

АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА: ОПЫТ СТРАН И РЕГИОНОВ

УДК 551.583:502.333:914/919

АДАПТАЦИЯ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ: ОБЩИЕ, СЕКТОРАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ МЕРЫ (НА ПРИМЕРЕ ОПЫТА ИНДИИ)

© 2024 г. Н. Н. Алексеева^{1, *}, А. И. Банчева^{1, **}

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: nalex01@mail.ru

**e-mail: ban-sai@mail.ru

Поступила в редакцию 20.07.2023 г.

После доработки 08.12.2023 г.

Принята к публикации 16.05.2024 г.

Адаптация к изменениям климата становится важнейшим направлением современной климатической политики. Особенно она актуальна для развивающихся стран, которые наиболее уязвимы к последствиям изменения климата и обладают ограниченной адаптационной способностью. Цель данной статьи — обзор достижений и проблем в сфере адаптации к изменению климата в соответствии с методологией МГЭИК на примере одной из крупнейших развивающихся стран мира — Индии. Эта страна во все больших масштабах сталкивается с последствиями глобальных изменений климата и в ответ на это предпринимает активные меры реагирования. На основе материалов МГЭИК, разработок других международных организаций, российских исследований рассмотрены основные методологические подходы к оценке адаптации к климатическим изменениям и их эволюция. В качестве основных источников по Индии использованы правительственные документы, национальные сообщения для МГЭИК, программы и планы действий штатов в сфере адаптации, научные публикации, сообщения в средствах массовой информации и статистические данные. На этой основе охарактеризованы: 1) воздействие наблюдаемых и прогнозируемых климатических изменений на население и природно-хозяйственные системы Индии; 2) уязвимость к ним ряда систем жизнеобеспечения и секторов, с акцентом на сельское хозяйство; 3) основные типы адаптации, включая структурную, социальную и институциональную. Показано, что система реагирования на возникающие вызовы в сфере климатических изменений строится “сверху вниз” — в рамках стратегического планирования на национальном уровне и уровне штатов. В стране реализуется один из основополагающих принципов адаптационных мероприятий — подход “сопутствующих выгод”, когда цели социально-экономического развития согласуются с климатической повесткой и тем самым достигается защита наиболее уязвимых слоев населения. Адаптация рассматривается в Индии как приоритет климатической политики с учетом меньшего удельного вклада страны в глобальное потепление, чем экономически развитых стран.

Ключевые слова: уязвимость, климатическая политика, меры адаптации, сельское хозяйство, социально-экономическое развитие, Индия

DOI: 10.31857/S2587556624030127 EDN: SNRITN

ВВЕДЕНИЕ

Постановка проблемы. Адаптация к происходящим и будущим изменениям климата — ключевая составляющая современной климатической политики. Тематика адаптации к климатическим изменениям вошла в международную повестку с начала 1990-х годов в процессе переговоров по Рамочной конвенции по изменению климата (РКИК) ООН и получила развитие в Киотском протоколе. Внедрение адаптации в практической плоскости ведет начало со времени 7 Кон-

ференции сторон (COP-7) в Марракеше в 2001 г., когда были созданы три фонда, финансирующих меры по адаптации.

Политика стран в сфере адаптации к изменению климата прошла все фазы становления — от алармизма и осознания ее значимости до реализации стратегий и планов действий. Совместные усилия международных организаций, научные доклады Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) и освещение в СМИ способствовали росту числа

адаптационных мер в развитых и развивающихся странах (Climate ..., 2014в). За последнее десятилетие достигнуты значительные успехи, в том числе в рамках создания разнообразных институтов, действующих на местном, национальном, региональном и международном уровнях. Так, в рамках РКИК ООН функционируют Фонды адаптации к изменению климата¹, ПРООН разработала специальный Инструментарий для практической разработки инициатив по адаптации к изменению², реализуются региональные стратегии (например, EU Strategy on Adaptation to Climate Change, 2013), свыше 120 развивающихся стран приняли и начали осуществление национальных планов по адаптации к изменениям климата (Lebling et al., 2020). В рамках Парижского соглашения определяемые на национальном уровне вклады 136 стран содержат конкретные компоненты по адаптации.

Общепризнанно, что развивающиеся страны особенно подвержены негативным последствиям изменения климата (Patt et al., 2010; World ..., 2010) из-за сильной зависимости систем жизнеобеспечения населения и многих секторов экономики от климатических изменений (сельское хозяйство, рыболовство, лесное хозяйство, транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство, туризм и др.), а также из-за ограниченной способности адаптироваться к этим воздействиям. Кроме того, для них характерна высокая социально-экологическая уязвимость, так как доступ к средствам существования ограничивается из-за деградированной окружающей среды и возросших климатических рисков (Asia ..., 2022).

Цель статьи – обзор достижений и проблем в сфере адаптации к изменению климата в соответствии с методологией МГЭИК на примере одной из крупнейших развивающихся стран мира – Индии. Выбор этой страны в качестве объекта исследования связан с тем, что она во все больших масштабах сталкивается с последствиями глобальных изменений климата и в ответ на это принимает активные меры реагирования.

В современной Индии сосредоточено около 18% населения мира, 3.3% ВВП (по номиналу, 2023, Всемирный Банк) и свыше 6% потребления энергии (2021, Международное энергетическое агентство). В то же время по национально-

му индексу многомерной бедности доля бедного населения³ в 2019–2021 гг. составила 15%, в сельской местности доля бедняков достигает 19%, в городах – 5.3% (India ..., 2023). В стране не решены острейшие проблемы социального неравенства, преодоления массовой бедности и голода, миграции сельского населения в города, приводящей к разрастанию трущоб. При этом Индия активно реализует климатическую политику как на международной арене, так и внутри страны. Как и в других развивающихся странах, планы действий Индии по борьбе с изменением климата основаны на признании рисков и экономических издержек, которые могут возникнуть в случае бездействия. Осознавая это, Индия инициировала ряд планов и программ по адаптации к изменению климата, которые осуществляются на разных уровнях – от государственного (на уровне правительства страны и штатов) до действий местных сообществ.

Обзор ранее выполненных исследований. Адаптация определяется РКИК ООН как “пригодность общественных и природных систем в ответ на фактические или ожидаемые климатические воздействия или их последствия” (Climate ..., 2001, р. 881). Со второй половины 2000-х годов понимание адаптации сместилось от преодоления уязвимости к климатическим рискам за счет инженерных и технологических мер, к более широкому социальному и экономическому аспектам и способности общества реагировать на возникающие риски. Уязвимость стала рассматриваться как функция воздействия, чувствительности и адаптивной способности. Различные концепции уязвимости интегрированы в Специальном докладе об управлении рисками экстремальных явлений и стихийных бедствий в целях содействия адаптации к изменению климата (Managing ..., 2012). Сейчас концепция уязвимости используется намного шире, в том числе по отношению к природным опасностям (Papathoma-Köhle et al., 2019), состоянию экосистем (Delaney et al., 2022), продовольственной безопасности (Das, 2021) и др.

В Глоссарии 5 Оценочного доклада МГЭИК (2014) адаптация определяется как процесс приспособления к существующему или ожидаемому климату и его воздействиям с целью снижения ущерба или использования благоприятных возможностей в антропогенных системах. Адаптация все более стала пониматься как управление климатическими рисками. Подчеркивалось, что адаптация зависит от места и контекста и не существует единого подхода к снижению рисков,

¹ Адаптационный фонд, Фонд наименее развитых стран и Специальный фонд для борьбы с изменением климата. Помимо этого, действует множество других фондов: Глобальный альянс по борьбе с изменением климата, Глобальный экологический фонд, Зеленый климатический фонд, Программа адаптации для мелких фермеров, Пилотная программа адаптации к изменению климата и др.

² [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Toolkit%20FINAL%20\(new%20cover\).pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Toolkit%20FINAL%20(new%20cover).pdf) (дата обращения 15.05.2023).

³ Разработан Национальным институтом трансформации Индии (НИТИ Айог) в рамках отчетности по Целям устойчивого развития. Индекс учитывает не только доходы и уровень жизни, но и доступ к здравоохранению и образованию.

универсального для всех регионов (Climate ..., 2014в). Основное внимание уделялось устранению ключевых причин уязвимости в разных областях путем информирования населения, финансирования, развития технологий и т.п. (Climate ..., 2014а), а адаптационные меры стали рассматриваться в контексте устойчивого развития. Адаптация стала увязываться с этическими вопросами, равенством доступа для разных групп населения и социальной справедливости.

В 6 Оценочном докладе определение адаптации не изменилось, она трактуется как деятельность, направленная на преодоление климатических рисков и уязвимости. Адаптация может быть упреждающей или реагирующей (ответной), постепенной и/или трансформационной. Адаптацию стали чаще соотносить с понятием “устойчивость” (resilience), которая предполагает способность систем справляться с опасным событием или тенденцией, трансформируясь таким образом, чтобы сохранять свои основные функции, идентичность и структуру (Climate ..., 2022). Устойчивое к изменению климата развитие стало пониматься как процесс, объединяющий меры по адаптации с мерами по смягчению воздействий для содействия устойчивому развитию для всех. В то же время для эффективного решения проблем адаптации к климатическим изменениям необходим кардинальный пересмотр системы критериев оценки новых рисков, негативных последствий и потенциальных выгод (Мохов, 2022).

Методологические подходы к адаптации разрабатываются также рядом международных организаций. Так, Европейское экологическое агентство (ЕЭА) использует концепцию “цикла управления в сфере адаптации” (adaptation policy cycle) как поэтапного процесса разработки и совершенствования национальной политики адаптации. Цикл включает шесть этапов адаптационной политики. Он начинается с подготовки, оценки рисков и уязвимости, включает определение вариантов адаптации, разработку национальных стратегий и планов действий, секторальных мер и завершается оценкой и мониторингом выполнения адаптационных мероприятий (National ..., 2018).

Для сравнительной оценки потенциала адаптации стран к изменениям климата используют несколько индексов — индекс уязвимости к климатическим изменениям агентства Maplecroft⁴, индекс эффективности действий в сфере климатической политики (Burck et al., 2023); индикаторы уязвимости-устойчивости (Moss et al., 2001) и др. Единственный индекс, по которому страны ранжируются в сфере адаптации — глобальный индекс адаптации Notre Dame Global Adaptation

Initiative (ND-GAIN)⁵ (университет Нотр-Дам, США), публикуемый с 1995 г. Он используется из-за наиболее полного охвата стран и сопоставимости с другими международными индексами (Benzie1 et al., 2019). Индекс рассчитывается по параметрам уязвимости стран к изменениям климата (по 6 секторам жизнеобеспечения) и готовности к адаптации (по 3 категориям — управление, экономика, социальная сфера), всего по 45 индикаторам. В 2021 г. Россия занимала 30-е место в рейтинге из 185 стран (где 1-е место — лучшее), Китай — 39-е, Бразилия — 91-е, Индия — 116-е место, находясь в группе государств с высокой степенью уязвимости и при этом с достаточно высоким уровнем готовности к адаптации.

ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Статья базируется на материалах МГЭИК — оценочных и специальных докладах, подготовленных Рабочей группой II материалах интерактивного атласа, подготовленного Рабочей группой I в рамках 6 Оценочного доклада⁶, разработках международных организаций (ООН, ОЭСР, ЕЭА), Всемирного банка, которые активно занимаются вопросами адаптации. Использовались результаты отечественных исследований адаптации.

В статье рассматриваются меры адаптации социально-экономических систем. В соответствии с подходами Рабочей группы II 5 Оценочного доклада (2014) анализ деятельности в сфере адаптации Индии включал три этапа — рассмотрение климатических воздействий и рисков, уязвимости для ключевых систем жизнеобеспечения и секторов, затем — политики и вариантов адаптации, которые проиллюстрированы на разных примерах, с акцентом на сельское хозяйство. Эти же этапы относятся к стадиям оценки, используемым в цикле управления в сфере адаптации. Для этого анализировались официальные данные правительства Индии, национальные сообщения для МГЭИК, программы и планы действий штатов в сфере изменений климата, научные статьи, публикации в средствах массовой информации статистические данные международных организаций (ООН, ФАО и др.).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На основе анализа докладов МГЭИК систематизированы методологические подходы к оценке факторов адаптации (табл. 1). Подходы

⁴ <https://www.maplecroft.com/risk-indices/> (дата обращения 12.05.2023).

⁵ <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/rankings/> (дата обращения 21.06.2023).

⁶ IPCC WGI Interactive Atlas. IPCC Working Group I (WGI): Sixth Assessment Report. <https://interactive-atlas.ipcc.ch/> (дата обращения 20.05.2023).

Таблица 1. Методологические подходы к оценке факторов адаптации к климатическим изменениям

Критерии оценки	Воздействие климатических изменений	Уязвимость к климатическим изменениям	Варианты адаптации для снижения рисков
Тип оценки	“Сверху вниз”: от глобального до регионального и локального уровней	“Снизу вверх”: преимущественно на локальном уровне	Сочетание оценок “сверху вниз” и “снизу вверх”
Подходы	Использование глобальных климатических моделей и сценариев; учет биофизических показателей для оценки необходимости адаптации и/или смягчения последствий	— Оценка социально-экономического положения различных групп под влиянием текущих и будущих изменений климата — Оценки эффективности текущей политики и планов в рамках системы управления рисками	Включение планирования на уровне местных сообществ в национальные планы адаптации
Ограничения	Переход от глобальных климатических моделей на уровень регионов и территорий (даунскейлинг) приводит к неопределенности прогнозов и ограничениям статистической достоверности	Оценивается на основе мнения заинтересованных сторон, в том числе уязвимых групп, с учетом систем их жизнеобеспечения. Приоритет отдается местным сообществам с учетом факторов, связанных с бедностью и недостатками развития	Необходимость оценки осуществимости, эффективности, приемлемости, легитимности и справедливости адаптивных действий. Не выработаны четкие критерии и отличия успешной адаптации от эффективного социально-экономического развития
Сложности	Требуется внешняя научная и техническая экспертиза для определения проблем изменения климата и формулирования местными и/или негосударственными организациями решений по планированию адаптационных действий	Невозможность или затрудненное использование моделей и данных о климатических трендах на местном уровне, что препятствует разработке обоснованных решений по адаптации	Отсутствие четких метрик, затрудняющих выбор показателей для мониторинга и оценки прогресса вариантов адаптации и их вклада в снижение уязвимости, поскольку результаты адаптации требуют времени, и часто зависят от меняющихся условий и целей

“сверху вниз” основаны на анализе воздействий (на основе климатических моделей, сценариев и оценок рисков) и реализуются правительственными органами, обеспечивающими финансированием, стратегиями и планами адаптации местные власти и бизнес, осуществляющими эти меры. Подходы “снизу вверх” базируются на учете местных рисков населением и включают механизмы адаптации на уровне сообществ, опирающиеся на инициативы жителей. Такие меры адаптации требуют эффективных местных структур, достаточного финансирования и услуг по климатическому информированию (Singh and Chudasama, 2021). Там, где сочетаются меры “сверху вниз” и “снизу вверх”, связи между планированием адаптации и ее реализацией дают лучший результат.

Пока неясно, насколько эффективны адаптационные меры в настоящее время и будут ли они эффективны в будущем (Simpson et al., 2023). Их отсроченные результаты к тому же будут оцениваться в условиях изменившихся внешних факторов. Сложности оценки эффективности адаптации заключается в том, что для нее пока не разработаны общепринятые абсолютные показатели, как объемы эмиссий парниковых газов или значения радиационного воздействия для оценки смягчения воздействий на изменения климата. Кроме того, отсутствуют четкие разли-

чия эффективной адаптации от успешного социально-экономического развития.

Рассмотрим факторы, определяющие текущую ситуацию в сфере адаптации к климатическим изменениям на примере в Индии.

1) *Воздействие климатических изменений.* Повышение среднегодовых температур происходило в Индии в период 1986–2015 гг. со скоростью 0.15°C в декаду. Фиксируется увеличение числа экстремально жарких дней и жарких ночей, продолжительных волн жары и как следствие – усиление испарения и снижение влагозапасов в почве. За историю метеорологических наблюдений, ведущихся с 1900 г., самым жарким периодом был март 2022 г., когда температура в столице и соседних штатах держалась на уровне 49°C в течение нескольких недель. К концу XXI в. среднегодовая температура воздуха в Индии повысится от 2.4°C до 4.4°C (по разным сценариям) в сравнении с периодом 1976–2005 гг., а продолжительность периодов экстремальной жары в апреле–июне удвоится (Assessment ..., 2020).

Потепление сочетается со значительными межгодовыми колебаниями осадков с учащением экстремальных явлений – более частых и сильных ливней в сезон муссона (приносящего до 85% годовой суммы осадков) при высокой межгодовой вариабельности муссонных осадков.

Таблица 2. Изменения климатических показателей Южной Азии по сценариям с наименьшими (SSP1–2.6) и наибольшими (SSP5–8.5) выбросами парниковых газов (медианные значения)

Сценарий	Изменение среднегодовой температуры, °C		Изменение среднегодового максимума, °C		Среднегодовые осадки, % изменений	
	SSP1–2.6	SSP5–8.5	SSP1–2.6	SSP5–8.5	SSP1–2.6	SSP5–8.5
2021–2040	1.0	1.1	1.2	1.3	6.4	4.6
2041–2060	1.4	2.3	1.5	2.0	8.4	10.2
2081–2100	1.6	4.7	1.6	4.3	11.0	26.2

Составлено по: IPCC WGI Interactive Atlas. IPCC Working Group I (WGI): Sixth Assessment Report (<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>) (дата обращения 20.03.2023)).

Прогнозируется также увеличение частоты засух при сокращении их интенсивности. В течение 1951–2015 гг. в Индии наблюдалось сокращение среднегодовых осадков. При этом география изменений контрастна: в Центральной Индии и на Северо-Востоке количество осадков уменьшилось на 1–5 мм, а на Северо-Западе, в Джайпуре и Кашмире оно несколько выросло. В дальнейшем моделируется их увеличение (табл. 2), наиболее сильное – в засушливых районах Гуджарата, Раджастана, Пенджаба и Харьяны (Assessment ..., 2020). Региональная дифференциация изменения осадков, по данным климатического моделирования больше, чем у температур.

Моделирование в соответствии со сценариями репрезентативных траекторий концентрации (РТК) углекислого газа, свидетельствует о разных диапазонах увеличения температур и осадков в Индии для уровня глобального потепления в 2°C. В табл. 2 представлены результаты моделирования в рамках 6-й фазы Проекта сравнения совместных моделей (CMIP6) Всемирной программы исследований климата, полученные с использованием Интерактивного атласа МГЭИК. Были взяты крайние варианты социально-экономических сценариев 6 Оценочного доклада МГЭИК – SS1 (путь устойчивого развития) и SS5 (развитие на ископаемом топливе) с возможными значениями радиационного воздействия в 2100 г. 2.6 и 8.5 Вт/м² соответственно. Стоит также отметить, что для ряда климатических показателей переход от глобальных климатических моделей на уровень регионов и территорий приводит к неопределенности прогнозов и их расхождению.

В 5 Оценочном докладе МГЭИК прогнозирует глобальное повышение среднего уровня моря на 26–55 см при сценарии с низкими выбросами и на 45–82 см при сценарии с высокими выбросами, что создает значительный риск для густонаселенных прибрежных районов Индии.

2) *Уязвимость к климатическим изменениям.* Оценки уязвимости занимают центральное место при планировании и выборе вариантов адаптации для конкретных регионов и секторов.

В докладах МГЭИК уязвимость оценивают для природных (наземных и морских) экосистем и для человека, последний блок охватывает такие системы жизнеобеспечения как инфраструктура и сервисы, уровень благосостояния, здравоохранение, продовольственная и водная безопасность, мобильность населения и др. (Climate ..., 2022).

В Индии практически все перечисленные выше системы уязвимы к климатическим рискам. Уязвимость городов обусловлена большой долей неформальных поселений (в трущобах проживает 49% городского населения), отсутствием адекватной инфраструктуры и социальных услуг (Singh et al., 2021a). Растущая бедность в городах только усугубляется: в 2010-е годы более 37 млн крестьян и сельскохозяйственных рабочих покинули деревни для трудоустройства в строительстве и промышленности⁷. Особенно уязвимы прибрежные города Мумбаи и Ченнаи, которые являются “горячими точками” миграции и где велики климатические риски (Climate ..., 2014b). Миллионы людей, живущих в приморских районах, в дельтах Сундарбана (4.5 млн человек) и Маханади (6 млн) и их системы жизнеобеспечения подвергаются рискам ежегодных штормовых нагонов и циклонов, повышения уровня моря (Patra, 2016). От наводнений за период с 1980 по 2017 г. пострадало около 750 млн человек, а экономические потери достигли 58.7 млрд долл. США (Bahinipatia and Gupta, 2022). В Гималаях изменение температуры и характера осадков привело к отступанию ледников, что, в свою очередь, повлияло на водообеспеченность в горных речных бассейнах (Sud et al., 2015). Возросли риски гляциальных селей и наводнений, вызванных прорывами ледниковых озер.

Рассмотрим факторы, определяющие уязвимость к изменениям климата на примере сельскохозяйственного сектора – наиболее важного для Индии. По данным ФАО в стране наблю-

⁷ Economic surveys—India, OECD. 2014, November. <https://www.oecd.org/economy/surveys/India-2014-Overview.pdf/> (дата обращения 30.09.2023).

дается массовое недоедание (16.6% населения, 2020–2022 гг.) (The State ..., 2023), которое может усугубиться в условиях роста нестабильности производства продовольствия. Кроме того, средства существования по меньшей мере 65% индийцев (2021) тесно связаны с аграрным сектором⁸. В число наиболее уязвимых групп населения входят малые и маргинальные фермерские хозяйства (около 85% фермеров имеют низкую финансовую устойчивость), зарегистрированные касты и племена, женщины и дети из бедных слоев. Повышение температур и увеличение вариабельности осадков могут усугубить и без того не очень благоприятную агроприродную ситуацию, учитывая, что сейчас около 16% территории страны подвержено влиянию засух, 12% – наводнениям и 8% – тропическим циклонам (India ..., 2012).

Продовольственная безопасность страны зависит от производства пшеницы и риса, на долю которых приходится 75% общего объема производства зерновых⁹. Другие зерновые (джовар, баджра, кукуруза, раги, др. виды проса и ячмень) обеспечивают 15% производства, хотя их роль в продовольственной ситуации в целом недооценена, особенно в районах неорошаемого земледелия.

Пахотные земли занимают 53% территории Индии¹⁰, по площади пашни страна занимает второе место в мире после США и перед Россией. На неорошаемую пашню приходится около 60% посевных площадей. Их продуктивность во многом определяется муссонными осадками летнего сезона (хариф) и температурами, влияющими на эвапотранспирацию. Особенно уязвимы неорошаемые пашни, не затронутые зеленой революцией.

Повышение температур оказывает разнонаправленное влияние на культуры: для пшеницы оно в целом негативно, в то время как для кокосовой пальмы и ряда овощных культур – положительно. В исследованиях уязвимости сельского хозяйства климатические риски оцениваются для сборов ключевых зерновых по-разному. Возможный ущерб для сборов пшеницы вдвое выше, чем для риса (Sharma et al., 2020). Посевы риса и пшеницы страдают от экстремальных осадков и засух, для пшеницы уязвимость связана также увеличением минимальных температур в период вегетации. Температуры уже приближаются к критиче-

ским уровням и для отдельных стадий вегетации риса, например в северной Индии в октябре, в южной – в апреле–августе, в восточных штатах – в марте–июне (Climate ..., 20146).

Изменения урожайности прогнозируются для пшеницы, возделываемой на Индо-Гангских равнинах, где 85% сборов получают при поливе (Kumar et al., 2014). Несмотря на увеличение годового стока, прогнозируемое для бассейнов рек Ганг и Инд (Gosain and Rao, 2018), в зимний вегетационный период ожидается нехватка воды для полива, особенно в Пенджабе.

Использование новых сортов в сочетании с достижениями селекции, которые улучшают устойчивость пшеницы к жаре, затрудняет точное определение критических температурных пределов, выше которых урожайность пшеницы будет сокращаться. В случае сценария с наибольшими выбросами (SSP5–8.5) к 2060 г. прогнозируется увеличение более чем на 2°C средних и максимальных температур относительно современных (см. табл. 2), что превысит оптимальный для пшеницы термический диапазон. По оценкам, из-за изменений климата в 2050 г. Индия будет ежегодно терять 1.8–3.4% своего ВВП в результате снижения сборов риса и пшеницы¹¹. Таким образом, индийское сельское хозяйство и, как следствие, продовольственная безопасность весьма уязвимы по отношению к прямым и косвенным климатическим рискам.

3) *Варианты адаптации.* В Индии представлены все основные типы адаптации – структурная/физическая, социальная и институциональная. Структурная адаптация включает создание инженерных сооружений, внедрение новых технологий, экосистемные решения, развитие необходимых служб (Climate ..., 2014a). Учитывая, что береговая линия достигает 7500 км, большое внимание уделяется созданию приморских защитных сооружений, убежищ от наводнений и т.п. Например, в штате Западная Бенгалия в приморских районах создаются укрытия от циклонов, строятся защитные насыпи, внедряются надежные системы связи и транспорта, совершенствуется сеть медицинских учреждений (Das, 2023). Для адаптации жилищного сектора используются новые технологии для повышения надежности зданий и сооружений, пассивного охлаждения, автономные системы ВИЭ (Singh et al., 20216).

В сфере агротехнологий внедряются новые устойчивые сорта, водосберегающие методы, растет эффективность орошения (например, введено свыше 1 млн га пашни под микрооро-

⁸ https://www.theglobaleconomy.com/India/rural_population_percent/ (дата обращения 04.06.2023).

⁹ India's foodgrain production estimated at 330 million tonnes for 2022–23: Third Advance Estimate. Down to Earth. <https://www.downtoearth.org.in/news/agriculture/india-s-foodgrain-production-estimated-at-330-million-tonnes-for-2022-23-third-advance-estimate-89585> (дата обращения 11.10.2023).

¹⁰ <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

¹¹ <https://www.hindustantimes.com/india-news/india-could-lose-1-8-to-3-4-of-gdp-by-2050-due-to-decline-in-rice-and-wheat-yields-101635360100658.html> (дата обращения 17.04.2023).

шением) (Patra, 2016). Фермеры меняют сроки посева и сбора урожая, переходят к скороспелым сортам, диверсифицируют культуры, увеличивают инвестиции в ирригацию и агролесомелиорацию (Climate ..., 2019). Большое внимание уделяется ресурсосберегающему сельскому хозяйству как механизму снижения рисков неурожаев. Например, положительный эффект для агроэкосистем имеет применение шадящей обработки почв в сочетании с севооборотом кукурузы и бобовых в сезон хари́ф с запахиванием остатков зимних посевов масличных и других культур (Pradhan et al., 2018).

Меры по экологическому восстановлению, включая сохранение водно-болотных угодий и мангров, увеличению биоразнообразия, облесению и лесовосстановлению реализуются на разных уровнях — от государственного (“Миссия для зеленой Индии”) до местных программ (например, в штате Уттаркханд) (Dinshaw et al., 2018).

Исследования по оценке климатических рисков и уязвимости секторов экономики ведутся на уровне каждого штата; созданы системы раннего предупреждения и реагирования (в рамках Управлений по борьбе со стихийными бедствиями штатов) (Bahinipatia and Gupta, 2022), сервисы с заблаговременными прогнозами погоды и т.п.

Большое внимание уделяется мерам социальной адаптации, в том числе просвещению, информированию населения и изменению моделей поведения во время чрезвычайных ситуаций. Ключевыми участниками этого процесса являются СМИ и структуры гражданского общества, которые часто опираются на социальные сети. Особое значение приобретает формирование новых навыков и знаний среди фермеров. Например, в рамках Плана действий в области климатических изменений штата Одиша создана сеть центров передового опыта для обучения тысяч специалистов по распространению знаний среди сельского населения (Odisha ..., 2018).

Комплекс институциональных мер включает экономические, законодательные и правительственные механизмы в сфере адаптации. В Индии действуют программы социальной защиты, включая денежные выплаты и программы общественных работ (не только в рамках адаптационных программ), существенно повышающие адаптационные способности населения. Механизмы социальной защиты перестраиваются в пользу наиболее уязвимых слоев на селе и в городах (Sud et al., 2015).

Индия была одной из первых среди крупных стран мира, создавшей политические рамки в сфере адаптации к изменениям климата. В 2008 г. был принят Национальный план дей-

ствий в области климатических изменений¹². Этот стратегический документ состоит из восьми миссий; миссии в области адаптации сфокусированы на устойчивом сельском хозяйстве и водопользовании, управлении ресурсами всеобщего достояния, включая горные и прибрежные районы. В 2014 г. создан Национальный фонд адаптации к изменению климата с первоначальным бюджетом 53 млн долл. США. В 2015 г. государственные расходы на адаптацию к изменениям климата превысили 2.6% ВВП¹³, особое внимание уделялось сельскому хозяйству, водным ресурсам, здравоохранению и санитарии, лесному хозяйству, инфраструктуре прибрежной зоны и защите от экстремальных явлений.

Большое число мер принято на секторальном уровне. В аграрной сфере и продовольственной безопасности это “Национальная инициатива в области устойчивого к климатическим изменениям сельского хозяйства” (NICRA), инициатива “Умное сельское хозяйство”. Так, инициатива NICRA, запущенная в 2011 г., успешно реализуется на уровне фермерских хозяйств, внедряющих устойчивые к изменению климата агротехнологии, улучшенные сорта, диверсификацию культур. Создана Национальная схема сельскохозяйственного страхования (*National Agricultural Insurance Scheme*), охватывающая 25 млн фермеров¹⁴ — крупнейшая в мире система страхования рисков от неурожаев и климатических бедствий.

На уровне штатов и союзных территорий с 2009 г. климатические факторы учитываются в практике управления, программах, нормативных актах и инвестиционных решениях (Kumar et al., 2014). Штаты играют ключевую роль в планировании и осуществлении адаптационных мер, так как наиболее уязвимые сектора находятся в их ведении, включая сельское и водное хозяйство. В 2023 г. 34 штата и союзные территории (из 36-ти) реализуют свои проекты по адаптации к климатическим изменениям.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Один из важных основополагающих принципов адаптационных мероприятий в развивающихся странах заключается в реализации подхода “сопутствующих выгод” адаптации

¹² Climate Change Programme. Department of Science and Technology. <https://dst.gov.in/climate-change-programme> (дата обращения 15.09.2023).

¹³ <http://yojana.gov.in/adaptation-and-mitigation.asp> (дата обращения 25.04.2023).

¹⁴ National agricultural insurance scheme in India. World Bank. <https://documents.worldbank.org/pt/publication/documents-reports/documentdetail/471931468179672837/national-agricultural-insurance-scheme-in-india-making-insurance-markets-work-for-farmers>.

(Ford et al., 2015). В полной мере он проявляется в Индии, где цели социально-экономического развития согласуются с климатической повесткой и тем самым достигается защита наиболее уязвимых слоев населения на основе инклюзивной стратегии. Индия ведет борьбу с изменением климата и его последствиями, одновременно решая комплекс сложнейших социально-экономических задач — преодоления бедности, обеспечения продовольственной безопасности, а также доступа к здравоохранению и образованию, решения энергетической проблемы (Сдасюк, 2021). Такой подход оказался более оправданным, чем адаптация и развитие по отдельности, за счет привлечения разнообразных институциональных структур и возможности привлечения больших финансовых потоков чем те, которые были бы доступны непосредственно для адаптации. Таким образом, на примере Индии подтверждается заключение МГЭИК (Climate ..., 2022) о том, что интегрированные решения, направленные на устранение социального неравенства и ответные меры с учетом климатических рисков, охватывающие разные сектора, повышают адаптационный потенциал населения.

Несмотря на определенные успехи, эксперты оценивают деятельность на уровне штатов противоречиво, полагая, что их планы и программы, хотя и создают потенциал для интеграции механизмов адаптации в развитие, не привели к активным действиям на местах (Bahadur et al., 2017). Сохраняются трудности, обусловленные отсутствием специального механизма финансирования Планов действий на уровне штатов. Эта проблема вытекает из финансовой децентрализации, которая сочеталась в Индии с институциональной децентрализацией из-за ликвидации Плановой комиссии в 2015 г. Функции планирования сейчас частично возложены на Национальный институт преобразования Индии (NITI Aayog)¹⁵, деятельность которого фактически не учитывает климатические риски.

Нередко звучит мнение, что адаптация должна быть приоритетом климатической политики Индии. С учетом роста численности населения (в середине 2023 г. страна вышла первое место в мире по численности населения — 1,428 млрд чел.¹⁶) Индия должна уделять первоочередное внимание повышению адаптивных способно-

стей населения¹⁷. Деятельность же по смягчению воздействий должна уйти на второй план, при этом на сокращении эмиссий должны сконцентрироваться “богатые страны” ОЭСР. Действительно, по мере того как Индия будет адаптироваться к климатическим изменениям и решать социальные задачи экономического роста и преодоления бедности ей потребуется больше электроэнергии и природных ресурсов, что приведет к увеличению выбросов парниковых газов. Приоритетность адаптации вкупе с социально-экономическим развитием обусловлена справедливым распределением бремени за дестабилизацию мировой климатической ситуации: вклад Индии в глобальные выбросы CO₂ составляет менее 7% (2021), по эмиссиям на человека она занимает 128-е место в мире, а потребление на душу населения — треть от среднемирового показателя. В рамках Конференций сторон РКИК ООН Индия регулярно призывает развитые страны к более амбициозным обязательствам по сокращению выбросов парниковых газов, предоставлению финансовой помощи и технологий. Тем не менее климатическая повестка Индии, как и других развивающихся стран, может оказаться в зависимости от успешности мер развитых стран по смягчению воздействий на изменения климата и их экономической помощи (Кокорин и др., 2006).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлено, что в условиях Индии планирование и реализация адаптации строятся в основном “сверху вниз”, чему способствуют традиции стратегического планирования на национальном уровне и уровне штатов. При этом отмечаются трудности реализации мер на местах из-за нехватки государственной и донорской помощи, отсутствия инклюзивных институтов и планирования на локальном уровне.

Сочетание комплекса мер по адаптации с деятельностью по смягчению воздействий свидетельствуют о движении Индии к развитию, устойчивому к изменению климата. При этом делается акцент на первой составляющей — именно адаптации. Одновременно с этим на национальном уровне большое значение придается обеспечению средств существования беднейших слоев населения, поэтому государственные планы действий в сфере изменения климата вполне можно рассматривать как синонимы “планирования устойчивого развития”.

¹⁵ Пятилетние планы в Индии больше не разрабатываются. Комиссия NITI Aayog (National Institution for Transforming India) отвечает за стратегическое планирование, в рамках которого предусмотрены 15-летние перспективные программы, семилетние стратегические планы и трехлетние планы действий.

¹⁶ В ООН заявили, что население Индии превысит население Китая к середине 2023 года. ТАСС. 19.04.2023. <https://tass.ru/obschestvo/17556203> (дата обращения 15.10.2023).

¹⁷ <https://www.outlookindia.com/national/-climate-change-adaptation-should-be-india-s-priority-not-mitigation-news-224602> (дата обращения 23.05.2023).

Адаптационные меры носят преимущественно упреждающий и проактивный характер, о чем свидетельствует разработка или пересмотр секторальных политик и программ, создание системы страхования от климатических рисков, а также органов управления для реагирования на возникающие климатические вызовы. В то же время децентрализация политики в сфере адаптации в пользу штатов дает возможность более динамично решать вопросы по ответному реагированию (особенно в сфере водного хозяйства).

Однако, как показывает пример Индии, даже при значительном внимании государства к вопросам адаптации к климатическим изменениям, достижениям в институционализации климатической политики, разработке стратегий и планов действий на разных уровнях, имеются серьезные трудности в практических механизмах реализации адаптации. Они связаны с непониманием, как интегрировать существующие оценки уязвимости в планы и программы социально-экономического развития и какие адаптационные вмешательства лучше всего подойдут для борьбы с этими воздействиями в конкретных секторах и на местном уровне.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках темы Госзадания № 121040100322-8 географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ имени М.В. Ломоносова “Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды”.

FUNDING

The study was prepared within the framework of the State Assignment no. 121040100322-8 of the Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University and the Program of the Interdisciplinary Scientific and Educational School of Lomonosov Moscow State University “The future of the planet and global environmental change.”

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кокорин А.О., Кураев С.Н., Минин А.А., Стеценко А.В. Проблемы адаптации к климатическим изменениям // Природопользование и устойчивое развитие. Мировые экосистемы и проблемы России. Серия: “Устойчивое развитие: Проблемы и перспективы”. М.: Товарищество научных издателей КМК, 2006. Вып. 3. С. 135–145.
- Мохов И.И. Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования // Вестн. РАН. 2022. Т. 92. № 1. С. 3–14. <https://doi.org/10.31857/S0869587322010066>
- Сдаюк Г.В. Новая Индия. География развития: достижения, проблемы, перспективы. М.: Канон+РООИ “Реабилитация”, 2021. 520 с.
- Asia / Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, NY, USA: Cambridge Univ. Press, 2022. P. 1457–1579.
- Assessment of Climate Change over the Indian Region. A Report of the Ministry of Earth Sciences, Government of India. Springer Open. 2020. 227 p. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-4327-2>
- Bahadur A., Gogoi E., Rumbaitis del Rio C. Mainstreaming Adaptation to Climate Change within Governance Systems in South Asia. ACT. Action on climate today. Oxford Policy Management. October, 2017. 36 p.
- Bahinipatia C.S., Guptab A.K. Methodological challenges in assessing loss and damage from climate-related extreme events and slow onset disasters: Evidence from India // Int. J. of Disaster Risk Reduction. 2022. Vol. 83. Art. 10341821.
- Benzie M., Carter T.R., Carlsen H., Taylor R. Cross-border climate change impacts: implications for the European Union // Reg. Environmental Change. 2019. Vol. 19. P. 763–776.
- Burck J., Uhlich T., Höhne N., Nascimento L., Bals C. The Climate Change Performance Index 2023: Results. Bonn, 2022. 32 p.
- Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Third Assessment Report of the IPCC. Chapter 18: Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2001. P. 877–912.
- Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of WG II to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2014a. P. 833–868.
- Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects: Asia. Contribution of WG II to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, NY, USA: Cambridge Univ. Press, 2014b. P. 1327–1370.
- Climate Change 2014. Synthesis Report. Contribution of Working groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of IPCC. Geneva, 2014b. 151 p.
- Climate Change 2022. Impacts, adaptation and Vulnerability. Summary for policymakers. IPCC WGII Sixth Assessment Report. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2022. P. 37–118. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.002>
- Climate Change and Land. IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. 2019. 684 p.
- Das M. Vulnerability to Food Insecurity: A Decomposition Exercise for Rural India using the Expected Utility Approach // Soc. Indic. Res. 2021. Vol. 156. P. 167–199. <https://doi.org/10.1007/s11205-021-02625-7>

- Delaney J.T., Bouska K.L., Eash J.D., Heglund P.J., Allstadt A.J. Mapping climate change vulnerability of aquatic-riparian ecosystems using decision-relevant indicators // *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 125. Art. 107581.
https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107581
- Dinshaw A., Ginoya N., Preethan P., Appadurai N., Gutierrez M. Mainstreaming Adaptation in Action: Case Studies from Two States in India. Working Paper. Washington, DC: World Resources Institute, 2018. 26 p.
- Ford J.D., Berrang-Ford L., Bunce A., McKay C., Irwin M., Pearce T. The status of climate change adaptation in Africa and Asia // *Reg. Environ. Change*. 2015. Vol. 15. P. 801–814.
- Gosain A.K., Rao S. Climate Impacts and Vulnerability Assessment of the Water Sector in the State of Punjab. Executive Summary. New Delhi, 2018. 25 p.
- India Multidimensional Poverty Index. A Progress Review. New Delhi: NITY Ayog., 2023. 410 p.
- India Second National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Ministry of Environment and Forests, Government of India. New Delhi, 2012. 340 p.
- IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the IPCC. Cambridge, NY: Cambridge Univ. Press, 2012. 582 p.
- Kumar S.N., Aggarwal P.K., Swaroopa R.D.N., Saxena R., Chauhan N., Jain S. Vulnerability of wheat production to climate change in India // *Clim. Res.* 2014. Vol. 59. № 3. P. 173–187.
https://doi.org/10.3354/cr01212
- Lebling K., Ge M., Levin K., Waite R., Friedrich J., Elliott C., Chan C., Ross K., Stolle F., Harris N. State of Climate action. Assessing Progress toward 2030 and 2050. World Resources Institute. 2020. 128 p.
- Moss R.H., Brenkert A.L., Malone E.L. Vulnerability to Climate Change: A Quantitative Approach. Technical Report by the Pacific Northwest National Laboratory for the Department of Energy, Oak Ridge, and U.S. Department of Commerce. Springfield, 2001. 70 p.
- National climate change vulnerability and risk assessments in Europe. EEA Report. 2018. № 1. 84 p.
- Odisha State Action Plan on Climate Change (for the period 2018–2023). Government of Odisha, Forest and Environment Department. 2018. 217 p.
- Papathoma-Köhle M., Schlögl M., Fuchs S. Vulnerability indicators for natural hazards: an innovative selection and weighting approach // *Sci. Rep.* 2019. Vol. 9. Art. 15026.
https://doi.org/10.1038/s41598-019-50257-2
- Patra J. Review of current and planned adaptation action in India // CARIIA Working Paper 10. Ottawa, London: International Development Research Centre, 2016. 80 p.
- Patt A.G., Tadross M., Nussbaumer P., Brundrit G. Estimating least-developed countries' vulnerability to climate-related extreme events over the next 50 years // *Social Sciences*. 2010. Vol. 107. № 4. P. 1333–1337.
https://doi.org/10.1073/pnas.0910253107
- Pradhan A., Chan C., Roul P.K., Halbrendt J., Sipes B. Potential of conservation agriculture for climate change adaptation and food security under rainfed uplands of India: A transdisciplinary approach // *Agricultural Systems*. 2018. Vol. 163. P. 27–35.
- Sharma T., Vittal H., Karmakar S., Ghosh S. Increasing agricultural risk to hydro-climatic extremes in India // *Environ. Res. Lett.* 2020. Vol. 15. Art. 034010.
- Simpson N.P., Williams P.A., Mach K.J., et al. Adaptation to compound climate risks: A systematic global stocktake // *iScience*. 2023. Vol. 26. № 2. Art. 105926.
- Singh P.K., Chudasama H. Pathways for climate change adaptations in arid and semi-arid regions // *J. of Cleaner Production*. 2021. Vol. 284. Art. 124744.
- Singh C., Madhavan M., Arvind J., Bazaz A. Climate change adaptation in Indian cities: A review of existing actions and spaces for triple wins // *Urban Climate*. 2021a. Vol. 36. Art. 100783.
- Singh C., Rahman A., Srinivas A., Bazaz A. Risks and responses in rural India: Implications for local climate change adaptation action // *Climate Risk Management*. 2021b. Vol. 21. P. 52–68.
- Sud R., Mishra A., Varma N., Bhadwal S. Adaptation policy and practice in densely populated glacier-fed river basins of South Asia: a systematic review // *Reg. Environ. Change*. 2015. Vol. 15. P. 825–836.
- The State of Food Security and Nutrition in the World. 2023 FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. Rome, 2023. 316 p.
- World Development Report 2010: Development in a Changing Climate – Concept Note. Washington: IBRD, WB, 2010. 43 p.

Adaptation to Climate Change: General, Sectoral and Regional Measures (the Case of India)

N. N. Alekseeva^{a,*} and A. I. Bancheva^{a,**}

^aLomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

*e-mail: nalex01@mail.ru

**e-mail: ban-sai@mail.ru

Adaptation to climate change is the most important part of modern climate policy. It is particularly relevant for developing countries, which are most vulnerable to the impacts of climate change and have limited capacity to adapt to these impacts. The purpose of this article is to review the achievements and challenges

of adaptation to climate change using the IPCC methodology, taking India, one of the world's largest developing countries, as an example. The country is increasingly confronted with the impacts of global climate change and is responding proactively. Based on material from the IPCC, developments from other international organisations and Russian studies, the main methodological approaches to assessing adaptation to climate change and their evolution are considered. The main sources for India are government documents, national communications to the IPCC, state programmes and action plans on adaptation, scientific publications, media reports and statistics. On this basis, the following issues are characterised: (1) the impacts of observed and projected climate change on India's population and natural and economic systems; (2) the vulnerability of life-supporting systems and sectors, with a focus on agriculture; (3) the main types of adaptation, including structural, social and institutional. It shows that the system for responding to the emerging challenges of climate change is being built from the top down, through strategic planning at the national and state levels. The country is implementing one of the basic principles of adaptation – the 'co-benefits' approach, where socioeconomic development goals are aligned with the climate agenda, thereby protecting the most vulnerable. Adaptation is considered a priority of climate policy in India, given the country's lower per capita contribution to global warming than economically developed countries.

Keywords: vulnerability, climate policy, adaptation measures, agriculture, socioeconomic development, India

REFERENCES

- Adaptation Needs and Options. In Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects.* Contribution of WG II to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: CUP, 2014, pp. 833–868.
- Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity. In Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability.* Working Group II Contribution to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge: CUP, 2001, pp. 877–912.
- Asia. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects.* Contribution of WG II to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, New York: CUP, 2014, pp. 1327–1370.
- Asia. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability.* Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, New York: CUP, 2022, pp. 1457–1579.
- Assessment of Climate Change over the Indian Region.* A Report of the Ministry of Earth Sciences, Government of India. Springer Open, 2020. 227 p. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-4327-2>
- Bahadur A., Gogoi E., Rumbaitis del Rio C. *Mainstreaming Adaptation to Climate Change within Governance Systems in South Asia.* ACT. Action on climate today. Oxford Policy Management, 2017. 36 p.
- Bahinipatia C.S., Guptab A.K. Methodological challenges in assessing loss and damage from climate-related extreme events and slow onset disasters: Evidence from India. *Int. J. Disaster Risk Sci.*, 2022, vol. 83, art. 10341821.
- Benzie M., Carter T.R., Carlsen H., Taylor R. Cross-border climate change impacts: implications for the European Union. *Reg. Environ. Change*, 2019, vol. 19, pp. 763–776.
- Burck J., Uhlich T., Höhne N., Nascimento L., Bals C. *The Climate Change Performance Index 2023: Results.* Bonn, 2022. 32 p.
- Das M. Vulnerability to food insecurity: A decomposition exercise for rural India using the expected utility approach. *Soc. Indic. Res.*, 2021, vol. 156, pp. 167–199. <https://doi.org/10.1007/s11205-021-02625-7>
- Delaney J.T., Bouska K.L., Eash J.D., Heglund P. J., Allstadt A.J. Mapping climate change vulnerability of aquatic-riparian ecosystems using decision-relevant indicators. *Ecol. Indic.*, 2021, vol. 125, art. 107581. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107581>
- Dinshaw A., Ginoya N., Preethan P., Appadurai N., Gutierrez M. *Mainstreaming Adaptation in Action: Case Studies from Two States in India.* Working Paper. Washington: World Resources Institute, 2018. 26 p.
- Ford J.D., Berrang-Ford L., Bunce A., McKay C., Irwin M., Pearce T. The status of climate change adaptation in Africa and Asia. *Reg. Environ. Change*, 2015, vol. 15, pp. 801–814. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0648-2>
- Gosain A.K., Rao S. *Climate Impacts and Vulnerability Assessment of the Water Sector in the State of Punjab.* Executive Summary. New Delhi, 2018. 25 p.
- India Multidimensional Poverty Index. A Progress Review.* New Delhi: NITY Ayog., 2023. 410 p.
- India Second National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change.* Ministry of Environment and Forests, Government of India. New Delhi, 2012. 340 p.
- IPCC. *Climate Change 2014. Synthesis Report.* Contribution of Working groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of IPCC. Geneva, 2014b. 151 p.
- IPCC. *Climate Change and Land.* IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, 2019. 684 p.

- IPCC. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the IPCC. Cambridge, New York: CUP, 2012. 582 p.
- Kokorin A.O., Kuraev S.N., Minin A.A., Stetsenko A.V. Challenges in climate change adaptation. In *Prirodopol'zovanie i ustoichivoe razvitiye. Miroye ekosistemy i problemy Rossii* [Nature Management and Sustainable Development. Global Ecosystems and Russia's Challenges]. Moscow: KMK Publ., 2006, pp. 135–145. (In Russ.).
- Kumar S.N., Aggarwal P.K., Swaroopa R.D.N., Saxena R., Chauhan N., Jain S. Vulnerability of wheat production to climate change in India. *Clim. Res.*, 2014, vol. 59, no. 3, pp. 173–187.
<https://doi.org/10.3354/cr01212>
- Lebling K., Ge M., Levin K., Waite R., Friedrich J., Elliott C., Chan C., Ross K., Stolle F., Harris N. *State of Climate action. Assessing Progress toward 2030 and 2050*. World Resources Institute, 2020. 128 p.
- Mokhov I.I. Climate change: Causes, risks, consequences, and problems of adaptation and regulation. *Her. Russ. Acad. Sci.*, 2022, vol. 92, no. 1, pp. 1–11.
<https://doi.org/10.1134/S101933162201004X>
- Moss R.H., Brenkert A.L., Malone E.L. *Vulnerability to Climate Change: A Quantitative Approach*. Technical Report by the Pacific Northwest National Laboratory for the Department of Energy, Oak Ridge, and U.S. Department of Commerce. Springfield, 2001. 70 p.
- National climate change vulnerability and risk assessments in Europe*. EEA Report, no. 1, 2018. 84 p.
- Odisha State Action Plan on Climate Change* (for the period 2018–2023). Government of Odisha, Forest and Environment Department, 2018. 217 p.
- Papathoma-Köhle M., Schlögl M., Fuchs S. Vulnerability indicators for natural hazards: an innovative selection and weighting approach. *Sci. Rep.*, 2019, vol. 9, art. 15026.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-50257-2>
- Patra J. *Review of current and planned adaptation action in India*. CARIIA Working Paper 10. Ottawa, London: International Development Research Centre, 2016. 80 p.
- Patt A.G., Tadross M., Nussbaumer P., Brundrit G. Estimating least-developed countries' vulnerability to climate-related extreme events over the next 50 years. *Soc. Sci.*, 2010, vol. 107, no. 4, pp. 1333–1337.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0910253107>
- Pradhan A., Chan C., Roul P. K., Halbrendt J., Sipes B. Potential of conservation agriculture for climate change adaptation and food security under rainfed uplands of India: A transdisciplinary approach. *Agric. Syst.*, 2018, vol. 163, pp. 27–35.
- Sdasyuk G.V. *Novaya Indiya. Geografiya razvitiya: dostizheniya, problemy, perspektivy* [New India. Development Geography: Achievements, Problems, Perspective]. Moscow: Kanon+ Publ., 2021. 520 p.
- Sharma T., Vittal H., Karmakar S., Ghosh S. Increasing agricultural risk to hydro-climatic extremes in India. *Environ. Res. Lett.*, 2020, vol. 15, art. 034010.
- Simpson N.P., Williams P.A., Mach K.J., et al. Adaptation to compound climate risks: A systematic global stocktake. *iScience*, 2023, vol. 26, no. 2, art. 105926.
- Singh P.K., Chudasama H. Pathways for climate change adaptations in arid and semi-arid regions. *J. Clean. Prod.*, 2021, vol. 284, art. 124744.
- Singh C., Madhavan M., Arvind J., Bazaz A. Climate change adaptation in Indian cities: A review of existing actions and spaces for triple wins. *Urban Clim.*, 2021, vol. 36, art. 100783.
- Singh C., Rahman A., Srinivas A., Bazaz A. Risks and responses in rural India: Implications for local climate change adaptation action. *Clim. Risk Manag.*, 2021, vol. 21, pp. 52–68.
- Sud R., Mishra A., Varma N., Bhadwal S. Adaptation policy and practice in densely populated glacier-fed river basins of South Asia: a systematic review. *Reg. Environ. Change*, 2015, vol. 15, pp. 825–836.
- Summary for policymakers. In *Climate Change 2022. Impacts, adaptation and Vulnerability*. IPCC WGII Sixth Assessment Report. Cambridge: CUP, 2022, pp. 37–118.
<https://doi.org/10.1017/9781009325844.002>
- The State of Food Security and Nutrition in the World. 2023*. Rome: FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO, 2023. 316 p.
- World Development Report 2010: Development in a Changing Climate – Concept Note*. Washington: IBRD, WB, 2010. 43 p.