В. Штеффен и Д. Ливерман [39] в качестве основных путей решения климатических проблем видят внедрение низкоуглеродных технологий и повышение энергоэффективности.

На основании вышеизложенного для разработки национальной стратегии и политики управления климатическими рисками предлагается использовать систему количественных абсолютных и относительных показателей, характеризующих величину и интенсивность негативного антропогенного и техногенного влияния на климат: энергоемкость, энергопотребление, карбоноемкость энергопотребления, доля безуглеродного топлива в энергопотреблении, выбросы углерода, выбросы парниковых газов, доля затрат на снижение выбросов парниковых газов в валовом продукте и др. Это позволит, во-первых, отказаться от условностей использования метода экспертных оценок (в основном балльных) и неопределенности прогнозов последствий изменения климата статистическими методами.

По мнению авторов настоящей работы, основные усилия (пока необратимые изменения климата не приобрели катастрофический для планеты характер) должны быть направлены на борьбу не с последствиями, а с причинами возникновения климатических рисков, а адаптация мировой и национальной экономики должна заключаться в первую очередь в снижении их карбоноемкости. Поэтому предлагается использовать ряд абсолютных и относительных показателей, которые могут быть применены не только для территориальных, но и для отраслевых и корпоративных уровней управления (табл. 2).

Таблица 2

Система критериев управления климатическими рисками

Уровень оценки и управления	Субъект управления	Показатель							
		Энергоемкость, т у.т. / тыс. руб.	Энергопотребление, т у.т./год	Карбоноемкость энергопотребления, т CO ₂ /т.н.э	Карбоноемкость экономики, т CO ₂ /тыс. руб.	Доля безуглеродных топлив в энергопотреблении, %	Выбросы углерода, т/год	Выбросы парниковых газов, т эквивалента CO ₂ в год	Соотношение затрат на снижение выбросов парни- ковых газов к произведенному продукту / доходам, %
Мировой	Общество	+	+	+	+	+	+	+	+
Национальный	Государство	+	+	+	+	+	+	+	+
Региональный	Регион	+	+	+	+	+	+	+	+
Местный (локальный)	Муниципалитет	+	+	+	+	+	+	+	+
Отраслевой	Отрасль	+	+	+	+	+	+	+	+
Корпоративный	Предприятие	+	+	+	+	+	+	+	+
Проектный	Проект	+	+	+/-	+/-	+/-	+	+	+
Индивидуальный	Человек	+	+	-	-	-	-	-	-

Из приведенных в табл. 2 показателей в официальной статистике (на сайте Росстата) отражаются только два — выбросы парниковых газов (всего, по регионам, отраслям, видам производимой энергии) в тоннах эквивалента CO_2 в год и энергоёмкость ВВП (ВРП) в тоннах у.т. на 10 тыс. руб. Все приведенные в таблице показатели могут применяться для целей управления на уровне мировом, национальном, региональном, локальном, корпоративном, проектном. Некоторые показатели могут использоваться даже на индивидуальном уровне (уровне домохозяйств).

Таким образом, сформирована система показателей управления климатическими рисками: выбраны количественные показатели, которые отражаются в статистическом учете (абсолютные показатели) или рассчитываются по данным статистического и финансового учета (относительные показатели). Любой субъект экономики оказывает двоякое негативное воздействие на климат: с одной стороны он использует материальные ресурсы (в первую очередь энергию), процессы производства и добычи которых были связаны с выбросами парниковых газов. С другой стороны, субъект сам может осуществлять такие выбросы.

Исходя из вышесказанного все перечисленные показатели можно разделить на две группы. Первая группа показателей характеризует использование климатоемких ресурсов, в основном карбоноемкое энергопотребление (энергоёмкость, энергопотребление, доля безуглеродного топлива в энергопотреблении, карбоноемкость энергопотребления и др.). Эту группу можно объединить названием «энергоёмкость». Вторая группа — показатели, характеризующие непосредственно абсолютную или относительную величину негативного воздействия на атмосферу и как следствие этого на климат (выбросы углерода, выбросы парниковых газов, доля затрат на снижение выбросов парниковых газов в валовом продукте и др.). Эту группу показателей объединим под условным названием «климатоемкость».

Российская экономика сегодня нацелена в основном на использование энергоэффективных технологий, поскольку, кроме экологического эффекта, это дает значительный экономический эффект в виде снижения материальных затрат в себестоимости продукции. Однако данная цель не решает проблему выбросов парниковых газов в других, не относящихся к выработке энергии отраслях. Для снижения негативного воздействия на климат необходимо ставить одновременно две цели — рост энергоэффективности и снижение климатоемкости. Для качественной сравнительной характеристики климатических рисков стран, отраслей, регионов, предприятий, проектов мы предлагаем универсальную карту оценки (табл. 3).

Таблица 3

Карта оценки сравнительного уровня климатического риска оцениваемого объекта

Уровень климатоемкости	Уровень энергоёмкости		
	Низкий	Средний	Высокий
Высокий	Низкая энергоёмкость, высокая климатоемкость	Средняя энергоёмкость, высокая климатоемкость	Высокая энергоёмкость, высокая климатоемкость
Средний	Низкая энергоёмкость, средняя климатоемкость	Средняя энергоёмкость, средняя климатоемкость	Высокая энергоёмкость, средняя климатоемкость
Низкий	Низкая энергоёмкость, низкая климатоемкость	Средняя энергоёмкость, низкая климатоемкость	Высокая энергоёмкость, низкая климатоемкость

В табл. 3 показатели климатоемкости и энергоемкости выбираются исходя из оцениваемого объекта — страны, региона, отрасли, муниципального образования, предприятия, проекта. Граничные значения шкалы показателей можно выбирать исходя из средних значений показателей (среднее арифметическое, медиана и др.). В дальнейших исследованиях будут предложены варианты выбора шкал подобной оценки. Темно-серым тоном (верхний правый угол) выделены ячейки, при попадании в которые оцениваемые объекты могут признаваться относительно опасными для климата. Серым тоном (диагональ сверху слева вниз вправо) выделены ячейки со средней величиной климатической опасности. Попадание объекта оценки в светло-серые ячейки (нижний левый угол) характеризует его низкую опасность или безопасность для климата.

Заключение

В качестве основных результатов настоящего исследования методических проблем оценки природно-климатических рисков можно отметить следующие.

1. Проблема оценки природно-климатических рисков осложняется спецификой этого вида рисков: климатические изменения имеют прогрессирующий характер; их природа до конца не изучена; совокупное воздействие естественных и антропогенных факторов вызывает синергетические эффекты в погодных и гидрометеорологических условиях; изменение климата приводит к перманентному изменению вероятности наступления событий природно-климатических рисков, что затрудняет использование статистических и экспертных методов ее оценки.

2. Несмотря на сложность оценки вероятностных характеристик, для разработки концептуальных основ управления природно-климатическим риском предлагается обобщающая модель его оценки как сумма произведения вероятностей на величину потенциального ущерба от наступления различных событий риска.

3. Проведенный анализ литературы позволил предложить для целей разработки государственной стратегии и политики управления природно-климатическими рисками систему количественных абсолютных и относительных показателей, характеризующих величину и интенсивность негативного антропогенного и техногенного влияния на климат: энергоемкость, энергопотребление, карбоноемкость энергопотребления, доля безуглеродного топлива в энергопотреблении, выбросы углерода, выбросы парниковых газов, соотношение затрат на снижение выбросов парниковых газов к валовому продукту и др.

4. Предложена методика оценки двух групп показателей негативного воздействия экономики на климат — «энергоемкости» и «климатоемкости» — через построение карты климатических рисков.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), научный проект № 18-010-00549 «Методология и инструментарий управления инновациями в целях минимизации климатических рисков».

Список литературы

1. Абрамов В.М., Карлин Л.Н., Гогоберидзе Г.Г., Попов Н.Н., Бербуши С.В., Бачиев Р.И. Метод оценки многолетней изменчивости черного углерода как антропогенного фактора риска для морских льдов в Арктике // Ученые записки РГГМУ. 2015. № 38. С. 164—174.
2. Аментьева Е.М., Тюсов Г.А. Использование программного продукта ClimPACT для оценок воздействия климатических факторов на производство электроэнергии (на примере функционирования ТЭС и АЭС) // Труды ГГО. 2015. Вып. 578. С. 86—100.
3. Будзак О.С. Ризики екологобезпечного використання земель в умовах глобальних кліматичних змін // Економіка та екологія землекористування. 2013. № 1—3. С. 46—52.
4. Васильев М.П., Каширина Е.В., Иванова Е.В. Методология расчета погодно-климатических рисков с использованием реляционной базы данных // Труды ГГО. 2017. Вып. 586. С. 21—33.
5. Генехович Е.Л., Грачева И.Г., Румянцев Д.Ю., Яковлева Е.А., Катцов В.М., Школьник И.М., Ефимов С.В. Модельная оценка чувствительности к изменениям климата экологической нагрузки на территории России // Труды ГГО. 2016. Вып. 583. С. 85—98.
6. Кобышева Н.В., Аментьева Е.М., Галюк Л.П. Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере. СПб: Кириллица, 2015. 214 с.
7. Кобышева Н.В. Методика экономического обоснования адаптационных мероприятий, связанных с изменением и изменчивостью климата // Труды ГГО. 2014. Вып. 574. С. 5—38.
8. Константинов А.В. Роль и место антропогенного изменения климата в системе обеспечения экономической безопасности в секторах экономики // Социально-экономические явления и процессы. 2014. Т. 9. № 8. С. 61—65.
9. Коробова О.С. Национальный вклад России в климатическое регулирование // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 6. С. 188—192.
10. Манжикова В.Э. Применение инновационных методов страхования и оценка их эффективности в сельскохозяйственном землепользовании / В сб.: Наука и современность. Ч. 3. Новосибирск, ЦНРС, 2010. С. 141—145.
11. Мишаткина Т.В., Кундас С.П. Эколого-этические аспекты глобального изменения климата в контексте социальных инициатив ЮНЕСКО // Вестник ТИСБИ. 2013. № 2. С. 1—9.
12. Невидимова О.Г., Янкович Е.П. Интегральная оценка рисков водопользования средствами ArcGIS // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 1677.
13. Невидимова О.Г., Янкович Е.П. Оценка рисков водопользования на территории Томской области // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 318. № 1. С. 154—158.
14. Попова Л.В., Коробейников Д.А., Коробейникова О.М. Статистические методы анализа рисков в сельском хозяйстве // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 3. Общественные науки. 2016. Т. 31. Вып. 4. С. 30—34.
15. Порфирьев Б. Глобальные климатические изменения: новые риски и новые возможности экономического развития страны // Российский экономический журнал. 2009. № 6. С. 66—76.
16. Порфирьев Б.Н. Контурь эффективной стратегии снижения климатических рисков экономического развития России и культура безопасности жизнедеятельности / Актуальные проблемы формирования культуры безопасности жизнедеятельности населения. Материалы XIII Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. М., 2008. С. 25—29.
17. Порфирьев Б.Н. Снижение климатических рисков экономического развития (Россия — Дальний Восток) // Экономика и управление. 2009. № 1. С. 13—17.
18. Порфирьев Б.Н. Фактор климатических рисков в стратегии перехода России на инновационный путь развития // Журнал экономической теории. 2009. № 3. С. 8.
19. Раевич Б.А. Климатические изменения как новый фактор риска для здоровья населения Российского Севера // Экология человека. 2009. № 6. С. 11—16.
20. Салль М.А. Погодно-климатические риски как объект управления // Труды ГГО. 2014. Вып. 575. С. 183—203.
21. Сергеев А.А., Золотарева Н.И. Взаимосвязь климатических изменений и страховых рисков // Экономика и экологический менеджмент. 2010. № 2. С. 154—160.

22. Сняк Ю.В. Влияние климатических рисков на темпы и структуру развития Российского ТЭК в первой половине XXI века // Энергетическая политика. 2016. № 3. С. 31—42.
23. Старцев А.В., Рошко Г.М. Использование элементов теории статистических решений в выборе стратегии развития субъектов предпринимательства в сельском хозяйстве // Вестник ЧГАА. 2012. Т. 62. С. 134—138.
24. Шнайдер В.В. Значение рисков в неопределенности рыночных, технологических и природно-климатических факторах // Вестник СамГУПС. 2009. № 6—1. С. 132—138.
25. Яковлева Е.Н. Уточнение категориального аппарата методологии управления природно-климатическими рисками в России // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. 2018. Т. 17. № 2. С. 283—309.
26. Benegal S.D. The impact of unemployment and economic risk perceptions on attitudes towards anthropogenic climate change // J Environmental Studies and Sciences. 2018. V. 8. P. 300—311.
27. Botzen W.J.W., Van Den Bergh J.C.J.M. Managing natural disaster risks in a changing climate // Environmental Hazards. 2009. V. 8. P. 209—225.
28. Brown I. Assessing climate change risks to the natural environment to facilitate cross-sectoral adaptation policy // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2018. V. 376. P. 20170297.
29. Butler M.P., Reed P.M., Fisher-Vanden K., Keller K., Wagener T. Inaction and climate stabilization uncertainties lead to severe economic risks // Climatic Change. 2014. V. 127. P. 463—474.
30. Chretien J.-P., Anyamba A., Small J., Britch S., Sanchez J.L., Halbach A.C., Tucker C., Linthicum K.J. Global Climate Anomalies and Potential Infectious Disease Risks: 2014—2015 // PLoS Currents. 2015. V. 7.
31. Crémel S., Guo M., Bustos-Turu G., van Dam K.H., Shah N. Optimal design of urban energy systems with demand side management and distributed generation // Computer Aided Chemical Engineering. 2017. V. 40. P. 2371—2376.
32. Gala W., Lipton J., Cernera P., Ginn T., Haddad R., Henning M., Jahn K., Landis W., Mancini E., Nicoll J., Peters V., Peterson J. Ecological risk assessment and natural resource damage assessment: Synthesis of assessment procedures // Integrated Environmental Assessment and Management. 2009. V. 5. P. 515—522.
33. Giles A.R., Stadig G.S., Strachan S.M., Doucette M. Adaptation to aquatic risks due to climate change in Pa Weingart P., Engels A., Pansegrau P. Risks of communication: discourses on climate change in science, politics, and the mass media // Public Understanding of Science. 2000. V. 9. P. 261—283.
34. Giles A.R., Stadig G.S., Strachan S.M., Doucette M. Adaptation to aquatic risks due to climate change in Pangnirtung, Nunavut // Arctic. 2013. V. 66. P. 207—217.
35. Higgins P.A.T., Harte J. Carbon cycle uncertainty increases climate change risks and mitigation challenges // J Climate. 2012. V. 25. P. 7660—7668.
36. Leng G. Keeping global warming within 1.5°C reduces future risk of yield loss in the United States: A probabilistic modeling approach // Science of the Total Environment. 2018. V. 644. P. 52—59.
37. Morris A.C., Nivola P.S., Schultze C.L. Clean energy: Revisiting the challenges of industrial policy // Energy Economics. 2012. V. 34. P. S34—S42.
38. O'Neill B., Ermoliev Y., Ermolieva T. Endogenous risks and learning in climate change decision analysis // Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. 2006. V. 581. P. 283—300.
39. Richardson K., Steffen W., Liverman D. Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 517 p.
40. Svirezhev Yu.M., Von Bloh W., Schellnhuber H.-J. Climate impact on social systems: the risk assessment approach // Environmental Modeling and Assessment. 1999. V. 4. P. 287—294.
41. Tigchelaar M., Battisti D.S., Naylor R.L., Ray D.K. Future warming increases probability of globally synchronized maize production shocks // Proc. National Academy of Sciences of the United States of America. 2018. V. 115. P. 6644—6649.
42. Tong S., Confalonieri U., Ebi K., Olsen J. Managing and Mitigating the Health Risks of Climate Change: Calling for Evidence-Informed Policy and Action // Environmental Health Perspectives. 2016. V. 124. P. 176—179.
43. Weingart P., Engels A., Pansegrau P. Risks of communication: discourses on climate change in science, politics, and the mass media // Public Understanding of Science. 2000. V. 9. P. 261—283.