

Сотрудничество России и Индии в решении экологических проблем в сельском хозяйстве: современное состояние и перспективные направления

И.В. Дерюгина

Россия и Индия имеют достаточно большой потенциал для сотрудничества в сфере развития экологически чистого сельского хозяйства. Такое сотрудничество приобретает различные формы – совместные научные исследования, обмен технологиями органического агропроизводства, поставки экопродукции. Принципы продвижения экологически чистого сельского хозяйства направлены на снижение негативного воздействия агропродовольственного комплекса на окружающую среду. Сельское хозяйство Индии, известное благодаря своему биоразнообразию достаточно устойчивыми экосистемами, в последнее десятилетие все глубже втягивается в экологические проблемы. В стране существуют серьезные вызовы, связанные с загрязнением воздуха, воды, повышением химизации и деградации почвы. Главные причины экологического кризиса в Индии кроются в быстром экономическом росте, высоких темпах урбанизации, усилении демографической нагрузки, требующей интенсификации производства продовольствия. Сельское хозяйство вносит значительный вклад в ухудшение экологической обстановки, за период 2010–2022 гг. рост влияния агропродовольственных систем на выбросы парниковых газов оценивался в 30%.

Ключевые слова: Индия, Россия, экология, сотрудничество, устойчивое сельское хозяйство, эмиссия парниковых газов, деградация почв, обезлесение, загрязнение воды.

Россия и Индия имеют достаточно большой потенциал для сотрудничества в сфере развития экологически чистого сельского хозяйства. Такое сотрудничество приобретает различные формы: совместные научные исследования, обмен технологиями органического агропроизводства, поставки экопродукции. Принципы продвижения экологически чистого сельского хозяйства направлены на снижение негативного воздействия агропродовольственного комплекса на окружающую среду.

Сельское хозяйство Индии, известное благодаря своему биоразнообразию достаточно устойчивых экосистем, в последнее десятилетие все глубже втягивается в экологические проблемы, которые угрожают ее социуму. Основными экологическими проблемами являются: вырубка лесов и деградация сельскохозяйственных земель, истощение ресурсов (таких как вода, полезные ископаемые, лес, песок и горные породы), деградация окружающей среды, здоровье населения, утрата биоразнообразия, утрата устойчивости экосистем, обеспечение средств к существованию для бедных слоев населения. А также изменение режима выпадения осадков и экстремальные погодные явления, вызванные изменением климата; неадекватная инфраструктура для утилизации отходов, приводящая к загрязнению окружающей среды; деградация прибрежных районов, выражающаяся в береговой эрозии; загрязнение и разрушение среды обитания вдоль береговой линии из-за деятельности человека и изменения климата [1].

Все эти вызовы приводят к потере устойчивости экологической системы Индии. По выбросам парниковых газов Индия в антирейтинге занимает третье место после Китая и США (рис. 1).

По данным на начало 2020-х гг., Индия была одной из стран с наибольшим загрязнением воздуха, смертность от загрязнения воздуха в 2019 г. составляла 141 смерть на 100 тыс. человек. В рейтинге страна располагалась между Ботсваной (139 смертей на 100 тыс. чел.) и Суданом (143 смерти на 100 тыс. чел.) [2].

В Индии существуют серьезные проблемы с загрязнением воды. Сброс неочищенных сточных вод является важной причиной загрязнения поверхностных и грунтовых вод, поскольку существует большой разрыв между формированием и очисткой бытовых сточных вод. В 2019 г. в Индии смертность от небезопасного водоснабжения, слабого соблюдения санитарных и гигиенических норм



ДЕРЮГИНА

Ирина Владимировна

к.э.н.,

Институт востоковедения
РАН

составляла 36.4 смерти на 100 тыс. человек (располагалась Индия по этому показателю в рейтинге между Зимбабве и Джибути). Причем в основном страдали женщины: женская смертность равнялась 45.4, а мужская – 26.1 смерти на 100 тыс. человек.

Однако нельзя сказать, что в стране не стремятся улучшить данную ситуацию. Так, в 2024 г. доля безопасно очищенных бытовых сточных вод составляла 29%, и по этому показателю наблюдается некоторый прогресс, так как в 2022 г. он был равен 21%. В то же время в среднем по миру доля безопасно очищенных бытовых сточных вод в 2024 г. составляла 56% [3].

Помимо этого, загрязнение воды влияет на утрату биоразнообразия. Например, 16% пресноводных рыб, моллюсков, стрекоз, водных растений Индии находятся под угрозой исчезновения. Утрата биоразнообразия – одна из самых болезненных экологических проблем. В первую очередь потому, что на нее обращается минимум внимания. В целом по миру 24% пресноводных видов, включая рыб, стрекоз, крабов и креветок, находятся под угрозой вымирания, 30% ракообразных классифицированы как находящиеся под угрозой, а 26% пресноводных рыб и 16% стрекоз – в опасности [4].

Антропогенное влияние в Индии непосредственно связано с резким усилением обезлесения (дефорестацией). Вырубка деревьев в целях урбанизации и увеличения сельскохозяйственных площадей приводит к таким негативным последствиям, как эрозия почвы, опустынивание, наводнения.

Также из-за быстрой урбанизации в Индии возникают сложности с управлением отходами, в частности с утилизацией мусора. По оценкам экспертов, к 2030 г. объем отходов может достичь 387.8 млн тонн, а к 2050 году – вырасти еще в два раза [5].

В сельском хозяйстве главным антропогенным фактором являются выбросы парниковых газов. По данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата, которая является ведущим междуна-

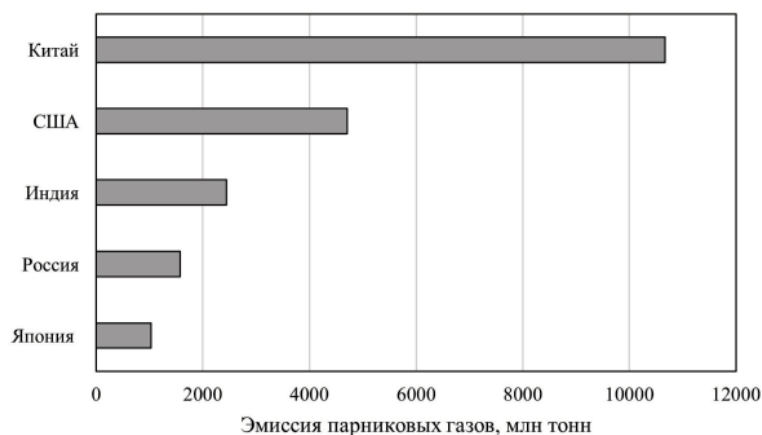


Рис. 1. Антирейтинг пяти стран с самой большой эмиссией парниковых газов. Источник данных: Анализ динамики и структуры эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России // Аграрная наука.

родным органом по данному вопросу, в 2022 г. 23% общих выбросов парниковых газов от деятельности человека приходилось на сельское хозяйство, причем этот показатель постоянно увеличивается [6].

Основными парниковыми газами, в отношении которых осуществляется государственный учет, являются углекислый газ (CO_2), метан (CH_4) и закись азота (N_2O). Закись азота, или оксид азота, – один из так называемых парниковых газов, на долю которого приходится 9% всего объема выбросов. Он способствует истощению озонового слоя в стратосфере. Внесение азотных удобрений, навоз (в том числе на пастбищах), компост, осадок сточных вод, разложение растительных остатков – являются источниками его образования [7].

Выбросы метана способствуют глобальному потеплению, он является более мощным парниковым газом, чем углекислый газ, и его концентрация в атмосфере в последние годы увеличивается. Источниками выбросов метана являются животноводство, транспортировка ископаемого топлива, захоронение отходов, растениеводство (особенно выращивание риса). Последствия выбросов метана – глобальное потепление, загрязнение воздуха, снижение урожайности. Метан – второй по значимости парниковый газ среди тех, чьи выбросы связывают с антропогенной деятельностью. По данным на 2022 г., доля метана в выбросах парниковых газов составляла примерно 18% от общего объема [8].

Углекислый газ является основным парниковым газом, образующимся в результате деятельности человека, на его долю приходится 73% всего объема выбросов. Основные его источники – сжигание ископаемого топлива, вырубка лесов, промышленность (особенно химическое производство) [9].

В среднем по миру в 2022 г. на сельскохозяйственную деятельность приходилось 23% совокупных выбросов. По видам выбросов распределение было следующим: в сельском хозяйстве формировалось 47% эмиссии метана, 88% – выбросов закиси азота, 9% – выбросов углекислого газа [9].

Однако распределение выбросов по видам зависит даже не от социально-экономического, а скорее от социально-

культурного развития страны. По мнению Н.Н. Алексеевой, «...для Индии характерна специфичная структура эмиссий: около 30% приходится на неуглеродные источники, прежде всего метан (на него приходится 23%, на оксид азота – около 6%, фторсодержащие газы – 0.9%. В Индии значительная доля эмиссий метана обусловлена сельским хозяйством: свыше 70% его эмиссий связано с жизнедеятельностью крупного рогатого скота, еще 19% эмиссий – с выращиванием риса» [10].

Однако отметим, что данные Н.Н. Алексеевой касались исключительно выбросов, сформировавшихся в процессе сельскохозяйственной производственной деятельности, без

учета пред- и постпроизводственной деятельности. Данные ФАО свидетельствуют о том, что в 2022 г. совокупные выбросы газов (метана, закиси азота, углекислого газа), получаемые в процессе производства, составляли 53% всей эмиссии от сельскохозяйственной деятельности, за остальные 47% выбросов несли ответственность пред- и постпроизводственная деятельность (табл. 1).

Таблица 1. Индия: выбросы метана, закиси азота, углекислого газа в сельском хозяйстве, килотонн.
Источник данных: FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>

Эмиссия газов от сельскохозяйственной деятельности	Выбросы метана (CH ₄)		Выбросы закиси азота (N ₂ O)		Выбросы углекислого газа (CO ₂)	
	2010	2022	2010	2022	2010	2022
Агропродовольственные системы, в т.ч.	24 402	25 805	727	848	241 243	320 332
Выбросы пред- и постпроизводственной деятельности	4971	5278	25	31	100 898	156 567
Выбросы на производстве, в т.ч.	19 431	20 527	702	817	140 345	163 765
Животноводство	14 707	15 470	271	294		
Растениеводство	4724	5057				
Отдельные выбросы по видам, в т.ч.						
Производство удобрений					22 797	32 695
Производство пестицидов					1293	1864
Пищевая промышленность и упаковка					15 897	24 215

В Индии рост влияния агропродовольственных систем (включая как производство, так и пред- и постпроизводственную деятельность) на выбросы парниковых газов за период 2010–2022 гг. оценивается в 30%. Совокупные выбросы всех парниковых газов возросли с 266.4 млн тонн до 347.0 млн тонн. Основной рост произошел в процессе пред- и постпроизводственной деятельности, где выбросы поднялись на 53%, в самом производстве рост составил 15% (табл. 1). Большая часть выбросов приходилась на углекислый газ, который формировался при производстве удобрений, пестицидов, в пищевой промышленности и энергопотреблении в хозяйстве. Рост выбросов от производства удобрений за 2010–2022 гг. составил 43%, пестицидов – 42%, в пищевой промышленности – 44%. Выбросы непосредственно в производстве (животноводство и растениеводство) за указанный период увеличились на 15% (табл. 1).

По данным ФАО, в 2022 г. в расширенном сельском хозяйстве Индии 80% выбросов метана формировалось в процессе производственной деятельности, из них: 60% – в животноводстве и 20% – в растениеводстве (главным образом при выращивании риса). Также в процессе производства формировалось 96% выбросов закиси азота. Выбросы углекислого газа распределялись следующим образом: непосредственно в процессе производства – 51%, в пред- и постпроизводственной деятельности – 49% (табл. 1).

По оценкам на 2023 г. в Индии была зафиксирована чрезмерная химизация почв из-за нерационального использования и распределения минеральных удобрений, что привело к деградации почвы, в частности из-за чрезмерного применения карбамида и диаммония фосфата [11]. В 2024 г. министр сельского хозяйства и благосостояния фермеров Индии Шиврадж Сингх Чоухан заявил, что деградация почв затрагивает 30% сельскохозяйственных угодий страны, основные причины: чрезмерное использование удобрений, несбалансированное внесение питательных веществ, чрезмерная эксплуатация природных ресурсов. Для решения этой проблемы правительство Индии распространяет среди фермеров карты здоровья почвы, которые содержат подробную информацию об уровнях питательных веществ в почве. Также продвигаются устойчивые практики, такие как микроорошение,

органическое, натуральное и регенеративное земледелие [12].

Кабинет министров одобрил государственную программу «Национальная миссия по органическому и натуральному земледелию». Общая сумма расходов на реализацию программы на 2025–2026 гг. планируется в объеме 25 млрд рупий. Натуральное земледелие следует местным агроэкологическим принципам, основанным на местных знаниях, технологиях, специфичных для конкретного местоположения, и развивается в соответствии с местной агроэкологией [13].

Инновационные экологические решения в сельском хозяйстве Индии в значительной степени связаны с переходом к устойчивому сельскому хозяйству. Предложены практики, которые должны обеспечить развитие устойчивого, в том числе экологического, сельского хозяйства (табл. 2) [14].

Однако устойчивое сельское хозяйство в Индии практически не развито – только пять его видов (севооборот, агролесоводство, сбор дождевой воды, мульчирование, точное земледелие) занимают не более 5% от общей посевной площади. Используют же системы устойчивого сельского хозяйства менее 4% всех индийских фермеров [15].

Имманентной задачей усиления устойчивости сельского хозяйства в Индии является сокращение выбросов парниковых газов. В рамках Национальной миссии по устойчивому сельскому хозяйству правительство продвигает методы сокращения выбросов метана при выращивании риса, например систему интенсификации выращивания, прямой посев и диверсификацию культур. Также департамент животноводства и молочного животноводства реализует инициативы по улучшению пород и сбалансированному нормированию питания, чтобы снизить производство метана. Программы GOBAR-Dhan и Национальная программа по биогазу и органическому навозу стимулируют применение отходов для производства биогаза и органическо-

го навоза, что обеспечивает экологически чистую энергию и снижает выбросы в сельских районах [16].

При этом возникает целый комплекс проблем. Сложность реализации программ для мелких фермеров, так как выбросы парниковых газов в сельском хозяйстве Индии связана с продовольственной безопасностью, соответственно, дополнительное бремя негативно повлияет на доходы фермеров. Индия не раз заявляла, что для масштабных действий в области изменения климата, включая сокращение выбросов, стране требуется международная финансовая поддержка [16].

В январе 2025 г. компания Google заключила договор с индийской организацией Varaha о приобретении углеродных кредитов, связанных с сокращением выбросов углекислого газа, у сельскохозяйственных предприятий [17]. Согласно соглашению, Varaha будет закупать отходы у сотен небольших фермерских хозяйств в Индии и строить реакторы для их переработки в биоуголь, который является разновидностью древесного угля и способствует удалению углекислого газа из атмосферы и его возвращению в почву. Также биоуголь будет поставляться фермерам в качестве альтернативы удобрениям. С 2025 по 2030 г. Google планирует приобрести углеродных кредитов на 100 тыс. тонн выбросов [18].

Индия, как и многие страны Азии, столкнулась с проблемой обезлесения. Причины – рост населения, спрос на продовольствие и, как следствие, – на землю, урбанизация, грабительское использование лесов (сбор дров или заготовка древесины без лесовосстановления), изменение климата. Все эти факторы влияют на местные экосистемы. Последствия – деградация почв, нарушение сохранения воды, затопление рек, потеря биоразнообразия (уничтожение многих видов растений и животных). И хотя в «Долгосрочной стратегии низкоуглеродного развития Индии» (2021) указывается, что в последние десятилетия в стране снизились темпы обезлесения, проблема хрупких экосистем остается.

Особо выделяется хрупкая экология мангровых лесов. Мангровые леса играют важную роль в защите прибрежных районов от эрозии, штормов и наводнений, а также служат важным местом обитания для множества видов растений и животных. В Индии они в наибольшей степени сталкиваются с различными угрозами, включая вырубку лесов, загрязнение и изменение климата. Сундарбан (национальный парк и тигровый заповедник в Западной Бенгалии) – один из крупнейших оставшихся в мире районов мангровых зарослей. Правительство Индии реализовало несколько инициатив по защите и сохранению мангровых лесов. В частности, в 2025 г. в стране запущен проект по восстановлению мангровых лесов, который включает посадку саженцев на 5 тыс. га вдоль побережья [19].

Министр окружающей среды Индии Бхупендер Ядав заявил, что страна намерена создать дополнительный поглотитель углерода, эквивалентного 2.5–3 млрд тонн CO₂, за счет увеличения площади лесов к 2030 г. Индия может внести вклад в глобальную базу знаний благодаря своему обширному опыту в восстановлении мангровых лесов и исследованиям по оценке экосистем [20].

Таблица 2. Практики устойчивого сельского хозяйства, внедряющиеся в Индии

Название практик	Расшифровка
Пермакультура	Создание продуктивных и самодостаточных систем, которые способны поддерживать себя и обогащать окружающую среду
Органическое земледелие	Система производства, которая запрещает использование синтетически произведенных агресурсов (удобрений и пестицидов). Она предполагает использование органических материалов (таких как растительные остатки, остатки животных, бобовые, биопестициды) для поддержания продуктивности и плодородия почвы, борьбы с вредителями. Системы земледелия-скотоводства-рыбоводства
Натуральное земледелие	Устойчивая к изменению климата система земледелия с низкими затратами, которая выступает за полное исключение синтетических химических агресурсов. Вместо этого фермеры должны использовать недорогие материалы местного производства, такие как натуральные смеси, приготовленные с использованием коровьего навоза, коровьей мочи, джаггери, зерновой муки. Это также способствует мульчированию, укрытию посевов и симбиотическому смешиванию культур для стимулирования микробной активности почвы. Основной акцент в натуральном земледелии делается на улучшении состояния почвы; диверсификации генетических ресурсов; улучшении переработки биомассы
Биоаналитическое земледелие	Система, основанная на взаимосвязи между ростом растений и космическими ритмами, которая подчеркивает важность поддержания устойчивого плодородия почвы
Природоохранное земледелие	Экосистемный подход к управлению сельскохозяйственными землями, основанный на трех взаимосвязанных принципах: а) минимальном нарушении почвы путем уменьшения обработки (нарушается максимум 25% почвы); б) постоянном поддержании защиты почвы путем мульчирования; в) диверсификации систем возделывания сельскохозяйственных культур за счет оптимизации севооборота
Точное земледелие	Эффективное управление фермерским хозяйством, которое использует информационные компьютерные технологии для оптимального обеспечения растений удобрениями, водой, пестицидами. Капельное орошение
Контурное земледелие	Вспашка и посадка по контуру или поперек склона (горизонтально), а не вверх и вниз (вертикально). Борозды вспахиваются перпендикулярно, а не параллельно склону. Эта практика, как правило, рассматривается как синоним террасного земледелия, однако контурное земледелие повторяет естественную форму склона, не изменяя его, в то время как террасное земледелие создает стены и изменяет форму склона
Плавающее земледелие (плавающие фермы)	Способ производства продуктов питания в районах, которые длительное время находятся под водой. Он направлен на адаптацию возделывания к повышенному или длительному затоплению. В системе используются плавающие грядки с грунтом из ила, водорослей, бамбука
Вертикальное земледелие	Подход к сельскому хозяйству, который позволяет выращивать растения в ограниченном пространстве, используя вертикальные конструкции и технологии. Культуры выращивают в многоуровневых конструкциях с контролируемым микроклиматом, без зависимости от почвы и сезона
Интегрированная фермерская система	Взаимодействие между двумя или более компонентами, такими как садоводческие культуры, животноводство, аквакультура, домашняя птица (утки), пчеловодство и выращивание грибов. Основные принципы минимальной конкуренции и максимальной взаимодополняемости с использованием передовых агрономических инструментов управления
Инновационные технологии выращивания и обработки риса	Агроэкологический подход с учетом климатических условий для повышения продуктивности риса и других культур. Этот подход основан на четырех принципах: а) раннем, быстром укоренении растений; б) снижении плотности растений; в) улучшении почвенных условий за счет увеличения содержания органического вещества; г) сокращении и контроле за расходом воды
Агролесоводство, агролесомелиорация	Традиционные и современные системы землепользования, в которых древесные многолетние растения (деревья, кустарники, бамбук, пальмы) специально интегрированы на земле, предназначенной для сельскохозяйственных культур и выращивания животных, но в различных пространственных или временных рамках
Биозащитные системы из мангровых и немангровых растений	Биозащитные системы из мангровых и немангровых растений используются для восстановления мангровых зарослей, защиты побережий от стихийных бедствий, удержания плодородного слоя почвы, обеспечения почвы кислородом
Цифровые методы управления сельским хозяйством	Использование цифровых технологий для улучшения эффективности и производительности сельскохозяйственного производства. Включают автоматизацию процессов, аналитику данных, интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ)

Причем в Индии для восстановления этих лесов используются инновационные методы. Например, в заповеднике Кришна в штате Андхра-Прадеш был применен метод посадки «рыбья кость». Суть этого метода: «Вода из ручьев в Бхитарканике отводится в промежутки между мангровы-

ми зарослями по каналам в форме рыбьей кости, чтобы засоленная бесплодная земля стала плодородной, и на ней можно было выращивать мангровые деревья. Такая форма позво-

ляет воде достигать каждого уголка территории» [21].

Среди инновационных экологических решений в области сельского хозяйства в Индии можно назвать возведение защитных полос вокруг сельскохозяйственных полей. Это сводит к минимуму опасность воздействия ветра и повышает производительность фермы за счет смягчения микроклимата. Правительство Индии способствует разработке и широкому применению биопрепаратов для защиты растений.

Огромное значение как в Индии, так и во всем мире имеет инициатива «Намами Ганге» («Омоложение реки Ганг»), направленная на восстановление лесов в некоторых частях бассейна Ганга и содействие устойчивому ведению сельского хозяйства. Инвестиции индийского правительства в омоложение Ганга уже достигли 4.25 млрд долл. На сегодняшний день восстановлено 370 км реки [22].

Интеграция искусственного интеллекта в сельское хозяйство Индии имеет огромные перспективы. Благодаря проекту «Саагу Баагу» в округе Хаммам штата Телангана внедрение искусственного интеллекта повысило урожайность перца чили на 21% при сокращении применения пестицидов на 9%, а удобрений – на 5%. Проект по выращиванию риса сорта JeeraPhool, финансируемый Глобальным экологическим фондом, помог сохранить местные сорта сельскохозяйственных культур. Также в Индии предполагается разработка гибридного сельскохозяйственного интеллекта (НАИ) путем объединения знаний фермеров с ИИ для создания устойчивых решений, адаптированных к динамичным вызовам, с которыми сталкивается аграрный сектор [23].

Перспективы сотрудничества России и Индии в решении экологических проблем в сельском хозяйстве

В 2024 г. Россия и Индия договорились развивать совместные проекты между странами в сферах

недропользования и сохранения биологического разнообразия.

Россия продвигает совместный проект «Здоровая почва». В рамках проекта собраны предложения 43 сельхозпроизводителей на более чем 300 биопрепаратов и биоудобрений. Россия обладает научным потенциалом в области биологической защиты и питания растений. Российские производители успешно борются с помощью биопрепаратов даже с экзотическими вредителями [24].

По инициативе Индии, в 2023 г. был создан Международный альянс по защите больших кошек, который объединяет усилия для охраны тигров, львов, леопардов, снежных барсов и других представителей семейства кошачьих. Среди участников – 95 стран, включая Россию [25].

Индия и Россия сотрудничают в области утилизации органических отходов, очистки сточных вод и совершенствования производства биотоплива. Переработка органических отходов – одно из ключевых направлений, выбранных обеими странами для решения проблем утилизации отходов агропромышленного комплекса. Научные группы России и Индии работают над усовершенствованием подходов к анаэробной переработке органических отходов. Одним из ключевых направлений, выбранных обеими странами для решения этих проблем, является анаэробная переработка органических отходов в биотопливо (биометан, биоводород). Россия предлагает обмен опытом в этой сфере, например, через обмен студентами и преподавателями с индийскими учебными заведениями. На научных совместных семинарах обсуждаются результаты исследований в области утилизации органических отходов, очистки сточных вод и совершенствования производства биотоплива и других полезных продуктов из возобновляемых биоресурсов.

В 2024 г. сообщалось, что Россия и Индия планируют расширять сотрудничество в области утилизации и переработки отходов, а также развивать экологические инициативы в рамках БРИКС [26].

Планируется, что одним из важных векторов сотрудничества между Россией и Индией станет внешняя торговля органической продукцией. Индия является потенциальным рынком для экспорта производимой в России органической продукции. Индийским потребителям в первую очередь интересны произведенные в России органические зернобобовые культуры. Ускорить развитие внешней торговли органической продукцией помогут соглашения о взаимном признании сертификатов. Роскачество планирует активизировать работу с индийской стороной, в течение нескольких лет мы рассчитываем получить признание российских органических сертификатов на рынке Индии [27].

Россия предлагает обмен студентами и преподавателями с индийскими учебными заведениями, что позволит повысить уровень знаний и навыков будущих специалистов в области АПК.

Литература

1. Environmental Issues in India. Geeks for Geeks. (<https://www.geeksforgeeks.org/social-science/environmental-issues-in-india/>).
2. Анализ динамики и структуры эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России. Аграрная наука. (<https://agrarnayanauka.ru/analiz-dinamiki-i-struktury-emissii-parnikovyh-gazov-v-selskom-hozyajstve-rossii/>).
3. Всемирная организация здравоохранения. <https://data.who.int/ru/indicators/i/80BEA0B/E2FC6D7>.
4. Кризис пресноводных: каждому четвертому виду грозит вымирание. Gismeteo. (<https://www.gismeteo.ru/news/animals/krizis-presnovodnyh-kazhdomu-chetvertomu-vidu-grozit-vymiranie/>).
5. India Waste-to-Energy Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2025–2030). Mordor Intelligence. (<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/india-waste-to-energy-market>).
6. Парниковые газы в сельском хозяйстве. (<https://hpb-s.com/news/uglerodnyj-sled-ot-udobrenij/>).
7. Анализ динамики и структуры эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России. Аграрная наука. (<https://agrarnayanauka.ru/analiz-dinamiki-i-struktury-emissii-parnikovyh-gazov-v-selskom-hozyajstve-rossii/>).
8. **Н. Танырбердиева, Э. Танырбердиева**
Вестник науки. 2023 № 9 (66) Т.3. С. 297–301.
9. **А. Чикунев**
Мир до 2050: глобальные вызовы и угрозы. Slide Serve. (<https://www.slideserve.com/aderyn/vaclav-smil>).
10. **Н.Н. Алексеева**
Вестник Института востоковедения РАН. 2022. № 2. С. 92–104.
11. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>.
12. **К. Шакин**
В Индии зафиксирована чрезмерная химизация почв. Fertilizer Daily. 11.01.2023. (<https://www.fertilizerdaily.ru/20230111-v-indii-zafiksirovana-chrezmernaya-ximizaciya-pochv/>).
13. **А. Медведева**
Более 220 млн карт почвенного здоровья получают индийские фермеры. АГРО XXI. 21.11.2024. (<https://www.agroxxi.ru/mirovye-agronovosti/bolee-220-mln-kart-pochvennogo-zdorovja-poluchat-indiiskie-fermery.html>).
14. В Индии стартует Национальная миссия по натуральному земледелию для фермеров с господдержкой в 32 млрд рублей. Soz.bio. (<https://soz.bio/v-indii-startuet-nacionalnaya-missiya/>).
15. **N. Gupta, Sh. Pradhan, A. Jain, N. Patel**
Sustainable Agriculture in India. What We Know and How to Scale Up / CEEW Report. New Delhi. 2021. С. III.
16. Sustainable Agriculture in India. CEEW.URL: (<https://www.ceew.in/publications/sustainable-agriculture-india>).
17. What is India's stance on methane emissions, potent greenhouse gas? The Indian Express. 30.05.2025. (<https://indianexpress.com/article/upsc-current-affairs/upsc-essentials/methane-mitigation-key-to-slowing-global-warming-10036713/>).
18. Трансформация рынка углеродных кредитов: ключевые тренды 2025 года. Aim Carbon. (<https://aim-carbon.com/ru/publications-and-news/world/transformation-of-the-carbon-credit-market-key-trends-for-2025.html>).
19. Компания Google заключила договор о приобретении кредитов на сокращение выбросов углекислого газа у индийских сельскохозяйственных предприятий. (<https://news.mondiaara.com>) (дата обращения: 10.06.2025).
20. Проект по восстановлению мангровых лесов в Индии. Vostok.tv. (<https://vostok.tv/2025/02/13/proekt-po-vosstanovleniyu-mangrovyyh-lesov-v-indii/>).
21. Индия намерена увеличить лесной покров к 2030 году. (<https://tvbrics.com/news/indiya-namerena-uvlichit-lesnoy-pokrov-k-2030-godu/>).
22. Watch: This innovative reforestation technique is saving mangrove forests. The Indian Express. (<https://indianexpress.com/article/trending/trending-in-india/reforestation-technique-is-saving-mangrove-forests-8012873/>).
23. ООН наградила 10 новаторских природоохранных инициатив. Новости ООН. (<https://news.un.org/ru/story/2022/12/1435762>).
24. **M. Gopal, A. Gupta**
Giving roots to sustainable Indian agriculture with HAI. *The Hindu*. 04.12.2024. (<https://www.thehindu.com/opinion/op-ed/giving-roots-to-sustainable-indian-agriculture-with-hai/article68944164.ece>).
25. Как Россия и Индия могут сотрудничать в сфере производства органики. Союз органического земледелия. (<https://здороваяпочва.рф/news/kak-rossiya-i-indiya-mogut-sotrudnichat-v-sfere-proizvodstva-organiki/>).
26. В Индии расположится штаб-квартира Международного альянса больших кошек. ИА Красная Весна. (<https://rossaprimavera.ru/news/a9b0f10c>).
27. Россия и Индия обсуждают сотрудничество в области РОП и переработки отходов. Полимерные материалы. (<https://polymerbranch.com/2024/09/rossiya-i-indiya-obsuzhdayut-sotrudnichestvo-v-oblasti-rop-i-pererabotki-othodov/>).
28. Как Россия и Индия могут сотрудничать в сфере производства органики. (<https://sberbank.co.in/ru/media/publications/kak-rossiya-i-indiya-mogut-sotrudnichat-v-sfere-proizvodstva-organiki?type=trends>).

English

Cooperation between Russia and India in the field of agricultural ecology: current state and promising areas

Irina V. Deryugina

Institute of Oriental Studies Russian Academy of Sciences
12/1, Building 1, ul. Rozhdestvenka, Moscow, 107031, Russia
i.deryugina@ivran.ru

Abstract

Russia and India have a great potential for cooperation in the development of environmentally friendly agriculture. Such cooperation takes on various forms – joint scientific research, the exchange of technologies for organic agricultural production, and the supply of eco-products. The principles of promoting environmentally friendly agriculture are aimed at reducing the negative impact of the agrarian food complex on the environment. India's agriculture, known for its biodiversity and fairly stable ecosystems, has been increasingly drawn into environmental problems over the past

decade. There are serious challenges in the country related to air and water pollution, increased chemicalization and soil degradation. The main causes of the environmental crisis in India lie in rapid economic growth, high rates of urbanization, and an increased demographic burden that requires the intensification of food production. Agriculture makes a significant contribution to the deterioration of the environmental situation, with an estimated 30% increase in the impact of agri-food systems on greenhouse gas emissions over the period 2010–2022.

Keywords: India, Russia, ecology, cooperation, sustainable agriculture, emissions, soil degradation, deforestation, water pollution.

Images and tables

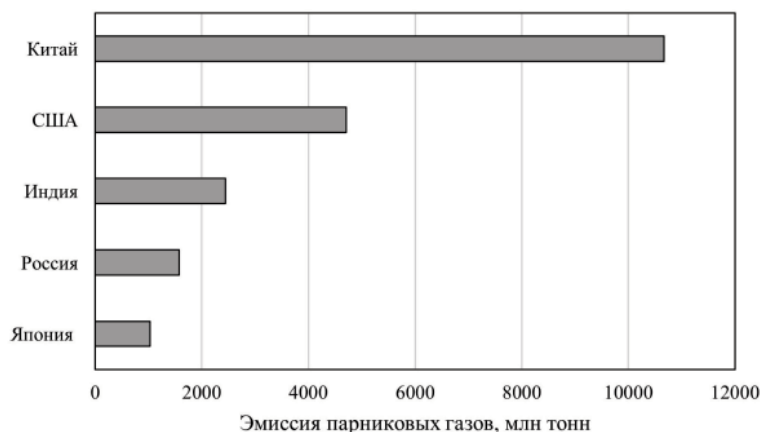


Fig. 1. TOP-5 countries with the largest gas emissions.

Table 1. Emissions of methane, nitrous oxide, carbon dioxide in agriculture in India, kilotons. Data source: FOASTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>

Gas emissions from agricultural activities	Methane emissions (CH ₄)		Nitrous oxide emissions (N ₂ O)		Carbon dioxide emissions (CO ₂)	
	2010	2022	2010	2022	2010	2022
Agro-food systems, including	24 402	25 805	727	848	241 243	320 332
Emissions from pre- and post-production activities	4971	5278	25	31	100 898	156 567
Industrial emissions, incl.	19 431	20 527	702	817	140 345	163 765
Livestock	14 707	15 470	271	294		
Crops	4724	5057				
Emissions by type, including						
Fertilizer production					22 797	32 695
Pesticide production					1293	1864
Food industry and packaging					15 897	24 215

Table 2. Sustainable agriculture systems and practices in India.

Systems	Agricultural practices
Permaculture	Creating productive and self-sufficient systems that are able to sustain themselves and enrich the environment
Organic farming	A production system that prohibits the use of synthetically produced agricultural resources (fertilizers and pesticides). It involves the use of organic materials (such as plant residues, animal residues, legumes, and biopesticides) to maintain soil productivity and fertility and control pests
Natural farming	A climate-resilient, low-cost farming system that advocates the complete exclusion of synthetic chemical agricultural resources. Instead, farmers should use inexpensive locally produced materials such as natural mixtures made using cow manure, cow urine, jaggery, and grain flour. It also promotes mulching, crop protection, and symbiotic crop mixing to stimulate soil microbial activity. The main emphasis in subsistence farming is on improving the condition of the soil; diversification of genetic resources; improvement of biomass processing

Systems	Agricultural practices
Biodynamic agriculture	The system is based on the relationship between plant growth and cosmic rhythms and emphasizes the importance of maintaining sustainable soil fertility
Conservation agriculture	An ecosystem approach to agricultural land management based on three interrelated principles: a) minimal soil disturbance by reducing tillage (up to 25% of the soil is disturbed); b) continuous maintenance of soil protection by mulching; c) diversification of crop cultivation systems by optimizing crop rotation
Precision farming	Farm management, which uses information computer technologies to optimally supply plants with fertilizers, water, pesticides, drip irrigation
Contour farming	Contour plowing or contour farming is the farming practice of plowing and/or planting across a slope following its elevation contour lines. The furrows are plowed perpendicular, not parallel to the slope. This practice is generally considered synonymous with terraced farming; however, contoured farming follows the natural shape of a slope without changing it, while terraced farming creates walls and reshapes the slope
Floating agriculture (floating farms)	A method of food production in areas that have been under water for a long time. It is aimed at adapting cultivation to increased or prolonged flooding. The system uses floating beds with soil made of silt, algae, bamboo
Vertical farming	Agricultural practices that allow plants to be grown in a confined space using vertical structures and technologies. Crops are grown in multi-level structures with a controlled microclimate, regardless of the soil and season
Integrated farming system	Crop-livestock-fisheries farming system. Interaction between two or more agricultural sectors such as horticulture, animal husbandry, aquaculture, poultry/ducks, beekeeping and mushroom cultivation. The basic principles of minimal competition and maximum complementarity using advanced agronomic management tools
System of rice intensification	Agroecological approach based on climatic conditions to increase productivity of rice and other crops. This approach is based on four principles: a) early, rapid rooting of plants; b) reduction of plant density; c) improvement of soil conditions by increasing the content of organic matter; d) reduction and control of water consumption
Agroforestry, agroforest melioration	Traditional and modern land use systems in which woody perennial plants (trees, shrubs, bamboo, palm trees) are specially integrated on land intended for crops and animal rearing, but in different spatial or temporal frames
Biological plant protection systems from mangrove and non-mangrove plants	Biological plant protection systems from mangrove and non-mangrove plants are used to restore mangroves, protect coasts from natural disasters, retain a fertile soil layer, and provide oxygen to the soil
Digital methods of agricultural management	The use of digital technologies to improve the efficiency and productivity of agricultural production. They include process automation, data analytics, the Internet of Things (IoT), and artificial intelligence (AI)

References

1. Environmental Issues in India. Geeks for Geeks. (<https://www.geeksforgeeks.org/social-science/environmental-issues-in-india>).
2. Analysis of the dynamics and structure of greenhouse gas emissions in agriculture in Russia. Agricultural science. [Agrarnaya Nauka] (<https://agrarnayanauka.ru/analiz-dinamiki-i-struktury-emissii-parnikovyyh-gazov-v-selskom-hozyajstve-rossii/>). (in Russian).
3. World Health Organization. (<https://data.who.int/ru/indicators/i/80BEA0B/E2FC6D7>).
4. Freshwater crisis: every fourth species is threatened with extinction. Gismeteo. (<https://www.gismeteo.ru/news/animals/krizis-presnovodnyh-kazhdomu-chetvertomu-vidu-grozit-vymiranie/>). (in Russian).
5. India Waste-to-Energy Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2025 – 2030). Mordor Intelligence. (<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/india-waste-to-energy-market>).
6. Greenhouse gases in agriculture. (<https://hpb-s.com/news/uglerodnyj-sled-ot-udobrenij/>). (in Russian).
7. Analysis of the dynamics and structure of greenhouse gas emissions in agriculture in Russia. Agricultural science. [Agrarnaya Nauka] (<https://agrarnayanauka.ru/analiz-dinamiki-i-struktury-emissii-parnikovyyh-gazov-v-selskom-hozyajstve-rossii/>). (in Russian).
8. N. Tanyrberdieva, E. Tanyrberdieva Bulletin of Science. [Vestnik Nauki] 2023 No. 9 (66) Vol. 3. pp. 297–301 (in Russian).
9. A. Chikunov The world until 2050: global challenges and threats. Slide Serve. (<https://www.slideserve.com/aderyn/vaclav-smil>). (in Russian).
10. N.N. Alekseeva Journal of the Institute of Oriental Studies RAS. 2022. No. 2. pp. 92–104 (in Russian).
11. FAOSTAT. (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>).
12. K. Shakin Excessive soil chemicalization has been recorded in India. Fertilizer Daily. 11.01.2023. (<https://www.fertilizerdaily.ru/20230111-v-indii-zafiksirovana-chrezmernaya-ximizaciya-pochv/>). (in Russian).
13. A. Medvedeva Indian farmers will receive more than 220 million soil health cards. AGRO XXI. 11/21/2024. (<https://www.agroxxi.ru/mirovye-agronovosti/bole-220-mln-kart-pochvennogo-zdorovja-poluchat-indiiskie-fermery.html>). (in Russian).
14. A National Mission on Subsistence Farming for farmers with state support of 32 billion rubles is launching in India. Soz.bio. (<https://soz.bio/v-indii-startuet-nacionalnaya-missiya/>).
15. N. Gupta, Sh. Pradhan, A. Jain, N. Patel Sustainable Agriculture in India. What We Know and How to Scale Up / CEEW Report. New Delhi. 2021. C. III.
16. Sustainable Agriculture in India. CEEW. (<https://www.ceew.in/publications/sustainable-agriculture-india>).
17. What is India's stance on methane emissions, potential greenhouse gas? The Indian Express. 30.05.2025. (<https://>

- indianexpress.com/article/upsc-current-affairs/upsc-essentials/methane-mitigation-key-to-slowing-global-warming-10036713 /).
18. Transformation of the carbon credits market: key trends in 2025. Aim Carbon. (<https://aim-carbon.com/ru/publications-and-news/world/transformation-of-the-carbon-credit-market-key-trends-for-2025.html>). (in Russian).
 19. Google has entered into an agreement to purchase loans to reduce carbon dioxide emissions from Indian agricultural enterprises. (<https://news.mondiaara.com>).
 20. Mangrove restoration project in India. Vostok.tv . (<https://vostok.tv/2025/02/13/proekt-po-vosstanovleniyu-mangrovyyh-lesov-v-indii/>). (in Russian).
 21. India intends to increase forest cover by 2030. (<https://tvbrics.com/news/indiya-namerena-uvlichit-lesnoy-pokrov-k-2030-godu/>).
 22. Watch: This innovative reforestation technique is saving mangrove forests. The Indian Express. (<https://indianexpress.com/article/trending/trending-in-india/reforestation-technique-is-saving-mangrove-forests-8012873/>).
 23. The UN has awarded 10 innovative environmental initiatives. UN News. (<https://news.un.org/ru/story/2022/12/1435762>).
 24. **M. Gopal, A. Gupta**
Giving roots to sustainable Indian agriculture with HAI. *The Hindu*. 04.12.2024. (<https://www.thehindu.com/opinion/op-ed/giving-roots-to-sustainable-indian-agriculture-with-hai/article68944164.ece>).
 25. How Russia and India can cooperate in the field of organic production. Union of Organic Farming. [Soyus organicheskogo zemledelia]. (<https://здороваяпочва.rf/news/kak-rossiya-i-indiya-mogut-sotrudnichat-v-sfere-proizvodstva-organiki/>). (in Russian).
 26. The headquarters of the International Alliance of Big Cats will be located in India. Red Spring News Agency. (<https://rossaprimavera.ru/news/a9b0f10c>).
 27. Russia and India are discussing cooperation in the field of EPR and waste recycling. Polymer materials. (<https://polymerbranch.com/2024/09/rossiya-i-indiya-obsuzhdayut-sotrudnichestvo-v-oblasti-rop-i-pererabotki-othodov/>). (in Russian).
 28. How Russia and India can cooperate in the field of organic production. (<https://sberbank.co.in/ru/media/publications/kak-rossiya-i-indiya-mogut-sotrudnichat-v-sfere-proizvodstva-organiki?type=trends>). (in Russian).