



Продовольственная и
сельскохозяйственная организация
Объединенных Наций

2022

ПОЛОЖЕНИЕ ДЕЛ
В ОБЛАСТИ
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
И СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА

АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
КАК ИНСТРУМЕНТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Данная флагманская публикация является частью серии **ПОЛОЖЕНИЕ ДЕЛ В МИРЕ** Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций.

Обязательная ссылка:

ФАО. 2022. *Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства – 2022. Автоматизация сельского хозяйства как инструмент преобразования агропродовольственных систем*. Рим, ФАО.

<https://doi.org/10.4060/cb9479ru>

Используемые обозначения и представление материала в настоящем информационном продукте не означают выражения какого-либо мнения со стороны Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) относительно правового статуса или уровня развития той или иной страны, территории, города или района, или их принадлежности, или относительно делимитации их границ или рубежей. Упоминание конкретных компаний или продуктов определенных производителей, независимо от того, запатентованы они или нет, не означает, что ФАО одобряет или рекомендует их, отдавая им предпочтение перед другими компаниями или продуктами аналогичного характера, которые в тексте не упоминаются.

Используемые обозначения и представление материала на картах не означают выражения какого-либо мнения со стороны ФАО относительно правового или конституционного статуса той или иной страны, территории или морского района, или относительно делимитации границ. Пунктирные линии на географических картах обозначают приблизительные границы, которые могут быть окончательно не согласованы.

ISSN 2070-0962 (ПЕЧАТНАЯ ВЕРСИЯ)

E-ISSN 2663-7936 (ЭЛЕКТРОННАЯ ВЕРСИЯ)

ISBN 978-92-5-137023-0

©ФАО 2022



Некоторые права защищены. Настоящая работа предоставляется в соответствии с лицензией Creative Commons "С указанием авторства – Некоммерческая – С сохранением условий 3.0 НПО" (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.ru>).

Согласно условиям данной лицензии настоящую работу можно копировать, распространять и адаптировать в некоммерческих целях при условии надлежащего указания авторства. При любом использовании данной работы не должно быть никаких указаний на то, что ФАО поддерживает какую-либо организацию, продукты или услуги. Использование логотипа ФАО не разрешено. В случае адаптации работы она должна быть лицензирована на условиях аналогичной или равнозначной лицензии Creative Commons. В случае перевода данной работы, вместе с обязательной ссылкой на источник, в него должна быть включена следующая оговорка: "Данный перевод не был выполнен Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО). ФАО не несет ответственности за содержание или точность данного перевода. Достоверной редакцией является издание на английском языке".

Возникающие в связи с настоящей лицензией споры, которые не могут быть урегулированы по обоюдному согласию, должны разрешаться через посредничество и арбитражное разбирательство в соответствии с положениями Статьи 8 лицензии, если в ней не оговорено иное. Посредничество осуществляется в соответствии с "Правилами о посредничестве" Всемирной организации интеллектуальной собственности <http://www.wipo.int/amc/ru/mediation/rules/index.html>, а любое арбитражное разбирательство должно производиться в соответствии с "Арбитражным регламентом" Комиссии Организации Объединенных Наций по праву международной торговли (ЮНСИТРАЛ).

Материалы третьих лиц. Пользователи, желающие повторно использовать материал из данной работы, авторство которого принадлежит третьей стороне, например, таблицы, рисунки или изображения, отвечают за то, чтобы установить, требуется ли разрешение на такое повторное использование, а также за получение разрешения от правообладателя. Удовлетворение исков, поданных в результате нарушения прав в отношении той или иной составляющей части, авторские права на которую принадлежат третьей стороне, лежит исключительно на пользователе.

Продажа, права и лицензирование. Информационные продукты ФАО размещаются на веб-сайте ФАО (www.fao.org/publications); желающие приобрести информационные продукты ФАО могут обращаться по адресу: publications-sales@fao.org. По вопросам коммерческого использования следует обращаться по адресу: www.fao.org/contact-us/licence-request. За справками по вопросам прав и лицензирования следует обращаться по адресу: copyright@fao.org.

ФОТО НА ОБЛОЖКЕ: ©Sorapong Chaipanya/Shutterstock.com

ТАИЛАНД. Вид с воздуха: фермер использует планшет на зеленом рисовом поле.

2022

ПОЛОЖЕНИЕ ДЕЛ
В ОБЛАСТИ

**ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
И СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
КАК ИНСТРУМЕНТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций

Рим, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	iv	Пути развития автоматизации сельского хозяйства: что нужно для обеспечения инклюзивного характера внедрения и экологической устойчивости	53
МЕТОДИКА	vii	Выводы	60
ВЫРАЖЕНИЕ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ	viii	ГЛАВА 4	
СОКРАЩЕНИЯ И АББРЕВИАТУРЫ	ix	СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	63
ГЛОССАРИЙ	x	Основные тезисы	63
ОСНОВНЫЕ ТЕЗИСЫ	xiv	Анализ социальных последствий автоматизации на основе подхода, предусматривающего воздействие на всю агропродовольственную систему	64
РЕЗЮМЕ	xv	Влияние технологий автоматизации на рынок труда	67
ГЛАВА 1		Автоматизация сельского хозяйства открывает новые возможности для предпринимательства и преобразований, которые оказывают влияние на питание и благополучие потребителей	72
АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ЧТО ЭТО ТАКОЕ И ДЛЯ ЧЕГО ОНА НУЖНА	1	Инклюзивный процесс автоматизации сельского хозяйства	74
Основные тезисы	1	Будущее рабочей силы в агропродовольственном секторе	77
Как мы оказались в этой ситуации?	2	Выводы	78
Что такое автоматизация сельского хозяйства?	4	ГЛАВА 5	
Почему мы должны использовать преимущества автоматизации сельского хозяйства? Понимание ключевых факторов	7	ПОЛИТИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ, УСТОЙЧИВОЙ И ИНКЛЮЗИВНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ	81
Проблемы, сопряженные с автоматизацией сельского хозяйства	11	Основные тезисы	81
Превращение проблем в возможности	12	На пути к ответственной автоматизации сельского хозяйства	82
О чем этот доклад?	13	Меры политики общего характера, направленные на создание благоприятных условий	84
ГЛАВА 2		Меры политики, законодательство и инвестиции, ориентированные на сельское хозяйство	86
АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ОСМЫСЛЕНИЕ ПРОШЛОГО И ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ	17	Меры политики, призванные обеспечить, чтобы автоматизация сельского хозяйства способствовала созданию устойчивых агропродовольственных систем	91
Основные тезисы	17	Меры политики, призванные обеспечить инклюзивный характер процесса автоматизации сельского хозяйства на благо всего общества	93
Мировые тенденции и движущие силы механизации с использованием моторизованной техники	18	Выводы	97
Цифровая революция и ее потенциал в плане трансформации способов использования моторизованной техники и методов ведения сельского хозяйства	23	ПРИЛОЖЕНИЯ	99
Технологии цифровой автоматизации и робототехники в сельском хозяйстве: положение дел	28	ПРИЛОЖЕНИЕ 1	
Выводы	37	Описание тематических исследований	100
ГЛАВА 3		ПРИЛОЖЕНИЕ 2	
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В АВТОМАТИЗАЦИЮ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА	39	Статистические таблицы	128
Основные тезисы	39	ПРИМЕЧАНИЯ	134
Экономическая модель внедрения моторизованной техники во многих случаях подтверждает ее устойчивый потенциал	40		
Исследование экономической модели инвестирования в автоматизацию сельского хозяйства: что удалось выяснить в результате тематических исследований	46		
Не только экономические аргументы: роль инвестиций, политики и законодательства	51		

ТАБЛИЦЫ

1 Количество тематических исследований в разбивке по размерам предприятий производителей, уровням автоматизации и секторам

15

2 Некоторые важные вехи цифровой автоматизации в сельском хозяйстве

29

A2.1 Количество используемых тракторов на 1000 га пахотных земель, последние имеющиеся данные

128

РИСУНКИ

1 Трехфазный цикл системы автоматизации

4

2 Эволюция технологий автоматизации сельского хозяйства

5

3 Занятость в сельском хозяйстве как доля общей занятости в разбивке по группам по уровню дохода (вверху) и по регионам (внизу), 1991–2019 годы

8

4 Количество используемых тракторов на 1000 га пахотных земель

20

5 Некоторые цифровые технологии и робототехника с искусственным интеллектом, используемые в разных системах сельскохозяйственного производства

30

6 Готовность технологий цифровой автоматизации к масштабированию

48

7 Влияние автоматизации на занятость в агропродовольственных системах

65

8 Меры политики, обеспечивающие ответственный подход к автоматизации сельского хозяйства: дорожная карта

83

ВРЕЗКИ

1 Решение проблем с данными при составлении отчетности об использовании сельскохозяйственной техники

19

2 Как понимают механизацию в странах Африки к югу от Сахары

22

3 Цифровые инструменты как средство улучшения доступа к услугам механизации

25

4 Цифровые инструменты, не связанные с механизацией: программные решения

26

5 Цифровая автоматизация животноводства: примеры из Латинской Америки, Африки и Европы

31

6 Новые технологии аквакультуры: примеры из Индии и Мексики

33

7 Эволюция лесного сектора: механизация и цифровая автоматизация

34

8 Сравнительный анализ затрат и выгод механизации и ручного труда / тягловой силы животных в производстве пшеницы: данные из Эфиопии и Непала

41

9 Использование автоматизации сельского хозяйства для повышения безопасности пищевых продуктов

43

10 Повышение устойчивости мелких производителей к внешним факторам за счет средств малой механизации

44

11 Египет: механизированная посадка сельхозкультур на приподнятых грядках в целях повышения продуктивности и обеспечения устойчивого водопользования

45

12 Экономия времени, усилий и средств благодаря использованию барабанных сеялок в Лаосской Народно-Демократической Республике

46

13 Эволюция экономической модели использования роботизированных систем доения

47

14 Использование цифрового садового опрыскивателя в Европейском союзе: опыт Польши и Венгрии

49

15 Пандемия COVID-19 подстегнула интерес к цифровым технологиям: данные двух тематических исследований

51

16 Использование сельскохозяйственных роботов как решение проблемы дефицита рабочей силы на уборке клубники

54

17 Экономическая модель внедрения моторизованной техники женщинами: данные из Непала

55

18 Концепция использования недорогих автономных сельскохозяйственных роботов

58

19 Анализ последствий автоматизации сельского хозяйства с точки зрения возможности получения достойной занятости

68

20 Влияние механизации уборки сахарного тростника на положение рабочих в Бразилии

70

21 Автоматизация и рабочие-мигранты из сельских общин: пример Калифорнии

71

22 Интеграция лиц с ограниченными возможностями

74

23 Интеграция женщин и молодежи: данные тематических исследований

75

24 Женщины за рулем: расширение прав и возможностей женщин благодаря тракторам

76

25 Как оптимизировать процесс автоматизации сельского хозяйства с помощью различных видов государственной поддержки

84

26 Открытая сеть широкополосного доступа в Комене, Словения

86

27 Национальные стратегии активного внедрения цифровых инструментов в сельском хозяйстве Африки

88

28 Адаптация технологий цифровой автоматизации к различным условиям: данные 27 тематических исследований

90

ПРЕДИСЛОВИЕ

В этом докладе представлен подробный разбор ситуации в сельском хозяйстве: сектор находится в процессе глубоких технологических преобразований, которые идут ускоренными темпами. На наших глазах появляются новые технологии, которые всего несколько лет назад невозможно было даже себе представить. Например, в животноводстве в некоторых странах все шире применяются технологии на основе электронного мечения животных, в том числе доильные роботы и системы кормления домашней птицы. Глобальная навигационная спутниковая система наведения (ГНСС) позволяет автоматизировать растениеводство, в том числе использовать системы автоматического управления тракторами, туковыми разбросными сеялками и распылителями пестицидов. В настоящее время на рынке появляются все более передовые технологии во всех секторах. В растениеводстве в коммерческое использование входят автономные машины, например роботы-пропольщики, а беспилотные летательные аппараты (обычно их называют дронами) собирают информацию как для управления растениеводством, так и для внесения сельскохозяйственных материалов. В аквакультуре все чаще применяются технологии автоматизированного кормления и мониторинга. В лесном хозяйстве основной целью усилий по автоматизации в настоящее время является внедрение техники для распиловки и транспортировки бревен. Многие из современных технологий способствуют развитию прецизионного земледелия – стратегии хозяйствования, в которой информация используется для оптимизации расходования ресурсов и факторов производства.

Последние технологические новшества поражают воображение и вызывают желание узнать о них больше. При этом необходимо помнить, что технологические преобразования – явление отнюдь не новое, а главное – что не все участники агропродовольственных систем имеют к ним доступ. ФАО изучает этот вопрос десятилетиями. То, что мы видим сегодня, является пока что не более чем точкой консолидации длительного процесса технологических преобразований в сельском хозяйстве, который последние два столетия идет ускоренными темпами.

Благодаря этому процессу возросла производительность труда, сократился объем тяжелой физической работы на фермах, высвободилась рабочая сила для других видов деятельности, что в итоге позволило улучшить условия жизни и повысить уровень благосостояния людей. Машины и оборудование совершенствуются и

иногда способны осуществить все три основных этапа любой сельскохозяйственной операции: диагностику, принятие решений и выполнение. Историческая эволюция показывает, что в сельском хозяйстве насчитывается пять категорий технологий: сначала появились ручные инструменты, потом стала использоваться тяговая сила животных, начиная с 1910-х годов пошел процесс механизации с использованием моторизованной техники, с 1980-х годов началось внедрение цифрового оборудования, и, наконец, совсем недавно появились роботы. То, что в этом докладе называется автоматизацией, на самом деле началось с механизации с использованием моторизованной техники, благодаря которой удалось в значительной мере автоматизировать производственную составляющую сельскохозяйственных операций. Появившиеся позднее цифровые технологии и робототехника постепенно позволили автоматизировать также этапы диагностики и принятия решений. Как отмечено в докладе, эта эволюция продолжается до сих пор, но сельхозпроизводители из разных стран находятся на разных ее этапах.

Следует признать, что в мире широко распространены опасения по поводу возможных негативных социально-экономических последствий трудосберегающих технологических преобразований, в особенности касающихся вытеснения рабочей силы и последующей безработицы. Подобные страхи восходят как минимум к началу девятнадцатого века. Но, как оказалось, опасения, что автоматизация, повышающая производительность труда, неизбежно оставит без работы огромное количество людей, просто не подтверждаются историческими реалиями. Дело в том, что автоматизация сельского хозяйства является элементом процесса структурной трансформации обществ, в рамках которого повышение производительности труда в сельском хозяйстве постепенно высвобождает сельскохозяйственную рабочую силу, позволяя людям получить хорошо оплачиваемую работу в других секторах, таких как промышленность и сфера услуг. В ходе этой трансформации доля населения, занятого в сельском хозяйстве, естественным образом сокращается, тогда как в других секторах создаются новые рабочие места. Обычно это сопровождается изменениями в агропродовольственных системах, в результате чего развиваются их верхние и нижние звенья (добывающие и перерабатывающие отрасли), создаются новые рабочие места и новые возможности для предпринимательства. И здесь важно понимать, что сельское хозяйство является одним из главных элементов агропродовольственных систем.

В докладе отмечены многочисленные потенциальные преимущества автоматизации сельского хозяйства, которые могут способствовать преобразованию агропродовольственных систем, сделав их более эффективными, продуктивными, жизнестойкими, устойчивыми и инклюзивными. Автоматизация может повысить производительность труда и рентабельность сельского хозяйства. Она способна улучшить условия труда сельскохозяйственных работников. Она способна создать новые возможности для предпринимательства в сельских районах, что может быть особенно привлекательным для сельской молодежи. Она может помочь сократить потери пищевой продукции и повысить качество и безопасность пищевых продуктов. Она также может быть полезна с точки зрения обеспечения экологической устойчивости и адаптации к изменению климата. Последние решения в области прецизионного земледелия и внедрение средств малой механизации, которые обычно лучше подходят для местных условий, чем тяжелая моторизованная техника, могут повысить как экологическую устойчивость, так и устойчивость к климатическим и другим потрясениям. Благодаря этим многочисленным преимуществам автоматизация сельского хозяйства может также способствовать достижению некоторых целей в области устойчивого развития (ЦУР).

Однако авторы доклада признают, что с автоматизацией сельского хозяйства сопряжены и определенные риски и проблемы. Как и любые технологические преобразования, автоматизация сельского хозяйства так или иначе дестабилизирует ситуацию в агропродовольственных системах. Если автоматизация происходит быстро и без учета местных социально-экономических условий и ситуации на рынке труда, то она действительно может повлечь вытеснение рабочей силы: это довольно распространенный эффект, которого допускать не следует. Кроме того, автоматизация может увеличить спрос на высококвалифицированных работников, снижая при этом спрос на неквалифицированный труд. Если у крупных преуспевающих сельхозпроизводителей доступ к автоматизации будет лучше, чем у мелких и менее успешных, то автоматизация может усугубить неравенство, а этого необходимо избегать любой ценой. Недостаточно грамотное управление и отсутствие учета местных условий могут привести к тому, что автоматизация, особенно механизация с использованием тяжелой техники, может поставить под угрозу устойчивость сельского хозяйства. Эти риски вполне реальны, авторы доклада их признают и подробно анализируют.

При этом в докладе отмечено, что отказ от автоматизации ситуацию не спасет. ФАО искренне верит в то, что без технического прогресса и повышения производительности труда избавить сотни миллионов людей от голода и нищеты и решить проблему неполноценного питания и отсутствия продовольственной безопасности невозможно. Отказаться от автоматизации – это навсегда обречь работников сельского хозяйства на низкую производительность и низкую оплату их труда. Важно не то, происходит ли процесс автоматизации в принципе, а то, как он осуществляется на практике. Нужно сделать так, чтобы автоматизация носила инклюзивный характер и способствовала устойчивому развитию.

В этом докладе ФАО излагает концепцию ответственных технологических преобразований, которые обеспечат успех автоматизации сельского хозяйства. Что же это означает?

Во-первых, автоматизация сельского хозяйства должна быть частью процесса преобразований сельского хозяйства, который происходит на фоне изменений более общего характера в обществе и агропродовольственных системах в целом, способствует этим изменениям и поддерживается ими. Для этого необходимо, чтобы внедрение автоматизации было обусловлено реальными стимулами. Другими словами, трудосберегающие технологии могут способствовать процессу преобразований сельского хозяйства, если они вводятся в условиях растущего дефицита рабочей силы и роста заработной платы в сельской местности. Если же стимулы для внедрения автоматизации или каких-то конкретных технологий автоматизации создаются искусственно, например с помощью государственных субсидий – особенно когда рабочая сила в избытке, – то автоматизация может повлечь разрушительные последствия для рынка труда и социально-экономического развития. При этом, однако, не следует допускать, чтобы государственная политика как-то препятствовала автоматизации, поскольку это может навсегда обречь сельхозпроизводителей и работников на низкую производительность и неконкурентоспособность. В докладе отмечено, что роль государства должна заключаться в создании благоприятных условий для внедрения подходящих решений в области автоматизации, а не в непосредственном стимулировании освоения каких-то конкретных технологий там, где они могут оказаться не нужны, и не в том, чтобы тем или иным образом препятствовать автоматизации.

Для того чтобы увязать автоматизацию с достижением ЦУР, необходимо обеспечить ее инклюзивный характер.

ПРЕДИСЛОВИЕ

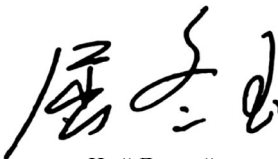
Она должна создавать возможности всем, от мелких производителей до крупных товарных хозяйств, а также маргинализированным группам населения, таким как женщины, молодежь и люди с инвалидностью. Необходимо преодолеть барьеры, стоящие на пути внедрения, особенно для женщин. Для того чтобы обеспечить пригодность технических решений для всех категорий производителей, нужно сделать так, чтобы возможность внедрения технологий не зависела от размеров хозяйства, т.е. чтобы они подходили для хозяйств любого размера либо были доступны для всех через соответствующие институциональные механизмы, например совместные службы. Для содействия внедрению и недопущения цифрового разрыва, обусловленного неравенством в уровне знаний и квалификации, необходимо также формирование цифровых навыков, а для этого нужна соответствующая система образования и профессионального обучения.

Решения в области автоматизации будут содействовать устойчивости и приобретут по-настоящему инклюзивный и преобразующий характер только в том случае, если они адаптированы к местной специфике, при этом учитывать следует не только характеристики производителей, но и местные биофизические, топографические, климатические и социально-экономические условия. Авторы доклада смотрят на вещи реалистично и не предлагают универсальных решений. Самое передовое технологическое решение совершенно необязательно подойдет всем и везде. Факты, представленные в докладе, говорят о том, что в определенных ситуациях самые простые технологии, такие как средства малой механизации и даже ручное оборудование, могут принести мелким производителям большую пользу и обеспечить возможность вести сельскохозяйственное производство на холмистых участках. Бывают даже ситуации, когда производители могут, минуя промежуточные этапы, сразу перейти к более современным технологическим решениям. Важно, чтобы сельхозпроизводители сами выбирали технологии, наиболее соответствующие их потребностям, а правительства создавали благоприятные условия, позволяющие им это сделать.

Наконец, в докладе говорится о том, что автоматизация сельского хозяйства должна способствовать повышению устойчивости этого сектора к внешним факторам. В прошлом использование мощной и тяжелой техники часто оказывало негативное влияние на экологическую устойчивость. Для решения этих проблем инновации в области механизации необходимо сориентировать на использование менее габаритной и более легкой техники. При этом цифровое сельское хозяйство и робототехника, способствующие развитию прецизионного земледелия, позволяют эффективнее использовать ресурсы и повысить экологическую устойчивость. В поиске решений, способствующих дальнейшему повышению экологической устойчивости, могут помочь прикладные технические и агрономические исследования.

Эти вопросы рассмотрены в докладе очень подробно. Автоматизация сельского хозяйства проанализирована объективно и тщательно, с развенчанием плохо обоснованных мифов, ее окружающих, и предложены дальнейшие пути ее внедрения в разных странах и в местных условиях. Определены ключевые направления политических мер и инвестиций, реализация которых обеспечит, чтобы автоматизация сельского хозяйства способствовала инклюзивному и устойчивому развитию.

ФАО твердо верит, что технологии, инновации и большие данные при поддержке надлежащего управления, человеческого капитала и институтов являются важнейшими сквозными междисциплинарными катализаторами, и намерена стратегически задействовать их во всех своих программных мероприятиях, что позволит повысить отдачу и минимизировать компромиссы. Нет никаких сомнений в том, что эти катализаторы будут способствовать преобразованиям сельского хозяйства во всех обстоятельствах. Я надеюсь, что этот доклад ФАО сможет внести конструктивный вклад в обсуждения политики в этой области, имеющей неопределимое значение для достижения ЦУР.



Цюй Дуньюй
Генеральный директор ФАО

МЕТОДИКА

Подготовка доклада "Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства – 2022" началась с создания консультативной группы, в состав которой вошли представители всех профильных технических подразделений ФАО. Эта консультативная группа вместе с группой внешних экспертов оказывала помощь коллективу авторов и исследователей. В качестве информационного материала при подготовке доклада были также использованы шесть справочных документов и результаты эмпирического анализа, который был проведен ФАО и внешними экспертами. Двадцать четвертого января 2022 года консультативная группа провела совещание в виртуальном формате для обсуждения плана доклада и в марте 2022 года представила свои замечания по первой редакции первой и второй глав. Проекты всех глав были представлены консультативной группе и группе внешних экспертов перед семинаром, который состоялся в виртуальном формате с 31 марта по 6 апреля 2022 года под председательством заместителя директора Отдела агропродовольственной экономики ФАО. В соответствии с рекомендациями этого семинара и последующего совещания консультативной группы доклад был отредактирован и представлен группе руководителей направления ФАО "Социально-экономическое развитие". Затем этот пересмотренный проект был направлен для представления замечаний в другие департаменты ФАО и в региональные представительства ФАО в Африке, Азии и Тихом океане, Европе и Центральной Азии, Латинской Америке и Карибском бассейне, на Ближнем Востоке и в Северной Африке. Все полученные замечания были учтены в окончательной редакции доклада, которая была представлена на рассмотрение заместителю директора Отдела агропродовольственной экономики, главному экономисту ФАО и в Канцелярию Генерального директора.

ВЫРАЖЕНИЕ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ

Доклад "Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства – 2022" был подготовлен междисциплинарной группой Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) под руководством заместителя директора Отдела агропродовольственной экономики Марко Б. Санчеса Кангильо и старшего экономиста и главного редактора издания Андреа Каттанео. Общее руководство осуществлялось главным экономистом Максимо Тореро Кульеном и группой руководителей направления "Социально экономическое развитие".

КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ И ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

Тереза Макменоми, Фергус Маллиган (редактор-консультант), Ахмад Садиддин, Якоб Скут и Сара Вас.

СПРАВОЧНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Кристина Каппелло (Вагенингенский университет), Томазо Чеккарелли (Вагенингенский университет), Аниш Чаухан (Вагенингенский университет), Диана Чарльтон (Университет штата Монтана), Томас Даум (Гогенгеймский университет), Александра Хилл (Университет штата Колорадо), Сандер Янссен (Вагенингенский университет), Индер Кумар (Вагенингенский университет), Джеймс Ловенберг-Де Бур (Университет Харпера Адамса), Мариэтт Маккэмпбелл (Вагенингенский университет), Джакомо Рамбальди (Вагенингенский университет), Дэвид Роуз (Университет Ридинга) и Эдвард Тейлор (Калифорнийский университет).

ДРУГИЕ СОАВТОРЫ

Рэйб Яхэйя (Международный центр улучшения кукурузы и пшеницы (СИММИТ)).

СОТРУДНИКИ ФАО, УЧАСТВОВАВШИЕ В ПОДГОТОВКЕ ДОКЛАДА

Вероника Боэро, Альбан Лика, Мадхусудан Сингх Баснят, Атеф Свелама и Мишель Волларо.

КОНСУЛЬТАТИВНАЯ ГРУППА ФАО

Майсун Альзуби, Худа Алсахи, Марван Бенали, Генри Бургстеден, Азиз Эльбери, Мейлин Флорес Рохас, Кен Лохенто, Магнус Грилл, Карим Хуми, Деян Яков Иджевич, Йозеф Кинцле, Лан Ли, Притмониндер Лиддер, Джозеф Мпагалиле, Ахмад Мухтар, Эва Гальвес Ногалес, Сантьяго Сантос Валье, Беата Шерф, Йозеф Шмидхубер и Синьхуа Юань.

ГРУППА ВНЕШНИХ ЭКСПЕРТОВ

Имран Али (Центральный университет Квинсленда), Кристина Каппелло (Вагенингенский университет), Томазо Чеккарелли (Вагенингенский университет), Аниш Чаухан (Вагенингенский университет), Диана Чарльтон (Университет штата Монтана), Томас Даум (Гогенгеймский университет), Кит Франклин (Университет Харпера Адамса), Александра Хилл (Университет штата Колорадо), Иво Хостенс (Европейская ассоциация производителей сельскохозяйственной техники), Сандер Янссен (Вагенингенский университет), Индер Кумар (Вагенингенский университет), Джеймс Ловенберг-Де Бур (Университет Харпера Адамса), Мариэтт Маккэмпбелл (Вагенингенский университет), Джакомо Рамбальди (Вагенингенский университет), Дэвид Роуз (Университет Ридинга), Салах Суккаррие (Сиднейский университет) и Эдвард Тейлор (Калифорнийский университет).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложения подготовили Ахмад Садиддин и Сара Вас при содействии группы экспертов из Вагенингенского университета в составе: Кристина Каппелло, Томазо Чеккарелли, Аниш Чаухан, Сандер Янссен, Индер Кумар, Мариэтт Маккэмпбелл и Джакомо Рамбальди.

АДМИНИСТРАТИВНАЯ ПОДДЕРЖКА

Административную поддержку оказывала Лилиана Мальдонадо.

Перевод выполнен Подотделом лингвистического обеспечения Отдела обслуживания руководящих органов ФАО.

Редакционную поддержку, художественное оформление и подготовку макета, а также общую координацию подготовки издания на всех шести официальных языках обеспечивал Издательский подотдел Управления коммуникаций ФАО.

СОКРАЩЕНИЯ И АББРЕВИАТУРЫ

АЦОБ	Альянс за цифровые общественные блага	ПГ	парниковый газ
БАС	беспилотная авиасистема (историческое название – беспилотный авиакомплекс)	ПОУ	поддержка общих услуг
БПЛА	беспилотный летательный аппарат	ТПН	технология переменного нормирования
ВОЗ	Всемирная организация здравоохранения	ФАО	Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций
ВПП	Всемирная продовольственная программа	ЦТА	Технический центр сотрудничества в области сельского хозяйства и сельских районов
ГИС	геоинформационная система	ЦУР	цели в области устойчивого развития
ГНСС	глобальная навигационная спутниковая система	ЮНИСЕФ	Детский фонд Организации Объединенных Наций
ИВ	интернет вещей	COVID-19	новая коронавирусная инфекция
ИИ	искусственный интеллект	CSAM	Центр устойчивой механизации сельского хозяйства
ИТ	информационные технологии	GIZ	Германское агентство международного сотрудничества
ИФПРИ	Международный исследовательский институт продовольственной политики	GPS	глобальная система позиционирования
КАС	Комиссия Африканского союза	IVR	система интерактивного голосового меню
КС	ведение сельского хозяйства в контролируемой среде	USSD	двунаправленная сеансовая передача неструктурированных данных
МСЭ	Международный союз электросвязи		
МФСР	Международный фонд сельскохозяйственного развития		

ГЛОССАРИЙ

Автоматизация сельского хозяйства. Использование машин и оборудования с целью повышения качества процессов диагностики, принятия решений или выполнения сельскохозяйственных операций, снижения трудоемкости сельскохозяйственных работ и/или обеспечения своевременности, а в некоторых случаях – точности сельскохозяйственных операций. Автоматизация сельского хозяйства включает в себя технологии прецизионного земледелия. Примерами техники и оборудования, используемых для автоматизации сельского хозяйства, являются:

- ▶ тракторы, которые могут тянуть, толкать или приводить в действие целый ряд сельскохозяйственных машин, оборудования и инструментов, выполняющих сельскохозяйственные операции (т.е. автоматизируют функцию выполнения);
- ▶ датчики, машины, беспилотные летательные аппараты и спутники, а также такие устройства, как смартфоны, планшеты или программные средства (например, информационные приложения и системы онлайн-управления фермерскими хозяйствами) и платформы для мониторинга состояния животных, почвы, воды и растений, которые помогают людям принимать решения, касающиеся сельскохозяйственных задач¹ (т.е. автоматизируют функцию диагностики);
- ▶ более продвинутые решения, такие как роботы-пропольщики, которые обеспечивают прецизионное распыление гербицидов только там, где это необходимо, и именно тех, которые необходимы, или беспилотные летательные аппараты, которые обеспечивают удаленный мониторинг ситуации и внесение удобрений, пестицидов и проведение других обработок с воздуха^{2,3} (т.е. автоматизируют все три функции: диагностику, принятие решений и выполнение).

Автоматизированное оборудование. Системы, в которых некоторые (у частично автоматизированного оборудования) или все (у полностью автоматизированного оборудования) функции, определенный вид деятельности или режим машины или какой-то ее части автоматизированы и способны работать без вмешательства человека⁴.

Беспилотная авиасистема (БАС). Большая система, включающая летательный аппарат (дроны) с установленным на нем датчиком (датчиками), наземную станцию управления, обслуживаемую пилотом, и программное

обеспечение, используемое для анализа данных, собранных датчиком (датчиками)⁹.

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) или дрон. Автономный летательный аппарат. Им можно управлять с пульта дистанционного управления или с помощью программно-управляемого устройства. В сельском хозяйстве часто используется для сбора аэрофотоснимков или для внесения удобрений, семян, пестицидов и других факторов сельскохозяйственного производства^{5,9}.

Большие данные. Объемные, разнообразные, сложные наборы данных, генерируемые приборами, датчиками, финансовыми транзакциями, социальными сетями и другими цифровыми средствами. Для их хранения и обработки обычно требуются мощности, превышающие возможности персональных компьютеров и базового аналитического программного обеспечения.

Вертикальное растениеводство. Фермерство в закрытых помещениях в полностью контролируемых условиях. Используется для круглогодичного вертикального выращивания сельскохозяйственных культур⁹.

Виртуальное ограждение. Технология, основанная на оснащении животных приемопередатчиками ГНСС для определения их местоположения, в которой используются звуковые оповещения, удары электрическим током и другие сигналы, позволяющие удерживать животных в пределах геолокационных границ. Потенциально такой подход устраняет необходимость в физическом ограждении, а ГНСС помогает производителям определять местонахождение животных, пасущихся на больших открытых пастбищах⁵.

Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС). Любая система, использующая спутниковые сигналы для предоставления информации о местоположении. Примерами являются глобальная система позиционирования (GPS) Соединенных Штатов Америки, европейская система Galileo, российская ГЛОНАСС и китайская BeiDou⁵.

Система автоматического управления.

Технология на базе ГНСС, обеспечивающая автоматическое управление и позиционирование на ландшафте самоходных сельскохозяйственных машин (например, тракторов, зерно- и силосоуборочных комбайнов, опрыскивателей). При наличии самой

совершенной системы автоматического управления компьютер может выполнять практически все функции рулевого управления техникой в поле, включая поворот на краю поля. Технология автоматического управления обычно требует присутствия в машине человека оператора, который в случае неисправности или других проблем сможет взять управление на себя. Это хороший пример технологии прецизионного земледелия⁵.

Глобальная система позиционирования (GPS). ГНСС Соединенных Штатов Америки. Поскольку это была первая ГНСС, доступная для гражданского использования, аббревиатура GPS иногда употребляется в качестве обобщенного термина, обозначающего ГНСС⁵.

Двунаправленная сеансовая передача неструктурированных данных (USSD). Служба обмена сообщениями, в большей степени ориентированная на интерактивное взаимодействие, чем смс. Характеризуется использованием кодов, начинающихся со звездочки (*) и заканчивающихся решеткой (#) (например, *845#). USSD-сообщение содержит максимум 182 символа и используется для получения и предоставления доступа к информации о сельском хозяйстве, здравоохранении, к новостям, прогнозам погоды и т.д.¹⁴.

Дистанционное зондирование. Процесс удаленного сбора информации об объектах, находящихся на поверхности земли, с использованием самолетов, спутников и других платформ, оснащенных датчиками⁹.

Интернет вещей (ИВ). Система, в которой устройства (включая мобильные телефоны, датчики, беспилотные летательные аппараты, машины и спутники) подключены к интернету⁹.

Интероперабельность. Способность машин и оборудования генерировать и использовать данные и обмениваться ими на основе единых четко определенных ожиданий относительно содержания, контекста и значения этих данных⁹.

Искусственный интеллект (ИИ). Компьютерные системы, использующие те или иные алгоритмы для анализа окружающей среды и предпринимающие – с некоторой степенью автономии – те или иные действия для достижения определенных целей. ИИ может быть чисто программным, действующим в виртуальном мире (примерами являются голосовые помощники, программное обеспечение для анализа

изображений, поисковые системы, системы распознавания речи и лиц), или встроенным в физические устройства (примерами являются усовершенствованные роботы, беспилотные автомобили, дроны или приложения интернета вещей)⁵.

Машинное обучение. Тип искусственного интеллекта и метод анализа данных, в котором компьютерные алгоритмы используются для автоматизации построения аналитических моделей. В основе машинного обучения лежит выявление закономерностей в анализируемых данных в целях повышения производительности машин за счет более точного прогнозирования результатов без использования явных инструкций человека.

Механизация сельского хозяйства. Использование технологий всех уровней, от простых базовых ручных орудий труда до более сложного моторизованного оборудования и техники, для выполнения сельскохозяйственных операций⁶. В зависимости от источника энергии технологии механизации сельского хозяйства делятся на три категории: ручные (инструменты и орудия, при использовании которых основным источником энергии является мускульная сила человека), требующие использования тягловых животных (машины, орудия труда и оборудование, приводимые в действие животными) и использующие моторизованную технику (приводимую в действие двигателями)⁷.

Механизация сельского хозяйства с использованием моторизованной техники. Применение всех типов механических двигателей, вне зависимости от используемого источника энергии, для выполнения задач, связанных с сельским хозяйством⁷.

Модель "бизнес – бизнес". Деловые отношения и торговля между компаниями, а не между компанией и отдельными клиентами⁹.

Модель "бизнес – клиент". Прямые деловые отношения и торговля продуктами и услугами между компанией и потребителями, которые являются конечными пользователями ее продуктов или услуг⁹.

Платные услуги. Применительно к сельскохозяйственной технике – деловое соглашение, в соответствии с которым фермер оплачивает услуги поставщика техники из расчета за единицу (например, за гектар, за час работы, за одно животное

или за тонну собранного урожая), не приобретая эту технику в собственность⁵.

Почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие (также называемое противоэрозионной обработкой почвы). Система ведения сельского хозяйства, предполагающая минимальное нарушение структуры почвы (т.е. ее минимальную или нулевую обработку) и способствующая сохранению постоянного почвенного покрова и диверсификации производства сельскохозяйственных культур. Она помогает сохранить биоразнообразие и естественные биологические процессы над и под поверхностью почвы, что позволяет более эффективно использовать воду и питательные вещества, а также повысить продуктивность и устойчивость растениеводства¹⁰.

Прецизионное животноводство. Стратегия ведения животноводческого хозяйства на основе анализа данных, предусматривающая непрерывный автоматизированный мониторинг и контроль продуктивности, условий содержания и состояния здоровья и благополучия отдельных животных или групп животных в режиме реального времени, с целью увеличения эффективности использования ресурсов и повышения производительности, качества, рентабельности и устойчивости животноводства⁵.

Прецизионное земледелие. Стратегия хозяйствования, предусматривающая сбор, обработку и анализ временных, пространственных и индивидуальных данных и объединение их с другой информацией в условиях вариативности параметров поля с целью обеспечения правильности управленческих решений и точности работы сельскохозяйственной техники в интересах увеличения эффективности использования ресурсов и повышения производительности, качества, рентабельности и устойчивости сельскохозяйственного производства¹¹.

Программные и аппаратные цифровые решения. Программные цифровые решения – это прежде всего решения на базе программного обеспечения, не предполагающие использования сельскохозяйственной техники, но требующие ограниченных аппаратных ресурсов, как правило, смартфона или планшета, либо программных инструментов, таких как информационные приложения, программное обеспечение для управления фермерскими хозяйствами и онлайн-платформы. Могут включать в себя дистанционное зондирование и/или БАС, но их применение ограничивается только генерацией данных для поддержки принятия решений и

разведки. Если цифровые инструменты устанавливаются на сельскохозяйственную технику и оборудование, их называют аппаратными, и они позволяют технике взаимодействовать с окружающей средой посредством прямого (активного) действия, а не просто наблюдений и поддержки принятия решений⁹.

Регулировка на ходу. Применительно к сельскохозяйственной технике – ситуация, в которой работа машины регулируется во время ее движения по полю на основе алгоритма, использующего данные датчиков, без прямого вмешательства человека⁵.

Робот. Машина, способная работать автономно без непосредственного вмешательства человека¹². Робот может быть стационарным (как, например, доильный робот) или мобильным (т.е. способным передвигаться). Это слово в основном используется в средствах массовой информации и широкой публикой. Роботов часто наделяют человеческими чертами. В обсуждениях более технического характера специалисты предпочитают использовать такие термины, как "автономная машина" или "автономное оборудование"¹³.

Доильный робот. Любая доильная машина, обеспечивающая автоматизированное доение молочных животных, особенно молочного скота, без участия человека. Их также называют системами автоматического доения.

Роевые роботы. Множество относительно небольших мобильных автономных машин, выполняющих работу, которая в случае обычной механизации выполняется одной большой машиной.

Шагающий робот. Мобильная автономная машина, которая вместо колес для передвижения оснащена шарнирно сочлененными конечностями⁵.

Робототехника. Междисциплинарная отрасль информатики и инженерии, включающая в себя проектирование, конструирование, функционирование и использование роботов. Она объединяет многие области, в том числе машиностроение, электротехнику, информационную инженерию, мехатронику, электронику, биоинженерию, компьютерную инженерию, теорию управления, разработку программного обеспечения и математику.

Сельское хозяйство в закрытом грунте.

Производство высококачественных овощей и других плодовоовощных культур в теплицах и на вертикальных фермах. Эта технология позволяет фермерам выращивать товарные культуры на небольших участках маргинальных земель с дефицитом воды, где традиционное земледелие может оказаться невозможным. Ее также называют выращиванием в защищенном грунте или растениеводством закрытого грунта⁹.

Сельхозпроизводители. Домохозяйства, занимающиеся сельскохозяйственной деятельностью (растениеводством, животноводством, рыболовством, аквакультурой, пастбищным скотоводством или лесным хозяйством).

Мелкие (сельхоз)производители. Производители, занимающиеся любым из перечисленных выше видов сельскохозяйственной деятельности, но работающие в условиях более серьезных ограничений, связанных с доступом к рынкам и ресурсам, включая земельные и водные, а также к информации, технологиям, капиталу, имуществу и институтам⁸.

Система поддержки оператора. Система, помогающая работать операторам сельскохозяйственных машин. Для поддержки принятия решений оператором такая система обычно использует данные датчиков из нескольких источников, установленных на машине. Она способна автоматически регулировать настройки машины для достижения оптимальных результатов исходя из приоритетов оператора (например, касающихся эффективности расхода топлива, скорости выполнения работ, качества продукции). Впервые была внедрена на зерноуборочных комбайнах⁵.

Технология переменного нормирования (ТПН).

Технология, основанная на сочетании оборудования и программного обеспечения и используемая для варьирования количеств вносимых удобрений, пестицидов, семян и других факторов сельскохозяйственного производства в целях достижения оптимальной урожайности с учетом потребностей сельскохозяйственных культур, т.е. для получения максимально возможного урожая при наименьших затратах⁵.

Контроллеры для штанговых опрыскивателей.

ТПН с поддержкой ГНСС, позволяющая управлять отдельными частями сельскохозяйственного штангового опрыскивателя на основе карты или данных датчиков. Ширина профиля может варьироваться от нескольких метров до размеров одного сопла.

Современная технология позволяет открывать и закрывать сопла и запускать пульсирующий режим на различных скоростях.

Системы управления рядовым севом. ТПН с поддержкой ГНСС, позволяющая управлять отдельными рядовыми сеялками на основе карты или данных датчиков. Обычно используется для того, чтобы избежать сева на незасаеваемых участках или двойного сева по краю поля.

ТПН на основе карт. ТПН, которая основывается на картах, содержащих пространственную информацию об условиях на конкретном поле. Подготовка таких карт с пространственной информацией является отдельным видом деятельности. Аналитики готовят их заранее, чтобы впоследствии их можно было использовать в ТПН.

ТПН на основе показаний датчиков. ТПН, которая основывается на показаниях датчиков, собираемых в поле в процессе движения сельскохозяйственной техники. Соответственно, сбор информации, используемой в ТПН, производится автоматически (в отличие от ТПН на основе карт). Обычно датчик находится перед устройством для внесения удобрений (агрохимикатов), компьютер, использующий алгоритм расчета нормы внесения, установлен на самой машине, а оборудование для внесения – в задней части машины.

Ферма, фермерское хозяйство. Любая управляемая сельскохозяйственная производственная единица, занимающаяся производством продукции растениеводства, животноводства, агролесоводства или аквакультуры.

Цифровая автоматизация сельского хозяйства.

Усовершенствование автоматизированных процессов, осуществляемых в сельскохозяйственной технике и оборудовании (например, в тракторах и их орудиях, в системах кормления, доильных аппаратах), за счет добавления цифровых инструментов, которые повышают эффективность и точность этих процессов благодаря возможности доступа к данным и цифровым сервисам через интероперабельные интеллектуальные сети, платформы и системы управления фермерскими хозяйствами.

Электронная идентификация. Использование микрочипа или электронного транспондера, встроенного в метку, болюс или имплантат, для идентификации отдельного сельскохозяйственного животного⁵.

ОСНОВНЫЕ ТЕЗИСЫ

1 Автоматизация сельского хозяйства может сыграть важную роль в достижении целей в области устойчивого развития (ЦУР), особенно ЦУР 1 (Ликвидация нищеты) и ЦУР 2 (Ликвидация голода), а также тех из них, которые связаны с экологической устойчивостью и изменением климата. Это может быть обеспечено за счет повышения устойчивости к внешним факторам, увеличения производительности труда и эффективности использования ресурсов, а также повышения качества и безопасности пищевых продуктов.

2 Автоматизация сельского хозяйства может усугубить неравенство, если мелкие производители и другие маргинализированные группы, такие как молодежь и женщины, не получают к ней доступа; некоторые технологии, например предусматривающие использование тяжелой моторизованной техники, могут также оказать негативное воздействие на окружающую среду, поскольку содействуют распространению монокультурного земледелия и усугубляют эрозию почв.

3 До цифровой революции ключевым фактором, способствующим преобразованиям сельского хозяйства во всем мире, была моторизованная техника (например, тракторы), однако показатели ее внедрения существенно различались как между странами, так и в рамках одной страны; самыми низкими они были в большинстве стран Африки к югу от Сахары.

4 В тех случаях, когда выбор моторизованной техники осуществляется с учетом местных потребностей и поддерживается соответствующими цифровыми инструментами, механизация по-прежнему способна повысить продуктивность сельского хозяйства, обеспечивая сокращение масштабов нищеты и укрепление продовольственной безопасности, что повлечет за собой положительные сопутствующие эффекты для экономики в целом.

5 Масштабы использования технологий цифровой автоматизации растут, но в основном это касается стран с высоким уровнем дохода. Экономическая модель внедрения таких технологий зачастую еще не вполне обоснована: одни пока находятся в стадии прототипа, распространение других, особенно в странах с низким и средним уровнями дохода, ограничивается отсутствием в сельской местности необходимой инфраструктуры, такой как доступ к сети Интернет и электроснабжение.

6 Для обеспечения доступа к этим технологиям, особенно маргинализированных групп, таких как мелкие сельхозпроизводители и женщины, необходимы инвестиции в развитие инфраструктуры и улучшение доступа к необходимым

услугам в сельских районах (например, к финансированию, страхованию и образованию).

7 Технологии цифровой автоматизации очень перспективны с точки зрения возможности повышения эффективности, продуктивности, устойчивости и жизнестойкости. Но для дальнейшего развития технологий и их адаптации к потребностям конечных пользователей необходимы инклюзивные инвестиции, ориентированные на производителей, изготовителей оборудования и поставщиков услуг; особое внимание следует уделить интересам женщин и молодежи.

8 Влияние автоматизации сельского хозяйства на занятость зависит от конкретных обстоятельств. В условиях роста заработной платы и дефицита рабочей силы автоматизация может принести пользу как работодателям, так и работникам сельскохозяйственного сектора и агропродовольственных систем в целом, создавая новые возможности для молодых квалифицированных кадров.

9 Там, где сельская рабочая сила в изобилии, а заработки на селе низкие, автоматизация сельского хозяйства может привести к безработице. Такое может произойти, если автоматизацию искусственно удешевляют с помощью субсидий или если затраты на нее резко снижаются на фоне внезапных технологических прорывов.

10 В тех случаях, когда рабочая сила в избытке, директивным органам следует избегать субсидирования автоматизации: вместо этого лучше заняться созданием благоприятных условий для ее внедрения, особенно мелкими сельхозпроизводителями, женщинами и молодежью, и обеспечить социальную защиту наименее квалифицированным работникам, которые с большей вероятностью потеряют работу в переходный период.

11 Создание благоприятных условий требует множества согласованных действий, в том числе в сфере законодательства, регулирования, инфраструктуры, институциональных механизмов, образования и профессиональной подготовки, НИОКР, а также поддержки инновационных процессов в частном секторе.

12 Инвестиции и другие политические меры содействия ответственной автоматизации сельского хозяйства должны осуществляться с учетом конкретных условий на местах, таких как качество доступа к сети Интернет, проблемы, обусловленные уровнем знаний и квалификации, наличие необходимой инфраструктуры, а также неравенство в доступе.

Технологический прогресс – и в агропродовольственных системах, и в других секторах – веками обеспечивал рост производительности труда, доходов и уровня благосостояния людей. Сегодня, в условиях, когда сельскохозяйственные угодья ограничены, природные ресурсы используются нерационально, а частота потрясений и стрессов, в том числе связанных с изменением климата, нарастает, прокормить постоянно растущее население планеты без использования тех или иных технологических решений невозможно. Эти решения необходимы для того, чтобы повысить продуктивность и устойчивость сельского хозяйства во всех его секторах (растениеводстве, животноводстве, аквакультуре, рыболовстве и лесном хозяйстве) и увеличить производительность в агропродовольственных системах.

Благодаря техническому прогрессу снизилась необходимость в ручном сельскохозяйственном труде. Этот процесс повышения производительности труда в сельском хозяйстве и перераспределения рабочей силы из этого сектора в другие часто называют преобразованием сельского хозяйства. Он сопровождается инвестициями в агропродовольственные системы и другие объекты физической и рыночной инфраструктуры. Автоматизация сельского хозяйства может стать движущей силой преобразований и создать новые возможности. Механизация с использованием моторизованной техники позволила автоматизировать выполнение сельскохозяйственных операций, а появившиеся позднее цифровые технологии создают новые возможности для автоматизации принятия решений, которые предшествуют физическому выполнению операций.

Распространенные опасения, что автоматизация приведет к росту безработицы, понятны, но едва ли обоснованы и обычно не подтверждаются практикой. Автоматизация сельского хозяйства уменьшает дефицит рабочей силы и может повысить жизнестойкость и продуктивность сельскохозяйственного производства, улучшить качество продукции, увеличить эффективность использования ресурсов, способствовать получению достойной занятости и укрепить экологическую устойчивость. Негативные социально-экономические последствия автоматизации сельского хозяйства, такие как рост безработицы, обычно возникают там, где автоматизация не отвечает конкретным местным потребностям. Рискам негативных последствий можно противостоять, если оказать помощь сельскохозяйственным работникам в поиске другой работы, устранить барьеры, которые не позволяют малоимущим мелким производителям воспользоваться преимуществами автоматизации, и не допускать субсидирования автоматизации там, где рабочая сила в избытке, а заработки в сельской местности низкие.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: МНОЖЕСТВО ВОЗМОЖНОСТЕЙ, НО И ПРОБЛЕМ НЕМАЛО

Любая операция, связанная с сельским хозяйством, состоит из трех этапов: диагностика, принятие решения и выполнение. Механизация с использованием моторизованной техники позволяет автоматизировать выполнение сельскохозяйственных операций, таких как вспашка, посев, внесение удобрений, доение, кормление и орошение. С развитием цифровых технологий становится возможным автоматизировать также процессы диагностики и принятия решений. Эти технологии повышают точность сельскохозяйственных операций и позволяют более эффективно использовать ресурсы и факторы производства, что может укрепить экологическую устойчивость и усилить жизнестойкость в условиях потрясений и стрессов. Технологическую эволюцию в сельском хозяйстве можно описать как постепенный переход от ручных орудий труда к использованию тягловой силы животных, затем к механизации с использованием моторизованной техники, к цифровому оборудованию и, наконец, к робототехнике с искусственным интеллектом (ИИ).

В этом контексте автоматизация сельского хозяйства определяется в настоящем докладе следующим образом:

использование машин и оборудования с целью повышения качества процессов диагностики, принятия решений или выполнения сельскохозяйственных операций, снижения трудоемкости сельскохозяйственных работ и/или обеспечения своевременности, а в некоторых случаях – точности сельскохозяйственных операций.

Автоматизация сельского хозяйства открывает множество возможностей: она может повысить производительность труда и обеспечить более тщательное управление растениеводством, животноводством, аквакультурой и лесным хозяйством; она может улучшить условия труда и повысить доходы; она может также уменьшить тяжесть сельскохозяйственных работ и создать новые возможности для предпринимательства в сельской местности. Технологии автоматизации операций, осуществляемых за пределами фермерских хозяйств, могут также способствовать сокращению потерь и порчи пищевой продукции, повышению безопасности пищевых продуктов и созданию добавленной стоимости.

Во многих странах снижение доступности рабочей силы в сельской местности, о котором свидетельствует рост заработной платы в сельском хозяйстве, является одной из главных движущих сил автоматизации в этом секторе. Стимулом для инвестиций в цифровые технологии является растущая озабоченность потребителей по поводу качества, безопасности, вкуса и свежести продуктов питания, а также

из-за экологических проблем. То же касается и проблем в области управления животноводством и обеспечения благополучия животных, которые возникают из-за увеличения размеров стада.

С другой стороны, автоматизация сельского хозяйства может быть сопряжена с риском усиления социального неравенства, поскольку более крупные и лучше образованные производители обладают и более широкими возможностями (включая финансовые возможности, наличие сельской инфраструктуры, квалификацию) для инвестирования в новые технологии или для переподготовки и освоения новых навыков. С особенно серьезными препятствиями могут столкнуться женщины и молодежь. Это, в частности, касается получения качественного образования и профессиональной подготовки, а также доступа к земельным ресурсам, кредитам и рынкам. Кроме того, ожидается, что автоматизация сократит количество рабочих мест, связанных с выполнением каких-то рутинных задач, например посева и уборки урожая, но увеличит потребность в более квалифицированных кадрах, например имеющих среднее образование. В странах с большой численностью сельской рабочей силы такой сдвиг в сфере занятости чреват углублением неравенства. Для решения этих проблем необходимо снизить барьеры на пути внедрения, с которыми сталкиваются, в частности, мелкие производители, женщины и молодежь, так чтобы возможность автоматизации не зависела от размеров хозяйства, т.е. чтобы автоматизация стала доступной для всех категорий сельхозпроизводителей, от мелких до крупных. Это может быть достигнуто с помощью технологических инноваций, позволяющих адаптировать решения в области автоматизации к условиям, в которых работают мелкие производители. Можно также использовать инновационные институциональные механизмы, такие как совместное использование активов или службы проката техники, связывающие владельцев оборудования с мелкими производителями, которые вместо покупки техники будут просто оплачивать услуги автоматизации.

Зависимость автоматизации сельского хозяйства от использования тяжелой техники может поставить под угрозу экологическую устойчивость и привести к обезлесению, распространению монокультурного хозяйства, утрате биоразнообразия, деградации земель и эрозии почв. Однако благодаря последним достижениям в области автоматизации, особенно связанным с малогабаритным оборудованием, использующим искусственный интеллект, некоторые из этих негативных последствий можно фактически обратить вспять.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ОСМЫСЛЕНИЕ ПРОШЛОГО И ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

Моторизованная техника получает все более широкое распространение во всем мире, но достоверные глобальные данные на этот счет, обеспечивающие широкий охват стран, есть только для тракторов и только за период до 2009 года. Использование тракторов в хозяйствах стало одним из важнейших новшеств двадцатого века. Оно началось в Соединенных Штатах Америки в период между 1910 и 1960 годами, а в Японии и Европе распространилось после 1955 года. Затем моторизованная техника стала активно внедряться во многих странах Азии и Латинской Америки; кроме того, в некоторых странах появились секторы производства сельскохозяйственной техники. С ростом рынков проката техники ее освоение расширилось, что открыло доступ к ней мелким производителям. Однако в странах Африки к югу от Сахары внедрение тракторов в последние десятилетия застопорилось, и основным типом используемого оборудования там по-прежнему остаются легкие ручные орудия труда. Усилия по содействию механизации, предпринимавшиеся в этом регионе в 1960-х и 1970-х годах (предоставление фермерам субсидий на покупку техники и создание государственных хозяйств и общественных служб проката) обошлись дорого и по большей части не имели успеха из-за проблем с управлением. Но с возвращением сельского хозяйства в повестку дня развития Африки ситуация стала меняться, и интерес к автоматизации возобновился.

С 1970-х годов свое применение в сельском хозяйстве находят цифровые технологии. Для этого используются соответствующие приложения. Сначала это были, как правило, простые технологии прецизионного животноводства, которые помогали работать с отдельными животными на основе электронной идентификации, также известной как электронное мечение, которая подготовила почву для появления в 1990-х годах доильных роботов. Тогда же начали появляться аппаратные цифровые инструменты, например машины, оснащенные глобальными навигационными спутниковыми системами (ГНСС), благодаря которым стало возможным использовать системы автоматического управления тракторами, туковыми разбросными сеялками и распылителями пестицидов. Позднее в обиход вошли программные цифровые устройства, такие как смартфоны, которые могут предоставлять производителям интересующую их информацию с помощью встроенных в них приложений, датчиков и камер с высоким разрешением. Эти технологии способны снизить затраты и повысить производительность, но их внедрение, по-видимому, обусловлено также и неденежными соображениями, в частности возможностью обеспечить более гибкий график работы и улучшить качество жизни работников сельского хозяйства, как было в случае с доильными роботами.

Но более продвинутыми все-таки являются решения в области интернета вещей (ИВ), используемые, например, для мониторинга, а иногда (по крайней мере частично) и для автоматизации принятия решений по уходу за сельскохозяйственными культурами, домашним скотом или рыбой. К цифровым технологиям также относятся службы совместного использования активов, которые обеспечивают связь владельцев, а иногда также операторов оборудования (например, тракторов или беспилотных летательных аппаратов) с сельхозпроизводителями, которым нужно такое оборудование.

Цифровые технологии могут также использоваться в немеханизированном прецизионном земледелии. Методики ручного внесения удобрений на конкретных участках были разработаны давным-давно: одним из примеров является технология переменного нормирования (ТПН) удобрений для риса, а в нескольких странах Африки и Азии с низким уровнем дохода фермеры используют ручной сканер почвы. На немеханизированных фермах в Азии и Африке используются беспилотные летательные аппараты (БПЛА, их еще называют дронами), а с помощью ГНСС измеряют площади полей (в Азии) и наносят на карты их границы для оформления землеотвода (в Африке).

ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ И РОБОТОТЕХНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ПОЛОЖЕНИЕ ДЕЛ

Технологии цифровой автоматизации и приложения робототехники в сельском хозяйстве чрезвычайно разнообразны. Для производителей (особенно мелких) из стран с низким и средним уровнями дохода наиболее доступными устройствами являются смартфоны со встроенными датчиками и камерами высокого разрешения. Однако низкий уровень цифровой грамотности в сельских районах, отсутствие технологий, подходящих для мелких производителей, и относительно высокая стоимость этих технологий по-прежнему являются самыми большими препятствиями для их внедрения.

Относительно недавно на рынке появились такие передовые технологии, как автономные сельскохозяйственные роботы, используемые, например, для уборки урожая, посева и прополки. Для сбора информации и для автоматического внесения сельскохозяйственных материалов стали применяться дроны, но этот вопрос обычно строго регламентируется.

В секторе аквакультуры на фоне дефицита рабочей силы и повышения зарплаток автоматизация идет высокими темпами. Лесозаготовительные работы уже по большей части ведутся высокомеханизированным способом, а мобильные роботы в сочетании с новыми технологиями виртуальной реальности и методами дистанционного зондирования

создают основу для внедрения высокотехнологичных автоматов для лесного хозяйства. Кроме того, для мониторинга обезлесения используется дистанционное зондирование. Перспективным направлением цифровизации и автоматизации является также сельское хозяйство в контролируемой среде (СЕА), которое включает сельское хозяйство в закрытом грунте и вертикальное фермерство. Наиболее распространенным видом сельского хозяйства в контролируемой среде являются теплицы, которые по своей сути предполагают мониторинг, контроль и оптимизацию условий среды.

В странах с высоким, средним и низким уровнями дохода многие технологические решения доступны для внедрения уже сейчас. Направление, в котором они развиваются, и скорость их внедрения в значительной степени зависят от политики в этой сфере. Правительства должны облегчать доступ к этим технологиям для всех, особенно для мелких производителей, женщин, молодежи и других уязвимых и маргинализированных групп, и обеспечить их адаптацию к конкретным обстоятельствам и потребностям производителей. В идеале правительства должны создавать равные условия для развития инновационных технологий, так чтобы частный сектор мог удовлетворить спрос на автоматизацию.

НЕ ВСЕ СРАЗУ: СВОЮ РОЛЬ МОЖЕТ СЫГРАТЬ И ПРОСТЕЙШАЯ МОТОРИЗОВАННАЯ ТЕХНИКА

Цифровые технологии и робототехника чрезвычайно перспективны, но большую пользу может принести и обычная моторизованная техника: она обеспечит увеличение доходов, снижение издержек, экономию трудозатрат и сокращение объема тяжелой физической работы. Механизация высвобождает рабочие руки в сельских домохозяйствах и дает людям возможность заняться несельскохозяйственной деятельностью. Механизация способна также повлечь положительные сопутствующие эффекты для экономики в целом. Это может произойти за счет увеличения спроса на несельскохозяйственные товары и услуги со стороны сельских домохозяйств по мере повышения производительности их труда, а также за счет расширения несельскохозяйственной экономики с переходом рабочей силы из сельского хозяйства в секторы с более высокой производительностью труда. Кроме того, благодаря технологиям консервирования и хранения может повыситься безопасность пищевых продуктов, а поскольку техника позволяет фермерам быстрее выполнять сельскохозяйственные работы и гибче адаптироваться к изменению погодных условий, то возрастет и устойчивость сельскохозяйственного производства к внешним факторам, в частности к климатическим потрясениям.

Таким образом, в некоторых случаях пока еще остаются возможности и для более широкого использования моторизованной техники. В странах с низким и средним уровнями дохода мелким производителям может быть выгоднее использовать средства малой механизации, например двухколесные тракторы: они дешевле и в большей степени ориентированы на сохранение экологической устойчивости, чем обычная тяжелая техника. Последние новшества, нацеленные на адаптацию моторизованной техники к местным потребностям, могут помочь странам повысить эффективность использования ресурсов и сэкономить дефицитные ресурсы (например, воду) за счет инновационной синергии механизации с агротехническими приемами. Поэтому механизация сельского хозяйства занимает важное место в политической повестке многих стран с низким и средним уровнями дохода. Особенно это касается стран Африки к югу от Сахары, где из-за неудач прежних государственных программ в этой области механизацией сельского хозяйства какое-то время не занимались.

Во многих обстоятельствах важную роль все еще могут сыграть ручные технологии и тяговая сила животных. Тяговые животные могут быть важным источником энергии для очень мелких и территориально разнесенных фермерских хозяйств, а современные ручные инструменты снижают потребность в мускульной силе человека. И несмотря на то, что и тяговые животные, и современные ручные инструменты проигрывают тракторам в мощности, они могут помочь справиться с дефицитом рабочей силы и обеспечить повышение урожайности сельскохозяйственных культур и расширение земельных угодий. Во многих случаях они, по-видимому, являются наиболее реалистичным вариантом получения дополнительного источника энергии.

ЧТО ДАЛЬШЕ: ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ЦИФРОВУЮ АВТОМАТИЗАЦИЮ

В основу экономической модели инвестирования в сельскохозяйственные технологии положена потенциальная частная выгода. Предполагается, что все соответствующие субъекты – производители, дилеры, поставщики услуг по ремонту и техническому обслуживанию – принимают разумные решения с целью получения максимальной прибыли и улучшения своего благосостояния. Инвестиции в технологии автоматизации сопряжены с затратами, которые обычно увеличиваются, если эти технологии не являются широко доступными на местном уровне. Поставщики и производители возьмут на себя необходимые обязательства только в том случае, если их выгоды перевесят затраты. Инвестиционные затраты на некоторые технологии и в определенных условиях превышают частные выгоды, но при этом такие технологии могут приносить

значительные выгоды обществу. В этом случае для увязки частных выгод с интересами всего общества необходимо вмешательство государства.

Ввиду нехватки данных для обоснования экономической модели цифровой автоматизации сельского хозяйства были использованы результаты 27 тематических исследований, которые были проведены посредством интервью с поставщиками услуг в области цифровой автоматизации. Эти тематические исследования охватывают все регионы мира и все системы сельскохозяйственного производства (растениеводство, животноводство, аквакультуру и агролесоводство) и представляют цифровые решения на разных стадиях готовности; многие из них пока находятся на ранних этапах разработки и коммерческой реализации. Полученные результаты показывают, что рентабельными и финансово устойчивыми являются всего десять из 27 опрошенных поставщиков услуг. Эти десять поставщиков, которые в основном базируются в странах с высоким уровнем дохода, используют отработанные (т.е. широко используемые) технологии и обслуживают преимущественно крупных производителей. Более трети тематических исследований показали, что фермерам эти решения выгодны, поскольку они повышают производительность труда и эффективность работы, а также обеспечивают новые рыночные возможности. В целом полученные результаты указывают на то, что экономическая модель технологий цифровой автоматизации еще не вполне обоснована – и не только потому, что многие из этих технологий пока находятся на стадии прототипа, но и из-за наличия серьезных препятствий для внедрения, особенно в странах с низким и средним уровнями дохода.

Несмотря на то, что разработка многих технологий все еще находится на предварительной стадии, из этих тематических исследований можно извлечь ряд важных выводов. Ключевыми факторами, способствующими внедрению того или иного технологического решения, являются, во-первых, осведомленность о его способности успешно выполнять сельскохозяйственные операции и, во-вторых, умение фермеров обращаться с этой технологией. Препятствиями же на пути внедрения часто являются отсутствие цифровой грамотности, а также ограниченные возможности подключения к интернету и к другой инфраструктуре, включая электроснабжение. Нередко все это осложняется нежеланием перемен; обычно это явление связывают со старением сельского населения. Одной из движущих сил внедрения названа смена поколений: считается, что переход семейных фермерских хозяйств к цифровизации и передовым технологиям автоматизации осуществляют именно молодые фермеры. Другим ключевым фактором, который может способствовать или препятствовать внедрению, является конъюнктура рынка: сильная конкуренция между производителями вынуждает их брать на себя более высокие риски и внедрять новые технологии, которые обещают повысить производительность и

эффективность. Ограничивающими факторами могут быть государственное регулирование импорта технологий, отсутствие политики в области обмена данными, а также недостаточная эффективность мер стимулирования и государственной поддержки. При грамотном же подходе меры регулирования и государственная поддержка могут, наоборот, стать мощными стимулами для внедрения.

НЕ ТОЛЬКО ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ: АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СУЛИТ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВЫГОДЫ, НО В ЭТОЙ ОБЛАСТИ НЕОБХОДИМЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В странах с высоким уровнем дохода, а также во многих товарных хозяйствах в странах с низким и средним уровнями дохода сельское хозяйство является высокотехнологичным уже сейчас, в основном за счет использования тяжелой техники. Однако этот вид механизации становится причиной эрозии почв, обезлесения и утраты биоразнообразия; все это снижает жизнестойкость. Найти решение этих проблем могут помочь инновационные технологии автоматизации и прикладные агрономические исследования. В качестве моторизованной техники можно использовать менее габаритные и более легкие средства малой механизации. Малогабаритная техника, которая может подойти мелким производителям, включает небольшие четырехколесные и двухколесные тракторы. Благодаря им можно свести к минимуму риск утраты биоразнообразия, поскольку для их работы не требуется серьезная расчистка полей и изменение их формы. Использование других средств малой механизации, таких как моторные фрезерные культиваторы и передвижные молотилки, может быть полезно и с точки зрения содействия гендерному равенству, поскольку с такой техникой легко управятся женщины.

Технологии цифровой автоматизации, используемые в прецизионном земледелии, также обеспечивают возможность получения больших экологических выгод. Они могут способствовать внедрению устойчивых методов агротехники, таких как почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие. Существуют примеры успешного применения компьютеров и интернета вещей для автоматизации тепличного хозяйства, которая обеспечивает экономию воды и других вводимых ресурсов. Крошечные роевые роботы позволяют сократить объемы использования пестицидов и гербицидов, оптимизировать использование других факторов производства и уменьшить уплотнение почв. В определенных обстоятельствах они уже рентабельны, но здесь необходимы дополнительные исследования, особенно в отношении потенциала их использования мелкими производителями, поскольку в этом случае такие роботы должны обладать

сравнительными преимуществами перед тяжелой техникой на полях неправильной формы.

Сейчас возможность получения этих экологических выгод зависит от местоположения, а кроме того, многие решения пока находятся на ранних стадиях разработки и коммерческой реализации. Поэтому необходимы дополнительные исследования, включая тестирование. Если преимущества этих технологий в полной мере оценят и директивные органы, и производители, то инвестиции в их развитие должны возрасти. Важно также обеспечить переход на возобновляемые источники энергии: это может открыть новые возможности для автоматизации систем электроснабжения, особенно в отдаленных сельских районах, но, опять же, для того чтобы определить, какие именно автономные решения на основе возобновляемых источников могут быть наиболее эффективны для каждого типа оборудования, необходимы исследования.

ДЛЯ РЫНКА ТРУДА ПОСЛЕДСТВИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА МОГУТ БЫТЬ РАЗНЫМИ, НО ПОТРЕБИТЕЛЯМ ОНА МОЖЕТ БЫТЬ ВЫГОДНА

Количественно оценить общее воздействие автоматизации сельского хозяйства на занятость очень непросто, поскольку для этого требуется большое количество данных, описывающих все преобразования и связанное с ними перераспределение рабочей силы не только на уровне фермерских хозяйств, но и в верхних и нижних звеньях производственно-сбытовой цепочки. По мере преобразований сельского хозяйства люди покидают этот сектор в поисках более высокооплачиваемой работы, а доля занятых в сельском хозяйстве продолжает сокращаться. Этот процесс меняет ситуацию со спросом и предложением на рынке труда во всех агропродовольственных системах в целом. Когда все узлы агропродовольственных систем меняются одновременно, практически невозможно отнести возникающие последствия для рынка труда и социальной сферы на счет каких-то конкретных эпизодов автоматизации сельского хозяйства.

Возможные воздействия автоматизации сельского хозяйства на занятость в этом секторе, скорее всего, будут многообразными. Спрос на неквалифицированную рабочую силу, видимо, снизится, поскольку многие задачи будут автоматизированы. Потребность же в относительно более квалифицированных кадрах возрастет. Если посмотреть на агропродовольственные системы в целом, то автоматизация может снизить потребность в низкооплачиваемом сезонном труде на фермах, но увеличить количество более высокооплачиваемых и менее зависящих от сезона рабочих мест в верхних и нижних звеньях цепочки.

Последствия автоматизации могут также зависеть от типа хозяйства. Мелким фермерам и фермерам, ведущим натуральное хозяйство, автоматизация может высвободить рабочие руки в семье, позволив людям заняться несельскохозяйственной деятельностью, а может способствовать и расширению производства. В товарных семейных хозяйствах автоматизация может одновременно и освободить от сельскохозяйственных работ членов семьи, и снизить потребность в наемной рабочей силе, но если товарное сельскохозяйственное производство в результате расширится, то потребность в наемных работниках может возрасти. На крупных сельскохозяйственных предприятиях уровень автоматизации самый высокий, поэтому и потребность в рабочей силе там меньше. Но и в этом случае, если стимулами к внедрению автоматизации являются рост заработной платы и дефицит рабочей силы, то автоматизация повысит производительность труда и заработной платы, не вызывая безработицы.

Если же автоматизация происходит там, где рабочая сила в избытке, и стимулируется субсидиями, которые ее искусственно удешевляют, то возникает серьезный риск вытеснения рабочей силы и появления безработицы, которая будет иметь серьезные социально экономические последствия, особенно для наименее квалифицированных работников, которым может быть непросто трудоустроиться где-то еще.

Автоматизация сельского хозяйства влечет важные социально-экономические последствия для потребителей, поскольку снижает затраты на продукты питания. Технологии цифровой автоматизации могут также создать новые возможности для предпринимательства, от которых потребители только выиграют (например, за счет возрождения богатых питательными веществами негибридных культур, производство которых было трудно автоматизировать), и существенно снизить затраты на производство органических продуктов питания, которое в настоящее время является чрезвычайно трудоемким.

ПРОЦЕСС АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ДОЛЖЕН БЫТЬ ИНКЛЮЗИВНЫМ: НИКТО НЕ ДОЛЖЕН ОСТАТЬСЯ БЕЗ ВНИМАНИЯ

В процесс автоматизации сельского хозяйства должны быть вовлечены все уязвимые, социально незащищенные и маргинализированные категории населения, в частности мелкие производители, пастбищные скотоводы, мелкие рыбаки и лесоводы, жители лесных районов, наемные работники сельского хозяйства, неформальные микропредприятия и рабочие, безземельная беднота и трудовые мигранты. Особенно важно вовлечь в этот процесс женщин, молодежь и инвалидов.

Гендерные последствия автоматизации фермерских хозяйств носят комплексный характер. При этом женщины отстают от мужчин в освоении сельскохозяйственных технологий из-за имеющихся препятствий в доступе к капиталу, факторам производства и услугам (например, к информации, к службам по распространению знаний и опыта, к кредитам, удобрениям), а в некоторых случаях – в силу культурных традиций. Директивным органам и местным партнерам по осуществлению необходимо содействовать разработке и распространению технологий, учитывающих гендерные аспекты, и предоставлению услуг в этой области.

По-видимому, первыми, кто с готовностью включится в этот процесс, будут молодые фермеры. Автоматизация сельского хозяйства обещает создание новых категорий рабочих мест, требующих наличия определенной квалификации. Поэтому первоочередное внимание должно уделяться активному развитию человеческого капитала и наращиванию потенциала, особенно у молодежи.

По мере внедрения трудосберегающих технологий рабочая сила на фермах становится не только менее многочисленной, но и более квалифицированной. Важной задачей является содействие переходу работников сельского хозяйства от неквалифицированного ручного труда к освоению более сложных технологий. При этом опасения, что из-за автоматизации миллионы сельскохозяйственных рабочих окажутся на улице без каких-либо перспектив трудоустройства, необоснованны. Автоматизация сельхозработ и эволюция сельскохозяйственной рабочей силы – процессы постепенные, и их характер зависит от конкретной местности, выращиваемых культур и хозяйственных задач. Стимулы к внедрению трудосберегающих технологий автоматизации выше всего для отдельных трудоемких задач, которые легко автоматизируются при низких затратах. Выполнение одних задач будет автоматизировано, другие так и останутся трудоемкими.

Если возможность внедрения имеющихся технологий автоматизации будет зависеть от размеров хозяйств, то существует риск, что мелкие производители и перерабатывающие предприятия окажутся вытеснены из бизнеса, поскольку не смогут воспользоваться эффектом масштаба, чтобы остаться конкурентоспособными. Но автоматизация сельского хозяйства совсем не обязательно должна привести к таким результатам, и чтобы этого избежать, дорогие и не зависящие от масштаба решения должны стать массовыми.

Так или иначе, предположение о том, что сдерживание автоматизации поможет сохранить занятость и доходы в сельском хозяйстве, не имеет под собой оснований. На самом деле меры по ограничению автоматизации просто сделают фермерские хозяйства менее конкурентоспособными и лишат их возможности расширить производство. Для повышения заработков и улучшения условий

труда своих работников хозяйства должны увеличивать производительность, а для этого нужны новые технологии. Без технологий, повышающих производительность труда, у малоимущих сельскохозяйственных работников практически нет шансов вырваться из нищеты и справиться с проблемой отсутствия продовольственной безопасности.

ДОРОЖНАЯ КАРТА ПРОВЕДЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ, УСТОЙЧИВОЙ И ИНКЛЮЗИВНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: МЕРЫ ПОЛИТИКИ, ИНВЕСТИЦИИ И ИНСТИТУТЫ

Автоматизация сельского хозяйства обладает большим потенциалом с точки зрения содействия устойчивому и инклюзивному развитию сельских районов на базе интенсивного, но устойчивого сельского хозяйства. Однако этот потенциал не реализуется автоматически: все зависит от социально-экономической ситуации, а также от политической и институциональной среды, в которой происходит этот процесс. Выиграют от этого страны или проиграют – будет зависеть от того, как они поведут себя на переходном этапе. В выигрыше окажутся те из них, которые создадут необходимую физическую, экономическую, правовую и социальную инфраструктуру для цифровой автоматизации. Страны же, которые проигнорируют эту проблему, могут многое потерять.

Как и любые технологические преобразования, автоматизация сельского хозяйства неизбежно дестабилизирует ситуацию в агропродовольственных системах и влечет не только преимущества, но и становится причиной определенных компромиссов. В докладе предложен ряд возможных вариантов в сфере политики, институтов, законодательства и инвестиций. Взятые вместе, они формируют дорожную карту, реализация которой обеспечит, чтобы автоматизация сельского хозяйства способствовала созданию эффективных, продуктивных, устойчивых, жизнестойких и инклюзивных агропродовольственных систем. Некоторые варианты направлены на создание благоприятных условий для ведения бизнеса в сельском хозяйстве, в частности связанных с инвестированием в технологии автоматизации, и они должны сопровождаться соответствующими нормативными актами, призванными гарантировать обеспечение экологической устойчивости и устойчивости к изменению климата. Наконец, необходимы меры политики и программы, обеспечивающие охват этим процессом всех, особенно маргинализированные группы, включая женщин, мелких производителей и молодежь.

Правительствам необходимо будет также найти баланс между различными, а иногда и противоречащими друг другу экономическими, экологическими и социальными

задачами. Значимость предложенных мер политики, инвестиций и других действий со стороны государства, которые обсуждаются в следующем разделе в рамках дорожной карты автоматизации сельского хозяйства, может различаться в зависимости от конкретных обстоятельств. Правительства должны определять приоритеты с учетом существующих проблем и возможностей своих стран. Одним из важных сквозных направлений государственного вмешательства является поддержка общих услуг (ПОУ), т.е. такие действия правительств, которые, не искажая стимулов и не отдавая предпочтения одним субъектам перед другими (или определенным секторам сельского хозяйства), создают благоприятные условия для ведения бизнеса в сельском хозяйстве и в агропродовольственных системах в целом.

МЕРЫ ПОЛИТИКИ И ВМЕШАТЕЛЬСТВА ГОСУДАРСТВА, ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, ОКАЗЫВАЮТ ВЛИЯНИЕ И НА ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ

Есть ряд мер политики, ориентированных на сельское хозяйство, которые могут напрямую поддерживать автоматизацию этого сектора и помочь преодолеть барьеры, стоящие на пути внедрения, особенно у мелких производителей. Правительства могут повлиять на этот процесс с помощью кредитной политики, непосредственно ориентированной на автоматизацию сельского хозяйства. Наиболее распространенным решением в области финансирования автоматизации являются инвестиционные кредиты, которые могут иметь различные формы, включая производные финансовые инструменты, программы гарантий по кредитам, группы солидарной ответственности, лизинг и долевыми субсидии. Свою роль могут также сыграть "умные" целевые субсидии, не вызывающие рыночных искажений. Важное значение имеют гарантии прав землепользования и землевладения: отсутствие защиты таких прав ограничивает доступ производителей к кредитам, поскольку в этом случае они не могут использовать права собственности на землю в качестве залога. Сократить транзакционные издержки, связанные с технологиями автоматизации, и стимулировать внедрение можно путем снижения импортных пошлин на технику, цифровое оборудование и запасные части к ним, а также за счет оптимизации таможенных процедур.

Для того чтобы решить проблему отсутствия цифровой грамотности, необходимо развитие человеческого капитала, например по линии центров профессионального обучения. Нужно повысить уровень знаний и навыков изготовителей оборудования, владельцев, операторов, технических специалистов и фермеров, и стратегической задачей здесь является охват такими программами молодежи, потому что именно она является главной

движущей силой автоматизации. Внедрению технологий автоматизации может способствовать улучшение работы служб по распространению сельскохозяйственных знаний и предоставлению консультационных услуг. Государственные службы по распространению знаний всегда играли важную роль в обеспечении инклюзивной автоматизации сельского хозяйства, но в большинстве стран с низким и средним уровнями дохода серьезным препятствием является дефицит квалифицированных кадров, которыми можно было бы укомплектовать такие службы.

Человеческий капитал является ключевым фактором не только для пользователей (т.е. для фермеров и поставщиков услуг), но и для тех, кто занимается инновациями, например для исследователей и ученых. Правительства могут финансировать или проводить прикладные НИОКР в области технологий автоматизации, в частности направленные на создание решений, адаптированных к местным потребностям и нуждам мелких производителей. Важной областью исследований является оценка воздействия решений в области прецизионного земледелия с точки зрения обеспечения прибыльности, экологической устойчивости и инклюзивности. Необходимо уделить внимание внедрению средств малой механизации и низкотехнологичных цифровых решений, например систем интерактивного голосового меню (IVR), неструктурированных дополнительных сервисных данных (USSD) и смс. Средства малой механизации иногда лучше подойдут для местных условий и небольших хозяйств, а с помощью низкотехнологичных решений бывает проще и дешевле обеспечить всеобщий охват.

Наконец, правительствам следует разработать стандарты обеспечения качества и безопасности, за соблюдением которых могут следить организации государственного, частного и третьего (некоммерческого) секторов. Законы и нормативные акты, касающиеся обеспечения безопасности технологий автоматизации, должны разрабатываться на основе широких консультаций со всеми заинтересованными сторонами. Они должны быть прозрачными и поддерживаться мерами по обеспечению их соблюдения пользователями.

НА ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ОКАЗЫВАЮТ ВЛИЯНИЕ МЕРЫ ПОЛИТИКИ, ИНСТИТУТЫ И ИНВЕСТИЦИИ, НЕ СВЯЗАННЫЕ С АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

Благоприятные условия, включая инфраструктуру, могут быть сформированы с помощью мер политики и инвестиций общего характера, не связанных с агропродовольственными системами напрямую. В странах с низким уровнем дохода

и в большинстве стран субсахарской Африки особенно слаба дорожная инфраструктура. Улучшение этой инфраструктуры может снизить транзакционные издержки, связанные с доступом к технике, запасным частям к ней, топливу и услугам по ремонту, и способствовать появлению рынков услуг. Не менее важно также инвестировать в энергетическую инфраструктуру, например путем создания систем автономного электроснабжения из возобновляемых источников, поскольку без источника энергии ни одна технология автоматизации работать не может. Доступность возобновляемых источников энергии, обеспечиваемая местными инвестициями, может смягчить как потрясения в энергетическом секторе, так и колебания цен на топливо.

Решающее значение для надлежащего функционирования технологий автоматизации сельского хозяйства имеет улучшение коммуникационной инфраструктуры и качества связи с интернетом. Проблемы с подключением в сельских районах широко распространены даже в некоторых богатых странах. Соответствующие меры политики могут предусматривать предоставление сельским интернет-провайдерам налоговых льгот или дешевых кредитов. Важную роль может сыграть законодательство, содействующее развитию партнерских связей между государственным, частным и общественным секторами в целях улучшения ситуации с подключением к интернету и создания необходимой инфраструктуры в сельских районах, а также предоставления услуг по передаче данных и технической поддержки. Следует также выделить инвестиции на создание сопутствующих элементов инфраструктуры, таких как общедоступные наборы данных о прогнозах погоды и календари для растениеводов и животноводов.

Но несмотря на то, что устройство физической инфраструктуры действительно является первостепенной задачей, важнейшими факторами, способствующими внедрению технологий автоматизации сельского хозяйства, являются также институты, макроэкономические условия и общий институциональный потенциал. Большое значение имеет улучшение функционирования рынков кредитования: доступ мелких производителей к кредитам по приемлемым процентным ставкам обычно ограничен, что делает невозможным финансирование технологий автоматизации. Жизненно важно укреплять институциональный и политический потенциал, необходимый для руководства развитием технологий автоматизации, потому что если власть в этой сфере перехватят влиятельные частные технологические корпорации, то последствия могут быть негативными и сопровождаться нежелательными сопутствующими эффектами для общества в целом. Более того: прозрачная национальная политика в области защиты данных, обмена данными и их конфиденциальности сама по себе может способствовать внедрению технологий цифровой автоматизации. Другими факторами,

способствующими этому, являются развитие национальной инфраструктуры обработки данных и содействие интероперабельности, то есть обеспечению корректной и надежной коммуникации между машинами. Наконец, на модели автоматизации могут влиять меры валютной и торговой политики, поскольку они определяют структуру затрат на импорт техники, цифрового оборудования и запасных частей.

ПРИ ПРАВИЛЬНОМ ПОДХОДЕ АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА БУДЕТ СПОСОБСТВОВАТЬ СОЗДАНИЮ ИНКЛЮЗИВНЫХ И УСТОЙЧИВЫХ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Даже если предположить, что странам удастся создать равные условия для того, чтобы частный сектор мог обеспечить необходимые инновационные технологии, проблемы, связанные с автоматизацией, все равно сохранятся. У автоматизации сельского хозяйства есть три конкретных задачи: не оставить без внимания маргинализированные группы населения, избежать роста безработицы и вытеснения рабочей силы и предотвратить экологический ущерб. Определенную роль в решении этих задач и в содействии инклюзивным и устойчивым преобразованиям сельского хозяйства могут сыграть меры политики. Поэтому здесь, скорее всего, потребуются какие-то действия со стороны директивных органов.

Во-первых, правительствам необходимо будет обеспечить, чтобы преимуществами автоматизации могли воспользоваться женщины, молодежь и другие социально незащищенные группы населения. Расширить доступ женщин к технологиям автоматизации помогут и меры по устранению тех форм притеснений, с которыми они сталкиваются. Такими мерами могут быть, например, укрепление прав женщин на землю и улучшение их доступа к кредитам и услугам по распространению знаний. Государственные НИОКР могут быть ориентированы на технологии механизации, в которых учитываются гендерные аспекты и потребности женщин. Кроме того, потребуется специальная программа автоматизации сельского хозяйства, ориентированная на сельскую молодежь и другие социально незащищенные группы населения, которая гарантирует им приобретение необходимых навыков для выполнения новых задач, требующих высокой квалификации.

Во-вторых, правительствам необходимо защитить от негативных последствий рынок труда. Там, где автоматизация происходит под воздействием рыночных факторов (например, на фоне роста заработков в сельской местности) и заменяет неоплачиваемый семейный труд, она вряд ли приведет к безработице. Если же государство будет стимулировать ее искусственно (например, предоставляя субсидии на импорт оборудования), то результатом может

стать безработица, вытеснение рабочей силы и падение заработков на селе. Поэтому директивным органам не следует оказывать содействие автоматизации до тех пор, пока в ней не возникнет реальная необходимость. Не нужно и препятствовать ее внедрению, думая, что она приведет к вытеснению рабочей силы и к безработице. Плавный переход к более широкой автоматизации, не создающей безработицы, с наибольшей вероятностью обеспечит политическая поддержка, которая обеспечивает общественные или коллективные блага по линии ПОУ. Это подразумевает в том числе поддержку научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области сельского хозяйства и услуг по передаче знаний.

В-третьих, меры политики должны обеспечивать, чтобы автоматизация сельского хозяйства способствовала созданию устойчивых агропродовольственных систем. Несмотря на многочисленные преимущества, которые принесла механизация с использованием моторизованной техники, с ней оказались связаны негативные последствия для окружающей среды, включая утрату биоразнообразия, уплотнение и эрозию почв, а также ухудшение качества воды. Свести к минимуму или вообще избежать таких последствий могут более совершенные технологии цифровой автоматизации, такие как прецизионное земледелие. Поиску решений в области автоматизации, наиболее соответствующих местным агроэкологическим условиям, будут способствовать прикладные технические и агрономические исследования, а правительства должны оказывать содействие внедрению экологически чистых технологий автоматизации. Какие именно решения в области автоматизации подойдут в местных агроэкологических условиях, лучше всего определять фермеры, а правительства должны создавать благоприятствующую этому обстановку, включая информирование об имеющихся технологиях.

В заключение следует отметить, что, если указанные выше проблемы будут решены, то автоматизация сельского хозяйства может послужить катализатором достижения целей в области устойчивого развития (ЦУР), в частности ЦУР 1, 2, 3, 9 и 10. Выбор подходящих технологий, а также соответствующих мер политики, видов государственного вмешательства и инвестиций будет зависеть от уровня экономического развития, существующих институтов, местных агрономических условий и задач, стоящих перед директивными органами. Важно, чтобы директивные органы, подбирая необходимые политические инструменты, понимали местную специфику внедрения и могли оценить конкретные проблемы своего региона (такие как качество связи с интернетом, неравенство, нищета, отсутствие продовольственной безопасности, неполноценное питание). Выбор конкретных технологий остается за сельхозпроизводителями. Роль государства же заключается в формировании благоприятных условий для развития инноваций и в создании такой системы стимулирования, которая делает процесс внедрения максимально инклюзивным. ■



КИТАЙ

Фермер наблюдает за растением чили, используя планшет.

©iStock.com/xijian



ГЛАВА 1

АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ЧТО ЭТО ТАКОЕ И ДЛЯ ЧЕГО ОНА НУЖНА

ОСНОВНЫЕ ТЕЗИСЫ

- Автоматизация открывает много возможностей для сельхозпроизводителей и агропродовольственных систем в целом, но неравноправие доступа и различия ситуации с ее внедрением в разных странах и в рамках одной страны не позволяют в полной мере реализовать ее потенциал.
- Автоматизация сельского хозяйства может увеличить производительность, создать устойчивость к внешним факторам, улучшить качество продукции и эффективность использования ресурсов, сократить трудозатраты и дефицит рабочей силы, повысить экологическую устойчивость и способствовать адаптации к изменению климата и смягчению его последствий.
- Автоматизация сельского хозяйства может содействовать достижению к 2030 году целей в области устойчивого развития (ЦУР), особенно ЦУР 1 (ликвидация нищеты) и ЦУР 2 (ликвидация голода), а также тех из них, которые касаются экологической устойчивости и изменения климата, и способствовать преобразованиям в агропродовольственных системах в целом за счет создания новых возможностей для предпринимательства.
- Если для каких-то категорий населения, особенно для мелких сельхозпроизводителей и для женщин, автоматизация остается недоступной, то она может приводить к неравенству. В отсутствие надлежащих механизмов управления автоматизация может иметь негативные экологические последствия, например становясь стимулом для ведения монокультурного хозяйства.
- Для того чтобы полностью реализовать потенциал автоматизации сельского хозяйства, соответствующие технологии должны быть инклюзивными, общедоступными и адаптированными к местным условиям (т.е. пригодными для предприятий и хозяйств любого размера). Кроме того, они должны повышать экологическую устойчивость.

- Одной из ключевых задач является адаптация новых технологий к местным условиям и содействие местным процессам развития инноваций, а также наращивание потенциала производителей в области освоения и использования этих технологий.

Технологический прогресс, двигателями которого являются процессы развития инноваций, веками был ключевым фактором социально-экономических преобразований, обеспечивая рост производительности труда и доходов и повышение уровня благосостояния людей. К агропродовольственным системам это относится в той же мере, что и к другим секторам экономики. Сегодня, чтобы прокормить постоянно растущее население планеты, мы должны не только увеличивать производство питательного продовольствия, но и решать проблемы, связанные с ограниченной доступностью сельскохозяйственных земель, нерациональным использованием природных ресурсов, увеличением частоты потрясений и стрессов, а также с последствиями ускоряющегося изменения климата. Поэтому агропродовольственные системы должны справиться с задачей устойчивого повышения производительности. Усиливается необходимость внедрения новых технологических решений, которые могут повысить продуктивность и устойчивость всех секторов сельскохозяйственного производства: растениеводства и животноводства, рыболовства и аквакультуры, а также лесного хозяйства, и увеличить производительность агропродовольственных систем в целом, а не только на уровне первичного производства.

Технологический прогресс продолжает трансформировать нашу экономику, и благодаря последним достижениям в области цифровых технологий, таким как быстродействующие компьютеры, мобильные телефоны, датчики, машинное обучение и искусственный интеллект (ИИ), появилось инновационное оборудование, в корне меняющее подход к использованию техники в сельском хозяйстве. Как и в случае с другими технологиями – и

инновациями в целом, – эти новые технологии могут дополнять или заменять старые. Иногда происходит возрождение более старых технологий и методов или их перепрофилирование для решения новых задач. Они позволяют исключить из сельскохозяйственного производства не только большую часть физического труда, но также и умственную работу, которая необходима для сбора и анализа информации и данных и для принятия решений. С их помощью можно внедрить прецизионное земледелие¹, обеспечивающее своевременность операций и более правильное и эффективное использование ресурсов.

Но, как уже не раз бывало в человеческой истории, на фоне этого возникают опасения по поводу негативных последствий технического прогресса для трудящихся. На самом деле широко распространено мнение о том, что автоматизация приводит к потере рабочих мест и росту безработицы, не подтверждается историческими реалиями. В этом докладе приводятся доводы в пользу того, что автоматизация, в том числе использование цифровых технологий, наоборот, может повышать устойчивость сельскохозяйственного производства к потрясениям и стрессам, таким как засухи и ускоряющееся изменение климата. Автоматизация сельского хозяйства может увеличить производительность, улучшить качество продукции, повысить эффективность использования ресурсов, уменьшить дефицит рабочей силы и способствовать достойной занятости за счет сокращения необходимости в тяжелой физической работе – и все это в дополнение к повышению экологической устойчивости. Следует признать, что внедрение технологий автоматизации, особенно если они не подходят для конкретных местных условий, действительно может приводить к социально-экономическим проблемам для некоторых категорий населения, в том числе к негативным последствиям для рынка труда, но эти проблемы решаются с помощью соответствующих мер политики и законодательства, которые рассматриваются в настоящем докладе. Не менее сложными являются барьеры, которые могут препятствовать внедрению автоматизации, особенно среди малоимущих мелких производителей, и тем самым создают неравенство доступа.

Автоматизация сельского хозяйства очень важна для достижения нескольких целей в области устойчивого развития (ЦУР), особенно ЦУР 1 (ликвидация нищеты) и ЦУР 2 (ликвидация голода). В тех случаях, когда сельское хозяйство открыто для автоматизации, это может также способствовать прогрессу в достижении ЦУР 9 (индустриализация, инновации и инфраструктура), которая требует поддержки и совершенствования технологического потенциала, проведения исследований и развития инноваций, особенно в странах с низким уровнем дохода. Если преодолеть препятствия, которые стоят на пути внедрения, то автоматизация может

также сыграть определенную роль в ликвидации технологического разрыва и способствовать достижению ЦУР 5 (гендерное равенство), ЦУР 8 (достойная работа и экономический рост) и ЦУР 10 (уменьшение неравенства). Благодаря своему потенциалу в плане обеспечения более безопасных условий труда и производства более безопасных и качественных продуктов питания она может способствовать достижению ЦУР 3 (хорошее здоровье и благополучие). Наконец, успешное внедрение решений в области автоматизации, повышающих экологическую устойчивость, может способствовать прогрессу в достижении ЦУР 6 (чистая вода и санитария), ЦУР 7 (недорогостоящая и чистая энергия), ЦУР 12 (ответственное потребление и производство), ЦУР 13 (борьба с изменением климата), ЦУР 14 (сохранение морских экосистем) и ЦУР 15 (сохранение экосистем суши).

В этом докладе рассматривается вопрос о том, как автоматизация в сельском хозяйстве, а также в начальных звеньях продовольственной товаропроводящей цепочки может способствовать достижению ЦУР и других положительных результатов. Авторы анализируют ситуацию с внедрением автоматизации сельского хозяйства, в том числе связанные с этим тенденции, движущие силы этих тенденций и их потенциальные социально-экономические последствия. В докладе обсуждается ряд политических и законодательных опций и мер, которые могли бы обеспечить максимальные преимущества и свести к минимуму риски, связанные с технологиями автоматизации. В первой главе доклада дается определение автоматизации сельского хозяйства, показана ее важность для устойчивого развития и описаны возможности, проблемы и компромиссы, с которыми могут быть связаны новые технологии автоматизации. Один из основных постулатов, на которых строится анализ в этом докладе, состоит в том, что достижения в области автоматизации сельского хозяйства могут помочь человечеству справиться с многочисленными вызовами, связанными с необходимостью устойчивого увеличения производства питательных пищевых продуктов, но при этом, вероятно, создадут и какие-то новые проблемы, и если мы хотим максимально использовать тот потенциал, который открывает нам автоматизация, то эти новые проблемы необходимо как-то решать. ■

КАК МЫ ОКАЗАЛИСЬ В ЭТОЙ СИТУАЦИИ?

Научно-технический прогресс в сфере сельскохозяйственного производства – явление не новое. Как показывает история, человечество всегда стремилось облегчить тяжелый труд земледельцев, разрабатывая

хитроумные орудия труда и используя силу огня, ветра, воды и животных. К 4000 году до н.э. месопотамские фермеры пахали плугом, запряженным волами², а около 1000 года до н.э. в Китае появились водяные мельницы³. За последние два столетия технический прогресс ускорился. Толчком к этому послужило открытие паровой энергии (и появление к середине девятнадцатого века паровых молотилок и плугов), а усилили тенденцию широкое использование тракторов, уборочной техники и перерабатывающих машин, работающих на ископаемом топливе, и новые технологии сохранения пищевых продуктов^{4,5}. Эти изменения позволили людям во всем мире постепенно снизить трудоемкость сельскохозяйственного производства и освободить сельхозпроизводителей от тяжелого физического труда. В результате потребность в рабочей силе в первичном сельскохозяйственном производстве стала снижаться; работники высвобождаются для трудоустройства в других секторах, таких как промышленность и сфера услуг, дети могут свободно посещать школу, а женщины заниматься несельскохозяйственной деятельностью или вести домашнее хозяйство. Все это сопровождается огромными достижениями в других видах сельскохозяйственной деятельности и в производстве вводимых ресурсов, таких как семена, удобрения и технологии орошения; это те достижения, которые привели к "зеленой революции" и позволили расширить производство продуктов питания даже в условиях снижения трудозатрат и ограничения возможностей расширения сельскохозяйственных угодий⁶.

Этот процесс повышения производительности труда в сельском хозяйстве и перераспределения рабочей силы из сельского хозяйства в другие секторы часто называют преобразованием сельского хозяйства. По мере развития экономики трудосберегающие технологии вытесняют сельскохозяйственных работников с ферм, а более высокооплачиваемая работа в несельскохозяйственном секторе привлекает их в промышленность и сферу услуг^{7,8,9}. Таким образом, в процессе преобразований сельского хозяйства доля занятого в нем населения снижается. До промышленной революции большинство людей в мире жили в сельской местности, а их средства к существованию зависели от первичного сельскохозяйственного производства. В странах, где глубокие преобразования в сельском хозяйстве являются свершившимся фактом, это уже не так. Например, в Соединенных Штатах Америки в 2020 году в сельском хозяйстве было занято всего 1,4 процента рабочей силы¹⁰. В других странах с высоким уровнем дохода доля населения, непосредственно занятого на фермах, также очень мала.

Процесс преобразования сельского хозяйства идет не изолированно. Он увязан с трансформацией всей экономики, ведь обеспечение достаточным количеством доброкачественной и питательной пищи растущего и все более урбанизированного населения требует инвестиций не только в сельскохозяйственное производство, но и в транспорт, в хранение и переработку пищевых продуктов, а также в другую физическую и рыночную инфраструктуру. Для того чтобы сельхозпроизводители могли в достаточном количестве получать нужные им факторы сельскохозяйственного производства, включая физический и человеческий капитал, и иметь возможность выходить на прибыльные рынки для продажи своей продукции, им необходим доступ к дорожной сети и транспорту.

Сегодня процесс автоматизации сельского хозяйства происходит в контексте развития агропродовольственных систем. Автоматизация оказывает влияние на агропродовольственные системы не только потому, что затрагивает первичное сельскохозяйственное производство, но и потому, что сама зависит от тех изменений, которые возникают в других звеньях этих систем. Автоматизация первичного производства может быть движущей силой преобразований в агропродовольственных системах, в особенности благодаря созданию новых возможностей для предпринимательства как в верхних, так и в нижних звеньях производственно-сбытовых цепочек. То же касается и автоматизации в верхних и нижних звеньях: она сказывается на ситуации с автоматизацией первичного производства. Результаты будут зависеть от динамики развития агропродовольственных систем, их компонентов и двунаправленных связей между ними.

Кроме того, освоение новых технологий – процесс постепенный¹¹, требующий практики, проверки и адаптации в различных реалиях, и для проявления его последствий требуется время. Например, несмотря на безусловные и многочисленные преимущества, связанные с появлением механизированных тракторов, это имело негативные последствия для окружающей среды (обезлесение, утрата биоразнообразия и чрезмерное использование ископаемого топлива), но для того, чтобы эти последствия стали очевидны, потребовались десятилетия^{12,13}. То же справедливо и в отношении технологий, которые были внедрены в ходе зеленой революции: они, несомненно, привели к существенному повышению урожайности, но в некоторых районах долгосрочные экологические издержки оказались очень высокими¹³. ■



ИСТОЧНИК: разработка ФАО для настоящего доклада.

ЧТО ТАКОЕ АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА?

Нынешняя автоматизация сельского хозяйства является завершением долгой эволюции механизации, которая шла на протяжении всей истории существования этого сектора. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) определяет механизацию как использование в сельскохозяйственном производстве всех видов машин и оборудования, от самых простых и базовых ручных инструментов до более сложной моторизованной техники¹⁴. Таким образом, механизация автоматизирует только часть сельскохозяйственных работ, и с переходом от базовых ручных инструментов к механизированной технике степень автоматизации возрастает.

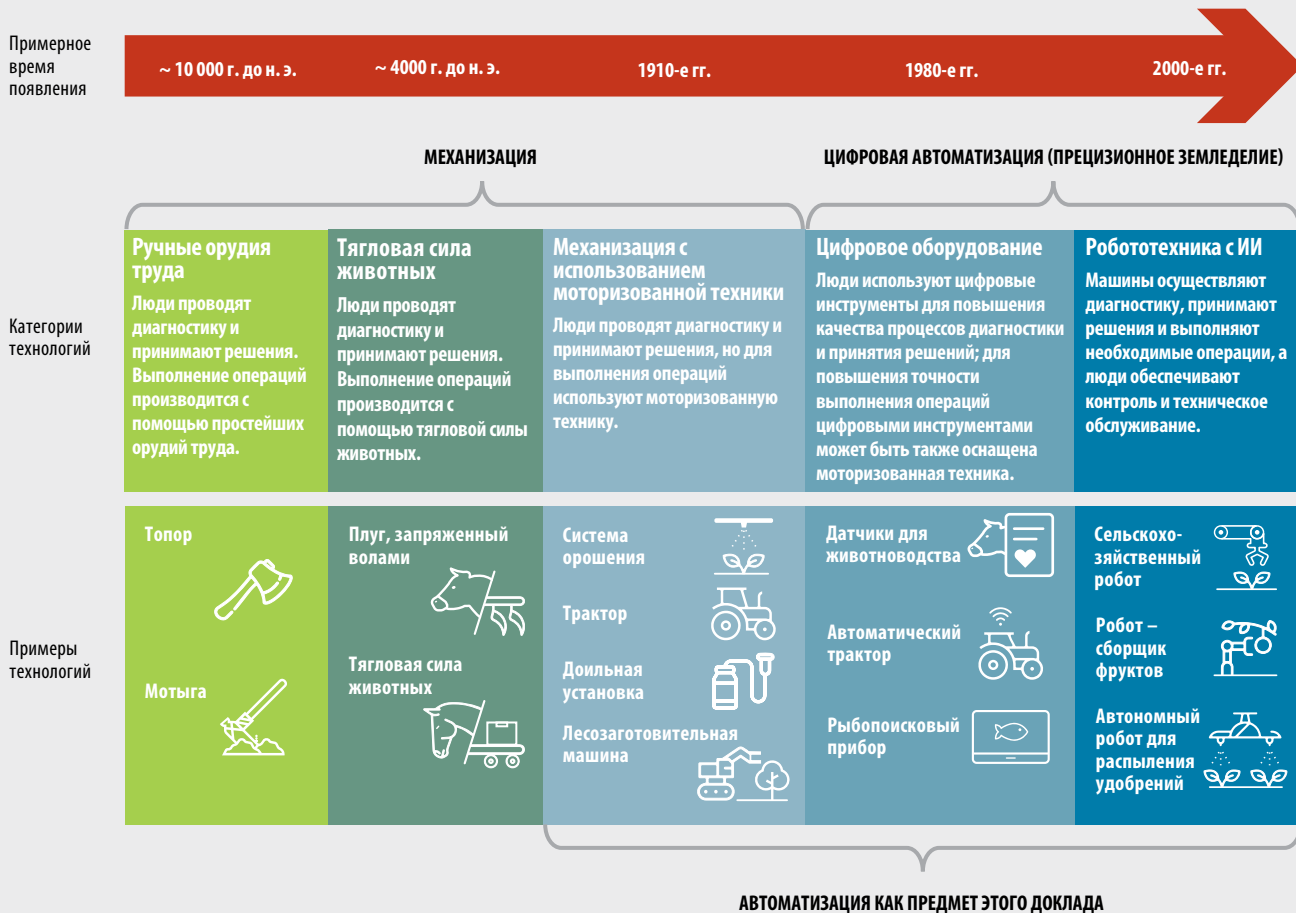
Выполнению любой сельскохозяйственной операции всегда предшествуют два этапа: оценка ситуации (диагностика) и принятие решения. На [рисунке 1](#) эти три этапа представлены в виде циклического процесса с постоянной обратной связью между ними.

Выполнение любой сельскохозяйственной операции – от сбора урожая до борьбы с болезнями и орошения – обычно начинается с диагностики рассматриваемой проблемы: это нужно для того, чтобы определить, какие действия необходимы в каждом случае. Например, прежде чем организовать полив, производителям надо понять, нуждаются ли растения в воде. Животноводам, прежде чем назначать антибиотики, необходимо оценить состояние здоровья животных. Диагностика может производиться на основании опыта производителей, но этот процесс

можно автоматизировать с помощью датчиков, показания которых будут отслеживать производители. Оценив ситуацию, производители решают, что следует предпринять (например, какое им нужно количество воды для орошения или какие нужны антибиотики) и когда. Решения могут приниматься сельхозпроизводителями на основании собственного опыта и знаний, но этот процесс тоже можно автоматизировать: в этом случае контроллеры будут посылать соответствующие сигналы на основе информации, полученной от датчиков на этапе диагностики. На третьем, заключительном этапе (выполнение) фермеры могут осуществлять необходимые сельскохозяйственные операции сами, используя для этого ручные инструменты или животных, а могут использовать для этого соответствующие машины и оборудование. Самые передовые технологии автоматизации позволяют полностью автоматизировать все три этапа. Примером здесь могут служить роботы для сбора фруктов. Такие роботы последовательно выполняют все три этапа автоматически, а сельхозпроизводители просто следят за работой датчиков и обслуживают оборудование.

Любая технология, позволяющая автоматизировать хотя бы один из этих трех этапов, может считаться технологией автоматизации. Механизация с использованием машин и механизмов, приводимых в движение различными двигателями¹⁵, в основном ориентирована на последний из этих трех этапов, т.е. на выполнение. Она позволяет автоматизировать такие сельскохозяйственные операции, как вспашка, посев, внесение удобрений, доение, кормление, сбор урожая, орошение и многие другие. Для целей настоящего доклада любая технология, которая помогает сельхозпроизводителям на одном или нескольких из трех этапов, показанных на [рисунке 1](#), считается

РИСУНОК 2 ЭВОЛЮЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА



АВТОМАТИЗАЦИЯ КАК ПРЕДМЕТ ЭТОГО ДОКЛАДА

ИСТОЧНИК: разработка ФАО для настоящего доклада.

технологией автоматизации. Сюда относятся и ситуации, когда сельхозпроизводители используют датчики для мониторинга состояния растений и животных, автоматизируя таким образом этап диагностики, но решения принимают исходя из собственного опыта без помощи автоматики. В некоторых случаях этап выполнения может также включать в себя зондирование (например, создание карт урожайности во время уборки урожая), данные которого затем используются на этапе диагностики (отсюда и цикл, показанный на рисунке 1).

С развитием цифровых технологий и автоматизированного оборудования, такого как датчики и роботы, в которых используются машинное обучение и искусственный интеллект, становится возможной автоматизация процессов диагностики и принятия решений. Моторизованную технику все чаще дополняет или даже заменяет новое цифровое оборудование, которое автоматизирует процессы диагностики и принятия решений. Например, обычный трактор может быть преобразован в автоматизированное транспортное средство, способное самостоятельно засеять поле¹⁵. Таким образом, если механизация облегчает работу, снижает необходимость в тяжелом и однообразном труде и позволяет справиться с дефицитом рабочей силы,

то технологии цифровой автоматизации еще больше повышают производительность, поскольку позволяют более точно выполнять сельскохозяйственные операции и более эффективно использовать ресурсы и факторы производства. Как следствие, цифровая автоматизация может повышать экологическую устойчивость и жизнестойкость в условиях климатических потрясений и стрессов. Но связанные с этим последствия для рабочей силы – вопрос, требующий серьезного внимания. Об этом говорится в докладе далее.

Описанная выше технологическая эволюция показана на рисунке 2. Эта схема иллюстрирует развитие сельскохозяйственных технологий (с примерами каждой из них) от самых простых, которые помогают только в физическом выполнении операций, до более сложных, позволяющих автоматизировать процессы диагностики и принятия решений. Технологическую эволюцию можно описать, подразделив технологии на следующие категории:

- ▶ **Ручные инструменты.** Люди проводят диагностику ситуации и принимают решения, а для выполнения необходимых операций используют простые инструменты, такие как топоры и мотыги.

- ▶ **Тяговая сила животных.** Люди по-прежнему сами проводят диагностику и принимают решения, но физические сельскохозяйственные операции выполняются животными (или с их помощью), которых впрягают в сельскохозяйственную технику, например в плуг.
- ▶ **Моторизованная техника.** Люди по-прежнему сами проводят диагностику и принимают решения, но необходимые операции выполняют моторизованные машины и оборудование. Появление этой категории знаменует замену источника энергии, используемой на хозяйствах, с внешнего (мускульная сила человека и животных) на внутренний (напскульная сила человека и животных) на внешний (например, ископаемое топливо и электричество). Но такая замена требует создания специальной инфраструктуры, которая обеспечивает бесперебойный доступ к этим источникам энергии.
- ▶ **Цифровое оборудование.** Усовершенствовать процессы диагностики и/или принятия решений людям помогает целый спектр цифровых инструментов, которые позволяют автоматизировать процесс умственной работы или повысить точность операций моторизованной техники.
- ▶ **Робототехника с искусственным интеллектом.** Люди используют сельскохозяйственных роботов, в которых все функции диагностики, принятия решений и выполнения работ опираются на искусственный интеллект. Эти роботы могут быть как статичными (как, например, доильные роботы), так и мобильными (как роботы для сбора фруктов). Люди отслеживают показания датчиков и обслуживают роботов. В эту категорию входят самые передовые технологии автоматизации, и некоторые из них еще не были масштабированы или пока находятся в стадии разработки.

К сожалению, все это разнообразие инструментов и технологий отчасти стало причиной того, что в литературе определения автоматизации сельского хозяйства зачастую противоречат друг другу, и это затрудняет работу по сбору данных об автоматизации¹¹. Например, некоторые авторы определяют автоматизацию сельского хозяйства как автономную навигацию роботов без вмешательства человека, результатом которой является точная информация, помогающая разрабатывать сельскохозяйственные операции¹⁶. Другие определяют это понятие как выполнение производственных задач с помощью автономных мобильных мехатронных устройств, способных принимать решения¹⁷. Но эти определения носят очень ограничительный характер и не охватывают всех форм и аспектов автоматизации: ярким тому примером может служить статичное оборудование, такое как роботизированные доильные аппараты. Более того: из этих определений исключена не только большая часть

моторизованной техники, позволяющей автоматизировать осуществление сельскохозяйственных операций, но и цифровые инструменты (например, датчики), которые автоматизируют только процессы диагностики.

На **рисунке 2** показана упрощенная картина исторической эволюции технологий автоматизации. Разные категории технологий могут пересекаться друг с другом, и возможны случаи, когда ту или иную технологию трудно однозначно отнести к определенной категории. Тем не менее эта схема помогает получить представление о предмете настоящего доклада и дать определение автоматизации сельского хозяйства. Концепция автоматизации сельского хозяйства относится к трем синим прямоугольникам, содержимое которых и представляет собой предмет доклада. В этом контексте в докладе предлагается следующее определение автоматизации сельского хозяйства:

использование машин и оборудования в сельскохозяйственных операциях в целях повышения качества процессов диагностики, принятия решений или выполнения этих операций, снижения трудоемкости сельскохозяйственных работ и/или обеспечения своевременности, а в некоторых случаях – точности сельскохозяйственных операций.

В соответствии с этим определением автоматизация сельского хозяйства включает в себя прецизионное земледелие, которое представляет собой стратегию хозяйствования, обеспечивающую сбор, обработку и анализ данных в целях повышения качества управленческих решений (см. Глоссарий).

В первом синем прямоугольнике на **рисунке 2** моторизованная техника включает машины, управляемые людьми для выполнения таких задач, как вспашка, орошение и доение. Но диагностику люди проводят на основе собственных наблюдений или путем измерения каких-то простейших параметров, а затем принимают решения исходя из (внутреннего или внешнего) опыта, знаний и с учетом имеющихся ресурсов. Последние две категории на **рисунке 2** касаются цифровой автоматизации. Они включают широкий спектр инструментов, оборудования и программного обеспечения, которые являются или могут быть многофункциональными и междисциплинарными, что позволяет оптимизировать управление ресурсами во всей системе, обеспечив индивидуальным, интеллектуальным и упреждающим подход¹⁸. Благодаря развитию технологий цифровой автоматизации (робототехники с искусственным интеллектом) можно автоматизировать все три этапа: диагностику, принятие решений и выполнение, а роль человека в этом случае ограничивается мониторингом и обслуживанием автоматического оборудования.

Так работает, например, робот – сборщик фруктов: получив сообщение от контроллера, которое формируется на основе информации, поступающей с датчиков, он приступает к сбору урожая.

Автоматизация может касаться любого из этих трех этапов или их комбинации. Например, диагностика может осуществляться датчиками, а принятие решений и их выполнение будут полностью зависеть от человека. Другой вариант – и диагностика, и принятие решений осуществляются с помощью цифровых технологий, а сами операции выполняют люди. Примером системы, в которой полностью автоматизированы все три этапа, является автономный робот для распыления удобрений. Сначала система получает данные о плодородии почвы, затем принимает решение относительно рабочей зоны и нормы внесения и, наконец, вносит удобрения в соответствии с этой нормой, которая является переменной величиной. ■

ПОЧЕМУ МЫ ДОЛЖНЫ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ПРЕИМУЩЕСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА? ПОНИМАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРОВ

Автоматизация сельского хозяйства является элементом преобразования агропродовольственных систем. Она помогает сельхозпроизводителям поддерживать или расширять производство по мере того, как люди уходят из сельского хозяйства в более высокооплачиваемые секторы экономики. Помимо сокращения потребностей в рабочей силе в сельском хозяйстве автоматизация может стимулировать дальнейшие преобразования агропродовольственных систем, создавая возможности трудоустройства в других звеньях этих систем. Исторически сложилось так, что по мере развития стран появляются более привлекательные возможности трудоустройства, которые приводят к оттоку рабочей силы из сельского хозяйства, а трудосберегающие инновации повышают производительность сельского хозяйства за счет снижения потребности в рабочей силе на единицу продукции^{7,8,9}. В результате такого сочетания тенденций в области предложения рабочей силы и спроса на нее доля населения, занятого в сельском хозяйстве, со временем сократилась, в том числе

в странах с низким уровнем дохода и с уровнем дохода ниже среднего (см. рисунок 3).

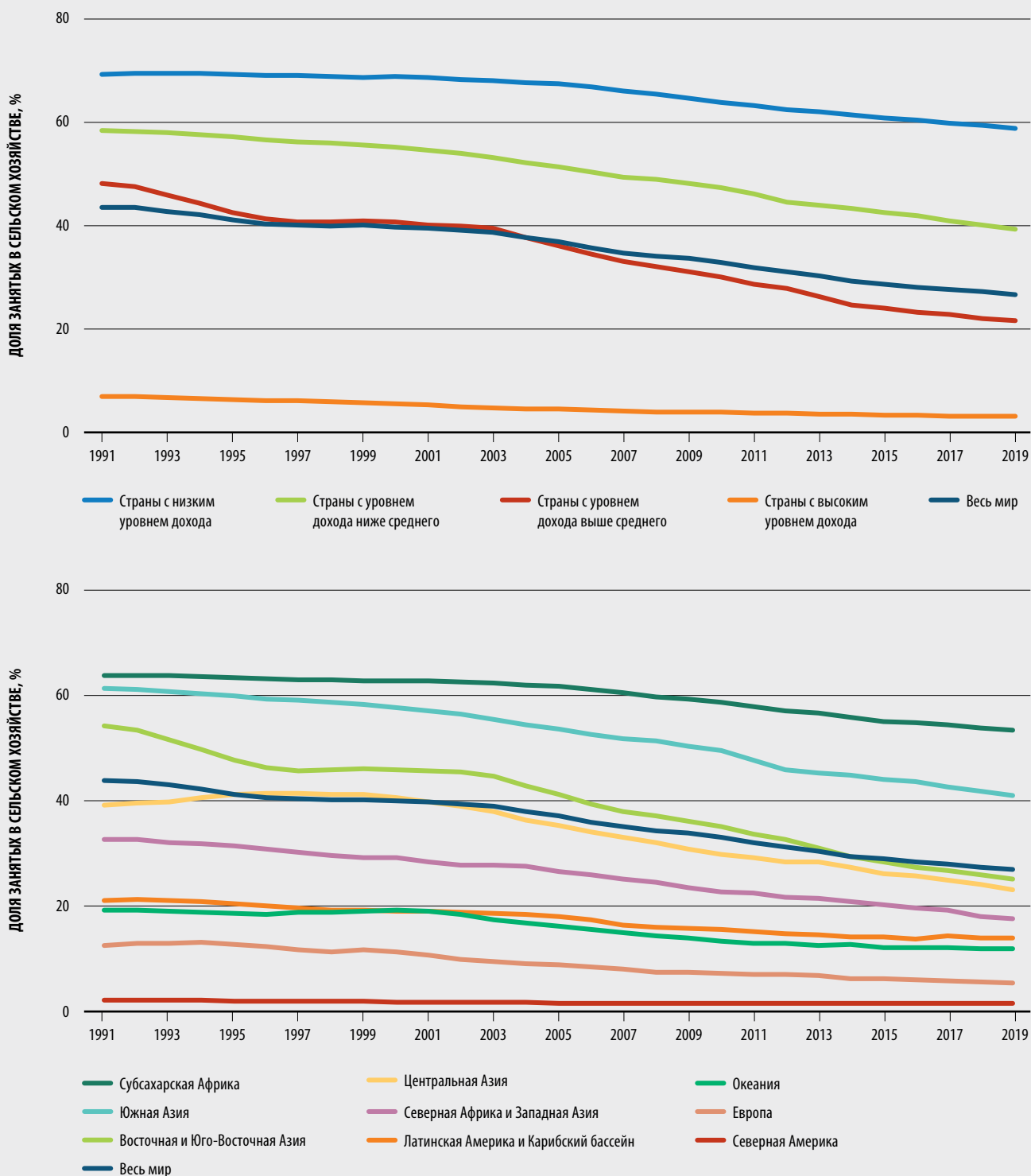
Эти преобразования сопровождаются развитием инноваций, достижениями научно-технического прогресса и ростом инвестиций; все это важнейшие компоненты социально-экономического развития, оказывающие влияние на агропродовольственные системы не только на этапе первичного производства. Например, обеспечение достаточным количеством доброкачественной и питательной пищи растущего и все более урбанизированного и обеспеченного населения требует инвестиций не только в сельскохозяйственное производство, но и в транспортировку, хранение и переработку пищевых продуктов, а также в другую инфраструктуру. Таким образом связи с производящими и потребляющими отраслями соединяют сельскохозяйственный сектор с несельскохозяйственным²⁰. В рамках этих преобразований агропродовольственных систем автоматизация сельского хозяйства может принести множество преимуществ, которые рассматриваются ниже.

Возможности для сельхозпроизводителей

Автоматизация сельского хозяйства открывает множество возможностей для первичного производства и для агропродовольственных систем в целом. Она может способствовать повышению производительности труда, продуктивности земель и рентабельности, например, за счет более своевременного и тщательного ведения растениеводческого и животноводческого хозяйства^{21,22,23}. Это, в свою очередь, способствует повышению доходов²⁴, снижению рисков, повышению жизнестойкости и экологической устойчивости. С развитием цифровых технологий автоматизация сельского хозяйства может стать возможной в хозяйствах любого размера (т.е. соответствующие решения появятся для всех производителей: крупных, средних и мелких) и, таким образом, будет доступной в том числе и для мелких фермеров. Это может произойти либо за счет создания небольших машин и оборудования, адаптированных к условиям мелких хозяйств и производственных подразделений, либо в рамках механизмов совместного использования активов, которые функционируют на базе цифровых платформ (см. главу 3).

Автоматизация сельского хозяйства может также способствовать достойной занятости, поскольку обеспечивает лучшие и более безопасные условия труда и достаточный доход и уменьшает тяжесть сельскохозяйственных работ, которая по большей части ложится на плечи членов семьи, работающих бесплатно, в том числе на женщин и детей^{25,26}. Взрослым это может высвободить время для занятий какой-то еще деятельностью, приносящей доход, »

РИСУНОК 3 ЗАНЯТОСТЬ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ КАК ДОЛЯ ОБЩЕЙ ЗАНЯТОСТИ В РАЗБИВКЕ ПО ГРУППАМ ПО УРОВНЮ ДОХОДА (ВВЕРХУ) И ПО РЕГИОНАМ (ВНИЗУ), 1991–2019 ГОДЫ



ИСТОЧНИК: ФАО, 2022¹⁹.

» для работы в несельскохозяйственном секторе, для заботы о членах семьи и приготовления пищи²⁷, а у детей появится возможность играть и ходить в школу^{26, 28, 29}. Данные свидетельствуют о том, что те, кто применяют машинное доение, особо отмечают такие его преимущества с точки зрения улучшения качества жизни, как высвобождение времени для других нужд, в том числе для общения с близкими, а также более гибкий график работы^{30, 31}. От облегчения тяжелого труда особенно выиграют сельские женщины: у них появится время для новых производственных инициатив и/или для расширения существующей деятельности в рамках агропродовольственных систем. Кроме того, автоматизация сельского хозяйства может привлечь в этот сектор молодежь.

Другим важным аспектом автоматизации является ее потенциал с точки зрения создания возможностей для сельского предпринимательства. Например, одним из основных препятствий для производства органической сельхозпродукции является стоимость и доступность рабочей силы. Несмотря на высокий спрос на органические продукты во многих странах, потребители не готовы платить за них столь высокую цену. Роботы для прополки, выборочной уборки урожая и других полевых работ могут значительно снизить стоимость органического производства, создавая тем самым возможности для большего количества производителей.

В прошлом для успешного автоматизированного выполнения определенных операций с помощью моторизованной техники нужно было соответствующим образом адаптировать сельскохозяйственное производство. Например, когда в Соединенных Штатах Америки появились комбайны для уборки томатов, был выведен такой их сорт, который равномерно созревает на ветке и имеет жесткую кожицу, которую машина практически не может повредить³². Новые достижения в области цифровой автоматизации могут предложить решения для гораздо более тонких сельскохозяйственных операций. Например, сейчас инженеры ищут робототехнические решения, которые позволили бы проводить механизированную уборку урожая клубники, которая является одной из самых деликатных и трудоемких культур.

Технологии автоматизации ориентированы не только на сельскохозяйственные операции непосредственно на фермах: есть и другие, в частности в области переработки, консервирования, хранения и транспортировки, и они могут способствовать сокращению потерь и порчи пищевой продукции, повышению безопасности пищевых продуктов и созданию добавленной стоимости³³; все это необходимо для формирования эффективных агропродовольственных систем, способных обеспечить

здоровое питание для всех на устойчивой основе. Автоматизация может также обеспечить более безопасные условия труда, например за счет снижения вредности производства, связанной с использованием пестицидов.

Решение проблемы дефицита рабочей силы

Если говорить о занятости, то автоматизация сельского хозяйства приветствуется в качестве решения проблемы острого дефицита рабочей силы в сельской местности, особенно в странах с высоким уровнем дохода (см. [рисунок 3](#)). Статистика показывает, что за последние десять лет в Европейском союзе из сельского хозяйства ушли 2,5 млн человек, и, согласно прогнозам, вплоть до 2030 года численность занятых в сельском хозяйстве и дальше будет уменьшаться на два процента ежегодно³⁴. Основной причиной этого является непривлекательность сельского хозяйства как профессии (тяжелые условия труда, низкая заработная плата, отсутствие перспектив и т. д.). Карантинные меры и требования социального дистанцирования в связи с пандемией COVID-19 усугубили нехватку рабочей силы, а политические события, приведшие к введению иммиграционных правил и мер политики, ограничили возможность привлечения сезонных рабочих – мигрантов.

Многие сельхозпредприятия, особенно занимающиеся выращиванием фруктов и овощей, для выполнения таких задач, как сбор и упаковка продукции и лечение болезней растений, используют труд человека. Существенного количества рабочей силы могут потребовать и другие отрасли, например животноводство. Решения в области автоматизации могут скомпенсировать серьезную нехватку рабочей силы и дать сельхозпроизводителям возможность адаптироваться к внезапным потрясениям, нарушающим функционирование рынков труда; это поможет повысить устойчивость к внешним факторам. Кроме того, такие решения могут способствовать получению достойной занятости за счет создания большого количества квалифицированных рабочих мест, которые обеспечивают хороший доход и приемлемые условия труда, привлекая квалифицированных молодых работников³⁵. Для реализации необходимых преобразований требуются подготовка кадров и наращивание потенциала (см. главы 4 и 5).

В условиях снижения доступности сельской рабочей силы в мире по мере преобразований в экономике (см. [рисунок 3](#)) поддержание и повышение производительности сельского хозяйства, вероятно, потребует автоматизации – по крайней мере, для выполнения трудоемких задач. Во многих регионах мира сокращение предложения рабочей силы в сельской

местности привело к увеличению заработной платы в сельском хозяйстве, способствуя дальнейшему внедрению трудосберегающих технологий^{3,36}.

Изменения в структуре потребления

Глобализация способствовала изменению рациона питания, пищевых предпочтений людей и потребительского спроса и привела к ужесточению стандартов безопасности пищевых продуктов³⁷. Потребители, особенно в странах с высоким уровнем дохода, все более внимательно относятся к тому, что они едят и как производятся, обрабатываются и транспортируются эти продукты³⁸. Растет и обеспокоенность по поводу различных рисков для здоровья, связанных с болезнями растений и животных или чрезмерным использованием пестицидов и других химикатов. Передовые технологии цифровой автоматизации могут облегчить своевременное выявление очагов заболеваний и обеспечить точный подбор схемы лечения уже на раннем этапе, что гарантирует безопасность потребителей и ограничивает финансовые потери производителей. Это особенно важно в животноводстве, поскольку порядка 60 процентов "новых" инфекционных болезней являются зоонозными, а автоматизированные системы могут быть очень эффективны с точки зрения профилактики зоонозов и борьбы с ними³⁹. Благодаря возможностям более точного выявления вредителей и болезней технологии цифровой автоматизации могут также способствовать сокращению использования пестицидов и химикатов в растениеводстве, обеспечивая эффективную защиту растений с минимальными рисками для здоровья. Ввиду своей исключительной точности и способности следовать стандартным процедурам обеспечения безопасности пищевых продуктов эти технологии могут предотвращать нашествия вредителей и вспышки болезней и бороться с ними эффективнее, чем это может сделать человек, что позволяет существенно повысить безопасность пищевых продуктов. Они не только более эффективно уничтожают патогенные микроорганизмы и блокируют пути передачи инфекции, но и сводят к минимуму использование химикатов⁴⁰.

Растущая озабоченность потребителей по поводу качества, вкуса и свежести продуктов питания является дополнительным стимулом для инвестиций в цифровую автоматизацию (например, в датчики и картографические системы), которые помогают контролировать температуру и влажность. Таким образом, одним из ключевых факторов, способствующих внедрению автоматизации в сельском хозяйстве, является быстрое изменение предпочтений и потребностей потребителей⁴¹.

Экологическая устойчивость и благополучие животных

В условиях нарастания экологических и этических проблем, связанных с производством и потреблением продуктов питания, автоматизация сельского хозяйства имеет решающее значение для будущего агропродовольственных систем. Особенно много преимуществ может принести цифровая автоматизация. С помощью групповой (роевой) робототехники (см. Глоссарий) можно уменьшать уплотнение почвы и загрязнение рек, создавая возможности для почвозащитного и ресурсосберегающего земледелия, а это, в свою очередь, будет способствовать сохранению земель, почв и биоразнообразия для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства и улучшению качества экосистемных услуг в сельскохозяйственных системах⁴². Цифровая автоматизация может также способствовать оптимизации использования природных ресурсов, таких как вода, например за счет автоматизированного орошения. Использование автономных роботов для выращивания плодово-ягодных кустарников может помочь сократить потребление фунгицидов и энергии, а если они будут работать на солнечной энергии, то и снизить выбросы углекислого газа. Но измеряя углеродный след, необходимо также учитывать энергоёмкость процессов создания таких роботов и других технологий, используемых в прецизионном земледелии⁴³.

Автоматизация сельского хозяйства может помочь справиться с некоторыми проблемами, связанными с изменением климата, облегчив тем самым усилия по адаптации. Особенно это касается цифровой автоматизации: применение этих технологий (например, в прецизионном земледелии) может повышать эффективность использования ресурсов в условиях, когда сельхозпроизводители сталкиваются со все большим количеством ограничений. Кроме того, в системах зондирования и раннего предупреждения они могут помочь справиться с неопределенностью и непредсказуемостью погодных условий, связанных с усложняющимся изменением климата.

Поскольку стада животных увеличиваются в размерах, а увеличение численности поголовья отрицательно сказывается на благополучии животных, задача грамотного управления животноводством становится все более сложной⁴⁴. В этом контексте фермерам могут помочь новые технологии автоматизации, такие как прецизионное животноводство, которые позволяют в режиме реального времени вести постоянный автоматизированный мониторинг и контроль продуктивности животных, воздействия на окружающую среду, а также параметров, связанных со здоровьем и благополучием животных⁴⁵. Целый ряд

различных систем, использующих такие технологии, как датчики, камеры и микрофоны, могут обнаруживать аномалии и сразу же предупреждать об этом фермеров, что дает им возможность вмешаться уже на ранней стадии. Но несмотря на то, что эти технологии весьма перспективны, их использование вызывает этические проблемы из-за их потенциального воздействия на отношения между человеком и животными (что крайне важно, поскольку это может повлиять как на благополучие, так и на продуктивность животных); это, в частности, касается объективации животных, а также понятия заботы о животных и профессиональной идентичности животноводов^{46, 47}. Оценивая различные технологии, необходимо учитывать как их преимущества, так и связанные с их использованием этические проблемы.

Возможности цифровой автоматизации в плане содействия повышению эффективности, производительности, инклюзивности, жизнестойкости и устойчивости сельского хозяйства во многом зависят от того, насколько успешно удастся преодолеть барьеры, стоящие на пути внедрения. Для этого нужны благоприятная обстановка и адекватные решения, адаптированные к местным потребностям и условиям. ■

ПРОБЛЕМЫ, СОПРЯЖЕННЫЕ С АВТОМАТИЗАЦИЕЙ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Как и любое развитие технологий, автоматизация сельского хозяйства может иметь негативные социальные и экологические последствия. Поэтому упомянутые выше преимущества совершенно необязательно реализуются на практике: для того, чтобы это произошло, необходимо грамотное управление. Инклюзивному и устойчивому внедрению автоматизации сельского хозяйства могут препятствовать сельскохозяйственные и общеэкономические структурные факторы. Так, например, во многих регионах серьезным препятствием является фрагментация земель, из-за которой автоматизация сельского хозяйства может оказаться экономически нецелесообразной. Возможности внедрения могут также зависеть от наличия необходимой инфраструктуры (дорог, связи, электричества), и в случае ее отсутствия производители из неблагоприятных и отдаленных районов могут оказаться на обочине процесса. При определенных условиях автоматизация сельского хозяйства может вытеснить сельскую рабочую силу и приводить к негативным экологическим последствиям, таким как деградация земель и утрата биоразнообразия.

Эти проблемы рассматриваются в следующих разделах и более подробно обсуждаются во второй и четвертой главах доклада.

Неравенство потенциала

Обещанные преимущества автоматизации сельского хозяйства могут быть распределены между производителями и другими заинтересованными сторонами неравномерно, что усугубляет существующее социальное неравенство и порождает его новый вид, поскольку предпочтение будет отдаваться и без того влиятельным производителям пищевых продуктов^{48, 49}. Такое может происходить, например, если технологические компании, уже являющиеся крупными и влиятельными рыночными игроками, владеют данными, которые они могут использовать вразрез с соответствующей политикой в области защиты данных, что приводит к возникновению монополии на данные⁵⁰. Неравенство также может усугубляться, если более крупные, богатые и образованные производители обладают большими возможностями (например, финансами, сельской инфраструктурой, квалификацией) для инвестирования в новые технологии или для переподготовки и приобретения новых навыков. Многим фермерам действительно может не хватать базовых возможностей для использования технологий цифровой автоматизации или понимания того, как они работают. Хороший специалист по сельскому хозяйству не обязательно должен быть экспертом в области цифровых технологий; то же касается и специалистов по распространению знаний и поставщиков услуг. Нарращивание потенциала и адаптация сельского хозяйства имеют важное значение для внедрения автоматизированного оборудования и его надлежащего использования; в полной мере использовать все возможности автоматизации фермеры могут только при наличии соответствующего потенциала¹⁵.

В этом отношении женщины чаще мужчин лишены возможности получить образование¹⁸ или имеют ограниченный доступ к финансам⁵¹. Мужчины обычно занимаются закупками и продажей урожая; владеют новым оборудованием и эксплуатируют его тоже они. В результате у женщин снижается возможность контролировать получаемый доход, и на их плечи ложатся более трудоемкие задачи: прополка и пересадка⁵². Сельская молодежь, особенно женщины, сталкивается со значительными трудностями на пути получения качественного образования и профессиональной подготовки; кроме того, они имеют ограниченный доступ к земле, кредитам и рынкам⁵³.

Проблема на рынке труда

Новые данные из других отраслей говорят о том, что автоматизация может увеличивать спрос на более высокооплачиваемые рабочие места, требующие среднего образования, где люди имеют сравнительное преимущество перед машинами (например, в таких вопросах, как управление данными и анализ), и снижать спрос на низкоквалифицированный труд (посев и уборка урожая)^{54,55}. С повышением уровня развития стран общая численность занятых в сельском хозяйстве снижается, но порядка 300–500 миллионов наемных работников по-прежнему работают на фермах⁵⁶. Во многих странах доля рабочей силы в сельском хозяйстве остается высокой, как, например, в Бурунди (86 процентов), Сомали (80 процентов), Малави (76 процентов), Чаде (75 процентов), Нигере (73 процента) и Уганде (72 процента), и это нередко сопровождается высокими показателями неграмотности, нищеты и гендерного неравенства.

В таких странах сокращение прямых потребностей в рабочей силе на единицу продукции может создавать новые виды неравенства или усугублять существующие. По этой причине в некоторых обстоятельствах автоматизация сельского хозяйства может быть политически непривлекательной и неосуществимой. Ее влияние на рабочую силу и заработную плату определяется рядом факторов, включая способность создавать новые и более перспективные рабочие места или альтернативные варианты достойной занятости в несельскохозяйственном секторе. Важно и то, перевешивает ли эффект масштаба, т.е. увеличение доходов фермеров в случае наращивания масштабов производства, эффект замещения, когда рабочая сила вытесняется из сектора⁵⁷. Однако при правильной политике и при наличии надлежащей нормативно-правовой базы автоматизация сельского хозяйства может создать дополнительные экономические возможности, способствовать достойной занятости, обеспечивающей хороший доход и приемлемые условия труда, а значит и возвращению интереса к сельскохозяйственному сектору со стороны молодежи.

Экологические проблемы

Существуют опасения, что при недостаточно грамотном управлении некоторые виды автоматизации сельского хозяйства, особенно связанные с тяжелой и крупногабаритной техникой, поставят под угрозу экологическую устойчивость и устойчивость к внешним факторам, что приведет к обезлесению, распространению монокультурного хозяйства, утрате биоразнообразия, деградации земель, уплотнению и эрозии почв, увеличению солености и сбоям в работе дренажных систем⁵⁸. К этим проблемам следует относиться серьезно, но многих из них можно избежать или свести их к

минимуму с помощью соответствующей политики и законодательства. Более того: некоторые достижения в области создания автоматизированных машин и оборудования, особенно малогабаритного, использующего искусственный интеллект, позволяют фактически обратить вспять некоторые негативные последствия для окружающей среды, связанные с использованием старого автоматического оборудования (см. главу 3).

Потенциальные возможности, проблемы и последствия автоматизации сельского хозяйства зависят от конкретной технологии, ее особенностей, а также от того, насколько хорошо она соответствует местным условиям и адаптирована к местным реалиям. Совокупность технологий, которые могут быть внедрены, определяется также уровнем социально-экономического развития и институциональными и политическими ограничениями. Соответственно, результаты автоматизации сельского хозяйства, как положительные, так и отрицательные, в значительной степени зависят от местной специфики. Поэтому, прежде чем предлагать конкретные решения по автоматизации, необходимо оценить, подходят ли для этого экологические, социальные и политические условия соответствующей страны или региона. Не все технологии автоматизации пригодны во всех обстоятельствах: бывает так, что приходится использовать какие-то адаптированные варианты. ■

ПРЕВРАЩЕНИЕ ПРОБЛЕМ В ВОЗМОЖНОСТИ

Для того чтобы полностью реализовать свой потенциал, технологии автоматизации сельского хозяйства должны быть доступны всем, особенно мелким сельхозпроизводителям из стран с низким уровнем дохода, где до сих пор широко используется ручной инструмент и тяговая сила животных, что снижает производительность сельского хозяйства и негативно сказывается на средствах к существованию. Другими словами, процесс автоматизации не должен зависеть от размеров хозяйств. При благоприятном стечении обстоятельств может даже оказаться возможным, минуя несколько этапов технологической эволюции, сразу перейти от низкотехнологичного сельского хозяйства, основанного на ручном труде или использовании тяловых животных, к автоматизированному сельскохозяйственному производству. Помочь в этом могут технологии, которые по своей сути не зависят от размеров хозяйства, где они должны применяться, инновационные институциональные механизмы (например, кооперативы и ассоциации), а также рыночные механизмы, позволяющие мелким сельхозпроизводителям преодолевать ограничения, связанные с масштабом. Например, дорогостоящее и

сложное сельскохозяйственное оборудование может быть предоставлено местным фермерам в аренду (напрокат), причем арендодателями часто выступают производители, которые сами вложили средства в тяговых животных и/или в тракторы и аналогичное оборудование.

Очень перспективны в плане организации услуг проката оборудования цифровые инструменты. С их помощью можно создавать новые бизнес-модели для внедрения технологий автоматизации мелкими сельхозпроизводителями. Одной из таких схем является "Убер" для тракторов: как и приложение "Такси Убер", она позволяет производителям получать доступ к услугам проката тракторов. Робототехника и искусственный интеллект основаны на цифровых технологиях, поэтому странам необходимо добиваться более широкого доступа к цифровым технологиям, содействуя развитию ключевой инфраструктуры, соответствующих правовых механизмов и необходимых знаний и навыков.

Для достижения этой цели как сельхозпроизводители, так и правительства должны для начала признать экономические, социальные и экологические преимущества распространения и внедрения цифровых технологий. После этого жизненно важно обеспечить наличие этих технологий, их инклюзивность, доступность и адаптивность к местным условиям, с возможностью охвата широкого круга потенциальных бенефициаров, с тем чтобы избежать нарастания технологического разрыва, который ставит в невыгодное положение уязвимые группы (например, женщин) и жителей отдаленных районов. В 2018 году ФАО и Комиссия Африканского союза запустили рамочную программу устойчивой механизации сельского хозяйства в Африке, включающую перечень приоритетных вопросов, которые страны должны учитывать, разрабатывая свои стратегии устойчивой механизации сельского хозяйства⁵⁹. В соответствии с этой рамочной программой механизация должна внедряться во всех звеньях сельскохозяйственной производственно-сбытовой цепочки, проводиться под руководством частного сектора, быть экологически приемлемой и климатически оптимизированной, а также целесообразной и доступной с экономической точки зрения, особенно для мелких фермеров, которые составляют основную часть африканских фермеров. Важно также, чтобы она была ориентирована на интересы женщин и молодежи, в частности для того, чтобы сельское хозяйство стало более привлекательным выбором в плане достойной занятости и предпринимательства.

Поэтому, содействуя внедрению автоматизации, необходимо ориентироваться на технологии, адаптированные к местным условиям и конкретным потребностям производителей. То, что подходит в одних обстоятельствах, в других может оказаться бесполезным. В этом смысле, как показывают исследования,

фермеры сами могут быть лидерами инноваций. Например, в Мьянме внедрение технологий 3D-печати повышает эффективность сельского хозяйства и открывает новые возможности для жителей бедных сельских районов: они могут проявить творческую жилку и лично поучаствовать в производстве сельскохозяйственных материалов, деталей сельхозтехники и инструментов⁶⁰. Поскольку сельхозпроизводители все чаще становятся лидерами инноваций в области развития технологий, изменились и соответствующая терминология и подходы; теперь они включают инновационное системное мышление с акцентом на участие заинтересованных сторон на различных уровнях, включая фермеров и консультантов по сельскому хозяйству. Особое внимание необходимо уделять распространению знаний и обмену ими, сотрудничеству между государственными и частными субъектами, обеспечению участия, а также совместной разработке идей и решений⁶¹.

Решения в области автоматизации должны учитывать как национальные, так и региональные особенности систем сельскохозяйственных инноваций: универсального подхода к внедрению, который годился бы повсюду в мире, не существует. Внедрять проверенные и опробованные решения в новой среде или в другой ситуации следует с известной осторожностью. Успех внедрения всецело зависит от конкретных обстоятельств. ■

О ЧЕМ ЭТОТ ДОКЛАД?

В настоящем докладе рассматривается роль автоматизации в первичном сельскохозяйственном производстве (в растениеводстве, животноводстве, лесном хозяйстве, рыболовстве и аквакультуре). В контексте агропродовольственных систем в целом затрагиваются также вопросы автоматизации в нижних звеньях производственно-сбытовой цепочки, смежных с первичным производством, например на этапах послеуборочной обработки и переработки на ферме, но основное внимание уделяется все-таки первичному производству. Предмет доклада ограничен первичным производством и начальными звеньями производственно-сбытовой цепочки по двум причинам. Во-первых, автоматизация первичного производства и других видов хозяйственной деятельности на ферме имеет решающее значение для достижения ЦУР, связанных с укреплением продовольственной безопасности и улучшением питания, сокращением масштабов нищеты (в сельской местности) и повышением экологической устойчивости. В условиях усиливающихся потрясений и стрессов автоматизация сельского хозяйства может также способствовать созданию устойчивых источников средств к существованию в сельских районах. Кроме того, она может помочь обеспечить более безопасные условия труда для

сельхозпроизводителей и работников. Во-вторых, при том, что автоматизация сельского хозяйства действительно не происходит в отрыве от аналогичных трансформационных процессов в других компонентах агропродовольственных систем, представить углубленный анализ ее движущих сил и последствий за пределами первичного производства в рамках одного выпуска этого доклада было бы чересчур сложной задачей.

Поэтому основное внимание в докладе уделено тому, каким образом автоматизация в сельском хозяйстве и в начальных звеньях продовольственной товаропроводящей цепочки может способствовать устойчивому и инклюзивному повышению производительности труда в сельском хозяйстве и агропродовольственных системах в целом и способствовать достижению ЦУР. В частности, рассматриваются пути устранения барьеров, стоящих на пути внедрения, и возможности придать изменениям, которые происходят благодаря автоматизации, более инклюзивный характер и увязать их с задачами по сокращению масштабов нищеты, повышению продовольственной безопасности и улучшению питания, а также обеспечению экологической устойчивости.

В докладе обсуждаются следующие вопросы:

- ▶ Какие факторы способствуют автоматизации сельского хозяйства и какие препятствия стоят на пути ее внедрения, особенно в странах с низким уровнем дохода и с уровнем дохода ниже среднего?
- ▶ Каков выигрыш в эффективности, который может стать аргументом в пользу автоматизации?
- ▶ Как адаптировать автоматизацию к потребностям разных категорий мелких производителей, в частности женщин и молодежи?
- ▶ Каковы вероятные последствия автоматизации для рынка труда, возможностей достойной занятости и обеспечения инклюзивного подхода?
- ▶ Как автоматизация может способствовать экологической устойчивости и жизнестойкости в условиях потрясений и стрессов?























Доклад подготовлен по материалам 27 тематических исследований, охватывающих весь спектр технологий автоматизации, представленных на [рисунке 2](#), на производствах различного масштаба (малых, средних и крупных) и в различных секторах (в растениеводстве, животноводстве, аквакультуре, агролесоводстве). Эти тематические исследования ориентированы на различные категории поставщиков услуг, включая частные компании, некоммерческие организации и ассоциации производителей из всех регионов мира. В [таблице 1](#) показан охват тематических исследований (виды используемых технологий, размеры предприятий/хозяйств, на которых были внедрены эти технологии, и их системы производства). В Приложении 1 приведено краткое описание каждого из этих тематических

исследований, а с более подробным описанием можно ознакомиться в материалах двух заказных технических исследований^{62,63}. При подготовке доклада также использовались четыре других справочных документа, в которых обобщены факты из имеющихся источников и данные по этой тематике^{20,64,65,66}. По вопросам, не охваченным профильными документами и тематическими исследованиями, таким как лесное хозяйство или малая механизация, в докладе использованы примеры из литературы, а также данные обследований, в том числе из Информационной системы ФАО по источникам средств к существованию жителей сельских районов (РуЛиС) и Исследования критериев оценки уровня жизни, проводимое Всемирным банком (ИКОУЖ).

Разбивка тематических исследований по категориям отражает основные проблемы, возможности и потенциальные последствия внедрения автоматизации в различных обстоятельствах. Они касаются, в частности, следующих вопросов: i) затраты на внедрение (стоимость покупки или эксплуатационные расходы), из-за которых автоматизация может оказаться невыгодной для некоторых производителей; ii) знания, возможности и потенциал – например, производителей (которым может не хватать цифровой грамотности или они не знают, как управлять некоторыми автоматизированными устройствами) или молодежи и других заинтересованных сторон; iii) наличие инфраструктуры для управления данными и использования информационных технологий (ИТ), необходимой для сбора, обработки и обмена данными; iv) доступность технического обслуживания и возможности ремонта оборудования и оказания технической поддержки; v) здоровье и безопасность (автоматизация может значительно снижать необходимость тяжелого физического труда, но при этом усиливать угрозы в области кибербезопасности и увеличивать риск несчастных случаев на производстве); vi) потенциальные достижения и проблемы для устойчивого развития и окружающей среды, в том числе связанные с использованием энергии; и vii) роль культуры и традиций, которые могут как способствовать, так и препятствовать внедрению новых технологий.

Оставшаяся часть доклада структурирована следующим образом. Во второй главе представлен обзор технологий автоматизации сельского хозяйства, обсуждаются тенденции в области внедрения и их движущие силы, а также их различия в разных регионах. Рассматривается вопрос о том, как технологии цифровой автоматизации дополняют или заменяют старую моторизованную технику, и приводится анализ потенциала цифровых решений для немеханизированного сельского хозяйства. В третьей главе представлены экономическая модель технологий автоматизации сельского хозяйства и те проблемы, с которыми сталкиваются производители

ТАБЛИЦА 1 КОЛИЧЕСТВО ТЕМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАЗБИВКЕ ПО РАЗМЕРАМ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, УРОВНЯМ АВТОМАТИЗАЦИИ И СЕКТОРАМ

КАТЕГОРИИ АВТОМАТИЗАЦИИ	РАЗМЕР СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ		
	Мелкое	Среднее	Крупное
Механизация с использованием моторизованной техники	 (3)	 (2)	 (1)
	 (1)	 (1)	 (1)
Цифровое оборудование	 (1)		
	 (2)	 (2)	
	 (11)	 (9)	 (12)
	 (4)	 (3)	 (2)
Робототехника с ИИ		 (1)	
	 (1)	 (4)	 (5)
	 (1)		
		 (2)	 (2)



Агроресководство



Аквакультура



Растениеводство



Животноводство

ПРИМЕЧАНИЯ. Цифры в скобках – это количество тематических исследований, охватывающих данный сектор и данный размер производства. Одно тематическое исследование может охватывать более одного измерения, поэтому сумма чисел в скобках превышает 27. Ни одного случая использования мелкими фермерами робототехники с искусственным интеллектом (ИИ) выявлено не было, но потенциал этой технологии для мелких фермеров рассмотрен в специальном справочном документе⁶⁵.

ИСТОЧНИК: разработка ФАО для настоящего доклада.

и поставщики услуг. Обсуждается роль политики, законодательства и инвестиций в формировании личных стимулов и рассматриваются пути преодоления барьеров на пути внедрения, вопросы адаптации решений в области автоматизации к местным потребностям, а также использование цифрового оборудования для повышения экологической устойчивости. Четвертая глава посвящена влиянию (как положительному, так и отрицательному) автоматизации сельского хозяйства на ситуацию с достойной занятостью и спросом на рабочую силу. Особое внимание уделено уязвимым группам, таким как женщины и молодежь. Пятая глава завершает доклад дорожной картой с указанием мер

в области политики, законодательства и инвестиций, которые необходимы для устранения барьеров, стоящих на пути внедрения технологий автоматизации сельского хозяйства, и для содействия созданию с их помощью эффективных, продуктивных, устойчивых, жизнестойких и инклюзивных агропродовольственных систем. В этой главе также рассматриваются те уступки, которые могут оказаться необходимыми для обеспечения баланса этих целей, и определены варианты расстановки приоритетов, которыми должны руководствоваться страны в своих действиях с учетом уровня их экономического развития, имеющихся институтов и задач, стоящих перед их директивными органами. ■



**РОССИЙСКАЯ
ФЕДЕРАЦИЯ**
Роботы задают корм
коровам.
©ANDREY-SHA74/
Shutterstock.com



ГЛАВА 2

АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ОСМЫСЛЕНИЕ ПРОШЛОГО И ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ

ОСНОВНЫЕ ТЕЗИСЫ

→ Механизация с использованием моторизованной техники является важной формой автоматизации сельскохозяйственного производства и одним из важнейших элементов преобразований сельского хозяйства во всем мире, но ее внедрение идет неравномерно. Особенно отстают в этом отношении страны Африки к югу от Сахары.

→ Для того чтобы улучшить доступ к возможностям устойчивой механизации для мелких сельхозпроизводителей, включая женщин, молодежь и другие маргинализированные группы, необходимы технологические и институциональные инновации, например рынки услуг по механизации, развитию которых способствуют цифровые платформы.

→ Расширение использования цифровых технологий и их разнообразие позволяют проводить преобразования сельского хозяйства даже в странах с низким и средним уровнями дохода – в частности потому, что эти технологии становятся более доступными.

→ Факторы, способствующие внедрению, разнятся в зависимости от обстоятельств и конкретной технологии. Так, главным стимулом к внедрению доильных роботов является возможность обеспечить более гибкий график работы и улучшить качество жизни работников сельского хозяйства, стимулом к внедрению технологий автоматизации в растениеводстве прежде всего является повышение рентабельности, а в лесном хозяйстве важную роль играет повышение безопасности условий труда.

→ Для стран, находящихся на разных этапах развития, целый ряд технологических решений доступен уже сейчас, и еще больше находится в стадии разработки. С помощью надлежащих мер политики и законодательства правительства могут продвигать решения, отвечающие конкретным условиям и потребностям различных производителей.

→ В частности, мелким сельхозпроизводителям необходим доступ к недорогим технологиям цифровой автоматизации, который позволит им внедрять эти технологии с выгодой для себя.

В прошлом, на протяжении нескольких столетий, основным источником энергии в сельском хозяйстве были мускульная сила человека и тягловые животные. До недавнего времени автоматизация сельского хозяйства в основном заключалась в замене тягловых животных и человеческого труда моторизованным оборудованием во многих сельскохозяйственных операциях, включая подготовку земли к севу, прополку, уборку урожая, орошение, доение и кормление животных, а также технические работы на ферме, такие как обмолот и помол зерна.

В последнее время в сельском хозяйстве получили применение технологии цифровой автоматизации (см. [рисунок 2](#)), которые используются через различные приложения: иногда они интегрированы в существующую сельхозтехнику, иногда применяются с использованием других носителей. В обоих случаях эти технологии способны улучшить качество диагностики и принятия решений сельхозпроизводителями. Если сельхозтехника оснащена цифровой автоматикой, то сельскохозяйственные операции могут выполняться с большей точностью, что обеспечивает дальнейшее повышение эффективности и производительности труда.

Таким образом, эти технологии могут преобразовать источники средств к существованию в сельской местности и связанный с ними сельскохозяйственный ландшафт, в том числе ситуацию в растениеводстве, животноводстве, аквакультуре и лесном хозяйстве. В растениеводстве они могут повысить продуктивность таких факторов производства, как семена, удобрения и вода.

В животноводстве и аквакультуре они способны сократить трудоемкость операций и повысить их своевременность, а также увеличить эффективность использования факторов производства, например кормов. Во всех секторах сельского хозяйства, особенно в лесном хозяйстве, техника может улучшить условия труда и обеспечить более безопасную среду для работников.

В этой главе рассматриваются мировые тенденции в области технологий автоматизации, проводится анализ их различий в разных странах и регионах и причины, которыми обусловлены эти различия. Из-за нехватки данных изложение в значительной степени опирается на конкретные примеры из литературы и на два справочных документа, подготовленных для настоящего доклада^{1,2}. (Подробное описание 27 заказанных для подготовки данной публикации тематических исследований см. в Приложении 1). Процесс представлен в исторической перспективе, начиная с внедрения моторизованной техники и ее распространения в странах с высоким уровнем дохода и заканчивая ее последующей передачей в некоторые страны с низким и средним уровнями дохода. Рассматриваются факторы, способствующие автоматизации сельского хозяйства, препятствия, стоящие на пути ее внедрения, и их влияние на освоение технологий автоматизации в разных регионах. Обозначены также некоторые компромиссы, связанные с автоматизацией, в том числе возможное негативное воздействие моторизованной техники на окружающую среду. Рассматривается вопрос о том, как цифровые технологии преобразуют процесс использования сельхозтехники, и приводится анализ потенциала цифровых решений для немеханизированного сельского хозяйства. В заключение дается описание ситуации с развитием технологий цифровой автоматизации в мире и их потенциала в плане вытеснения традиционной моторизованной техники и устранения некоторых негативных последствий ее использования. ■

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ МЕХАНИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОТОРИЗОВАННОЙ ТЕХНИКИ

Показатели внедрения существенно разнятся в зависимости от региона

Моторизованная техника получает все более широкое распространение во всем мире. Имеющиеся данные говорят о том, что в широких масштабах ее внедрение началось в Соединенных Штатах Америки, где тракторы стали основным источником энергии на фермах, заменив в период с 1910 по 1960 год порядка 24 млн тягловых животных³. В Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии тракторы начали применяться в 1930-х годах, но в остальных странах, в частности в Японии и в некоторых странах Европы (в Германии, Дании, Испании, Франции и бывшей Югославии), преобразования сельского хозяйства были отложены примерно до 1955 года, после чего внедрение моторизованной техники пошло очень быстро, и она полностью заменила тягловых животных⁴. Использование тракторов в хозяйствах стало одной из важнейших вех модернизации двадцатого века, поскольку это позволило внедрить – и даже стимулировало – инновации в конструкциях других видов сельскохозяйственной техники, таких как молотилки, уборочные комбайны и целый спектр рабочего оборудования⁵. Это значительно облегчило тяжелый труд в сельском хозяйстве и позволило фермерам решать свои задачи более своевременно. На более позднем этапе значительный прогресс во внедрении моторизованной техники был достигнут во многих странах Азии и Латинской Америки⁶. Единственным регионом, где этот процесс в последние десятилетия застопорился, является субсахарская Африка⁷, хотя в некоторых африканских странах механизация сельского хозяйства шла быстрее.

Общеизвестно, что возможности анализа тенденций в области внедрения сельхозтехники сильно ограничены нехваткой данных. Серьезной проблемой в области сбора данных является большое разнообразие техники и сопутствующего оборудования, используемого в рамках механизации сельского хозяйства (о том, как ФАО планирует решать эту проблему, см. во **врезке 1**). Вся сельхозтехнику можно подразделить на две большие категории: i) моторизованная техника: тракторы, водяные

До 2009 года в ФАОСТАТ регулярно публиковалась информация об использовании сельскохозяйственной техники и оборудования и о торговле ими (объемы и стоимость). Была опубликована статистика за период с 1961 года по относительно небольшому числу позиций, включая сельскохозяйственные тракторы, комбайны и молотилки, доильные аппараты, почвообрабатывающие машины и сельхозтехнику.

Основным источником для каждого набора данных был рассылаемый национальным партнерам ежегодный вопросник, касавшийся как использования техники, так и торговли ею. Некоторые данные, собранные с помощью этого вопросника, были получены из национальных сельскохозяйственных переписей, которые обычно проводятся каждые десять лет, и по возможности обновлены с использованием статистических ежегодников и других министерских источников и информационных порталов в период между переписями. Большинство стран предоставляли данные о торговле без указания количества единиц используемого оборудования; это вызывало беспокойство в связи с необходимостью повышения качества данных и уровня детализации наборов данных.

В начале 2010-х годов ФАО выпустила новую редакцию этого вопросника, в которой странам было предложено представить более подробную информацию, особенно в отношении типов сельхозтехники. Полученные данные были дополнены сведениями о торговле (количества и стоимость) из базы данных "Комтрейд ООН", а все оставшиеся пробелы в данных заполнены с использованием ряда вторичных источников, включая страновые тематические исследования.

Однако эта редакция вопросника не получила ожидаемого уровня отклика. Дополнительную информацию смогли предоставить всего несколько стран, а надежность информации из внешних источников оказалась невысокой. В результате рассылка вопросника в этой редакции была прекращена, и в настоящее время доступны только данные за 2009 год (собраны в 2011 году). По этой причине о динамике внедрения сельхозтехники и оборудования за последние десять лет известно очень мало. И это серьезный пробел в наших представлениях о характере развития сельскохозяйственных систем.

Статистический отдел ФАО приступил к обновлению базы данных о сельхозтехнике путем объединения сведений из различных источников. Эта методика пока еще находится на стадии разработки и по сравнению с используемой ранее в большей степени полагается на данные обследований и сельскохозяйственных переписей. В ближайшие годы данные обследований, вероятно, будут собирать в рамках ряда проектов с участием ФАО, включая Программу комплексного обследования сельского хозяйства (AgriSurvey) и инициативу "50x2030". Эти проекты направлены на оказание технической помощи и содействие сбору данных в сельском хозяйстве по целому ряду тем и социально-экономических и экологических переменных с использованием экономного модульного подхода, охватывающего периоды между переписями. Одним из предлагаемых модулей являются данные о наличии и использовании сельхозтехники.

Кроме того, на систематической основе публикуется все больше микроданных, полученных в ходе сельскохозяйственных переписей. Данные об использовании сельхозтехники в периоды между переписями можно получать из ряда обследований, таких как Исследование критериев оценки уровня жизни, проводимое Всемирным банком (ИКОУЖ), и аналогичные национальные обследования. Некоторые согласованные показатели и микроданные, полученные в результате таких обследований, включены в базу данных Информационной системы ФАО по источникам средств к существованию жителей сельских районов (РуЛиС), которая является еще одним источником данных об использовании техники.

Обновленный набор данных будет включать количество используемых и произведенных единиц техники и оборудования и объемы импортируемой и экспортируемой техники (и их относительную рыночную стоимость).

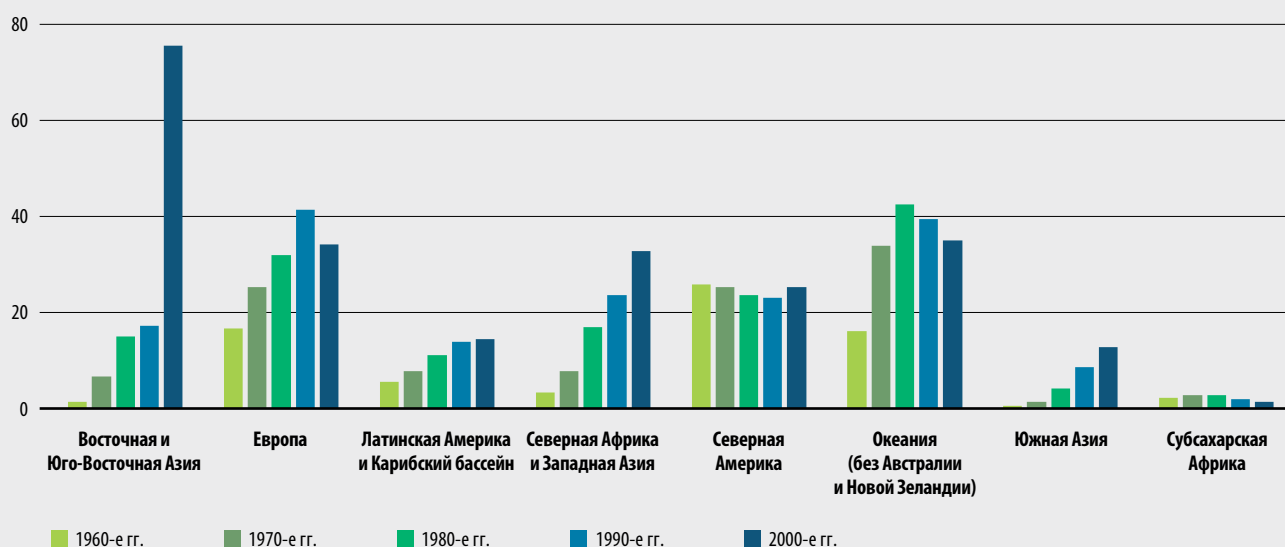
ФАО планирует оценить все возможные надежные источники путем сбора и обработки данных и создания к 2023 году единого стандартизированного набора данных. В долгосрочной перспективе домен данных о сельхозтехнике будет обновляться с использованием сведений, собираемых с помощью новой редакции вопросника, для распространения между странами.

насосы и уборочные комбайны; и ii) вспомогательное механическое оборудование без двигателей, используемое в сочетании с моторизованной техникой (например, рабочее оборудование тракторов, такое как плуги и сеялки, а также ирригационные системы). Сбор данных обычно ведется по моторизованной технике, но даже по этой категории данных крайне мало из-за того, что агроэкологические и аграрные условия в разных странах сильно различаются. Различные агроклиматические зоны, почвенные условия, рельеф местности и ориентация производства требуют использования различных типов техники и оборудования. В частности, тракторы могут быть разных размеров и иметь

различные характеристики (например, они бывают двух- и четырехколесными). В разных системах животноводства и аквакультуры могут использоваться очень разные типы оборудования: в случае животноводства это могут быть разные системы кормления и разные доильные аппараты.

На **рисунке 4** показан процесс механизации сельского хозяйства во всех регионах мира за период с 1961 по 2009 год. Этот рисунок составлен на основе последних имеющихся данных – с той оговоркой, что эти данные являются обрывочными и устарели. Следует отметить, что в этом показателе (количество используемых тракторов на 1000 га пахотных земель) не учитываются ни размер

РИСУНОК 4 КОЛИЧЕСТВО ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ТРАКТОРОВ НА 1000 ГА ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ



ПРИМЕЧАНИЯ. Тракторами называются используемые в сельском хозяйстве тракторы на колесном или гусеничном ходу, а также тягачи. Начиная с 2000 года в определенной подгруппе стран учитывался также четвертый тип тракторов (пешеходный трактор, или мотоблок). Учитывались только те страны, которые в период с 1961 по 2009 год предоставляли соответствующие данные постоянно (всего 108 стран). Страны Центральной Азии из-за отсутствия данных в анализ не вошли. Полный перечень стран, включая те 33 страны, для которых начиная с 2000 года в анализе учитывался четвертый тип тракторов (пешеходный трактор), приведен в Приложении 2. ИСТОЧНИК: ФАО, 2021⁹.

трактора, ни наличие других видов оборудования. Однако его использование в качестве косвенного показателя для оценки уровня общей механизации частично может быть оправдано отсутствием других данных, а также тем, что тракторы являются сейчас основным источником энергии для множества сельскохозяйственных операций, таких как подготовка почвы, посев, внесение удобрений и опрыскивание химикатами. Помимо транспортировки, тракторы могут также обеспечивать подачу энергии для перекачки воды для орошения, а также для работы доильных аппаратов.

Имеющаяся статистика по количеству тракторов на 1000 га пахотных земель (см. рисунок 4) говорит о том, что в разных регионах темпы механизации различались. Если в странах с высоким уровнем дохода (Северная Америка, Европа и Океания) уровень механизации был высоким уже в 1960-х годах, то в регионах с преобладанием стран с низким и средним уровнями дохода этот показатель был ниже. В период с 1990-х по 2000-е годы в Европе наблюдалось снижение уровня использования тракторов; заметнее всего это было в Российской Федерации (более чем на 50 процентов), что, вероятно, объясняется политическими и экономическими преобразованиями в стране в этот период. Но существенное сокращение наблюдалось и в других странах, например в Албании, Дании, Германии, Ирландии и Нидерландах, и причины этого не ясны. Возможно, дело тут в том, что по мере совершенствования конструкции тракторов и с увеличением концентрации ферм и сельхозугодий площадь в гектарах (га), обслуживаемая одной машиной, увеличивается.

В Азии и Северной Африке после 1960-х годов механизация пошла быстрыми темпами. Например, в Восточной, Юго-Восточной и в Южной Азии количество тракторов на 1000 га увеличилось в 56 и 36 раз соответственно: с 2,7 млн тракторов в 1960-х годах до 20,3 млн единиц в 2000-х годах. Однако частично этот экспоненциальный рост, наблюдавшийся в Восточной и Юго Восточной Азии в 2000-х годах, может быть обусловлен включением в анализ четвертого типа тракторов (пешеходных): в таких странах, как Китай, Мьянма и Филиппины, это существенно увеличило совокупные показатели. В Северной Африке и Западной Азии этот показатель увеличился за тот же период на порядок (с 3 до 33 единиц на 1000 га). Значительный рост наблюдался и в Латинской Америке и Карибском бассейне: там в 2000-х годах количество тракторов на 1000 га пахотных земель выросло по сравнению с 1960-ми годами почти втрое, с пяти до 14 единиц. Единственным регионом, где заметного прогресса в области механизации сельского хозяйства не наблюдалось, была субсахарская Африка. Там количество используемых тракторов увеличивалось очень медленно, достигнув всего 2,1 млн в 1980-х годах (т.е. 2,8 трактора на 1000 га пахотных земель), а в 2000-х годах снизилось до 700 000 (1,3 на 1000 га). Низкий уровень механизации в этом регионе подтверждается результатами недавнего исследования положения дел с механизацией сельского хозяйства в 11 странах: было установлено, что основным типом используемого оборудования в этих странах являются легкие ручные орудия труда. Это исследование показывает, что доступ к тракторной технике есть всего

у 18 процентов опрошенных домохозяйств, остальные же используют либо простые ручные инструменты (48 процентов), либо оборудование, приводимое в движение животными (33 процента)⁸.

Данные по Азии и Северной Африке свидетельствуют о том, что там уже в 1960-х годах повсеместное использование тягловой силы животных способствовало последующему переходу на моторизованную технику. Этому процессу также содействовали интенсификация сельского хозяйства, обусловленная "зеленой революцией", а затем – повышение заработной платы в сельской местности в результате индустриализации и структурных преобразований⁶. Аналогичные тенденции наблюдались в Латинской Америке и Карибском бассейне, где механизация сельского хозяйства осуществлялась в основном силами частных субъектов. Важную роль в этом сыграли и правительства, которые создали благоприятные условия для механизации. С этой целью, в частности, проводились государственные программы, в рамках которых обеспечивался доступ к дешевым кредитам и налоговые льготы; так было в Аргентине, Коста-Рике, Перу и Эквадоре^{10,11}. Кроме того, в нескольких странах (например, в Перу) были отменены импортные пошлины на сельхозтехнику¹⁰.

Появление в некоторых странах Азии (Китай и Индия) и Латинской Америки и Карибского бассейна (Бразилия, Мексика и, в некоторой степени, Аргентина) секторов производства надежной сельхозтехники привело к диверсификации экспорта сельскохозяйственной техники во всем мире¹¹. Это снизило затраты на приобретение как малогабаритной техники, например двухколесных тракторов (особенно в Азии), так и четырехколесных тракторов, а также другого оборудования, в частности насосов для неглубоких скважин, молотилок и зерновых мельниц^{12,13,14}. Есть также данные в пользу того, что механизации сельского хозяйства способствовал рост рынков аренды сельхозтехники, поскольку у мелких производителей появилась возможность получить ее по доступным ценам⁶.

В субсахарской Африке в 1960-х и 1970-х годах предпринималось много усилий по содействию механизации: фермерам предоставлялись субсидии на покупку техники, создавались укрупненные и государственные фермерские хозяйства, государственные центры проката техники, часто при поддержке доноров^{15,16}. Эти усилия оказались дорогостоящими и по большей части не имели успеха из-за слабой инфраструктуры, недостатка инвестиций в развитие знаний и навыков, отсутствия необходимых возможностей для ремонта и обслуживания техники, ограниченного доступа к топливу и запасным частям, отсутствия реального спроса на механизацию, а также из-за проблем управления,

таких как чиновничьи поборы и коррупция^{6,16}. В странах Африки к югу от Сахары и в других регионах, где уровень механизации остается низким, по-видимому, отсутствует поддержка этого процесса со стороны государственного сектора, который должен обеспечивать благоприятные условия для механизации, например путем содействия развитию необходимых знаний и навыков, предоставления доступа к финансированию и создания сельской инфраструктуры¹¹. Одним из главных приоритетов любой стратегии устойчивой механизации сельского хозяйства в этом регионе должна быть организация финансово устойчивых служб проката техники (см. [врезку 2](#)).

Данных о механизации без использования тракторов еще меньше, но есть свидетельства в пользу того, что даже в странах Африки к югу от Сахары некоторые стационарные операции уже давно механизированы: например, для помолы, который является энергоемкой операцией, используются механические мельницы¹⁶. Но механизация целого ряда операций, включая сбор урожая и прополку, по-прежнему практикуется далеко не везде. Кроме того, несмотря на то, что использование уборочных комбайнов и стационарных молотилок в ряде стран растет, эту технику можно использовать только для уборки зерновых культур. За очень малым исключением, производство фруктов и овощей в мире практически не механизировано⁶.

Усредненные региональные показатели не отражают важных внутрирегиональных и даже национальных различий

Несмотря на то что в некоторых регионах средние показатели использования тракторов оказались выше, внутри самих регионов могут наблюдаться существенные различия, обусловленные особенностями структурных и сельскохозяйственных преобразований и уровнем технического прогресса. Так, в Японии в 1960-х годах процесс внедрения тракторов шел очень быстро, а в других странах этого региона (например, в Таиланде) он начался только в 1990–2000-х годах⁹. В Китае же повсеместное использование тракторов началось в 1970-х и 1980-х годах, а в Бангладеш, Индии, Мьянме и Шри-Ланке, по недавним оценкам, до 90 процентов сельскохозяйственных угодий (в основном используемых для выращивания риса) обрабатывается с использованием моторизованной техники^{18,19,20,21}. В некоторых азиатских странах ограничением для механизации являются топографические условия, из-за которых ее внедрение может идти неравномерно^{6,14}. Например, в горных районах Непала тракторы и мотоблоки используют лишь 23 процента сельхозпроизводителей страны, а в равнинной зоне, Тераи, эта доля достигает 46 процентов. В Латинской Америке и Карибском бассейне наблюдаются »

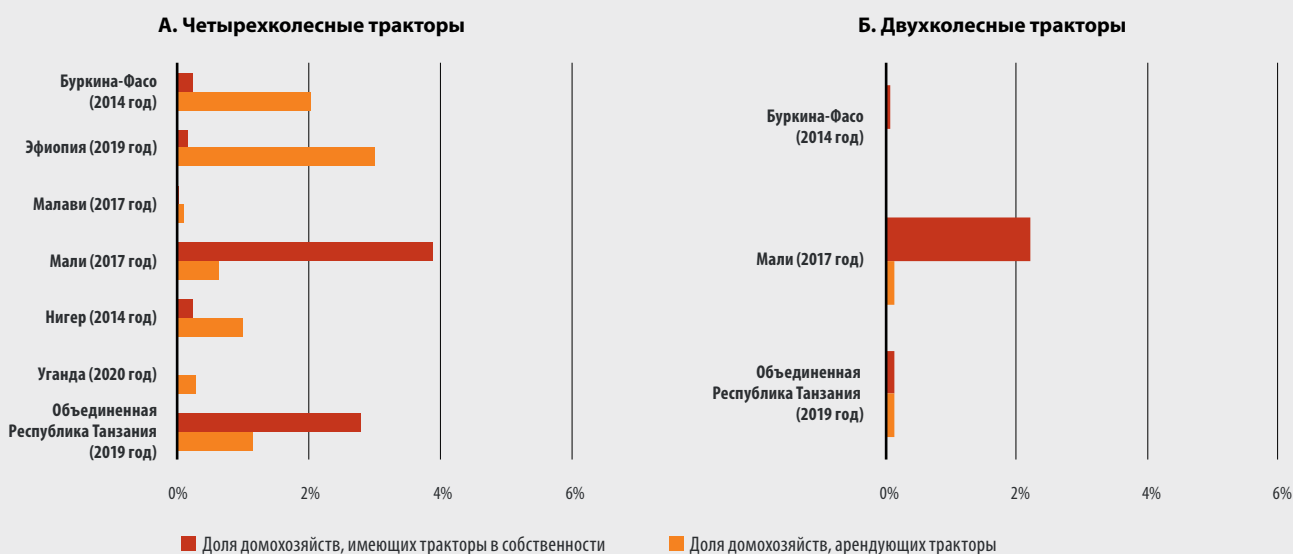
ВРЕЗКА 2 КАК ПОНИМАЮТ МЕХАНИЗАЦИЮ В СТРАНАХ АФРИКИ К ЮГУ ОТ САХАРЫ

В субсахарской Африке в сельском хозяйстве до сих пор используются преимущественно ручной труд человека и тяговая сила животных, что ограничивает производительность. Одним из наиболее распространенных (с разной степенью успеха) видов сельскохозяйственной техники в последние семь десятилетий является трактор¹⁵. Но для большинства фермеров тракторы по-прежнему слишком дороги и недоступны. Поэтому важнейшим решением, позволяющим фермерам, особенно мелким, получить доступ к услугам механизации, являются устойчивые механизмы аренды техники. В этом регионе действуют службы проката тракторов, где можно арендовать как традиционные (четырёхколесные) тракторы, так и – в последнее время и в меньшей степени – мотоблоки (двухколесные тракторы). У государственных служб проката тракторов репутация плохая, но в регионе есть тысячи частных лиц, которые владеют тракторами и могут предоставить фермерам услуги проката. В качестве примера можно привести фирму TROTRO Tractor из Ганы (см. [врезку 3](#)).

На рисунке представлен краткий обзор текущей ситуации с использованием (на правах собственности или аренды) четырехколесных (слева) и двухколесных (справа) тракторов в отдельных странах Африки к югу от Сахары, по которым есть данные из проекта "Исследование критериев оценки уровня жизни – комплексные обследования сельского хозяйства".

Количество домохозяйств, имеющих тракторы в собственности (даже двухколесные, которые обычно дешевле), по-прежнему очень невелико. Наличие услуг аренды тракторов лишь незначительно увеличивает доступ к четырехколесным тракторам. Низкий уровень использования двухколесных тракторов в сочетании с практическим отсутствием рынка аренды говорит о том, что поставщикам еще только предстоит создать полностью функционирующую и устойчивую местную сеть для цепочки поставок этих машин и запасных частей к ним¹⁵. Одним из главных приоритетов любой стратегии устойчивой механизации сельского хозяйства в этом регионе должна быть организация финансово устойчивых служб проката техники (находящейся в частной или кооперативной собственности).

РИСУНОК ДОЛЯ СЕЛЬСКИХ ДОМОХОЗЯЙСТВ, ИМЕЮЩИХ ДОСТУП К ТРАКТОРАМ, В НЕКОТОРЫХ СТРАНАХ



ИСТОЧНИК: Всемирный банк, 2022¹⁷.

- » существенные различия между крупными и мелкими хозяйствами: крупные гораздо более механизированы по сравнению с мелкими, так как последние, по крайней мере частично, расположены в отдаленных и гористых районах^{10, 11, 22, 23}.

Даже в наименее механизированных субрегионах Африки к югу от Сахары уровни механизации различаются как между странами, так и внутри стран. Например, в 2000 году количество тракторов на 1000 га пахотных земель в Ботсване и Южной Африке составляло восемь и пять единиц соответственно, а в таких странах, как Мадагаскар, Мали и Сенегал, этот показатель не превышал 0,4. По оценкам, в Гане тракторы используют в среднем треть фермерских хозяйств (в основном для обработки почвы), но эта доля сильно варьируется: в лесных зонах она может составлять всего два процента, а в саваннах достигает 88 процентов⁶. В Объединенной Республике Танзании уровень механизации выше всего в тех регионах, где выращивают товарные культуры²⁴. В Нигерии для подготовки земли к севу семь процентов производителей используют тракторы, а еще 25 процентов – собственных или взятых в аренду тягловых животных²⁵. В Эфиопии всего один процент фермерских хозяйств используют тракторы, в основном для выращивания пшеницы и ячменя (это производство легко механизуется); в этом секторе также доминируют крупные производители и появились рынки услуг по комбайновой уборке пшеницы.

О чем говорят имеющиеся (ограниченные) данные о механизации животноводства и аквакультуры

Данные о внедрении механизации в животноводстве и аквакультуре или очень скудны, или крайне разрозненны, или отсутствуют вовсе. То же касается и лесного хозяйства. Анализ имеющихся ограниченных данных показывает, что оборудование для животноводства (например, доильные аппараты) в основном находится в странах с высоким уровнем дохода. В странах же с низким и средним уровнями дохода такое оборудование, если и присутствует, то, вероятнее всего, используется в крупных производственных единицах. Но учитывая скудость и противоречивость этих данных, установить точную картину в различных контекстах представляется затруднительным. Кроме того, не очень понятно, что конкретно представляет собой доильный аппарат и сколько коров обслуживает каждый из них. По мере развития этой технологии количество коров, которых можно подоить одним аппаратом, увеличивается; следовательно, количество аппаратов может уменьшаться. В качестве примера можно привести Данию: она является крупным производителем молока, и количество используемых

там доильных аппаратов сокращается; возможно, причиной этого является замена технологии доения на более современную, и сведения об этом не вошли в статистику⁹. Но отдельные данные одного из тематических исследований (Lely) указывают на то, что главной причиной сокращения количества доильных аппаратов в Северной Европе является консолидация молочных ферм, которая стала результатом замены технологии и увеличения эффекта масштаба². ■

ЦИФРОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И ЕЕ ПОТЕНЦИАЛ В ПЛАНЕ ТРАНСФОРМАЦИИ СПОСОБОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОТОРИЗОВАННОЙ ТЕХНИКИ И МЕТОДОВ ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Сейчас часто говорят, что начинается четвертая сельскохозяйственная революция, в которой решающую роль в преобразованиях сельскохозяйственного производства (растениеводства, животноводства, аквакультуры и лесного хозяйства), обещающих повышение его эффективности и устойчивости, будут играть цифровые технологии. К таким технологиям относятся искусственный интеллект (ИИ), беспилотные летательные аппараты, робототехника, датчики и глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), а также другие цифровые инструменты, которые помогают автоматизировать процессы диагностики, принятия решений и выполнение различных сельскохозяйственных работ, обеспечивая их высокую точность и эффективность². Некоторые из этих технологий уже в серийном производстве, какие-то еще дорабатываются²⁶.

Различные сценарии развития сельского хозяйства в ближайшие годы и десятилетия указывают на вероятный рост использования различных цифровых технологий и технологий автоматизации^{27, 28}. В последние годы наблюдается широкое распространение портативных устройств (например, мобильных телефонов и смартфонов, датчиков, устройств интернета вещей), что в значительной степени является результатом улучшения доступа к мобильной связи и сети Интернет даже в самых отдаленных регионах мира. Например, в 2020 году

смартфоны были уже у 69 процентов населения Латинской Америки и Карибского бассейна, у 64 процентов населения Азиатско-Тихоокеанского региона и у 45 процентов жителей Африки к югу от Сахары, и ожидается, что к 2025 году эти цифры увеличатся до 81, 79 и 67 процентов соответственно²⁹. Таков результат крупных инвестиций в инфраструктуру как со стороны правительств, так и со стороны частного сектора. Так, Google в рамках своей программы Equiano инвестирует в прокладку первого в Африке подводного интернет-кабеля³⁰.

Далее представлены описание и анализ потенциала этих технологий с точки зрения изменения ситуации с механизацией и ведением сельского хозяйства в целом.

Цифровые технологии в корне меняют традиционную сельскохозяйственную технику

Политики и международные организации все чаще рассматривают цифровизацию как фактор, способный в корне изменить ситуацию в сельскохозяйственном секторе. Главной особенностью большинства цифровых технологий является возможность сбора данных и обмена ими в целях поддержки принятия решений сельхозпроизводителями и другими заинтересованными сторонами и, в конечном итоге, повышения действенности и эффективности работы^{31,32}. В последние годы этим цифровым технологиям и услугам много внимания уделяют доноры, научно-исследовательские центры и агентства по развитию^{29,33,34,35}. Эти технологии все чаще интегрируют с моторизованной техникой, что может полностью изменить характер ее использования: сельскохозяйственные операции теперь выполняются точнее и эффективнее, а доступ к сельхозтехнике получают новые регионы и социально-экономические группы, включая мелких производителей.

Многие из этих технологий работают через приложения для смартфонов или через службы звонков или обмена сообщениями. Услуги совместного использования активов – это вспомогательная категория цифровых услуг, обладающих значительным потенциалом с точки зрения расширения доступа к моторизованной технике. Такие услуги обеспечивают связь владельцев, а иногда также операторов оборудования (например, тракторов или беспилотных летательных аппаратов) с сельхозпроизводителями, которым нужно такое оборудование. Сельхозпроизводители оплачивают владельцу почасовую аренду оборудования или сумму по установленному тарифу за единицу обслуживаемой площади, а определенный процент или фиксированная плата идет агенту-посреднику. Наиболее известным примером службы совместного использования активов

является Hello Tractor (работает в семи африканских странах, а также в Бангладеш, Индии и Пакистане)¹. Во **врезке 3** приведены два успешных примера таких служб, работающих в нескольких африканских странах и в Мьянме.

Основным преимуществом служб совместного использования активов является улучшение соотношения затрат и выгод: фермеры получают доступ к необходимому им оборудованию без необходимости его покупать, а получение оплаты за аренду повышает рентабельность этого оборудования для его владельца. Такие службы особенно важны в странах субсахарской Африки, где количество такого оборудования в собственности крайне мало (см. **врезку 2**).

Другая группа цифровых услуг – это технологии мониторинга работы оборудования, то есть простые приложения, которые автоматизируют работу той или иной техники, например ирригационных насосов^{36,37}, или устройства ГНСС для отслеживания перемещений (например, оборудования или животных). Эти виды услуг считаются первыми решениями в области "умного" сельского хозяйства, появившимися в странах с низким и средним уровнями дохода³⁸. К более продвинутым услугам относятся системы интернета вещей, используемые, например, для мониторинга и иногда для (частичной) автоматизации процесса принятия решений, касающихся выращивания сельскохозяйственных культур, ухода за скотом или рыбой, с целью повышения качества диагностики, принятия решений и выполнения операций. Это, в свою очередь, позволяет, снизив трудоемкость операций, повысить их точность, эффективность и производительность. В качестве практического примера использования интернета вещей в прецизионном земледелии можно привести Китай, где с его помощью поддерживается работа интегрированной системы автоматического дистанционного зондирования, раннего предупреждения и микроорошения, используемой в производстве чая: эта система обнаруживает изменения условий окружающей среды, выдает своевременные предупреждения, а орошение по мере необходимости запускается автоматически, что позволяет избежать ущерба от жары, холода и засух³⁹.

Возможности применения цифровых технологий для создания новых форм использования моторизованной техники, такой как тракторы и уборочное оборудование, несколько ограничены, особенно в странах с низким уровнем дохода и с уровнем дохода ниже среднего^{1,2}. При этом организационные модели использования моторизованной техники претерпевают значительные изменения. В странах с низким и средним уровнями дохода все более популярной становится система

Сейчас набирают популярность цифровые инструменты, действующие по тому же принципу, что и "Такси Убер". Они обещают снизить транзакционные издержки при оказании услуг аренды тракторов. Фирмы TROTRO Tractor из Ганы и Tun Yat из Мьянмы сдают в аренду технику и обмениваются услугами через цифровую платформу и услуги мобильной связи. Эти инструменты демонстрируют реальный потенциал по осуществлению комплексной механизации сельского хозяйства.

TROTRO Tractor обеспечивает связь мелких производителей, которым необходима сельхозтехника, в первую очередь тракторы, с владельцами этой техники через цифровую платформу, доступную через приложения для смартфонов, а для пользователей, у которых нет смартфона – с помощью технологии двунаправленной сеансовой передачи неструктурированных данных (USSD). В настоящее время в TROTRO Tractor зарегистрировано 75 000 фермеров из Бенина, Ганы, Замбии, Зимбабве, Нигерии и Того. Фирма поддерживает обе модели: и "бизнес-клиент", и "бизнес-бизнес", зарабатывая на комиссии, которая рассчитывается как процент от стоимости услуг.

Помимо предоставления в аренду тракторов (с помощью которых можно производить любые работы, от вспашки и боронования до посадки, посева и опрыскивания) и зерноуборочных комбайнов, платформа TROTRO Tractor также связывает производителей с владельцами дронов, которые предлагают свои услуги по составлению карт и опрыскиванию гербицидами. Спрос на картографирование с помощью дронов растет, поскольку фермеры осознают важность прав владения и пользования землей и понимают, что в случае обращения за финансовыми услугами в банки и страховые компании точные данные о землеотводе могут иметь решающее значение.

ИСТОЧНИК: Ceccarelli *et al.*, 2022².

совместной собственности производителей на сельхозтехнику. Совместное использование активов практикуется уже довольно давно, но с ограниченным успехом: причинами тому могут быть недоверие между фермерами, операторами и владельцами техники, а также проблемы, связанные с техобслуживанием. В последнее время поставщиками услуг (в том числе упомянутыми во **врезке 3**) все шире используются решения в области интернета вещей и ГНСС, но у мелких производителей они встречаются крайне редко. Облегчая мониторинг работы техники и оборудования, такие решения повышают прозрачность и доверие между поставщиками услуг и пользователями. Наверное, наиболее важным новшеством является объединение традиционного оборудования для механизации с устройствами интернета вещей (например, сочетание взятой в аренду моторизованной уборочной техники, данных ГНСС и обученного водителя трактора): это может повысить эффективность использования техники, а также увеличить урожайность¹.

Фирма Tun Yat предоставляет аналогичные услуги по аренде тракторов через приложение для смартфонов, специально предназначенное для мелких и средних фермерских хозяйств, особенно для женщин (на долю которых приходится 30 процентов клиентов) и молодежи (25-30 процентов клиентов моложе 30 лет). Tun Yat владеет пятью тракторами и пятью зерноуборочными комбайнами и предлагает широкий спектр услуг по механизации и подбору партнеров более чем 20 000 клиентам. Услуги включают вспашку, подготовку почвы к севу, посев, уборку урожая комбайнами с различными жатками для разных видов культур (например, бобов мунг или кукурузы) и сбор семян и орехов (например, кунжута или арахиса). Большинство клиентов являются мелкими производителями, которые обрабатывают участки площадью менее 2 га и особенно нуждаются в надежных и недорогих услугах механизации.

Бизнес-модель Tun Yat предусматривает диверсификацию: в ее спектр услуг входят перепродажа факторов производства (например, удобрений), кредитное брокерство, а также лазерное нивелирование: эта услуга актуальна для фермеров из районов, подверженных наводнениям, которым необходимо выровнять рельеф участка и обустроить дренажную систему. Фирма также занимается прямыми закупками продовольственного сырья у фермерских объединений, из которого производит закуски для продажи в круглосуточных магазинах.

В целом бизнес-модель по типу "Убер" выгодна как для фермеров, у которых нет собственных тракторов, так и для владельцев техники: последние могут оптимизировать, тщательно контролировать и планировать использование техники и расход топлива, предлагая конкурентоспособные цены более широкому кругу клиентов.

Потенциал использования цифровых технологий в немеханизированном прецизионном земледелии

В предыдущем разделе говорилось о том, как цифровые технологии могут изменить ситуацию с сельскохозяйственной техникой, благодаря чему механизация станет более доступной и обеспечит повышение точности сельскохозяйственных операций. Однако во многих странах с низким и средним уровнями дохода, особенно в субсахарской Африке, уровень внедрения механизации сельского хозяйства с использованием моторизованной техники остается невысоким. Растет число исследований, касающихся прецизионного земледелия в немеханизированном производстве: такая практика применяется все шире^{40, 41, 42}. Методики ручного внесения удобрений на конкретных участках были разработаны давным-давно, как, например, технология переменного нормирования (ТПН) для риса⁴³, а в нескольких странах Африки и Азии с низким уровнем дохода доступен ручной сканер почвы AgroCares⁴⁴.

ВРЕЗКА 4 ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ, НЕ СВЯЗАННЫЕ С МЕХАНИЗАЦИЕЙ: ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ

Программные цифровые решения (см. Глоссарий) с механизацией не связаны. Это чисто программные продукты, для работы которых сельскохозяйственная техника не требуется. Для их реализации нужны лишь незначительные аппаратные ресурсы: обычно это смартфон, планшет, инструментальное программное средство (например, информационное приложение), программное обеспечение для управления фермой или онлайн-платформа. Это отличает их от аппаратных цифровых решений, в которых цифровые инструменты объединены с оборудованием, непосредственно взаимодействующим с окружающей средой.

Программные решения могут включать дистанционное зондирование, но их применение ограничивается только генерацией данных для поддержки принятия решений и разведки. Они используются все шире, о чем свидетельствуют представленные ниже примеры со всего мира. Южноафриканская компания Aerobotics работает в 18 странах, предлагая программные решения с использованием беспилотной авиасистемы (БАС) и технологии дистанционного зондирования для поддержки принятия решений производителями фруктов и орехов. Эти технологии позволяют на ранней стадии выявлять нашествия вредителей и вспышки болезней, своевременно отслеживать потребности в воде, удобрениях и питательных веществах, а также облегчают управление урожайностью.

Компания SOWIT из Марокко предлагает программные решения, использующие дистанционное зондирование, БАС для сбора изображений и машинное обучение на основе баз полевых и метеорологических данных. Эти технологии могут применяться для выращивания фруктовых деревьев, зерновых культур и рапса. Они позволяют информировать фермеров о потребностях в орошении и удобрениях, оценивать урожайность, отслеживать содержание сухого вещества в кормах и проводить инспекции участков.

Компания Seed Innovations из Непала предлагает фермерам приложение для Android, позволяющее использовать аналитику спутниковых данных, глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) и искусственный интеллект для мониторинга урожайности (в том числе для обнаружения дефицита или избытка воды и питательных веществ, а также угроз нашествий вредителей и вспышек болезней) и для получения доступа к агрономической информации и обмена ею.

У компании TraSeable Solutions, которая работает на Фиджи, насчитывается 2000 клиентов из семи малых островных развивающихся государств Тихоокеанского региона. Она предлагает два основных продукта. Первый представляет собой мобильное приложение, которое информирует фермеров о ситуации в сельскохозяйственном секторе, записывает и обрабатывает хозяйственные данные, а также отслеживает



На немеханизированных фермах в Азии и Африке используются беспилотные летательные аппараты (БПЛА, их еще называют дронами), а ГНСС может использоваться в немеханизированных хозяйствах для нанесения границ полей и оформления землеотвода⁴⁵.

Однако информация об уровнях внедрения отсутствует; какое количество сельхозпроизводителей используют цифровые технологии на самом деле, непонятно⁴⁶. Результаты двух технических исследований, проведенных по заказу для этого доклада^{1,2}, свидетельствуют о том, что на местах мелкие сельхозпроизводители и скотоводы используют разнообразные цифровые инструменты, технологии дистанционного зондирования и картографирования все шире (см. **врезку 4**). В странах с низким и средним уровнями дохода наиболее доступным оборудованием сегодня являются смартфоны со встроенными датчиками и камерами высокого разрешения. В сочетании со встроенными мобильными приложениями и соответствующим интерфейсом они уже сейчас могут сделать доступными весьма полезные инновации,

отвечающие условиям стран с низким и средним уровнями дохода и маломасштабного сельского хозяйства, и потенциально могут действительно изменить ситуацию в секторе. Одним из примеров таких технологий является GoMicro: с помощью микроскопического объектива, прикрепленного к камере телефона, и в сочетании с искусственным интеллектом этот набор инструментов позволяет проводить быструю диагностику вредителей и болезней⁴⁷ и помогает эффективно и точно контролировать качество и сортировку сельскохозяйственной продукции, такой как зерновые и злаки, рыба, овощи и фрукты¹. Есть и другие цифровые решения, которые с помощью определенных алгоритмов анализируют данные со спутников или беспилотников (например, об урожаях, о состоянии почвы и здоровье растений); результаты этого анализа могут использоваться для проверки данных, которыми делятся сельхозпроизводители (на основе наблюдений и опыта), или для предоставления рекомендаций производителям¹.

ВРЕЗКА 4 (Продолжение)

ресурсы, запасы, продажи и расходы. Это приложение также помогает создавать рыночные связи между участниками сельскохозяйственной производственно-бытовой цепочки. Второй продукт касается рыболовства, а именно ловли тунца. Он обеспечивает мечение и отслеживание каждого тунца по всей производственно-бытовой цепочке, от выгрузки рыбы до ее дистрибуции. Кроме того, этот инструмент помогает управлять промысловым флотом, обеспечивая информацию о составе экипажей, а также о расходах на эксплуатацию и техническое обслуживание. С его помощью можно получать подробную информацию об уловах тунца, включая сведения о маршруте судна, промысловый журнал, аналитику по району промысла и услуги отчетности.

Компания Сооресан из Перу предлагает цифровые услуги для всей цепочки производства и сбыта волокна альпаки. Целый ряд технологий обеспечивает цифровые решения, в частности для управления пастбищными угодьями (спутниковые снимки), ветеринарии (мечение животных), а также для переработки волокна и продаж на экспорт (технология блокчейн). Кроме того, компания оказывает техническую помощь производителям, которым нужна поддержка в вопросах содержания стада (например, касающаяся состояния здоровья животных) или рационального использования естественных пастбищ (которые

сильно деградируют из-за чрезмерного выпаса скота). Эти услуги сопровождаются мерами по наращиванию потенциала для использования таких решений, а также системой отслеживания, которая сертифицирует производство по таким параметрам, как благополучие животных, качество волокна и экологическая и социальная ответственность производителя. Это позволяет улучшить условия труда и обеспечить его справедливую оплату, а также повысить уровень благополучия животных.

Наконец, Agrinapsis, работающая в Боливии (Многонациональное государство), Гватемале, Коста-Рике, Мексике и Эквадоре, представляет собой социальную сеть по вопросам сельского хозяйства. Управляемая Межамериканским институтом по сотрудничеству в области сельского хозяйства, она оказывает содействие обмену практическими знаниями между мелкими производителями. Собираемая информация проверяется и оценивается всеми ее потребителями, и если она получает пометку как сомнительная или некачественная, то техническая команда проверяет и улучшает ее. Agrinapsis обеспечивает платформу электронной торговли для мелких производителей, которые могут с ее помощью продавать свою продукцию или покупать материалы, отвечающие установленным экологическим требованиям.

ИСТОЧНИКИ: McCampbell, 2022¹; Ceccarelli *et al.*, 2022².

Цифровые решения заслуживают внимания политиков и международных организаций. Для их адаптации к потребностям мелких производителей в странах с низким и средним уровнями дохода, особенно там, где уровень механизации самый низкий, например в субсахарской Африке, необходимы дополнительные исследования¹. Исследования и опыт показывают, что такие решения обеспечивают условия для прецизионного сельского хозяйства, что, в свою очередь, может повысить урожайность и сократить затраты на факторы производства на немеханизированных фермах. Но здесь стоит упомянуть о двух ограничениях. Во-первых, учитывая текущую стоимость оборудования, цифровые технологии могут оказаться для мелких производителей слишком дорогими. Например, портативные датчики азота стоят от 300 до 600 долларов США; для мелкого фермера, которому такой датчик бывает нужен всего несколько раз в году, это слишком высокая цена⁴⁸, а более

сложный сканер AgroCares, с помощью которого можно получить информацию о более широком спектре питательных веществ в почве, стоит более 3000 долларов. Во-вторых, сельхозпроизводителям нужно научиться пользоваться этими технологиями, иначе неправильное внедрение может привести к нежелательным результатам, например к увеличению использования факторов производства.

Кое-где – в первую очередь в странах Африки к югу от Сахары – для мелких производителей и сельского населения смартфоны до сих пор недоступны^{1,2}. Данные за 2020 год также свидетельствуют о существенном разрыве в доступе к сети Интернет в развивающихся странах между сельскими и городскими районами: в городских районах доступ к сети Интернет имеют 65 процентов населения, в сельской местности – всего 28 процентов⁴⁹. Имеющиеся данные указывают на

то, что одним из главных факторов, препятствующих внедрению этих технологий мелкими производителями, несмотря на их значительный потенциал с точки зрения повышения производительности, является высокая стоимость. Это позволяет предполагать, что идея субсидирования донорами недорогого доступа мелких производителей к цифровым технологиям может оказаться нежизнеспособной.

Поэтому для того, чтобы эти инструменты стали более доступными, необходимы дополнительные (и более разнообразные) усилия. Одним из решений являются упомянутые выше услуги совместного использования активов, и поставщики этих услуг уже сейчас предлагают широкий ассортимент сельхозтехники, подходящей как для мелких, так и для крупных хозяйств. Важным фактором, объясняющим медленные темпы внедрения цифровых инструментов, может быть также низкий уровень цифровой грамотности сельхозпроизводителей. По этой причине во многих африканских странах для связи с мелкими производителями используются текстовые смс, система интерактивного голосового меню (IVR) и двунаправленная сеансовая передача неструктурированных данных (USSD). Например, фирмы ICT4BXW и JustdiggIt, работающие в странах субсахарской Африки, сначала использовали передовые технологии, такие как смартфоны, но потом, из-за слабого проникновения смартфонов и низкого уровня цифровой грамотности в регионе, решили перейти на более простые инструменты (смс, USSD и IVR)¹.

До тех пор, пока уровень цифровой грамотности фермеров будет низким, им необходимы постоянная и интенсивная техническая поддержка и информирование о цифровых технологиях. Несмотря на то, что обычные мобильные телефоны сейчас доступны практически каждому, количество смартфонов в странах Африки к югу от Сахары остается ограниченным. Поэтому нужно использовать телефоны в сочетании с консультационными услугами, базирующимися на данных спутниковой разведки и ориентированными на потребности производителей (например, обеспечить информирование пастбищных скотоводов об источниках воды и пастбищах, а фермеров, выращивающих бананы, о вспышках болезней)¹. ■

ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ И РОБОТОТЕХНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ПОЛОЖЕНИЕ ДЕЛ

В предыдущих разделах этой главы были представлены тенденции и движущие силы механизации сельского хозяйства с использованием моторизованной техники и обсуждалась роль цифровых технологий в преобразовании сельского хозяйства с точки зрения их потенциала для развития прецизионного земледелия и расширения всеобщего доступа к сельскохозяйственной технике. В этом разделе на основе имеющихся фактических данных более подробно рассматривается текущее положение дел с технологиями цифровой автоматизации в сельском хозяйстве и основные факторы, способствующие их внедрению.

Постоянное использование той или иной технологии является лучшим показателем того, что она полезна как минимум некоторым сельхозпроизводителям и предприятиям⁴⁸. Литература, посвященная эволюции цифровой автоматизации в сельском хозяйстве, дает представление о ее преимуществах, проблемах и тенденциях внедрения. Если говорить коротко, то внедрение технологий цифровой автоматизации в сельском хозяйстве обусловлено двумя основными факторами: ростом спроса на продовольствие в условиях сокращения природных ресурсов и тенденциями в других секторах экономики, которые стимулируют инновации в сельском хозяйстве⁴⁸.

Для того чтобы понять тенденции развития технологий цифровой автоматизации в сельском хозяйстве, нужно собрать информацию из различных источников, поскольку данные на этот счет скудны (особенно в странах с низким и средним уровнями дохода); кроме того, ни одна страна и ни одна организация не ведут систематического сбора данных об их использовании. Анализ отдельных примеров имеет ограниченную ценность ввиду специфики соответствующих технологий и стран. Закономерности можно выявить только тогда, когда рассматривается вся информация в целом. В **таблице 2** представлены отдельные этапы цифровой автоматизации в сельском хозяйстве и указаны компании-первопроходцы для каждой из технологий. Установить, когда именно была внедрена та или иная технология на уровне производителей, непросто, поэтому даты, страны и технологии в этой таблице указаны лишь примерно, чтобы можно было получить представление об общих закономерностях

ТАБЛИЦА 2 НЕКОТОРЫЕ ВАЖНЫЕ ВЕХИ ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Год	Технология или действие	Компания или организация	Страна	Ссылка на исследование
1974	Электронное мечение животных	Университет штата Монтана	США	Hanton and Leach, 1974 ⁵⁰
1983	Указ Президента, разрешающий использование ГСП для гражданских целей	Правительство США	США	Brustein, 2014 ⁵¹ Rip and Hasik, 2002 ⁵²
	Применение дронов для внесения удобрений и пестицидов	Ямаха	Япония	Sheets, 2018 ⁵³
1987	Компьютерная ТПН удобрений	Soil Teq	США	Mulla and Khosla, 2016 ⁵⁴
1992	Доильный робот	Lely	Нидерланды	Lely, 2022 ⁵⁵ Sharipov <i>et al.</i> , 2021 ⁵⁶
1997	Руководство по использованию сельскохозяйственного оборудования, оснащенного ГНСС	Beeline	Австралия	Rural Retailer, 2002 ⁵⁷
	Датчик азота	Yara	Норвегия	Reusch, 1997 ⁵⁸
2006	Автоматические контроллеры для штанговых опрыскивателей	Trimble	США	Trimble, 2006 ⁵⁹
2009	Системы управления рядовым севом	Ag Leader	США	Ag Leader, 2022 ⁶⁰
2011	Робот-пропольщик	Ecorobotix Naïo Technologies	Швейцария Франция	Ecorobotix, 2022 ⁶¹ Naïo, 2022 ⁶²
2013	Система поддержки оператора зерноуборочного комбайна	Claas	Германия	Claas, 2022 ⁶³
2017	Первое полностью автономное производство полевых культур	Университет Харпера Адамса	Соединенное Королевство	Hands Free Hectare, 2018 ⁶⁴
2018	Автономный зерновоз	Smart Ag	США	Smart Ag, 2018 ⁶⁵
2022	Автономный тяжелый трактор	John Deere	США	John Deere, 2022 ⁶⁶

ПРИМЕЧАНИЯ. ГСП – глобальная система позиционирования, ТПН – технология переменного нормирования, ГНСС – глобальная навигационная спутниковая система.

ИСТОЧНИК: Lowenberg-DeBoer, 2022⁴⁸.

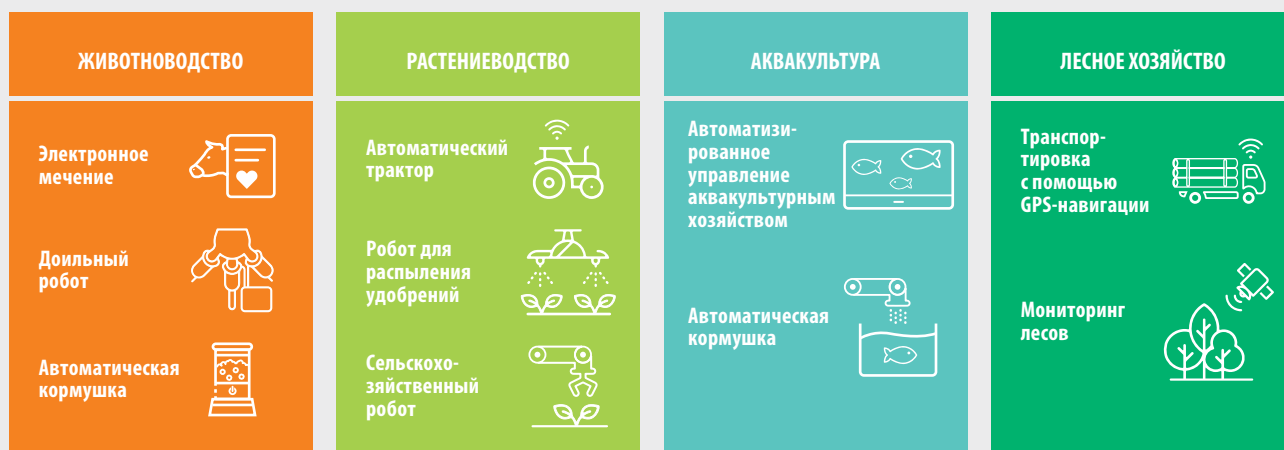
внедрения: ни одна технология не выходит на рынок полностью отлаженной, пока не будет опробована на фермах. Внедрение технологий – процесс итеративный: он начинается с теоретических исследований, которые должны продемонстрировать возможности потенциального применения, после чего научные идеи воплощаются в пригодные для использования коммерческие продукты. **Рисунок 5** составлен на основе **рисунка 2**: на нем представлены дополнительные примеры рассмотренных в этой главе технологий, которые используются в разных системах сельскохозяйственного

производства. Они не отображают, а скорее дополняют технологии, приведенные в **таблице 2**.

Достижения в области автоматизации животноводства

Как показано в **таблице 2**, несколько первых технологий цифровой автоматизации появились именно в секторе животноводства. Установка датчиков на животных или на оборудование коровника для управления климат-контролем и мониторинга состояния здоровья,

РИСУНОК 5 НЕКОТОРЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РОБОТОТЕХНИКА С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ, ИСПОЛЪЗУЕМЫЕ В РАЗНЫХ СИСТЕМАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА



ИСТОЧНИК: разработка ФАО для настоящего доклада.

передвижений и потребностей животных, в том числе связанных с разведением, позволяет организовать прецизионное животноводство⁶⁷. Было разработано несколько высокоточных животноводческих технологий, облегчающих выращивание отдельных животных с использованием системы электронной идентификации. Наиболее распространены доильные роботы, позволяющие доить коров без непосредственного участия человека. В обычном доильном аппарате используется вакуумная технология, но для его установки и снятия с животного все равно требуется человек – оператор машинного доения. Система электронной идентификации животных автоматизирует этот процесс, обеспечивая доильному роботу доступ к базе данных координат вымени каждой коровы⁶⁸. Эта полностью автоматизированная система, адаптированная для животноводства, очень перспективна с точки зрения экономии средств и повышения продуктивности⁶⁹. Однако данные о денежной выгоде, получаемой от использования доильных роботов, неоднозначны: одни исследования показывают ее наличие^{70,71,72}, другие не обнаруживают финансовых преимуществ по сравнению с обычными доильными установками⁷¹. По-видимому, внедрение этой технологии обусловлено не только денежными, но и социальными соображениями: это позволяет повысить гибкость графика работы животноводов и улучшить

качество их жизни, что особенно актуально для мелких и средних хозяйств. Но недавно из-за нехватки рабочей силы роботизированные системы доения стали внедрять не только на молочных фермах среднего размера, но и в крупных хозяйствах, где содержится более тысячи коров. Это дает основания полагать, что решение об использовании доильных роботов на более крупных фермах может быть обусловлено иными соображениями⁴⁸. Во **врезке 5** представлены примеры цифровой автоматизации животноводства в Африке, Европе и Латинской Америке и Карибском бассейне.

Мировые продажи систем автоматического доения в 2019 году выросли с 1,2 до 1,6 млрд долл. США по сравнению с 2016 годом, что указывает на растущий спрос, хотя и сосредоточенный в странах с высоким уровнем дохода: первыми эти системы внедрили такие страны, как Германия, Нидерланды и Соединенное Королевство^{73,74}. Статистические данные о внедрении в разных странах и регионах отсутствуют, но факты говорят о том, что это происходит только в странах с высоким уровнем дохода, в основном в Северной Европе⁷⁵. Спрос обусловлен нехваткой рабочей силы в сельской местности в сочетании со сменой поколений. Из **таблицы 2** видно, что первая промышленная система автоматического доения была использована в Нидерландах в 1992 году; с тех пор эта технология

ВРЕЗКА 5 ЦИФРОВАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА: ПРИМЕРЫ ИЗ ЛАТИНСКОЙ АМЕРИКИ, АФРИКИ И ЕВРОПЫ

Компания Cattler изначально была создана в 2019 году в Аргентине, но впоследствии стала вести бизнес и в других странах, в том числе в Парагвае и Уругвае, а недавно вышла на рынки Бразилии и Соединенных Штатов Америки. Она предлагает автоматизированную систему управления фермерским хозяйством в мясном скотоводстве. Система работает на основе спутниковых данных и предоставляет обратную связь и аналитику, помогающую повысить качество управления. Компания ориентирована не на самые крупные фермы, а скорее на средние. По мнению руководства компании, ключевым фактором, способствующим внедрению этой системы, стала необходимость упрощения операций и получения отдачи от инвестиций.

В Буркина-Фасо и Мали при поддержке Нидерландской организации развития компания GARBAL предоставляет консультативную информацию о животноводстве и растениеводстве, в которой полностью учитывается местная специфика, а также о рынках кормов, молока и зерновых. Вскоре компания будет также работать в Нигере. Предлагаемые цифровые решения помогают мелким производителям и пастбищным скотоводам, пострадавшим от изменения климата в Сахеле, особенно женщинам и молодежи, принимать решения, касающиеся выгона, миграции стад, погоды и применения различных агротехнических приемов. Используются такие технологии, как спутниковые снимки, служба смс-сообщений, двунаправленная сеансовая передача неструктурированных данных (USSD) и услуги колл-центров, в которых работают местные операторы, говорящие на местных языках. Использование мобильных телефонов делает

это решение очень доступным. Успеху способствовали, в частности, государственно-частные партнерства, субсидии, взаимодействие с местными фермерскими и скотоводческими организациями, а также синтез традиционного и научного знания. Основными проблемами являются необходимость поиска решений, существенно зависящих от местной специфики, ситуация с безопасностью в некоторых странах, серьезные требования к наращиванию потенциала, проблемы с подключением и сетевым приемом, а также с качеством данных.

Lely, семейная фирма из Нидерландов, предлагает робототехнические и программные решения для управления молочным скотоводством, ориентированные на средних и крупных производителей, которые держат более ста коров, но с самыми крупными хозяйствами пока не работает. Основными применяемыми технологиями являются стационарные доильные роботы, а также роботы для уборки навоза и роботы для кормления. Роботы для заготовки трав оптимизируют процесс их выращивания, а в ближайшем будущем ожидается появление продуктов, помогающих снизить выбросы. В дополнение к этому разработано программное обеспечение для всех хозяйственных операций фермы, включающее информацию о состоянии здоровья животных. С помощью предлагаемой технологии можно решить проблемы нехватки рабочей силы, регулирования выбросов и обеспечения благополучия животных. Ключевыми стимулами для ее внедрения являются энергоэффективность, сокращение использования химикатов и решение проблемы дефицита рабочей силы.

ИСТОЧНИК: Ceccarelli *et al.*, 2022².

распространилась и в других странах⁶⁹. Отсутствие данных по странам с низким и средним уровнями дохода говорит о том, что там она практически не используется^{48, 76}.

Помимо доильных установок, существуют технологии автоматизированного кормления коров различными количествами концентрированного корма в зависимости от удойности⁷⁷. Такие же системы есть и в птицеводстве: состав корма определяется на основании веса птицы и количества яиц, а компьютеризированное управление вентиляцией осуществляется в соответствии со значениями температуры и влажности⁷⁸. Но данные и фактологическая информация о тенденциях и движущих силах внедрения этих технологий еще более скудны.

Достижения в области автоматизации растениеводства

Автоматизация растениеводства предполагает использование многих технологий прецизионного земледелия, а именно ТПН, ГНСС, роботов, дронов и искусственного интеллекта. Для этого могут потребоваться пространственные данные, собираемые с помощью географической информационной системы (ГИС), и информация, получаемая на основе математического моделирования: все это нужно для того, чтобы определить объем вводимых ресурсов, необходимых для достижения максимальных значений урожайности и прибыли⁶⁷. Соответствующие приложения работают с данными, получаемыми от датчиков, в том числе с использованием

проксимального зондирования (например, измерений содержания азота в почве) и дистанционного зондирования (например, спутниковых снимков). При наличии возможности подключения к интернету операторы могут делиться этими данными с заинтересованными сторонами, используя смартфоны и удобные пользовательские приложения, которые обеспечивают представление данных в простой и доступной форме³⁵.

Уровень внедрения варьируется в зависимости от конкретного сельскохозяйственного товара, капитальных затрат, тарифной ставки и других экономических факторов. Но среди мелких сельхозпроизводителей он все равно пренебрежимо мал: это связано с тем, что исследований в области адаптации этих технологий к потребностям маломасштабного сельского хозяйства почти нет, а перенести их с механизированных операций на немеханизированные непросто.

В растениеводстве для обеспечения автоматического управления и внесения сельскохозяйственных материалов во время движения техники наиболее широко используются технологии ГНСС и ТПН в сочетании с моторизованной техникой. Одним из главных факторов, способствующих внедрению технологий, основанных на ГНСС, является их способность во время внесения сельскохозяйственных материалов (например, удобрений) исключить как случайные пропуски, так и наложение растений друг на друга, что обеспечивает экономию вводимых ресурсов. Другими факторами являются снижение утомляемости оператора, способность членов семьи работать дольше, гибкость при найме водителей (поскольку они не должны быть опытными или высококвалифицированными) и экологические преимущества (так как снижается количество случаев дублирования при внесении сельскохозяйственных материалов), а также другие преимущества, которые трудно поддаются количественной оценке и больше похожи на побочные эффекты внедрения. Внедрению способствует и то, что люди быстро оценили преимущества ГНСС (например, экономию вводимых ресурсов за счет сокращения случаев дублирования заметили почти сразу), и что эти преимущества хорошо видны как самому фермеру, так и соседям (например, в фермерском сообществе не любят, когда на поле остаются полосы сорняков там, где забыли внести гербициды)⁴⁸.

ТПН сокращают затраты на вводимые ресурсы и оптимизируют урожайность культур, что приносит также экологические выгоды, особенно если при этом удается уменьшить количество случаев избыточного внесения сельскохозяйственных материалов. Данные относительно повышения рентабельности благодаря ТПН удобрений неоднозначны^{79, 80}, и этим объясняется невысокий уровень

внедрения ТПН удобрений на основе карт: в основном эта технология используется там, где рентабельность стабильна (например, для внесения азотных удобрений при выращивании сахарной свеклы).

Автономные сельскохозяйственные роботы – они относятся к категории самых передовых технологий автоматизации – начали использоваться в промышленных масштабах совсем недавно. В основном они появляются в странах с высоким уровнем дохода (например, во Франции) и используются для прополки органических овощей и сахарной свеклы⁸¹. Hands Free Hectare (Гектар "Свободные руки") – проект, созданный в Соединенном Королевстве в 2016 году в целях развития и демонстрации преимуществ автоматизации сельского хозяйства, – стал первой публичной презентацией автономной сельскохозяйственной техники, используемой для выращивания и уборки урожая товарных культур⁶⁴. С того времени производители стали анонсировать создание автономных сельскохозяйственных машин (см. таблицу 2), и в настоящее время их разработкой занимаются более 40 стартапов. Автономные сельскохозяйственные роботы позволяют экономить трудозатраты и точнее соблюдать сроки выполнения необходимых операций, обеспечивают внесение более точных количеств сельскохозяйственных материалов и уменьшают уплотнение почвы, особенно в случае применения малой роевой робототехники. Анализ 18 конкретных примеров показал, что в определенных обстоятельствах использование автономных роботов для уборки урожая, посева и прополки экономически оправдано⁸².

В некоторых странах автономные сельскохозяйственные машины требуют постоянного контроля человека на месте; в этом случае фермерам, видимо, лучше использовать обычное оборудование⁸³. Одно из исследований показало, что дистанционное наблюдение (например, из офиса фермы) является оптимальным вариантом только в том случае, если автономная работа относительно безаварийна⁸⁴. Была отмечена необходимость расширения возможностей ИИ, с тем чтобы автономная машина могла решать большее количество вопросов без вмешательства человека. То же касается и ограничения скорости автономных сельскохозяйственных машин, введенного в Соединенных Штатах Америки: это может сделать такую технику нерентабельной⁸⁵.

В целях решения проблемы дефицита сельскохозяйственной рабочей силы в странах с низким и средним уровнями дохода выдвигаются предложения о создании небольших и недорогих автономных сельскохозяйственных машин для малых и средних фермерских хозяйств; это может быть перспективным направлением, особенно привлекательным для сельской

ВРЕЗКА 6 НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АКВАКУЛЬТУРЫ: ПРИМЕРЫ ИЗ ИНДИИ И МЕКСИКИ

Аквакультура уже продемонстрировала свою важнейшую роль в обеспечении глобальной продовольственной безопасности и питания, поскольку является одним из крупнейших в мире источников животного белка. Начиная с 1970 года объем производства продукции аквакультуры растет на 7,5 процента ежегодно⁹⁵. Потенциал аквакультуры с точки зрения дальнейшего роста, а также масштаб экологических проблем, с которыми сталкивается сектор по мере интенсификации производства, диктуют необходимость разработки новых стратегий устойчивого развития аквакультуры. В таких стратегиях должны использоваться технические достижения, например в области разработки кормов, генетической селекции, биозащиты и борьбы с болезнями, а также цифровые инновации. Это, в свою очередь, может повысить точность, усовершенствовать процесс принятия решений, упростить постоянный автономный мониторинг состояния рыбы и уменьшить зависимость от ручного труда, что усилит безопасность персонала, укрепит здоровье и повысит уровень благополучия рыбы, а также увеличит продуктивность, урожайность и экологическую устойчивость⁹⁶.

В качестве примера можно привести компанию Aquasconnect из Индии. Несмотря на то, что Индия является одним из крупнейших мировых производителей продукции аквакультуры (в 2018 году объем выпуска составил 7 млн тонн)⁹⁵, для этой отрасли характерны отсутствие прозрачности и неэффективность производственно-сбытовых цепочек. Компания Aquasconnect использует искусственный интеллект и технологии телеметрического сбора спутниковой информации для мониторинга производительности аквакультурных хозяйств и предоставления рыбоводам (в основном мелким и средним), занимающимся разведением креветки и рыбы, рекомендаций по повышению продуктивности. Это решение сочетается с омниканальной платформой для продажи сельскохозяйственных факторов производства по доступным ценам. Оно также устраняет разрыв между фермерами и финансовыми учреждениями и улучшает рыночные связи. В настоящее время эти решения помогают более чем 60 000 рыбоводам, выращивающим рыбу и креветку на всей территории Индии, повысить продуктивность, укрепить рыночные связи и улучшить доступ к официальным кредитам и страхованию¹.

Наряду с этим правительство Индии выделило около 3 млрд долл. США на модернизацию сельского хозяйства, в том числе производственно-сбытовых цепочек в секторе аквакультуры и рыболовства, и выразило заинтересованность в поддержке инициатив (например, стартапов) по внедрению новых технологий и развитию инноваций.

Еще одним смелым проектом, который обещает в корне преобразовать отрасль аквакультуры, является Shrimpbox из Оахаки, Мексика – первое в мире роботизированное хозяйство по разведению креветки (см. тематическое исследование Atarraya в Приложении 1). Используемая технология позволяет создавать автоматизированные системы, которые можно контролировать удаленно с помощью самообучающегося программного обеспечения, способного принимать решения. В целях уменьшения накопления нитратов, профилактики заболеваний и экономии воды при выращивании креветки эти системы интегрируются с системами биологической борьбы, использующими микробиологические методы, что позволяет существенно сократить потребление воды, затраты труда, риски заболеваний и потери². По словам разработчиков, роботизированное хозяйство способно производить на площади 0,5 га столько же продукции, сколько производит обычная ферма на 100 га, при этом используется всего пять процентов того объема воды, который был бы задействован на обычной ферме; кроме того, эта технология позволяет отказаться от использования антибиотиков⁹⁷. Shrimpbox может выращивать креветку в более холодном климате и без доступа к океану. Это значит, что теперь свежую высококачественную креветку можно доставлять в регионы, которые до сих пор зависели от импорта замороженных продуктов.

Aquasconnect и Shrimpbox – всего лишь два примера использования новых технологий, которые призваны сделать аквакультуру более устойчивой, инклюзивной и эффективной процессом. Однако приоритетной задачей должно стать дальнейшее развитие аквакультуры в Африке и в других регионах, где технологический прогресс идет медленно, а проблемы неполноценного питания и отсутствия продовольственной безопасности стоят более остро⁹⁵.

молодежи^{86, 87, 88, 89}. К сожалению, анализ осуществимости такого проекта для стран с низким и средним уровнями дохода пока не проведен. Однако в литературе по этой тематике отмечено, что внедрение автономных роботов в этих странах имеет следующие потенциальные преимущества: i) сокращение потребности в рабочей силе

там, где ее не хватает; ii) снижение затрат и уменьшение эффекта масштаба, что обеспечивает доступность технологий для небольших хозяйств, использующих традиционные средства механизации; и iii) возможность экономически эффективного использования технологий на полях неправильной формы, что позволяет избежать

ВРЕЗКА 7 ЭВОЛЮЦИЯ ЛЕСНОГО СЕКТОРА: МЕХАНИЗАЦИЯ И ЦИФРОВАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ

Исторически сложилось так, что работа в лесном секторе была физически тяжелой и потенциально опасной, особенно на этапе заготовки древесины. Низкотехнологичные системы требовали наличия специальной лесозаготовительной бригады: лесозаготовителя, его помощника и группы рабочих, которые занимались обрезкой ветвей. После обрезки другая специализированная бригада, состоящая из сортировщика, раскряжевщика и двух-трех трелевщиков, производила поперечный распил деревьев на бревна¹⁰⁰. Из-за тяжелых и опасных условий труда ручные методы ведения лесозаготовок в настоящее время встречаются гораздо реже.

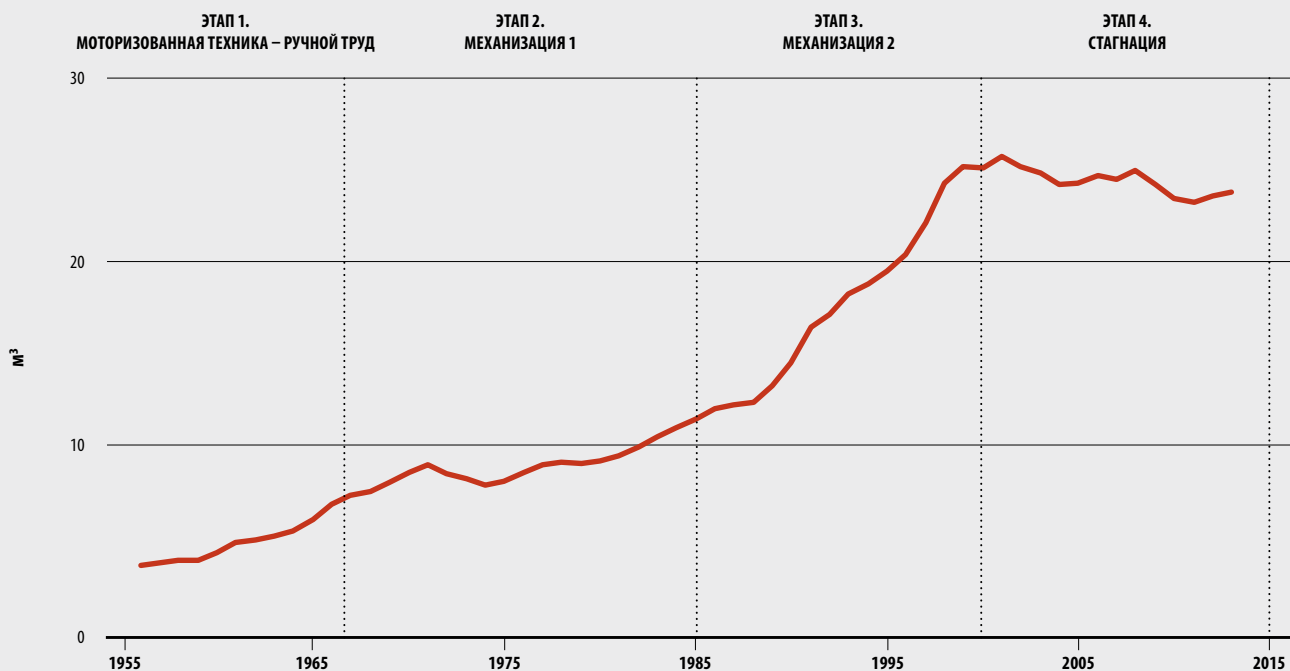
В 1950-х годах начался процесс модернизации сектора лесозаготовок: от преимущественно ручного труда стали переходить к механизации и частичной автоматизации. Процесс лесозаготовок можно подразделить на четыре отдельных этапа: валка деревьев, вывозка их из леса, сортировка и погрузка на погрузочной площадке и транспортировка на рынок. Лесозаготовительные машины теперь способны выполнять несколько операций (валка, вывозка, раскряжевка и сортировка). Использование этого оборудования существенно повысило

эффективность и улучшило условия труда. Преимуществами механизации и цифровой автоматизации являются безопасность и комфорт операторов лесозаготовительных машин. В ходе этого процесса резко возросла производительность труда. В Швеции за период с 1960 по 2010 год производительность труда одного работника увеличилась в шесть раз (см. рисунок).

Но даже в этих механизированных системах лесозаготовок расходы на рабочую силу в европейских странах обычно составляют порядка 30–40 процентов производственных затрат¹⁰². Условия работы там напряженные, поскольку операторам приходится быстро принимать множество решений, управляя сложным оборудованием и определяя различия в качестве бревен, что ограничивает количество часов, в течение которых они могут работать. Поэтому одним из способов увеличения производительности является повышение уровня автоматизации. Стимулами к внедрению автономного оборудования являются повышение производительности труда и снижение оперативных расходов. И хотя автономная машина обычно работает медленнее, чем оборудование, управляемое оператором, она все равно может быть более экономичной: при наличии



РИСУНОК ОБЪЕМ ЗАГОТОВОК ДРЕВЕСИНЫ ЗА ОДИН РАБОЧИЙ ДЕНЬ В ШВЕДСКОЙ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СКОльзяЩЕЕ СРЕДНЕЕ ЗА ТРИ ГОДА



ИСТОЧНИК: SkogForsk, см. McKinsey and Company, 2020¹⁰¹.

ВРЕЗКА 7 (Продолжение)

полуавтономных машин оператор может управлять несколькими машинами одновременно.

Большинство современных лесозаготовительных машин можно легко и при относительно низких затратах переоборудовать под дистанционное управление, и многие рабочие варианты такого решения доступны уже сейчас. Как уже говорилось выше, такие машины обычно работают медленнее – а если задача сложная, то значительно медленнее, – и если их единственным преимуществом является повышение производительности, то лесохозяйственные предприятия их использовать не будут. Но основаниями для внедрения могут быть и другие соображения, в частности возможность обеспечить безопасность оператора или его полную загрузку в случае, если он оформлен на полный рабочий день, но по каким-то причинам недозагружен.

Полностью автономных систем заготовки древесины в настоящее время не существует. Однако первыми вероятными роботизированными операциями, которые вскоре будут осуществимы при скромных инвестициях в НИОКР, могут стать вывозка и последующая транспортировка стволов и бревен с помощью систем GPS-навигации. В долгосрочной перспективе экономически целесообразной может также стать валка лесных насаждений, но для этого потребуются значительные инвестиции в НИОКР¹⁰³. Наконец, одним из аспектов лесохозяйственных операций, требующих повышения производительности в цепочках поставок лесоматериалов, являются перевозки заготовленных бревен автомобильным транспортом. Технологии создания беспилотных грузовиков развиваются очень быстро, а преимуществом автономных перевозок является то, что они снижают потребность в рабочей силе и, соответственно, затраты. Для передвижения вне дорог общего пользования автономные транспортные средства уже используются в секторе добычи полезных ископаемых, что делает реальной возможность распространения этой технологии на лесное хозяйство.

Разрабатываются также новые, более экологичные системы лесозаготовок. Шагающий харвестер теперь может

использоваться для лесозаготовок на крутых, сложных и неровных участках. Одна из целей состоит в том, чтобы ограничить негативное воздействие техники на лесные почвы за счет точечного контакта с землей, обеспечив движение строго по колее гусеничной машины¹⁰³. И хотя до промышленного использования таких систем пока еще очень далеко, в Новой Зеландии уже есть очень перспективный вариант лесозаготовительного комбайна, который передвигается без соприкосновения с лесными почвами. Он может работать на любом рельефе (на крутых склонах, на неровных участках и т. д.), оставаясь над поверхностью земли и перемещаясь от дерева к дереву, используя сами эти деревья в качестве опоры, что снижает вероятность разрушения структуры почвы¹⁰⁴.

Такие экологичные новшества могут быть полезны в лесах, где использование моторизованной техники для лесозаготовок может приводить к уплотнению и эрозии почв, а также к утрате биоразнообразия. Наконец, поскольку польза от лесов далеко не ограничивается производством древесины – это и связывание углерода, и недревесная лесная продукция, и предотвращение эрозии, и очистка воды, и рекреационные услуги, важно понять, как цифровая автоматизация и датчики могут повысить ценность и этих преимуществ тоже. Одним из важных примеров является мониторинг сведения лесов, в частности незаконной вырубке, с использованием спутниковых данных. С точки зрения детализации данных возможности мониторинга обезлесения значительно расширились. Теперь во всем мире доступны данные с разрешением 5 метров, собираемые ежемесячно. Конкретным примером применения этой технологии стало обнаружение утраты лесов в бассейне Амазонки из-за расширения плантаций масличной пальмы на территории коренных народов в Эквадоре¹⁰⁵. Наличие в открытом доступе таких данных и их глобальный охват являются прекрасным примером того, как могут использоваться цифровые решения для диагностики возможных проблем.

» необходимости изменения формы сельских ландшафтов и превращения их в большие прямоугольные поля (на которых наиболее эффективны традиционные средства механизации), т.е. процесса, который разрушает сельские общины.

Дроны используются для сбора информации и автоматизации процесса внесения сельскохозяйственных материалов, аналогично ТПН на основе карт. Но из-за

опасений по поводу чрезмерного внесения материалов, переноса пестицидов и авиационных опасностей их использование часто строго регулируется^{90,91}. Например, в Соединенном Королевстве разрешено рассыпать гербициды с помощью дронов только в труднодоступных районах и только на строго оговоренных условиях. Швейцария же допускает более гибкие условия внесения сельскохозяйственных материалов

с помощью дронов, и это может побудить другие европейские страны ввести такую же практику у себя⁹³.⁹² В 2021 году в Соединенных Штатах Америки услуги внесения сельскохозяйственных материалов с помощью дронов предоставляли порядка 14 процентов розничных продавцов сельскохозяйственной продукции, и ожидается, что к 2024 году этот показатель увеличится до 29 процентов⁹². Внесение сельскохозяйственных материалов с помощью дронов также довольно популярно в некоторых странах со средним уровнем дохода, таких как Бразилия и Китай⁹³.

Некоторые менее известные достижения в области автоматизации: аквакультура, лесное хозяйство и растениеводство в контролируемой среде

В секторе аквакультуры в связи с дефицитом рабочей силы и высокими зарплатами цифровая автоматизация идет высокими темпами. Несмотря на большие первоначальные затраты, широкое распространение получили инновации в области автоматизации процессов кормления и мониторинга, поскольку они сводят к минимуму затраты на рабочую силу и другие переменные издержки и снижают требования к рабочей силе: такая организация производства требует всего нескольких высококвалифицированных операторов⁹⁴. Во **врезке 6** представлены последние новшества в области аквакультуры, реализованные в Индии и Мексике.

В лесном хозяйстве уже полностью автоматизированы многие операции по заготовке древесины. Для этого используется моторизованное оборудование, которое постепенно модернизируется с помощью цифровых инструментов. В последнее время мобильные технологии в сочетании с технологиями виртуальной реальности и методами дистанционного зондирования готовят почву для создания высокотехнологичных автоматов для лесного хозяйства. Основной целью усилий по автоматизации являются лесозаготовительные комбайны (харвестеры) и форвардеры – самые современные машины для распиловки и транспортировки бревен⁹⁸. Все более широкое распространение получают новые цифровые технологии в этой сфере. Один из недавних обзоров показал, что серьезное внимание уделяется инновациям на основе технологии дистанционного зондирования, которые используются для мониторинга, планирования и управления лесными ресурсами, где важную роль в

сборе, обработке и анализе данных играют также методы машинного обучения. В процессе внедрения цифровых инструментов, вероятно, возникнут новые вопросы о лесных экосистемах как динамичных социальных, экологических и технологических ландшафтах. В будущих исследованиях необходимо более тщательно изучить вопрос о возможностях исследователей, управленцев и других заинтересованных сторон в секторе лесного хозяйства прогнозировать экологическую и технологическую неопределенность в лесных экосистемах и адаптироваться к ней⁹⁹. Во **врезке 7** приведено краткое описание эволюции лесного сектора с точки зрения его механизации и возможностей цифровой автоматизации.

Еще одним перспективным направлением цифровой автоматизации является выращивание сельскохозяйственных культур и животных в контролируемой среде (КС), которое включает тепличное сельское хозяйство и вертикальное растениеводство. Самой распространенной формой КС являются теплицы. Они устроены так, что по самой своей сути предполагают мониторинг, контроль и оптимизацию условий среды. Благодаря появлению недорогих маломощных потребительских датчиков и инструментов, коммуникационных устройств, технологий обработки данных и мобильных приложений, а также технологических достижений в области проектирования, имитационного моделирования и механизации садоводства произошел переход от обычного тепличного хозяйства к интеллектуальным управляемым средам¹⁰⁶. Успех стартапов, специализирующихся на технологиях КС, таких как Food Autonomy в Венгрии, ioCrops в Республике Корея и UrbanaGrow в Чили, говорит о наличии реального потенциала в этой области².

Прежде чем приступать к крупномасштабной промышленной разработке, необходимо провести тщательный экономический анализ, поскольку первоначальные затраты, связанные с автоматизацией тепличного хозяйства и вертикального растениеводства, достаточно высоки¹⁰⁶. Как и в случае других технологий, представленных в этой главе, определяющим фактором здесь является соотношение затрат на повышение уровня автоматизации с увеличением рентабельности производства, и именно этот показатель следует иметь в виду в будущих исследованиях, обосновывая целесообразность более высоких уровней автоматизации. ■

ВЫВОДЫ

В этой главе представлены тенденции и движущие силы механизации с использованием моторизованной техники в системах сельскохозяйственного производства, а также более современные технологии цифровой автоматизации. Анализ выявил большие различия в уровнях механизации в мире: Азия, Латинская Америка и Карибский бассейн продемонстрировали значительный прогресс в этой области, который был обусловлен эволюцией системы ведения сельского хозяйства, структурными преобразованиями и урбанизацией, а успехи стран Африки к югу от Сахары оказались скромными. Были также рассмотрены вопросы о том, как и где цифровая автоматизация используется в сельском хозяйстве успешно, и каков ее потенциал с точки зрения преобразования подходов к использованию сельскохозяйственной техники.

Любое обсуждение плюсов механизации и цифровой автоматизации сельского хозяйства обычно начинается с вопроса об экономии трудозатрат, но потом быстро переходит к другим преимуществам. Наиболее широко признанным преимуществом механизации с использованием моторизованной техники является снижение трудоемкости и своевременность выполнения операций в условиях дефицита и сезонности предложения сельскохозяйственной рабочей силы. Но несмотря на то, что механизация положительно сказывается на таких аспектах, как производительность труда, сокращение масштабов нищеты, обеспечение продовольственной безопасности, улучшение питания, а также здоровье и благополучие людей, ее внедрение вызывает озабоченность в связи с возможной безработицей¹⁰⁷, утратой биоразнообразия^{108, 109}, деградацией земель^{15, 110} и усилением неравенства между крупными и мелкими хозяйствами^{111, 112}. Эти опасения, по-видимому, главным образом обусловлены преобладанием тяжелой моторизованной техники, приводимой в действие мощными четырехколесными тракторами^{7, 113, 114}.

В литературе по цифровой автоматизации утверждается, что с ее помощью можно решить некоторые из упомянутых выше социальных и экологических проблем, связанных с использованием моторизованной техники⁴⁸. Преимуществами цифровой автоматизации являются независимость от размеров хозяйства (поскольку она допускает использование менее габаритного оборудования), точность внесения сельскохозяйственных материалов, снижение уплотнения почвы (благодаря использованию малой роевой робототехники),

способность осуществлять агротехнические операции там, где ручные или механизированные работы затруднены (например, на влажных почвах и на крутых склонах), возможность ведения прибыльного хозяйства на небольших полях неправильной формы и автоматизированный сбор данных о растениеводстве и животноводстве^{54, 82, 115}.

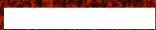
В этой главе показано, что в странах, находящихся на разных этапах развития, целый ряд технологических решений доступен для потенциального внедрения уже сейчас. Задача правительств заключается в обеспечении инклюзивного характера внедрения. Для этого необходимо содействие доступности этих технологий для всех, включая мелких производителей, женщин, молодежь и уязвимые группы, а также адаптация имеющихся технологических решений к конкретным условиям и потребностям различных производителей.

Обеспечение инклюзивного характера внедрения, со всеми связанными с этим проблемами, позволит странам извлечь пользу из технологий цифровой автоматизации и станет стимулом для справедливых и устойчивых преобразований агропродовольственных систем. Примеры, представленные в этой главе, показывают, как мелкие производители могут не только извлекать выгоду из услуг механизации и цифровой автоматизации, но и снижать при этом экологический след своей деятельности. При этом появляется все больше свидетельств в пользу того, что на вектор развития этих технологий и на их внедрение в разных странах и разными производителями будет влиять государственная политика. Доступ к кредитам, наращиванию потенциала и информации определяется конкретными мерами экономической политики. В идеале страны должны стараться создавать равные условия для внедрения инновационных технологий, актуальных для местных агропродовольственных систем. Это позволит частному сектору обеспечить соответствие спроса и предложения на механизацию с использованием моторизованной техники, цифровую автоматизацию и робототехнику. В следующей главе будет представлен анализ экономического потенциала этих технологий и их перспективы в плане преобразования сельского хозяйства. В частности, будет рассмотрен вопрос о том, почему важную роль по-прежнему может играть механизация с использованием моторизованной техники (обычно в сочетании с цифровыми решениями), особенно для мелких производителей из стран с низким уровнем дохода и с уровнем дохода ниже среднего, где процесс внедрения идет медленно. ■



СЕРБИЯ

Автономный комбайн
на поле.
©Scharfsinn/
Shutterstock.com



ГЛАВА 3

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В АВТОМАТИЗАЦИЮ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ОСНОВНЫЕ ТЕЗИСЫ

- Экономическая модель механизации с использованием моторизованной техники строится на ее потенциале снижения производственных затрат, расширения и интенсификации производства и повышения производительности труда. Основными препятствиями на пути ее внедрения являются ограниченность доступа к необходимым услугам (например, к финансированию и распространению знаний), особенно для уязвимых и маргинализированных групп, включая мелких производителей и женщин, отсутствие благоприятной деловой среды, недостаток технологий, ориентированных на мелких фермеров, и неразвитость инфраструктуры.
- Механизация с использованием моторизованной техники по-прежнему может пойти на пользу многим странам с низким и средним уровнями дохода, где внедрение идет медленно. Этим странам следует воспользоваться широким разнообразием имеющейся сельскохозяйственной техники и возможностью ее многоцелевого применения, приспособив ее к местным потребностям, особенно к потребностям мелких производителей, которые обычно обрабатывают небольшие участки с неровным рельефом.
- Цифровые технологии могут не только повышать точность и своевременность сельскохозяйственных операций и увеличивать эффективность консультационных услуг по вопросам сельского хозяйства, но и способствовать решению экологических проблем (например, таких как эрозия почв), возникших в результате предыдущих этапов механизации, и созданию устойчивости к потрясениям и стрессам.
- Цифровые технологии позволяют организовать услуги проката техники, в том числе в странах с низким уровнем дохода, обеспечивая доступ к технологиям для таких групп, как мелкие производители и женщины, которые часто оказываются на обочине процесса. Основными движущими

силами преобразований семейных фермерских хозяйств в направлении их автоматизации обычно являются молодые фермеры.

→ Экономическая модель внедрения технологий цифровой автоматизации пока еще недостаточно хорошо обоснована, особенно в странах с низким уровнем дохода и с уровнем дохода ниже среднего, что обусловлено проблемами с доступом в интернет и с электроснабжением, а также ограниченностью доступа к услугам, таким как финансирование, страхование и образование. Особенно это касается робототехники с искусственным интеллектом (ИИ), внедрение которой, как ожидается, ускорится в основном у крупных производителей из стран с высоким уровнем дохода.

→ Использование потенциала технологий цифровой автоматизации требует решения проблем, препятствующих внедрению (низкий уровень развития инфраструктуры, отсутствие цифровой грамотности, высокая стоимость технологий и отсутствие благоприятных условий), а также инвестирования в научные исследования и апробирование этих технологий в мире с целью обеспечения их соответствия местной специфике.

Во второй главе обсуждались тенденции и движущие силы автоматизации сельского хозяйства, в том числе механизации с использованием моторизованной техники и более современных технологий цифровой автоматизации, связанных с прецизионным земледелием. Механизация с использованием моторизованной техники широко применяется во всем мире, но по уровню внедрения ситуация может различаться как между странами, так и в рамках одной страны. Большинство стран субсахарской Африки по-прежнему

отстают в этом процессе. В других регионах доступ к механизации неодинаков: как правило, он меньше у уязвимых групп, таких как мелкие производители и женщины. Сейчас мир находится на ранних стадиях цифровой автоматизации сельского хозяйства, которая включает использование датчиков, роботов, искусственного интеллекта и других цифровых инструментов для автоматизации одного или нескольких компонентов сельскохозяйственных операций: диагностики, принятия решений и выполнения. Несмотря на то, что во многих странах моторизованная техника распространена очень широко, сельхозпроизводители и агробизнес до сих пор не могут определиться с тем, какие из технологий цифровой автоматизации стоят того, чтобы взять их на вооружение с учетом местных условий и тех технологий, которые они используют сейчас. Одним из главных препятствий на пути внедрения является отсутствие ожидаемых выгод от таких инвестиций из-за высоких затрат на приобретение или больших операционных издержек по сравнению с затратами на рабочую силу в существующих системах хозяйствования. Другими факторами, препятствующими внедрению, являются отсутствие технологий, подходящих для маломасштабного производства, недостаточно хороший доступ к услугам по ремонту и техническому обслуживанию, низкий уровень цифровой грамотности, проблемы с доступом в интернет и скептическое отношение к инновациям в целом. В этой главе рассматривается вопрос о том, как эти факторы влияют на экономическую модель автоматизации сельского хозяйства и что нужно для того, чтобы сделать эту модель более обоснованной.

Экономическая модель инвестирования в сельскохозяйственные технологии строится на потенциальных выгодах для сельхозпроизводителей, а также для всех тех, кто связан с производством, поставками, обслуживанием и ремонтом техники. Предполагается, что все эти субъекты – производители, дилеры, поставщики услуг по ремонту и техническому обслуживанию – принимают разумные решения с целью получения максимальной прибыли и улучшения своего благосостояния. Инвестиции в технологии автоматизации сопряжены с затратами, которые обычно увеличиваются, если эти технологии не являются широко доступными на местном уровне. Производители и поставщики технологий пойдут на внедрение автоматизации только в том случае, если выгоды от нее перевесят эти затраты.

Для некоторых технологий и при определенных условиях инвестиционные затраты могут превышать потенциальные выгоды, по крайней мере в краткосрочной перспективе, и это может стать препятствием для инвестиций, несмотря на благоприятные перспективы для общества в

целом. Поэтому для увязки частных выгод с интересами общества и, соответственно, для стимулирования бизнеса требуется вмешательство государства. В этой главе также рассматриваются (в основном экологические) проблемы, связанные с использованием моторизованной техники, и способы их решения (по крайней мере частичного) с помощью новых технологий цифровой автоматизации, в том числе тех, которые пока находятся в стадии разработки. Это особенно актуально для некоторых стран с низким уровнем дохода и с уровнем дохода ниже среднего, где внедрение моторизованной техники шло медленно, но сейчас появилась возможность осуществить этот процесс, придав ему устойчивый, эффективный и инклюзивный характер.

В этой главе представлены и обобщены фактологические данные для экономической модели внедрения моторизованной техники и технологий цифровой автоматизации. Эти данные взяты из материалов тематических исследований, которые были проведены в рамках подготовки настоящего доклада, а также из других источников по этой тематике. Далее идет обсуждение возможного влияния мер политики и инвестиций и создания с их помощью стимулов для внедрения технологий автоматизации. В заключение проводится анализ дальнейших траекторий развития широкого спектра различных технологий и рассматривается их потенциал с точки зрения преобразования сельского хозяйства и обеспечения его устойчивости в свете различных проблем местного уровня, с которыми сталкиваются производители. ■

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВНЕДРЕНИЯ МОТОРИЗОВАННОЙ ТЕХНИКИ ВО МНОГИХ СЛУЧАЯХ ПОДТВЕРЖДАЕТ ЕЕ УСТОЙЧИВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

О преимуществах, которые механизация уже принесла и еще может принести в плане развития сельского хозяйства и сельских районов, написано много и подробно. Благодаря тому, что у производителей появляется возможность выполнять сельскохозяйственные операции быстрее и эффективнее, растет продуктивность сельского хозяйства, увеличиваются доходы, обеспечивается

ВРЕЗКА 8 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАТРАТ И ВЫГОД МЕХАНИЗАЦИИ И РУЧНОГО ТРУДА / ТЯГЛОВОЙ СИЛЫ ЖИВОТНЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПШЕНИЦЫ: ДАННЫЕ ИЗ ЭФИОПИИ И НЕПАЛА

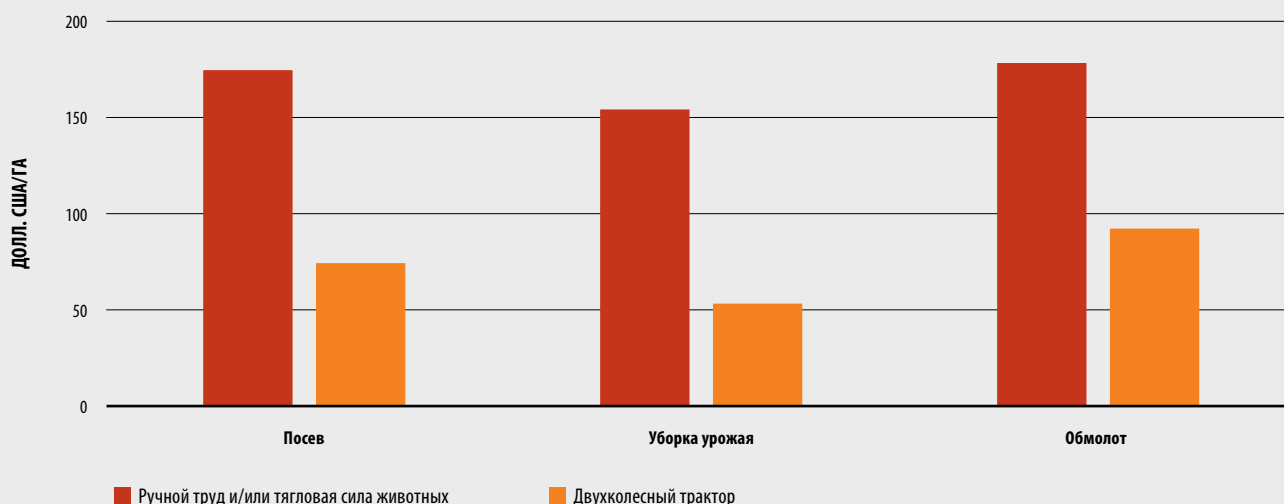
В Эфиопии фермеры, использующие в производстве пшеницы двухколесные тракторы, сократили затраты на основные операции по посеву, уборке урожая и обмолоту на 46, 65 и 48 процентов соответственно по сравнению с традиционными способами производства, в которых используются ручные инструменты или тяговая сила животных (см. рисунок). Снизилась и транспортные расходы. Средний валовой доход увеличился: при традиционном способе производства он составлял 1964 долл. США, при механизированном вырос до 2567 долл. США. Средние совокупные переменные издержки в механизированной и традиционной системах земледелия составили 526 и 818 долл. США соответственно.

В итоге валовая прибыль от механизированных операций выросла на 78 процентов, достигнув 2041 долл. США. Эти результаты показывают, что механизированное производство пшеницы гораздо продуктивнее и прибыльнее немеханизированного.

Аналогичные результаты были достигнуты в Непале: там механизированное производство пшеницы с использованием туковой сеялки, жатки и молотилки на тракторной тяге обеспечило снижение общих эксплуатационных расходов хозяйств почти вдвое и увеличение валовой прибыли на 81 процент, до 514 долл. США (см. таблицу на стр. 42).



РИСУНОК СТОИМОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ И БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОТОРИЗОВАННОЙ ТЕХНИКИ: ПРИМЕР ЭФИОПИИ



ИСТОЧНИК: Yahaуа, готовится к публикации¹⁵.

экономия рабочей силы и затрат, сокращается объем тяжелой физической работы и достигаются многие другие преимущества. Например, переход от плугов, запряженных животными, к мотокультиваторам в системах интенсивного выращивания риса на заболоченных землях в Азии обеспечил значительную экономию затрат на рабочую силу, используемую для подготовки земли к севу. Интенсивность и продуктивность рисоводства также возросли благодаря совместному использованию услуг по механизации подготовки земли и обмолота¹. Благодаря использованию небольших механических мельниц для выполнения чрезвычайно трудоемких и утомительных работ, таких как шелушение риса-сырца и измельчение зерна в муку, у работников существенно увеличилось количество свободного времени, особенно у женщин¹. Механизация способствовала снижению

ущерба и потерь урожая: так было, например, в Индии, где с появлением зерноуборочных комбайнов потери риса сократились, а урожайность возросла на 24 процента². Во **врезке 8** представлены аргументы в поддержку экономической модели инвестирования в моторизованную технику в Непале и Эфиопии. Эти аргументы основываются на результатах двух проведенных недавно тематических исследований.

Факты говорят о том, что даже в странах Африки к югу от Сахары, где механизация распространена не очень широко (см. главу 2), она принесла большие выгоды. В Кот-д'Ивуаре использование тракторов способствовало применению современных факторов производства и улучшению управления растениеводством, повышению продуктивности земель и производительности труда. Исследование, проведенное в 11 африканских странах,

ВРЕЗКА 8 (Продолжение)

ТАБЛИЦА СТОИМОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ И БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОТОРИЗОВАННОЙ ТЕХНИКИ: ПРИМЕР НЕПАЛА

Статьи расходов	Ручные методы стоимость (долл. США/га)	Механизированное производство стоимость (долл. США/га)
Навоз	68	34
Семена	71	71
Удобрения	87	87
Всего, факторы производства	226	192
Подготовка земли к севу, посев и внесение удобрений	85	25
Орошение	36	11
Уборка урожая	102	48
Обмолот	174	116
Всего, сельскохозяйственные операции	396	200
Транспорт	13	13
Совокупные переменные издержки	635	405
Производство зерна	868	868
Производство соломы	51	51
Итого, выручка	919	919
Валовая прибыль	283	514
Соотношение выручка/затраты	1,45	2,27

ПРИМЕЧАНИЕ. По состоянию на 6 апреля 2021 года по обменному курсу "Непал Растра банк" 1 доллар США = 117,57 непальских рупий. ИСТОЧНИК: ФАО, 2022¹⁶.

показало, что использование тракторов позволило увеличить урожайность кукурузы примерно на 0,5 т/га³. В Гане и Эфиопии домохозяйства, использующие тракторы, смогли расширить свое производство, обрабатывая больше земли, вместо того чтобы пытаться повысить урожайность^{4,5}. В Замбии сельским домохозяйствам, использующим тракторы, удалось почти удвоить свой доход, поскольку они стали обрабатывать гораздо большую часть своей земли и получать вдвое большую валовую прибыль в расчете на час сельскохозяйственного труда по сравнению с другими домохозяйствами⁶. Несмотря на сокращение вдвое потребности в рабочей силе на гектар, в результате расширения производства спрос на

наемную рабочую силу во всех немеханизированных видах деятельности фактически увеличился. Переход от семейного труда к наемному также снизил нагрузку на женщин и детей, позволив последним посещать школу.

Таким образом, преимущества механизации сельского хозяйства далеко не ограничиваются повышением продуктивности сельского хозяйства. Механизация может высвободить рабочие руки в сельских домохозяйствах и дать людям возможность заниматься не сельским хозяйством, а другими видами деятельности, например приготовлением пищи (что будет способствовать улучшению питания) или работой в несельскохозяйственном секторе, что позволит повысить

ВРЕЗКА 9 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Внедрение технологий – от охлаждения пищевых продуктов для их хранения и транспортировки до инноваций в процессах обезвоживания и копчения – значительно улучшило показатели сохранности и безопасности пищевых продуктов. Например, в производстве животноводческой продукции вертикальная обвалка туш на скотобойнях является простым, но эффективным методом предотвращения загрязнения мяса. Автоматизация уборки урожая, сортировки и упаковки пищевых продуктов значительно снижает риски загрязнения продуктов пищевыми патогенами при их передаче от работников пищевой отрасли. Механическая сортировка арахиса для отбраковки ядер с высокой степенью поражения грибковой инфекцией оказалась чрезвычайно эффективной для обеспечения охраны общественного здоровья. При этом очень важно соблюдать установленные санитарно-гигиенические требования, чтобы предотвратить передачу инфекций пищевого происхождения от самих машин и оборудования. Например, техника, используемая для сбора урожая, если ее надлежащим образом не очищать, может вносить в цепочку поставок аллергены. Техника может также представлять угрозу для безопасности пищевых продуктов

ИСТОЧНИК: ФАО, 2022¹⁷.

из-за утечек масла, гидравлических жидкостей, выхлопных газов и других факторов.

Достижения в области цифровой автоматизации позволяют также быстрее обнаруживать загрязняющие вещества в пищевых продуктах, обеспечивают более совершенные инструменты для своевременного расследования вспышек болезней пищевого происхождения и повышают эффективность систем мониторинга и эпиднадзора. Технология дистанционного зондирования в прецизионном земледелии позволяет на ранней стадии обнаруживать повреждения вредителями и целенаправленно и своевременно вносить агрохимикаты, предотвращая тем самым их чрезмерное использование. Но применение этих технологий не всегда приносит выгоду: в некоторых случаях автоматизация может увеличивать потребление агрохимикатов для достижения желаемой цели, что может нанести вред как человеку, так и окружающей среде. Важно также обеспечить справедливый и равноправный доступ к технологиям и решить вопросы, связанные с конфиденциальностью данных и правом собственности на них.

уровень жизни^{7,8,9}. Она может также способствовать созданию новых рабочих мест, например для механиков по обслуживанию и ремонту оборудования. Из-за увеличения спроса на несельскохозяйственные товары и услуги могут появиться и сопутствующие эффекты для экономики в целом^{10,11}. Благодаря технологиям консервирования и хранения (например, сушке и холодильному хранению) механизация может также повысить безопасность пищевых продуктов, поскольку эти технологии, при условии их надлежащего внедрения, позволяют снизить загрязнение¹². О роли автоматизации сельского хозяйства в повышении безопасности пищевых продуктов говорится во [врезке 9](#).

Механизация также делает сельскохозяйственное производство более устойчивым к внешним факторам. В частности, повышается устойчивость к климатическим потрясениям, таким как засухи, поскольку у фермеров появляется возможность быстрее выполнять сельскохозяйственные работы и более гибко приспосабливаться к меняющимся погодным условиям. Например, ирригационные насосы могут

увеличивать или стабилизировать урожайность там, где дожди непредсказуемы, а засухи являются обычным явлением¹, как это чаще всего происходит на Ближнем Востоке и в Северной Африке¹³. Механизация также помогает повысить устойчивость к потрясениям в области здравоохранения, которые могут затрагивать членов семьи или наемных работников и серьезно подрывать сельскохозяйственное производство¹⁴.

Важнейшим элементом экономической модели является адаптация решений в области внедрения моторизованной техники к местным потребностям

Пока что имеющиеся данные говорят о том, что возможности использования моторизованной техники остаются, особенно там, где ее внедрение шло медленно или она отсутствовала вообще. Существует возможность, минуя этап механизации, сразу перейти к цифровой автоматизации и робототехнике с искусственным интеллектом, но практически это осуществимо всего

ВРЕЗКА 10 ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МЕЛКИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ К ВНЕШНИМ ФАКТОРАМ ЗА СЧЕТ СРЕДСТВ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ

После циклона 2015 года и последующей засухи в 2016 году в штате Ракхайн, Мьянма, ФАО совместно с правительством этой страны приступила к осуществлению годового проекта (2016–2017 годы), который финансировало правительство Японии. Его целью было повышение продовольственной безопасности домохозяйств и устойчивости мелких производителей из районов, подверженных конфликтам и стихийным бедствиям, к внешним факторам. В рамках одного из компонентов этого проекта ФАО увеличила доступность средств малой механизации, таких как двухколесные тракторы и водяные насосы. Мероприятия по механизации были развернуты в 7 поселках и 73 деревнях штата Ракхайн, пострадавших от наводнения и конфликта. В рамках проекта было роздано в общей сложности 55 двухколесных тракторов и 94 водяных насоса и проведено обучение использованию и техническому обслуживанию средств малой механизации. Кроме того, 146 жителей деревни научили управлять тракторами.

Результаты свидетельствуют о значительных преимуществах механизации для фермеров и общин в целом: она снижает затраты на подготовку земли к севу (1,6 долл. США/га) и значительно экономит время (двухколесные тракторы работают в семь раз быстрее, чем тягловые животные). Своевременная подготовка земли позволила повысить устойчивость к внешним факторам,

ИСТОЧНИК: ФАО, 2019²⁴.

поскольку фермеры стали лучше справляться с изменчивостью погоды и дефицитом рабочей силы, а также с другими факторами риска. Благодаря орошению с помощью водяных насосов, которыми фермеры пользовались в сухой сезон для выращивания бобовых и овощей как для собственного потребления, так и на продажу, были получены и другие преимущества: повышение доходов и укрепление продовольственной безопасности.

Устойчивости мелких производителей к внешним факторам может способствовать использование и других средств малой механизации: сушилок, молотилок и жаток; это также будет содействовать созданию новых рабочих мест в сельской местности и снижению тяжести ручного труда. Однако выбор конкретной технологии должен зависеть от местных условий и оценки потребностей. Кроме того, для поддержания работы служб механизации абсолютно необходима техническая поддержка, а также наличие технических специалистов и мастерских по ремонту и техническому обслуживанию в деревнях или прилегающих районах. По итогам проекта был сделан вывод о том, что его результаты были бы значительно лучше, если бы в ходе его реализации больше внимания уделялось интересам женщин и молодежи.

в нескольких странах с высоким уровнем дохода (см. главу 2); в странах же с низким уровнем дохода и с уровнем дохода ниже среднего доступно большое разнообразие решений в области механизации с использованием моторизованной техники. Экономическая модель механизации с использованием моторизованной техники во многом зависит от контекста и от той техники, которую предполагается внедрить. В крупных хозяйствах, располагающихся на равнинных территориях, сельхозпроизводители могут использовать преимущества тяжелой техники, такой как зерноуборочные комбайны и четырехколесные тракторы. Мелким же производителям выгоднее малогабаритная техника, например небольшие четырехколесные и двухколесные тракторы: они и дешевле, и в большей степени ориентированы на сохранение экологической устойчивости¹⁸. Именно благодаря такой технике удалось сократить разрыв в уровнях механизации в Азии^{2, 19, 20}. Она более маневренная и потому лучше приспособлена для мелких хозяйств, на

территории которых бывают пни и камни; она проще в эксплуатации, ремонте и обслуживании, а под ее покупку легче получить микрофинансирование. К таким тракторам можно также крепить рыхлители и сеялки и использовать их в механизированном почвозащитном и ресурсосберегающем земледелии, которое способствует повышению устойчивости к изменению климата^{21, 22}. Во **врезке 10** приведен конкретный пример преимуществ средств малой механизации с точки зрения повышения устойчивости мелких производителей из Мьянмы к внешним факторам.

Последние инновации, помогающие приспособить моторизованную технику к местным потребностям, не ограничиваются адаптацией размеров техники к местным задачам. Страны Ближнего Востока и Северной Африки все чаще сталкиваются с переборами с водой, что ограничивает рост сельскохозяйственного производства. Во **врезке 11** описана используемая в Египте технология механизированной посадки сельскохозяйственных

ВРЕЗКА 11 ЕГИПЕТ: МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ПОСАДКА СЕЛЬХОЗКУЛЬТУР НА ПРИПОДНЯТЫХ ГРЯДКАХ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Механизированная посадка сельхозкультур на приподнятых грядках является эффективным средством повышения продуктивности и урожайности, экономии воды, которая является дефицитным ресурсом, и уменьшения заболачивания за счет улучшения дренажа. В Египте эта технология позволила на 25 процентов увеличить продуктивность выращивания пшеницы благодаря повышению урожайности, снижению на 50 процентов затрат на семена, сокращению водопотребления на 25 процентов и снижению затрат на рабочую силу. В результате программа механизированной посадки стала составной частью национальной кампании Египта по выращиванию пшеницы, и, по оценкам, к 2023 году по этой технологии будет засеяно порядка 800 000 га этой культуры. Подсчитано также, что за 15 лет реализации проекта суммарная выгода от использования этой технологии превысит 4 млрд долл. США; главными бенефициарами станут более миллиона египетских производителей пшеницы. Другими преимуществами являются снижение зависимости от импорта пшеницы (более чем на 50 процентов к 2025 году) и

повышение продуктивности воды на территории свыше 200 000 га земель, где наблюдается ее дефицит.

Залогом успеха таких проектов является адаптация этой технологии к местной специфике и подбор компонентов технологического пакета в соответствии с конкретными обстоятельствами. В Египте в результате долгосрочной оценки был разработан следующий технологический пакет: улучшенный сорт пшеницы, высеваемый из расчета 108 кг/га; сроки посева – в период с 15 по 30 ноября; подготовка грядок и посадка с использованием механического плуга/сеялки; внесение азотных удобрений из расчета 168 кг/га. Грамотная адаптация этой технологии делает ее особенно привлекательной для мелких и средних фермерских хозяйств. Она относительно доступна по цене, легко реализуема с помощью небольших тракторов, проста в использовании применительно к местным культурам и допускает как возделывание монокультуры (например, пшеницы или риса), так и одновременное выращивание нескольких культур (например, кукурузы, сахарной свеклы, конских бобов).

ИСТОЧНИКИ: Alwang *et al.*, 2018²⁵; Swelam, 2016²⁶.

культур на приподнятых грядках, которая является примером инновационной синергии орудий механизации и усовершенствованных факторов производства с агротехническими приемами: взятые вместе, они позволяют повысить урожайность, обеспечив экономию скудных природных ресурсов.

Механизация сельского хозяйства занимает важное место в текущей политической повестке многих стран с низким уровнем дохода, особенно в субсахарской Африке, где из-за первых неудач государственных программ механизации этим какое-то время не занимались²³. Продолжаются дебаты по вопросу о том, какой вариант технологического развития должны поддерживать правительства и партнеры по развитию, особенно там, где автоматизация еще не внедрена (как, например, в большинстве стран субсахарской Африки и во многих горных районах). Универсального подхода тут нет, но в каждом конкретном случае можно найти оптимальный вариант¹⁸. Решения по автоматизации сельскохозяйственных операций следует подбирать с учетом местных условий, включая имеющиеся возможности и барьеры,

а также связанного с этим рыночного спроса на технологии механизации.

Ручной труд и животная тяговая сила (по-прежнему) важны

Несмотря на преимущества моторизованной техники, есть свидетельства того, что ручные технологии и тяговая сила животных пока что тоже могут играть важную роль. Тяговая сила животных может быть важным источником энергии для очень мелких и территориально разнесенных фермерских хозяйств, особенно при наличии пастбищ, доступа к воде и возможности сдерживать распространение болезней животных¹⁸. Тяговая сила позволяет интегрировать животноводство с растениеводством и оптимизировать использование ресурсов, например используя навоз в качестве удобрения, а растительные остатки – для кормления животных. Для многих производителей это также простейшая стратегия преодоления дефицита электроэнергии до перехода на моторизованную технику^{21,27}. Для большинства африканских мелких производителей переход на тяговую силу животных был бы реальным прогрессом¹⁸.

ВРЕЗКА 12 ЭКОНОМИЯ ВРЕМЕНИ, УСИЛИЙ И СРЕДСТВ БЛАГОДАРЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БАРАБАННЫХ СЕЯЛОК В ЛАОССКОЙ НАРОДНО-ДЕМОКРАТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

В рамках программы, осуществляемой в провинции Сайнябули, Лаосская Народно-Демократическая Республика, правительством и мелкими производителями страны при поддержке ФАО были проведены полевые испытания барабанной сеялки как средства содействия устойчивой интенсификации рисоводства. Барабанная сеялка – это ручной инструмент, используемый для посева риса пророщенными семенами. Это гораздо удобнее традиционных методов ручной пересадки и сева вразброс. Использование такой сеялки позволяет на 90 процентов сократить время, затрачиваемое на посадку, более чем на 40 процентов повысить производительность труда,

ИСТОЧНИК: Flores Rojas, 2018²⁸.

на 20 процентов снизить производственные затраты и более чем на 60 процентов сэкономить посадочный материал. Сев с помощью барабанной сеялки является также экологически чистой технологией, поскольку она не требует ископаемого топлива и может использоваться в агроэкологических подходах, таких как совместное выращивание рыбы и риса. Барабанная сеялка повышает устойчивость фермеров к изменению климата, позволяя им своевременно проводить посадку и допуская большую гибкость в выборе времени сева. Кроме того, если стихийное бедствие уничтожит молодые посевы риса, то фермер может легко и быстро провести барабанную сев снова.

То же касается и усовершенствованных ручных инструментов, то есть инструментов, которые приводятся в действие преимущественно мускульной силой человека, но спроектированы таким образом, чтобы минимальными усилиями можно было достичь максимальных результатов. Такие инструменты особенно подходят для тех хозяйств, где техникой управлять сложно. Они экономят трудозатраты, высвобождая время для отдыха и других видов деятельности, приносящих доход, снижают издержки и объем тяжелой физической работы, а также помогают повысить устойчивость к внешним факторам. Во **врезке 12** представлены преимущества такой техники на примере ручной барабанной сеялки. Рассматривается влияние ее использования на рентабельность, эффективность, экологическую устойчивость и устойчивость к внешним факторам в Лаосской Народно-Демократической Республике и Непале.

Таким образом, потенциал использования тягловых животных и современных ручных инструментов зависит от конкретных обстоятельств. Несмотря на то, что они не такие мощные, как тракторы, они все равно могут помочь справиться с нехваткой рабочей силы, обеспечить более высокие урожаи сельскохозяйственных культур и позволить расширить земельные угодья. Наверное, во многих случаях усовершенствованные ручные инструменты и тягловая сила животных являются лучшими вариантами увеличения мощности. Определиться с тем, какие стратегии развития технологий следует внедрять, правительствам и партнерам по развитию может помочь оптимальная структура управления, а также

соответствующие институты и инвестиции. При этом им следует учитывать существующие агроэкологические и социально-экономические условия ведения сельского хозяйства в своих странах. Поскольку процессы внедрения инноваций, связанные с механизацией фермерских хозяйств, разворачиваются в ответ на изменение этих условий, эти стратегии необходимо соответствующим образом адаптировать и корректировать. ■

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В АВТОМАТИЗАЦИЮ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ЧТО УДАЛОСЬ ВЫЯСНИТЬ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В предыдущем разделе говорилось об экономической модели механизации с использованием моторизованной техники и о ее потенциале с точки зрения повышения устойчивости к внешним факторам, увеличения производительности труда и эффективности использования ресурсов, а также сокращения объема

ВРЕЗКА 13 ЭВОЛЮЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДОЕНИЯ

Технологии автоматизации животноводства внедряются все шире. Особенно это касается роботизированных систем доения, которые очень популярны в странах с высоким уровнем дохода³². Экономические выгоды от использования этих технологий могут быть получены как за счет экономии рабочей силы (по оценкам, на 18–30 процентов)³³, так и благодаря увеличению производства молока (на 10–15 процентов на одну корову)^{33,34,35}. Имеющиеся данные говорят о том, что первыми внедрили роботизированное доение мелкие и средние молочные фермы (на 100–300 коров): там эту технологию освоили молодые фермеры, которых она привлекла облегченными условиями труда и гибким графиком работы (поскольку отпала необходимость ежедневной дойки два или три раза в день). В экономической

модели использования роботизированного доения более весомыми аргументами являются не чисто экономические выгоды, а гибкий график работы и улучшение качества жизни работников небольших ферм. Но есть и более свежие данные, которые говорят о том, что крупные молочные фермы (более чем на 1000 коров) внедряют роботизированные системы доения в связи с дефицитом рабочей силы²⁹. Первоначальные затраты на приобретение и установку роботизированных доильных аппаратов так велики, что для очень мелких ферм, в основном в странах с низким и средним уровнями дохода, эта модель нежизнеспособна; в то же время в таких странах эта технология может оказаться привлекательной для животноводческих предприятий с относительно большим поголовьем.

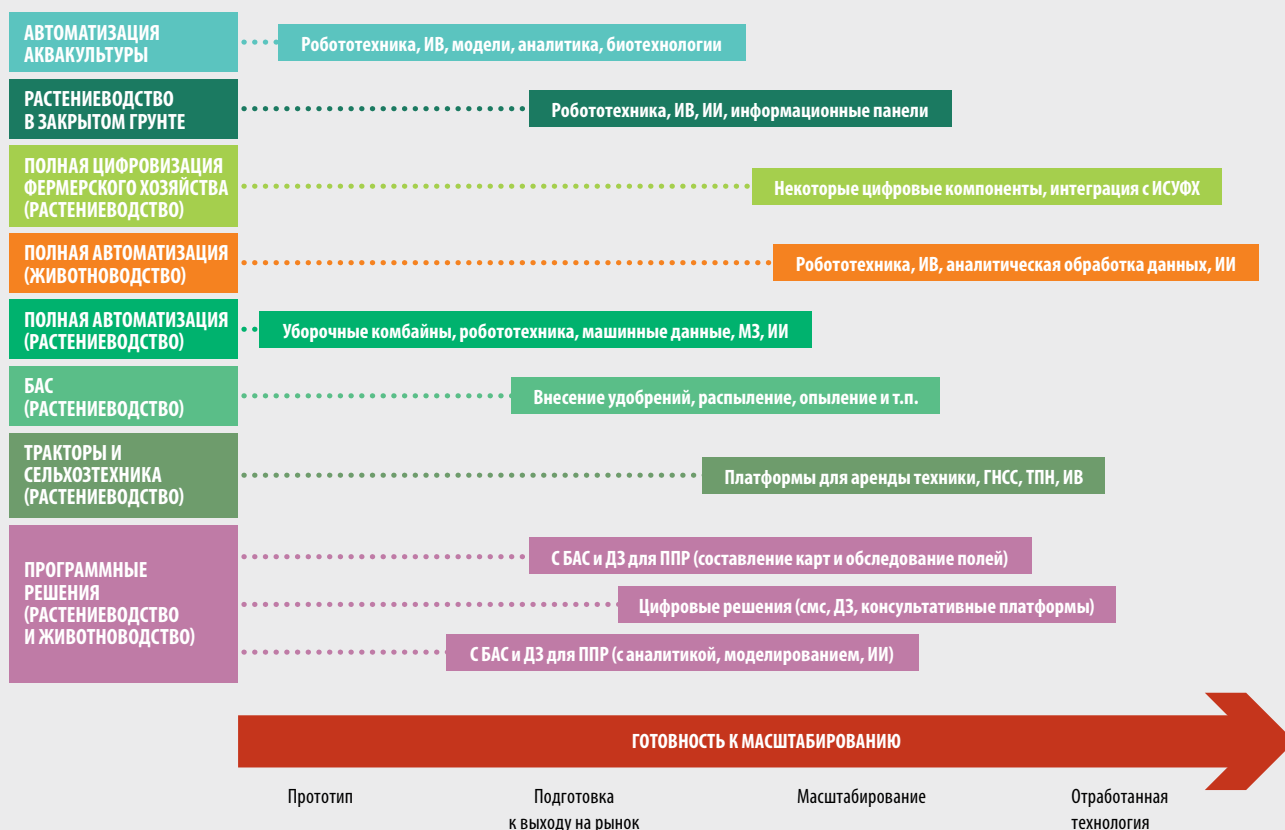
тяжелой физической работы и решения проблемы дефицита рабочей силы. Было также отмечено, что в определенных обстоятельствах использование ручного труда и тягловой силы животных тоже может способствовать прогрессу. В этом разделе представлена экономическая модель инвестирования в технологии цифровой автоматизации. Главными стимулами внедрения таких технологий являются повышение производительности труда и эффективности использования ресурсов, а также экономия трудовых затрат. Но эти технологии не бесплатны: многие из них требуют крупных первоначальных инвестиций, а также специальных навыков и знаний для эффективного использования. Кроме того, фермеры могут скептически относиться к предложению инвестировать в определенные инновации, если эти инновации предполагают какое-то отклонение от традиций или социокультурных норм. В таких случаях, вероятно, придется вмешаться правительствам и поставщикам услуг и проинформировать людей об ожидаемых выгодах от инвестирования в эти технологии. Для того чтобы заручиться доверием фермеров, могут потребоваться испытания, эксперименты и анализ затрат и выгод.

В оценке экономической модели внедрения технологий цифровой автоматизации в сельском хозяйстве важной проблемой является нехватка информации об их прибыльности. За исключением механизации с использованием моторизованной техники, все технологии цифровой автоматизации являются новыми, и данные об их внедрении разрозненны и противоречивы (см. главу 2).

То же касается и экономических выгод: информация о них очень сильно варьируется и в некоторой степени зависит от уровня внедрения конкретных технологий в сельском хозяйстве²⁹. По этой причине используемые здесь аргументы главным образом основываются на результатах двух технических исследований, которые были проведены по заказу для этого доклада^{30,31}. Они, в свою очередь, опирались на 27 тематических исследований, которые были построены на основе интервью с важными источниками информации со всего мира. Таким образом, имеющаяся фактологическая информация носит преимущественно качественный характер и основывается на опыте поставщиков услуг цифровой автоматизации или (в меньшей степени) представителей сельхозпроизводителей. Эти 27 тематических исследований охватывают все регионы мира и все системы сельскохозяйственного производства (растениеводство, животноводство, аквакультуру и агролесоводство) и представляют новые, но масштабируемые или уже масштабированные решения, связанные с внедрением моторизованной техники и технологий цифровой автоматизации, ориентированных на фермерские хозяйства самых разных размеров, от мелких до крупных. Следует иметь в виду, что эти тематические исследования отражают точку зрения поставщиков услуг, а не сельхозпроизводителей как конечных пользователей. (Краткое описание каждого тематического исследования и применяемой методики см. в Приложении 1^a.)

^a Подробнее см. в работах McCampbell, 2022³⁰ и Ceccarelli et al., 2022³¹.

РИСУНОК 6 ГОТОВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ К МАСШТАБИРОВАНИЮ



ПРИМЕЧАНИЯ. БАС – беспилотная авиасистема, ИВ – интернет вещей; ИИ – искусственный интеллект, ИСУФХ – информационная система по управлению фермерскими хозяйствами, МЗ – машинное зрение, ГНСС – глобальная навигационная спутниковая система, ТПН – технология переменного нормирования, ДЗ – дистанционное зондирование, ППР – поддержка принятия решений. Готовность технологии к масштабированию достигается в четыре этапа: i) прототип – концепция протестирована и продемонстрирована в ходе ограниченного количества испытаний; ii) подготовка к выходу на рынок – технология функционирует в реальных производственных условиях, а поставщик услуг изучает одну или несколько бизнес-моделей охвата клиентов; iii) масштабирование – технология внедрена несколькими конечными пользователями/клиентами, и одна или несколько бизнес-моделей прибыльны; iv) отработанная технология – технология имеет собственную клиентскую базу, одна или несколько бизнес-моделей прибыльны, и спрос растет.

ИСТОЧНИК: Ceccarelli et al., 2022³¹.

Готовность к масштабированию технологий автоматизации сельского хозяйства: механизм

Технологии, описанные в этих 27 тематических исследованиях, которые были проведены в разных регионах мира, сильно различаются по степени готовности к внедрению. На рисунке 6 показаны четыре стадии готовности к масштабированию каждого типа технологий. Отработанными являются в основном решения в области автоматизации животноводства и цифровизации всего фермерского хозяйства в целом. Полностью автоматическое

оборудование и техника, адаптированные для животноводства, имеют большие перспективы с точки зрения экономии затрат и повышения производительности (см. врезку 13).

На рисунке 6 представлены различные категории масштабируемых технологий, включая программные цифровые решения (см. Глоссарий), беспилотные авиасистемы (БАС, обычно их называют дронами) и дистанционное зондирование, решения для механизации с использованием глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), технологии переменного нормирования

ВРЕЗКА 14 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО САДОВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ В ЕВРОПЕЙСКОМ СОЮЗЕ: ОПЫТ ПОЛЬШИ И ВЕНГРИИ

Европейский союз инвестировал 20 млн евро в проект SmartAgriHubs, целью которого является цифровизация европейского сельского хозяйства. Один из его элементов – приложение Smart Orchard Spray, которое было разработано для использования технологий "умного опрыскивания", встроенных в устройства интернета вещей (ИВ), с целью достижения максимальной эффективности и качества обработки садовых культур. Опрыскиватели с поддержкой интернета вещей могут значительно сократить использование средств защиты растений благодаря способности автоматической настройки на конкретные зоны поля и состояние отдельных растений. Интеграция облака

приложений Smart Orchard Spray в существующие процессы и программные решения фермеров еще больше повышает эффективность, прибыльность и устойчивость производства пищевых продуктов. Благодаря обеспечению возможности отслеживания эта технология может также способствовать повышению безопасности и качества пищевых продуктов. За счет повышения эффективности принятия решений производители могут ежегодно экономить 517 евро с гектара на топливе и снижать затраты на пестициды на 25 процентов, а также увеличивать свои доходы.

ИСТОЧНИК: IoF, 2019³⁷.

(ТПН) и решения для земледелия в закрытом грунте. Внедрению технологий, использующих ГНСС³⁶, способствовало большое количество источников в поддержку их экономической модели, самые ранние из которых датируются 1990-ми годами. С ТПН ситуация иная, поскольку данные о ее прибыльности неоднозначны (см. главу 2)²⁹.

Решения, которые только готовятся к выходу на рынок или находятся в стадии прототипа, в основном включают передовые технологии автоматизации и робототехнику для работы в поле и в закрытом грунте, а также для аквакультуры, и БАС для зондирования и внесения сельскохозяйственных материалов. Некоторые технологии уже доказали свою прибыльность и заменяют ручной труд в странах с высоким уровнем дохода, обеспечивая выполнение целого ряда задач, включая орошение, поиск вредителей, сбор урожая, прополку и отбор фруктов, но данных об их внедрении в странах с низким и средним уровнем дохода нет.

Многие из этих решений пока находятся на ранних стадиях разработки и промышленного освоения, а их экономическая модель требует уточнения. Некоторые из опрошенных в ходе 27 тематических исследований поставщиков услуг предлагают решения только на стадии прототипа (GRoboMac и Seed Innovations); есть и такие, чьи решения доведены до стадии, близкой к выходу на рынок (например, Atarraya, Food Autonomy, GRoboMac, Harvest CROO Robotics, Hortikey, UrbanaGrow). Есть несколько примеров масштабирования решений (Aerobotics, Cattler, Cropin, ioCrops, SeeTree,

SOWIT, TROTRO Tractor, Tun Yat) или доведения их до состояния отработанных (Lely, ZLTO, ABACO, Egistic и Igara Tea). Более подробную информацию о стадии готовности каждой из технологий к масштабированию см. в Приложении I.

Результаты тематических исследований: подробности

Если говорить о поставщиках услуг, то один из наиболее важных выводов, которые были сделаны в ходе тематических исследований, состоит в том, что прибыльными и финансово устойчивыми оказались всего 10 из 27 обследованных предприятий. Они обладают отработанными технологиями (см. рисунок 6), работают преимущественно в странах с высоким уровнем дохода и с уровнем дохода выше среднего и обслуживают крупных производителей, хотя здесь существуют и исключения (например, в Уганде чаеводством занимаются в основном мелкие производители). Тот факт, что большинство предприятий работают в странах с высоким уровнем дохода (несмотря на то, что некоторые из них созданы в странах с доходом выше среднего, как в случае с Aerobotics из Южно-Африканской Республики, Atarraya из Мексики и Cattler из Аргентины), говорит о том, что экономическая модель инвестирования в эти технологии является более обоснованной в странах с высоким уровнем дохода.

Более трети тематических исследований показали, что, по мнению пользователей, фермерам эти решения выгодны, поскольку они обеспечивают повышение производительности и эффективности, а также

новые рыночные возможности. Например, в Уганде цифровое решение, направленное на повышение производительности и эффективности производства чая (Igara Tea), позволило 7000 фермерам за пять лет увеличить производство на 57 процентов. Компания по прокату техники из Мьянмы (Tun Yat) утверждает, что каждый фермер, пользующийся их услугами, зарабатывает дополнительно порядка 240 долл. США в год; в первую очередь это обусловлено более высоким качеством обмолота и улучшением технологий уборки урожая, что позволяет сократить потери на послеуборочном этапе. Несмотря на малоубедительные доказательства финансовой устойчивости трех других предприятий – первое занимается животноводством (GARBAL), второе оказывает услуги по аренде техники для растениеводства (TROTRO Tractor), а третье занимается фруктовыми деревьями (SeeTree), – тот факт, что фермеры уже платят за использование этих решений, позволяет предполагать наличие аргументов в пользу инвестирования в эти технологии. В тех случаях, когда информация об экономической модели отсутствует, о финансовой устойчивости можно судить по количеству пользователей или по объему инвестиций, которые были привлечены. Так, в пяти исследованиях поставщики услуг сообщают о количестве производителей, пользующихся их услугами (Aerobotics, Cattler, Egistic, Lely, SOWIT), а в двух – об инвестициях, которые удалось привлечь (Atarraya и Harvest Croo Robotics).

Разработка многих из этих технологий пока находится на предварительном этапе, поэтому их экономическая модель подлежит уточнению. Для того чтобы понять, как адаптировать эти технологии к конкретным условиям, необходимы дополнительные данные, которые даст анализ затрат и выгод (пример из Европы см. во [врезке 14](#)).

Имеющаяся информация позволяет понять некоторые движущие силы и барьеры, стоящие на пути внедрения цифровой автоматизации. Во-первых, рост темпов внедрения какого-то конкретного решения говорит не только о том, что с помощью этой технологии можно успешно выполнять сельскохозяйственные операции, но и о том, что фермеры умеют с ней обращаться. В одном из тематических исследований по цифровизации растениеводства и животноводства показано, что у сельхозпроизводителей зачастую не хватает времени ознакомиться с новыми технологическими решениями, особенно если они не встроены в оборудование; если же новая сельхозтехника уже оснащена устройствами ГНСС, то внедрение этой технологии (которая помогает точнее позиционировать технику во время выполнения операций) идет легче (см. пример компании ZLTO из Нидерландов)³¹.

Одной из главных причин, по которым сельхозпроизводителям трудно использовать технологии цифровой автоматизации, является повсеместное отсутствие цифровой грамотности и недостаточная осведомленность о потенциале этих решений. Кроме того, люди склонны противиться переменам; обычно это явление связывают со старением сельского населения. Эти факторы выявляются в тематических исследованиях по всему миру (Abaco в Европе, ioCrops в Республике Корея, Seed Innovations в Непале, SeeTree в Северной и Южной Америке, Европе и Южной Африке, TraSeable Solutions на Фиджи и в других странах Тихого океана и Tun Yat в Мьянме) и характерны не только для стран с низким и средним уровнями дохода. По этой причине одной из движущих сил внедрения названа смена поколений: считается, что переход семейных фермерских хозяйств к цифровизации и передовым технологиям автоматизации осуществляют именно молодые фермеры. Данные трех тематических исследований, которые были проведены в Республике Корея (ioCrops) и Соединенных Штатах Америки (Atarraya и Cattler) свидетельствуют о том, что инновации в большей степени привлекают молодых фермеров. Поэтому для стимулирования внедрения необходимо наращивание потенциала.

Другим стимулирующим фактором – или препятствием для внедрения – является отношение к риску. Два тематических исследования (Aerobotics и Cattler) показывают, что крупные южноафриканские и аргентинские производители, соответственно, в целом более динамичны и открыты для внедрения технологий цифровой автоматизации, чем их коллеги из Соединенных Штатов Америки. Главной причиной является то, что последние больше опасаются рыночных рисков, а первые должны быть более конкурентоспособными на международном рынке. По-видимому, динамичность и готовность к риску аргентинских и южноафриканских производителей действительно обусловлены международной конкуренцией, которая стимулирует более активное внедрение новых технологий.

Другими факторами, способствующими внедрению (они также упомянуты в главе 2), являются дефицит рабочей силы (в том числе сезонной: на это указали GRoBoMac, Igara Tea, SOWIT и TROTRO Tractor), более безопасные условия труда и сокращение объема тяжелой физической работы (см. примеры Lely и SOWIT). Интересным наблюдением поделилась фирма TROTRO Tractor: нехватка рабочей силы является сильным стимулом для женщин-фермеров, которым труднее найти работников, чем производителям-мужчинам. Кроме того, женщины обычно проводят необходимые работы позже, поскольку получают доступ к оборудованию только после

ВРЕЗКА 15 ПАНДЕМИЯ COVID-19 ПОДСТЕГНУЛА ИНТЕРЕС К ЦИФРОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ: ДАННЫЕ ДВУХ ТЕМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Из 27 тематических исследований, подготовленных для настоящего доклада, в двух была отмечена роль пандемии COVID-19 как особого фактора, способствующего внедрению цифровых технологий. Компания TROTRO Tractor, работающая в нескольких странах субсахарской Африки, упомянула пандемию как важный фактор, стимулировавший использование их услуг. Их платформа позволяет вести растениеводческое хозяйство несмотря на ограничения на передвижение, а система электронных ваучеров облегчила внедрение.

ИСТОЧНИК: Ceccarelli et al., 2022³¹.

Компания TraSeable, которая предлагает мобильное приложение с простыми цифровыми инструментами, позволяющими фермерам из Тихоокеанского региона быть в курсе текущих событий в сельскохозяйственной отрасли, также назвала пандемию COVID-19 фактором, благоприятствующим внедрению. Это приложение вышло в 2020 году, и, по словам респондента, значительный рост количества скачиваний был частично обусловлен ограничениями на личные контакты, введенными в рамках борьбы с пандемией COVID-19.

того, как им закончат пользоваться их коллеги-мужчины. Такие решения, которые предлагает TROTRO Tractor, позволяют женщинам получать доступ к оборудованию независимо от мужчин³⁰. Еще одним интересным открытием стало то, что в двух исследованиях движущим фактором внедрения была названа пандемия COVID-19: необходимость исключить или сократить физические контакты повысила ценность цифровых решений (см. **врезку 15**). ■

НЕ ТОЛЬКО ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АРГУМЕНТЫ: РОЛЬ ИНВЕСТИЦИЙ, ПОЛИТИКИ И ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

В предыдущих разделах была рассмотрена фактологическая информация для экономической модели внедрения технологий автоматизации сельского хозяйства. Было показано, что механизация с использованием моторизованной техники обычно приносит сельхозпроизводителям значительные выгоды, а если она проводится с учетом местных потребностей, то может также содействовать и экологической устойчивости, поскольку помогает повысить эффективность использования ресурсов и сэкономить дефицитные ресурсы. Несмотря на ограниченность фактологических данных, были также сформулированы важные выводы,

позволяющие лучше понять аргументы в пользу внедрения технологий цифровой автоматизации. Главный посыл состоит в том, что эта экономическая модель пока недостаточно убедительна или недоработана по ряду причин, начиная от нежелания фермеров рисковать, поскольку технологии пока еще совсем новые, и заканчивая отсутствием цифровой грамотности, необходимой для их использования.

В этом разделе анализ не ограничивается экономическим обоснованием и включает также структурные факторы (например, меры политики, законодательство, государственные инвестиции), которые формируют стимулы для сельхозпроизводителей и поставщиков технологий автоматизации и побуждают их брать на себя риск внедрения. Например, в Африке, где показатели внедрения ниже, чем в других регионах, спрос на моторизованную технику уже высок и продолжает расти. Однако недостаток знаний и навыков в области эксплуатации и технического обслуживания оборудования в сочетании с действующими правилами торговли, таможенной политикой и неразвитой инфраструктурой сдерживают внедрение¹⁹. Отсутствие надлежащей инфраструктуры во многих африканских странах затрудняет доступ к городским рынкам и повышает цены на услуги механизации³⁸, особенно для мелких производителей, которые обрабатывают небольшие, территориально разнесенные участки земли⁹, и снижает стимул инвестировать в технологии^{19,39}. Улучшение транспортной инфраструктуры и дорожных сетей снижает затраты производителей на доступ к технологиям, запасные части, ремонт и топливо и

способствует появлению рынков услуг⁴⁰. Развивая системы электроснабжения и подачи энергии из возобновляемых источников, правительства могут также поддержать внедрение моторизованной техники, такой как насосы на солнечных батареях для орошения и оборудование для переработки и консервирования продуктов^{19,41,42}.

Неразвитость инфраструктуры препятствует и внедрению технологий цифровой автоматизации, особенно в странах с низким уровнем дохода^{30,31}. Ограниченные возможности или отсутствие доступа к интернету и другой инфраструктуре, включая инфраструктуру электроснабжения и передачи данных, постоянно упоминаются как препятствия в большинстве стран с низким и средним уровнями дохода, в том числе в некоторых тематических исследованиях, о которых сообщалось выше (например, Atarraya в Мексике и GARBAL в Западной Африке). У сельского населения доступ к интернету и смартфонам обычно хуже; соответственно, и доступ к полезным услугам у него ограничен. При наличии же инвестиций в развитие такой инфраструктуры показатели внедрения растут: именно об этом свидетельствуют два тематических исследования (TraSeable на Фиджи и Tun Yat в Мьянме), которые показывают, как быстрое проникновение мобильной связи создало благоприятные условия для внедрения технологий цифровой автоматизации²¹.

Важное значение для внедрения технологий имеет режим землевладения, поскольку он может повлиять на доступ к финансированию и сформировать отношение производителей к принятию рисков. Механизация обычно происходит сначала в крупных хозяйствах, у которых более надежные гарантии землевладения, легче доступ к кредитам, сельскохозяйственным знаниям и рынкам и есть возможность взять на себя какие-то риски⁴³. Данные со всего мира говорят о том, что в крупных хозяйствах механизация происходит раньше, чем в мелких^{4,44,45,46}. Однако при наличии возможности доработать технологические и институциональные решения для механизации мелких хозяйств небольшие размеры ферм не должны быть препятствием для внедрения. Например, во многих азиатских и некоторых африканских странах популярны "передвижные" услуги механизации, то есть прокат сельхозтехники, которую приходится перегонять на большие расстояния, иногда через разные экологические зоны и национальные границы, чтобы удовлетворить спрос там, где он возникает, хотя этому опять же мешает неразвитость инфраструктуры и пограничные проблемы во многих странах Африки^{4,19,47,48}.

В имеющихся источниках и в 27 тематических исследованиях, проведенных по заказу для настоящего доклада^{30,31}, законодательство часто упоминается как один из сдерживающих факторов, порождающих ограничения и утомительные бюрократические процедуры. В странах с низким и средним уровнями дохода это сказывается на распространении и внедрении таких решений, как беспилотные летательные аппараты, датчики и метеостанции. То же касается и некоторых стран с доходом выше среднего и высоким: в Европейском союзе и Южной Африке действуют ограничения на получение разрешений на полеты (об этом упомянула Aerobotics), в Соединенных Штатах Америки – ограничения скорости автономных машин^{31,49}, в других странах – ограничения на импорт беспилотных летательных аппаратов и устройств интернета вещей (об этом говорили Igaga Tea про Уганду и SOWIT про Северную Африку и Западную Азию). Законодательство также оказывает влияние на внедрение технологий цифровой автоматизации в конкретных секторах, таких как выращивание сельхозкультур в закрытом грунте и аквакультура. Бытует мнение, что земледелие в закрытом грунте и рыбоводство – это производство ненатуральных пищевых продуктов, поэтому отраслевые государственные меры политики не благоприятствуют их развитию. Например, по законодательству Европейского союза производство пищевых продуктов без использования химикатов в закрытом грунте не считается органическим³¹.

Другими важными факторами, ограничивающими внедрение цифровых технологий, являются отсутствие мер политики и законодательства в области обмена данными и связанной с этим инфраструктуры (об этом упомянула GARBAL, говоря о Западной Африке), а также недостаточная государственная поддержка инноваций (политика, законодательство и стимулы) (SOWIT про Северную Африку) и государственно-частных партнерств (Egistic про Казахстан). При этом в одном тематическом исследовании (Atarraya в Мексике) отсутствие регулирования было названо положительным фактором: по мнению опрошенных, регулирование привело бы к появлению неэффективных бюрократических процедур.

Были случаи, когда законодательство упоминалось как фактор, способствующий внедрению. Данные тематического исследования, полученные от iоStops, показывают, как государственные инвестиции в высокотехнологичные системы ведения сельского хозяйства, в частности в полевые испытания, демонстрации и наращивание потенциала, способствуют распространению технологий цифровой

автоматизации сельского хозяйства в Республике Корея. В Непале политика государственного страхования благоприятствует масштабированию цифровых решений и автоматизации (см. тематическое исследование Seed Innovations).

С помощью инвестиций, мер политики и законодательства правительства могут сыграть важную роль в создании и содействии созданию благоприятных условий для инноваций, а также в обеспечении всеобщего доступа к технологиям и их соответствия социально значимым задачам, таким как инклюзивность и экологическая устойчивость. Во многих обстоятельствах для устранения ограничений, неподконтрольных частным субъектам, необходимы политика, законодательство и государственные инвестиции. Более подробно этот вопрос обсуждается в главе 5. ■

ПУТИ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ЧТО НУЖНО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНКЛЮЗИВНОГО ХАРАКТЕРА ВНЕДРЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

В этом разделе рассматриваются возможные пути развития технологий автоматизации сельского хозяйства для различных типов стран и фермерских хозяйств с учетом тех структурных факторов, которые могут повлиять на распространение и внедрение этих технологий. Представлен анализ перспектив повышения устойчивости механизированного сельского хозяйства. Обратной стороной преимуществ механизации с использованием моторизованной техники стал ряд негативных последствий для окружающей среды: в частности, расширение посевных площадей произошло за счет лесов или пастбищ в саваннах⁵⁰. В этом разделе также обсуждается потенциал автоматизации маломасштабного сельскохозяйственного производства и некоторые экономические и социальные последствия путей дальнейшего развития автоматизации.

Перспективы повышения устойчивости высокомеханизированного сельского хозяйства

В странах с высоким уровнем дохода, а также во многих коммерческих хозяйствах в странах с низким и средним уровнями дохода сельское хозяйство уже является высокомеханизированным, что отчасти стало результатом нехватки или сезонных колебаний предложения сельскохозяйственной рабочей силы. В целях получения эффекта масштаба используется в основном тяжелая и мощная техника. Однако имеющиеся данные показывают, что это привело к эрозии почв, обезлесению, увеличению выбросов парниковых газов (ПГ) и утрате биоразнообразия⁵¹. Во многих странах поставщики услуг часто используют крупногабаритную технику и в основном обслуживают тех фермеров, которые очистили свои участки от деревьев и пней^{40, 52}, но вырубка деревьев на фермах и изменение структуры посевных площадей, обусловленное механизацией, могут усугублять эрозию почв⁷. Кроме того, эрозия и деградация почв, связанные с использованием тяжелой техники, приводят к снижению урожайности^{38, 53}. Использование мощных тракторов коренным образом изменило облик сельских ландшафтов, поскольку производители обычно увеличивают и перестраивают земельные участки, а это ведет к утрате разнообразия сельскохозяйственных угодий и биоразнообразия для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства^{50, 52}. Механизация с использованием моторизованной техники связана с уменьшением разнообразия сельскохозяйственных культур, поскольку она стимулирует переход на культуры, производство которых легче механизировать: это, в частности, пшеница, кукуруза и рис⁴. К сожалению, фермеры обычно не применяют методы, способствующие сохранению биоразнообразия, такие как почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие, совместный посев культур и севообороты, ввиду их трудоемкости⁵⁴. Механизация часто сужает специализацию и уменьшает разнообразие сырьевых товаров, а это может снизить устойчивость к внешним факторам⁵⁵.

Для решения этих проблем инновации в области механизации можно сориентировать на использование средств малой механизации, которые не так сильно уплотняют почву и смягчают негативное воздействие на окружающую среду. Важную роль в уменьшении масштабов этих последствий может сыграть автоматизация, соответствующая размерам хозяйства и адаптированная к местным условиям. Задействование автономных роботов может способствовать сокращению использования химикатов и энергопотребления, а если

ВРЕЗКА 16 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РОБОТОВ КАК РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ДЕФИЦИТА РАБОЧЕЙ СИЛЫ НА УБОРКЕ КЛУБНИКИ

Автоматические уборочные сельскохозяйственные машины могут в автономном режиме собирать, осматривать, очищать и упаковывать урожай. Технология Harvest CROO Robotics была разработана в Соединенных Штатах Америки в целях решения проблемы дефицита рабочей силы в производстве клубники с помощью робота-комбайна. Каждый комбайн оснащен шестнадцатью независимыми роботами, которые перемещаются по ферме, проверяют качество и спелость клубники, а затем приступают к ее сбору, очистке и упаковке. Таким образом, эта технология полностью заменяет ручной труд в процессах диагностики, принятия решений и выполнения этой задачи.

ИСТОЧНИК: Ceccarelli et al., 2022³¹.

Harvest CROO Robotics – одно из немногих известных решений в области уборки клубники, доступных сейчас в США. Компании удалось привлечь инвестиции примерно 70 процентов национальных производителей клубники, как правило крупных, поскольку те были озабочены проблемой нехватки рабочей силы и затрат на нее. Услуги оплачиваются по факту их оказания: платежи производителей привязаны к объему собранного урожая.

После масштабирования этой технологии задача будет состоять в том, чтобы организовать удаленное управление парком комбайнов из операционного центра; помимо сбора, проверки, очистки и упаковки урожая можно будет также собирать данные для обмена ими с производителями.

они работают от возобновляемых источников энергии, то и снижению выбросов парниковых газов⁵⁶. В поиске решений по механизации, наиболее соответствующих местным агроэкологическим условиям, могут помочь прикладные технические и агрономические исследования. Правительства могут также использовать меры политики, способствующие расширению доступа к сельхозтехнике с доказанной экологичностью^{38,40}.

Уменьшить эрозию почв можно с помощью почвозащитного и ресурсосберегающего земледелия, в котором вместо плугов используются рыхлители или сеялки прямого посева. Благодаря применению этих методов, минимально нарушающих структуру почвы, в сочетании с севооборотом и сохранением почвенного покрова, уменьшение масштабов эрозии может достигать 99 процентов⁵⁷. Почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие, по-видимому, является одним из путей развития сельского хозяйства, но для того, чтобы избежать некоторых из этих проблем, необходимы решения, адаптированные к местным условиям⁵⁸. В этом контексте в мае 2019 года Центром устойчивой механизации сельского хозяйства (региональным учреждением Экономической и социальной комиссии для Азии и Тихого океана) совместно с партнерами в Камбодже был организован региональный тренинг по механизации почвозащитного и ресурсосберегающего земледелия⁵⁹.

Переход на возобновляемые источники энергии важен не только с экологической точки зрения, но и с финансовой. Компании TROTRO Tractor (Гана) и Tun Yat (Мьянма) назвали важными препятствиями для внедрения роста и нестабильность цен на топливо (см. Приложение I). Кроме того, новые возможности для автоматизации систем электроснабжения во всей производственно-сбытовой цепочке открывают возобновляемые источники энергии, которые могут быть особенно привлекательны для отдаленных сельских районов⁶⁰. Однако с помощью возобновляемых источников, которые доступны сейчас, не все операции выполняются эффективно. Например, для энергоемких работ по подготовке земли к севу электричество использовать нецелесообразно. Для того чтобы определить, какие автономные решения на основе возобновляемых источников энергии могут быть наиболее эффективны для каждого типа оборудования в производственно-сбытовой цепочке, необходимы исследования⁵¹.

Во второй главе доклада показано, что в высокомеханизированных хозяйствах стимулами к внедрению технологий цифровой автоматизации и робототехники с искусственным интеллектом являются дефицит рабочей силы, а также необходимость повышения эффективности и устойчивости к климатическим потрясениям и стрессам. Фактологические данные свидетельствуют о наличии

ВРЕЗКА 17 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВНЕДРЕНИЯ МОТОРИЗОВАННОЙ ТЕХНИКИ ЖЕНЩИНАМИ: ДАННЫЕ ИЗ НЕПАЛА

Есть три способа, с помощью которых механизация может расширить права и возможности женщин и удовлетворить их потребности. Женщины могут быть: i) клиентами поставщиков услуг механизации: в этом случае механизация будет способствовать сокращению объема тяжелой физической работы на фермах и высвободит женщинам время для отдыха или другой социальной или экономической деятельности; ii) операторами машин и оборудования или работниками служб проката техники: это позволит им использовать свои технические навыки для получения дохода; и iii) предпринимателями, управляющими собственными службами проката сельхозтехники: в этом случае они смогут предоставлять услуги по механизации другим фермерам и получать доход.

В одном из последних докладов ФАО содержится информация об использовании техники для растениеводства и послеуборочных работ в Непале. Задачей является поощрение и поддержка доступа женщин к механизации сельского хозяйства в качестве операторов и/или менеджеров. Примерами моторизованной техники, используемой женщинами, являются:

- ▶ **Моторный фрезерный культиватор.** Они бывают нескольких типов и размеров. С помощью такого культиватора можно проводить прополку и междурядную обработку

сахарный тростник. В этом докладе указано, что всего одна такая машина может пропалывать очень большую площадь, если сравнивать с производительностью ручного труда. Женщины, выращивающие кукурузу в районе Данг, сообщили, что, используя мощный фрезерный культиватор вместо того, чтобы платить за ручную прополку, они могли бы экономить 10 000 непальских рупий (84 долл. США) на бигу (площадь, соответствующая 0,66 га).

- ▶ **Передвижная молотилка** – это молотилка с приводным двигателем, используемая для измельчения риса или пшеницы. Она устраняет необходимость в тяжелой работе – обмолоте зерна вручную, экономит время и позволяет значительно увеличить количество обмолоченного зерна (в 8-10 раз превышающее выработку при ручном обмолоте). Благодаря высокой скорости обмолота она подходит для индивидуальных поставщиков услуг и для специализированных центров проката техники.
- ▶ **Кукурузная молотилка** используется для отделения зерен от початка. Она избавляет от тяжелой работы и боли при ручном лущении, экономит время и значительно увеличивает количество зерна, которое может быть вылущено за заданное время (этот агрегат работает в 30-40 раз быстрее человека). Вылущенное зерно кукурузы также занимает меньше места, чем кукуруза в початках, что облегчает хранение.

ИСТОЧНИК: Justice, Flores Rojas and Basnyat, 2022⁶⁶.

экологических выгод от использования этих технологий. Эти данные могут быть полезны для разработки дальнейших инноваций, но учитывая их ограниченность и тот факт, что многие решения пока находятся на ранних стадиях разработки и коммерческой реализации (см. [рисунок 6](#)), дать обобщенную характеристику их потенциальных преимуществ не представляется возможным. По мере дальнейшего развития этих технологий и их более широкого освоения во всем мире, в том числе за счет совместного использования и услуг проката, их могут начать внедрять и более мелкие хозяйства³¹.

В странах с высоким уровнем дохода роботы заменяют ручной труд в самых разных областях: от орошения, поиска вредителей, сбора урожая и прополки до отбора фруктов. Так, в одном из тематических исследований (Harvest CROO Robotics) поставщик услуг отметил, что 70 процентов производителей клубники из Соединенных

Штатов Америки уже инвестировали в его проект по созданию роботов для уборки клубники (см. [врезку 16](#)). Робототехнические технологии могут пойти на пользу окружающей среде, если с их помощью удастся сократить или исключить использование пестицидов и гербицидов. Автономные сельскохозяйственные роботы позволяют экономить трудозатраты и точнее соблюдать сроки выполнения необходимых операций, оптимизировать количества вносимых сельскохозяйственных материалов и уменьшать уплотнение почвы, особенно в случае применения роевой робототехники. Обзор 18 исследований позволяет предполагать, что в определенных обстоятельствах использование автономных сельскохозяйственных роботов для уборки урожая, посева и прополки является экономически целесообразным^{61, 62, 63}. В частности, роевая робототехника обеспечивает экономический эффект на небольших полях неправильной формы⁶⁴. Для того чтобы обеспечить наращивание

инвестиций в разработку соответствующих технологий, директивным органам и производителям необходимо иметь более четкое представление обо всех этих преимуществах.

Потенциал автоматизации немеханизированных и маломеханизированных мелких хозяйств

Мелкие сельхозпроизводители представляют очень широкий и весьма разнообразный спектр производственно-хозяйственных единиц. Кто-то из них ведет полностью товарное производство и использует современные технологии, включая моторизованную технику, но есть и такие, кто занимается натуральным хозяйством и использует самые примитивные орудия труда. Как правило, в таких хозяйствах используется преимущественно труд членов семьи и механизирована (если вообще механизирована) лишь часть сельскохозяйственных операций. Но зачастую им могло бы быть выгодно расширение рынков аренды техники. На рынке аренды обычно преобладает тяжелая техника, которую перегоняют между разными агроэкологическими зонами внутри и за пределами национальных границ. Чтобы воспользоваться этими услугами, производителям приходится приспособлять свои хозяйства и системы земледелия, ориентируя их на крупномасштабное сельскохозяйственное производство. Поэтому настоятельно необходимы решения, учитывающие специфику конкретных хозяйств. Это нужно для того, чтобы, во-первых, устранить негативные последствия прошлых этапов механизации, а во-вторых, способствовать ее развитию, обеспечив устойчивое повышение производительности.

Мелким хозяйствам больше подходят средства малой механизации

Ключевую роль в повышении уровня механизации в Азии сыграли такие технологические решения, как небольшие двухколесные и четырехколесные тракторы^{2, 19, 20}. Для мелких хозяйств, наверное, больше подходят и более выгодны двухколесные. Они маневренные, легко обходят пни и камни, и с их помощью можно свести к минимуму утрату биоразнообразия, поскольку для их работы не нужна серьезная расчистка полей. Они также проще в эксплуатации, ремонте и обслуживании, а под их покупку легче получить микрофинансирование^{22, 65}. То же касается и широкого спектра другой малогабаритной моторизованной техники: она в большей степени способствует сохранению биоразнообразия, поскольку для ее работы не требуется существенное изменение или расчистка сельскохозяйственных земель. Внедрение такой техники может быть полезно и с точки зрения содействия гендерному равенству (см. [врезку 17](#), в которой представлены

успешные примеры использования средств малой механизации женщинами в Непале): с их помощью можно добиться экономии затрат и ресурсов и обеспечить расширение прав и возможностей женщин.

Технологии цифровой автоматизации могут обеспечить множество преимуществ, но для мелких фермеров их внедрение сопряжено со множеством проблем

В исследованиях, посвященных прецизионному земледелию в странах с низким уровнем дохода и с уровнем дохода ниже среднего, все чаще подчеркивается необходимость использования потенциала технологий цифровой автоматизации в маломасштабном сельском хозяйстве^{67, 68, 69}. Для стимулирования их внедрения некоторые поставщики услуг рассматривают возможность предоставления бесплатных консультаций мелким производителям, выстраивая свою бизнес-модель с учетом потенциального дохода, получаемого от продажи данных, которые они собирают у фермеров³¹. При условии соблюдения конфиденциальности и стандартов в области обмена данными этот вариант может быть весьма перспективным. Кроме того, фермеры готовы выращивать одни и те же культуры на соседних участках, чтобы разделить между собой расходы на оплату консультационных услуг на основе БАС (например, в Буркина-Фасо⁷⁰, Гане⁷¹ и Руанде⁷²).

Цифровые технологии также способствовали росту популярности консультационных услуг по вопросам сельского хозяйства среди мелких производителей³⁰. В странах с низким уровнем дохода чаще всего применяются такие цифровые решения, как программные цифровые инструменты: причиной является их дешевизна, но об их влиянии на производительность труда и экологическую устойчивость пока практически ничего не известно. Кроме того, имеющихся данных еще недостаточно для выработки индивидуальных рекомендаций, необходимых мелким производителям, а низкий уровень цифровой грамотности приводит к трудностям с масштабированием. Существует также большой цифровой разрыв: у женщин и других уязвимых групп доступ к цифровым решениям хуже. Другой новой проблемой во многих странах является отсутствие законодательства о конфиденциальности и защите данных, что может привести к их неправомерному использованию третьими лицами⁷³.

Проводятся также исследования об использовании беспилотных летательных аппаратов для внесения удобрений и химикатов в мелких хозяйствах (в том числе в Африке)^{74, 75}; коммерческая реализация уже началась, но применяемые технологии преимущественно

основываются на использовании карт и практически не предусматривают возможности автономного принятия решений. Преимуществами внесения удобрений с помощью дронов являются повышенная точность, снижение воздействия пестицидов, возможность работы на полях, недоступных для обычной сельхозтехники (из-за слишком высокой влажности почв на полях или труднодоступности земель), а также предотвращение возможности повреждения посевов из-за перемещений оборудования. Рентабельность зависит от стоимости оборудования, эффективности применения, экономии материалов за счет точечного внесения, а также от повышения урожайности благодаря уменьшению ущерба по сравнению с использованием наземной техники. Для мелких сельхозпроизводителей, у которых собственного оборудования обычно нет, ключевое значение имеют наличие и экономическая доступность дронов. Применение этих технологий сопряжено со множеством проблем, включая заправку распылителей, туковых бункеров и баночных высевальных аппаратов, подзарядку батарей, использование этикеток пестицидов для точечного применения, обучение пользователей, а также недопущение перемещения дронов в районы, где вносить соответствующие материалы не нужно. Для решения этих задач необходим технический и институциональный потенциал, что уже само по себе может стать дополнительной проблемой во многих странах с низким и средним уровнями дохода⁷⁶.

Поскольку одним из препятствий на пути внедрения цифровой автоматизации мелкими производителями является стоимость технологий, для повышения их доступности особенно важно обеспечить их усовершенствование, масштабирование и наличие инновационных бизнес-моделей. Наглядным примером являются компьютеры и смартфоны: когда их производство стало массовым, они очень сильно подешевели, что создало возможность их более широкого применения в прецизионном сельском хозяйстве³¹. В ряде случаев проблемой для сельскохозяйственного производства представляет дефицит воды. Пример успешного внедрения автоматизированных теплиц в Мали (в таких теплицах полив и использование пестицидов контролируются компьютером) показывает, что такие технологии могут повысить эффективность использования воды и вводимых ресурсов⁷⁷.

Прецизионное животноводство

Прецизионное животноводство применяется в основном в интенсивных системах хозяйствования в странах с высоким уровнем дохода, где для контроля состояния здоровья, репродуктивного статуса и

поведения животных используются датчики. В целях улучшения качества продукции за счет облегчения прослеживаемости скота, выращенного в экстенсивных системах животноводства, все чаще используются технологии электронного мечения животных и блокчейн²⁹. Однако для большинства животноводов из стран с низким уровнем дохода эти передовые технологии по-прежнему слишком дороги: там технологии прецизионного животноводства в основном используются для создания виртуальных систем ограждения со звуковыми оповещениями, электрошоком или другими сигналами, помогающими удерживать животных в границах определенной территории. Эти технологии снижают трудоемкость и потребность в рабочей силе, облегчают управление размножением, сбор информации и управление интенсивным хозяйством и могут устранить необходимость в устройстве физического ограждения. Кроме того, ГНСС помогают животноводам определять местонахождение животных, пасущихся на больших открытых пастбищах: они могут быть подключены к датчикам для мониторинга температуры, движения и других показателей состояния здоровья и репродуктивного статуса. Однако в экстенсивных пастбищных системах индивидуальные датчики ГНСС для каждого животного пока обходятся слишком дорого. Как и в растениеводстве, для обеспечения доступности этих технологий в экстенсивных системах пастбищного животноводства в странах с низким уровнем дохода необходимы реорганизация (с целью снижения издержек и обеспечения массового производства) и инновационные бизнес-модели²⁹. Широкие возможности для прецизионного животноводства обеспечивают приложения для доступа к полезной информации, связанной с управлением животноводством⁷⁸. По отдельным свидетельствам из Кении, пастбищные скотоводы все чаще используют такие приложения, чтобы указать состояние пастбищ и помочь найти достаточное количество корма при перегоне стад⁷⁹. Приложения, использующие спутниковые данные, могут помочь определить болезни животных и сообщить о них, что позволяет животноводам принимать быстрые и целенаправленные меры⁷⁸.

Механизмы совместного использования активов в целях механизации

Цифровые инструменты также очень перспективны в плане развития механизмов совместного использования сельхозтехники мелкими производителями. Например, устройства слежения на базе ГНСС и программное обеспечение для управления парком

ВРЕЗКА 18 КОНЦЕПЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДОРОГИХ АВТОНОМНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РОБОТОВ

Примером робота, который потенциально может использоваться мелкими производителями, является небольшой автономный колесный робот, умеющий сеять, пропалывать и собирать урожай и стоящий примерно столько же, сколько мотоцикл (500–1000 долл. США): этот вид техники есть во многих сельских домохозяйствах из стран с низким уровнем дохода и потому может служить хорошим ценовым ориентиром. В поле может быть также полезен шагающий робот, поскольку он умеет перешагивать препятствия, но он намного дороже. Поскольку автономные сельскохозяйственные роботы способны к самообучению с помощью искусственного интеллекта (ИИ), существует огромный потенциал для значительного увеличения производства продуктов питания, намного превышающего те уровни, которые доступны в настоящее время. Однако производство специализированных роботов для каждой культуры и для конкретных агроэкологических условий является мелкосерийным и дорогостоящим. Поэтому обоснованная экономическая модель может выглядеть так: производитель предоставляет универсальную автономную машину с набором инструментов, приспособленных для выполнения различных задач, и некоторые из этих инструментов должны быть местного производства. Такая автономная машина должна быть оснащена устройством глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС), позволяющим создавать карты (например, цвет почвы, твердость почвы, рассчитываемая как усилие, необходимое для ее рыхления, урожайность). Она может работать от различных источников

ИСТОЧНИК: Lowenberg-DeBoer, 2022²⁹.

энергии (таких как горючие материалы, солнечная энергия, метан). Чтобы сделать такие автономные машины более доступными по цене, особенно поначалу, их можно сдавать в аренду или взимать плату за их работу на фермах.

При наличии универсальной автономной сельскохозяйственной машины станут возможны и многие другие виды цифровой автоматизации. Например, автономная машина со встроенным датчиком ее положения относительно стеблестоя способна определять потребность в удобрениях⁸⁴, использовать ранее созданные карты почв, растений и урожайности, а также выявлять вредителей, болезни и сорняки и по мере необходимости применять инсектициды, фунгициды и гербициды.

Мелким производителям получить доступ к цифровой автоматизации будет непросто, но поскольку таких производителей миллионы, то это направление является очень перспективным и может стать новым привлекательным рынком. В Африке и Южной Азии примерно так было с герметичными пакетами для хранения зерна. Сначала шел процесс исследований, разработки технологий и развития предпринимательства⁸⁵, и до появления усовершенствованного пакета для хранения зерна Пердю (PICS) производители неохотно инвестировали в инновации в этой сфере, ориентированные на мелких фермеров, считая, что у таких фермеров недостаточная покупательная способность. Но после того, как PICS продали миллионы своих пакетов более чем в 30 странах, у них появилось огромное количество подражателей и конкурентов.

техники (в частности, работающие по тому же принципу, что и сервис заказа такси "Убер") обещают значительно снизить операционные издержки мелких производителей и поставщиков услуг по аренде техники и могут облегчить надзор за операторами техники со стороны поставщиков услуг²⁹. В качестве примеров можно привести TROTRO Tractor в Африке и Tun Yat в Азии. Реализацию этих инициатив могут затруднять такие проблемы, как плохие дороги и неустойчивая связь с интернетом, а также тот факт, что спрос носит сезонный характер и в определенные периоды резко возрастает. Для преодоления некоторых из этих проблем поставщики услуг рассматривают возможность использования институциональных инноваций. Например, используя агентов по бронированию в целях объединения мелких фермеров, можно снизить операционные издержки, связанные с

контактами с фермерами и с обеспечением устойчивости функционирования бизнеса⁸⁰. Потенциально это позволяет постепенно внедрять технологию ГНСС для точного определения положения техники и совершенствования механизмов управления ею, а в дальнейшем перейти к развитию прецизионного земледелия с помощью ГНСС, в том числе и в странах с низким и средним уровнями дохода. Основная проблема, связанная с использованием ГНСС на крупногабаритной технике, заключается в том, что поля должны быть прямоугольной формы, а у многих мелких производителей это не так.

Роботы с искусственным интеллектом

Роботы, разработанные для ферм в странах с высоким уровнем дохода, часто не подходят для стран с низким и средним уровнями дохода, где в сельском хозяйстве по-прежнему преобладают мелкие производители,

которые используют преимущественно семейный труд и многие операции выполняют вручную. Например, автоматизированные хлопкоуборочные машины в странах с высоким уровнем дохода обладают высокой эффективностью, но подходят только для хлопка, который созревает в одно и то же время. Это связано с тем, что во время уборки урожая машина может повредить растения. Такое решение не подходит для традиционных хозяйств в Индии или Западной Африке, где хлопок очень высокого качества, а его вегетационный период длится порядка 150-160 дней, в течение которого собирают три-четыре урожая³¹.

Дополнительным препятствием для внедрения являются затраты, особенно для мелких производителей из стран с низким и средним уровнями дохода, где примеров использования робототехнических решений очень мало. Выращиваемые ими культуры и используемые системы земледелия традиционно ориентированы на ручной труд и адаптированы к местным условиям и задачам; они практически не требуют изменений существующей структуры фермерских хозяйств. Стимулами для внедрения являются и социально-экономические факторы, важнейший из которых – дефицит сезонной рабочей силы. Интерес к низкооплачиваемому ручному труду снижают также улучшение доступа к образованию, миграция в города, социальная стигматизация и государственная политика поддержки безработных^{73, 81, 82, 83}.

В имеющихся источниках говорится о том, что автономные роботы, разработанные с учетом специфики стран с низким и средним уровнями дохода, обеспечивают следующие потенциальные преимущества: i) сокращение потребности в рабочей силе; ii) снижение затрат и снижение эффекта масштаба, обеспечивающее доступность технологий для небольших хозяйств, использующих традиционную механизацию; и iii) возможность экономически эффективного использования технологий на полях неправильной формы, что позволяет избежать необходимости изменения привычного облика сельских ландшафтов и распашки больших прямоугольных полей, на которых традиционная механизация наиболее эффективна. К сожалению, для этих стран не проводился анализ экономической целесообразности инвестиций в такие технологии²⁹. Отчасти это связано с тем, что разрабатывающим эти решения организациям не хватает возможностей для привлечения или удержания талантливых специалистов, способных провести такой анализ: как правило, это малые предприятия, вынужденные конкурировать с крупными компаниями³¹. Во **врезке 18** представлены потенциальные возможности и проблемы, связанные с созданием роботов для мелких производителей.

Другие последствия, связанные с внедрением технологий цифровой автоматизации в сельском хозяйстве

Применение сельскохозяйственных технологий обычно влечет за собой экономические, социальные и экологические последствия, выходящие далеко за рамки выгод и затрат на уровне фермерских хозяйств. Например, механизацию сельского хозяйства с использованием моторизованной техники связывают с увеличением размеров хозяйств, изменением формы полей и сокращением численности сельского населения. Технологии цифровой автоматизации, как уже говорилось выше, очень перспективны с точки зрения решения экологических проблем в высокомеханизированном сельском хозяйстве. Если их подобрать правильно, то они также обладают большим потенциалом для мелких хозяйств, особенно в сочетании с приспособленной для этого моторизованной техникой. Заглядывая в будущее, можно сказать, что при надлежащей разработке и широком внедрении технологии цифровой автоматизации, обсуждаемые в этой главе, включая роботов и искусственный интеллект, могут обеспечить и другие положительные эффекты, информация о которых приведена ниже.

► **Структура фермерских хозяйств.** Использование малых роевых роботов снижает эффект масштаба и устраняет стимулы к расширению размеров хозяйств, что позволяет избежать социальных и экологических сбоев. Благодаря уменьшению необходимости в тяжелой физической работе, повышению прибыльности и укреплению репутации сельского хозяйства как высокотехнологичной отрасли, роевая робототехника может помочь сельским общинам удержать молодежь на селе, а также привлечь работников из других секторов (подробнее о молодежи см. главу 4). Механизация сельского хозяйства с использованием моторизованной техники привела к отказу от обработки небольших полей неправильной формы; в товарном сельскохозяйственном производстве использование роевых роботов позволило бы вернуть в оборот некоторые из этих заброшенных полей, которые часто характеризуются хорошим качеством почв, стабильным режимом осадков и близостью к рынкам. В свою очередь, поскольку роевая робототехника помогает повысить рентабельность таких полей, программы субсидирования мелких хозяйств могли бы быть менее затратными. Кроме того, благодаря этому и мелкие, и более крупные хозяйства, в которых до сих пор используется тяговая сила животных, получают возможность, минуя этап механизации с использованием моторизованной техники, сразу

перейти к цифровой автоматизации, избегав необходимости изменения привычного облика сельских ландшафтов и, тем самым, способствовать увеличению биоразнообразия.

► **Структура рынка сельскохозяйственной техники.**

Обеспечение доступа мелких и средних хозяйств, в том числе в секторах растениеводства, животноводства и аквакультуры, к различным технологиям цифровой автоматизации может привести к изменениям структуры рынка сопутствующего оборудования. Это может создать возможности для предпринимателей, обладающих техническим потенциалом для разработки недорогой и надежной автономной техники, и для увязки этой технологии с инновационными бизнес-моделями.

► **Защита растений как вид услуг.** Защита растений сейчас заключается преимущественно в продаже большого количества пестицидов. Целенаправленное опрыскивание может сократить количество используемых пестицидов на целых 90 процентов, что принесет значительные экологические выгоды, а механическая или лазерная прополка позволит полностью отказаться от гербицидов²⁹. Это могло бы упрочить позиции местных предпринимателей, поставляющих стандартизированную автономную технику для выявления сорняков и вредителей. Такая техника может предоставляться в пользование за установленную плату или продаваться фермерам напрямую.

► **Повышение безопасности, эффективности и жизнестойкости животноводства и аквакультуры.**

Цифровая автоматизация может значительно облегчить удаленную работу, свести к минимуму рабочую нагрузку и при этом улучшить качество управления⁸⁶. Проводится все больше исследований о возможном использовании цифровых технологий в аквакультуре и о вкладе этого сектора в коренные преобразования бизнес-модели и структуры фермерских хозяйств⁸⁷. Например, с помощью технологий интернета вещей можно в автоматическом режиме отслеживать состояние воды, что даст рыбоводам возможность принимать немедленные меры в случае необходимости⁸⁸. В животноводстве все шире используются биометрические датчики, которые отслеживают состояние здоровья и поведение каждого животного, что позволяет производителям получать эту информацию в режиме реального времени и оперативно осуществлять все необходимые действия; это может принести много преимуществ, включая сокращение использования антибиотиков. Датчики также позволяют использовать технологию блокчейн,

которая может гарантировать прослеживаемость продуктов животного происхождения от фермы до стола и обеспечить ключевые преимущества в области мониторинга вспышек заболеваний и предотвращения экономических потерь и пандемий, связанных с пищевыми продуктами⁸⁹.

По мере развития этих технологий и повышения их доступности будут проявляться и другие последствия. Но какими именно они будут, зависит от многих факторов, включая особенности конкретных технологий, возможности подключения к интернету, нормативно-правовые механизмы, бизнес-решения корпораций и стартапов, реакцию социальных сетей и культурные установки в отношении цифровой автоматизации сельского хозяйства. Правительства могут способствовать внедрению и созданию возможностей для достижения положительных результатов, обеспечив необходимую цифровую инфраструктуру, а также соответствующие правовые подходы, меры регулирования, исследования и систему образования (см. главу 5). ■

ВЫВОДЫ

В этой главе представлена имеющаяся фактологическая информация для обоснования экономической модели внедрения различных технологий автоматизации сельского хозяйства. Экономическая модель механизации сельского хозяйства с использованием моторизованной техники достаточно убедительна ввиду наличия в том числе таких преимуществ, как существенная экономия средств за счет сокращения использования рабочей силы, своевременное выполнение сельскохозяйственных операций, сокращение объема тяжелой физической работы, расширение и интенсификация сельскохозяйственного производства, а также повышение устойчивости к климатическим потрясениям и проблемам в области здравоохранения. Кроме того, механизация способствует высвобождению рабочих рук в сельских семьях, позволяя членам домохозяйств искать хорошо оплачиваемую работу в несельскохозяйственном секторе.

В предстоящее десятилетие механизация, вероятно, все еще будет играть важную роль в преобразовании сельского хозяйства в странах, где ее внедрение идет медленно (особенно это касается стран Африки к югу от Сахары), но она должна быть адаптирована к местным потребностям, а для этого нужны стратегии, выстроенные на основе тщательной оценки спроса. Для различных топографических и агроклиматических зон существует сельскохозяйственная техника разных типов и размеров, способная удовлетворить потребности

мелких производителей. Там, где показатели внедрения пока еще низки, одним из возможных технологических решений могут быть небольшие четырехколесные и двухколесные тракторы, а также широкий ассортимент небольших сельскохозяйственных машин, которые в большей степени ориентированы на сохранение агробιοразнообразия для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства.

Несмотря на свой потенциал, во многих регионах мира механизация до сих пор идет крайне медленно из-за структурных факторов, таких как неразвитая инфраструктура и отсутствие технических навыков и благоприятной деловой среды. Многие районы и социально-экономические группы по-прежнему не имеют доступа к механизации либо из-за финансовых ограничений, либо из-за структурных факторов, таких как ограничительная политика или отсутствие необходимой инфраструктуры. Необходима более активная политическая поддержка обеспечения коллективных или общественных благ, которая должна осуществляться в форме поддержки общих услуг (ПОУ). Это предполагает стимулирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области сельского хозяйства и услуг по передаче знаний (например, обучения и оказания технической помощи), а также поддержку развития и технического обслуживания инфраструктуры (например, улучшение качества сельских дорог, ирригационных систем, инфраструктуры хранения). Оба эти аспекта ПОУ могут способствовать созданию благоприятных условий для автоматизации без искажения рыночных стимулов, и они часто бывают необходимы для создания жизнеспособной бизнес-модели автоматизации, особенно в странах с низким и средним уровнями дохода⁹⁰.

Технологии же цифровой автоматизации, в частности сельскохозяйственные роботы и решения в области цифровой автоматизации аквакультуры, находятся только на ранних стадиях разработки и коммерческой реализации, а экономические последствия их применения для сельхозпроизводителей пока носят умозрительный характер. В то же время прецизионное животноводство находится на более продвинутой стадии, хотя по-прежнему практикуется преимущественно в странах с высоким уровнем дохода. Идет процесс масштабирования других технологий, включая программные цифровые решения, БАС и дистанционное зондирование, решения для механизации с использованием ГНСС и ТПН, а также решения для земледелия в закрытом грунте. Однако результаты 27 тематических исследований, проведенных в разных регионах мира и рассмотренных

в этой главе, говорят о том, что пока эти технологии приносят прибыль только в странах с высоким уровнем дохода и только крупным производителям. Очевидно, что для получения более точного представления о том, какие технологии могут быть адаптированы к различным условиям, необходимо больше фактических данных о связанных с ними выгодах и затратах.

Как и в случае с механизацией, на экономическую модель внедрения технологий цифровой автоматизации оказывают влияние структурные факторы, в том числе отсутствие подключения к интернету, электричества, цифровой грамотности и осведомленности о потенциале этих технологий. Фактологические данные – как из имеющихся источников, так и из тематических исследований – свидетельствуют о том, что важная роль в преобразовании семейных фермерских хозяйств и внедрении цифровизации и автоматизации принадлежит молодым фермерам. Другими важными факторами, влияющими на внедрение, являются усиление конкуренции на международных рынках, дефицит рабочей силы, а также возможность сокращения объема тяжелой физической работы и улучшения условий труда. В некоторых случаях цифровые платформы, которые обеспечивают доступ к услугам механизации, также помогают женщинам справиться с проблемой социальных предрассудков и улучшить их доступ к услугам (см. главу 4).

Цифровые инструменты также меняют ситуацию с механизацией, расширяя рынки аренды техники благодаря существенному снижению операционных издержек. Кроме того, с помощью определенных технологий цифровой автоматизации можно обратить вспять некоторые негативные экологические тенденции, возникшие в результате предыдущих этапов механизации. Для решения этих проблем необходимо адаптировать инновации в области механизации к особенностям малогабаритной и легкой техники, использование которой позволяет уменьшить уплотнение почв и смягчить негативное воздействие на окружающую среду. В поиске решений по механизации, оптимальных для местных агроэкологических условий, могут помочь прикладные технические и агрономические исследования.

В этой главе говорилось также о роли государственной политики, законодательства, инвестиций и инноваций в устранении структурных барьеров, стоящих на пути внедрения, и в организации необходимых вмешательств с учетом специфики мелких хозяйств и экологических проблем. Социальные последствия автоматизации и роль государственной политики более подробно освещены соответственно в четвертой и пятой главах доклада. ■



КЕНИЯ

Фермер,
занимающийся
почвозащитным и
ресурсосберегающим
земледелием,
управляет трактором в
Катонцвени, округ
Макуени.

©FAO/Luis Tato



ГЛАВА 4

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ОСНОВНЫЕ ТЕЗИСЫ

- Процесс автоматизации сельского хозяйства может повысить производительность труда и стать источником новых рабочих мест как в сельском хозяйстве, так и в агропродовольственных системах вообще, создавая новые возможности для молодежи, женщин и маргинализованных групп населения, таких как инвалиды.
- Для того чтобы понять все социальные последствия автоматизации сельского хозяйства, нужно изучить ситуацию не только в первичном производстве, но и проанализировать воздействие на агропродовольственные системы в целом.
- В условиях роста заработной платы и дефицита рабочей силы автоматизация может быть выгодна как производителям, так и наемным работникам. Она, в частности, может помочь мелким сельхозпроизводителям справиться с нехваткой рабочей силы и выделить время для несельскохозяйственных видов деятельности, что повысит уровень их благосостояния.
- С другой стороны, когда рабочая сила в избытке, а наличие субсидий снижает затраты на внедрение автоматизации, возникает риск вытеснения определенных рабочих профессий и появления безработицы, особенно среди малоимущих и менее квалифицированных работников.
- Для того чтобы обеспечить инклюзивный характер автоматизации, необходим подход по принципу "снизу вверх", при котором приоритет отдается развитию навыков и

потенциала, привлечению женщин, молодежи и всех других заинтересованных сторон к разработке проектов технического развития с учетом их проблем, знаний и потребностей.

- Правительствам не следует ни вводить какие-либо субсидии, которые могут исказить ситуацию на рынке и привести к росту безработицы, ни тем или иным образом ограничивать автоматизацию на том основании, что это поможет сохранить рабочие места и доходы: это сделает сельское хозяйство менее конкурентоспособным и продуктивным. Вместо этого нужно создавать условия, благоприятствующие полноценному участию в процессе автоматизации женщин, молодежи, мелких производителей и других уязвимых и маргинализованных групп, с тем чтобы все они могли извлечь из этого пользу.
- Наряду с этим необходимо устранять коренные причины нищеты, уязвимости и маргинализации: это позволит гарантировать, что автоматизация не усугубит положение уязвимых и маргинализованных групп.

Во второй и третьей главах доклада были рассмотрены тенденции в области механизации с использованием моторизованной техники и технологий цифровой автоматизации, движущие силы их внедрения, а также их (потенциальное) воздействие на производительность, эффективность, жизнестойкость и экологическую устойчивость. В этой главе представлен анализ последствий

автоматизации сельского хозяйства для инклюзивности, а именно установление выигравших и проигравших в этом процессе. Она начинается с разбора характеристик агропродовольственных систем и возможного влияния автоматизации на рабочую силу в этих системах. Затем идет обсуждение влияния автоматизации сельского хозяйства на возможности получения достойной занятости и на положение различных социально-экономических и демографических групп, которые вовлечены в этот процесс: крупных и мелких производителей, безземельной бедноты и самозанятых работников сельского хозяйства, женщин и молодежи. Далее в этой главе отмечено, что страны, находящиеся на разных стадиях сельскохозяйственных и структурных преобразований, ощутят это влияние по-разному и, соответственно, столкнутся с разными политическими проблемами, связанными с автоматизацией. ■

АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ПОДХОДА, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВСЮ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННУЮ СИСТЕМУ

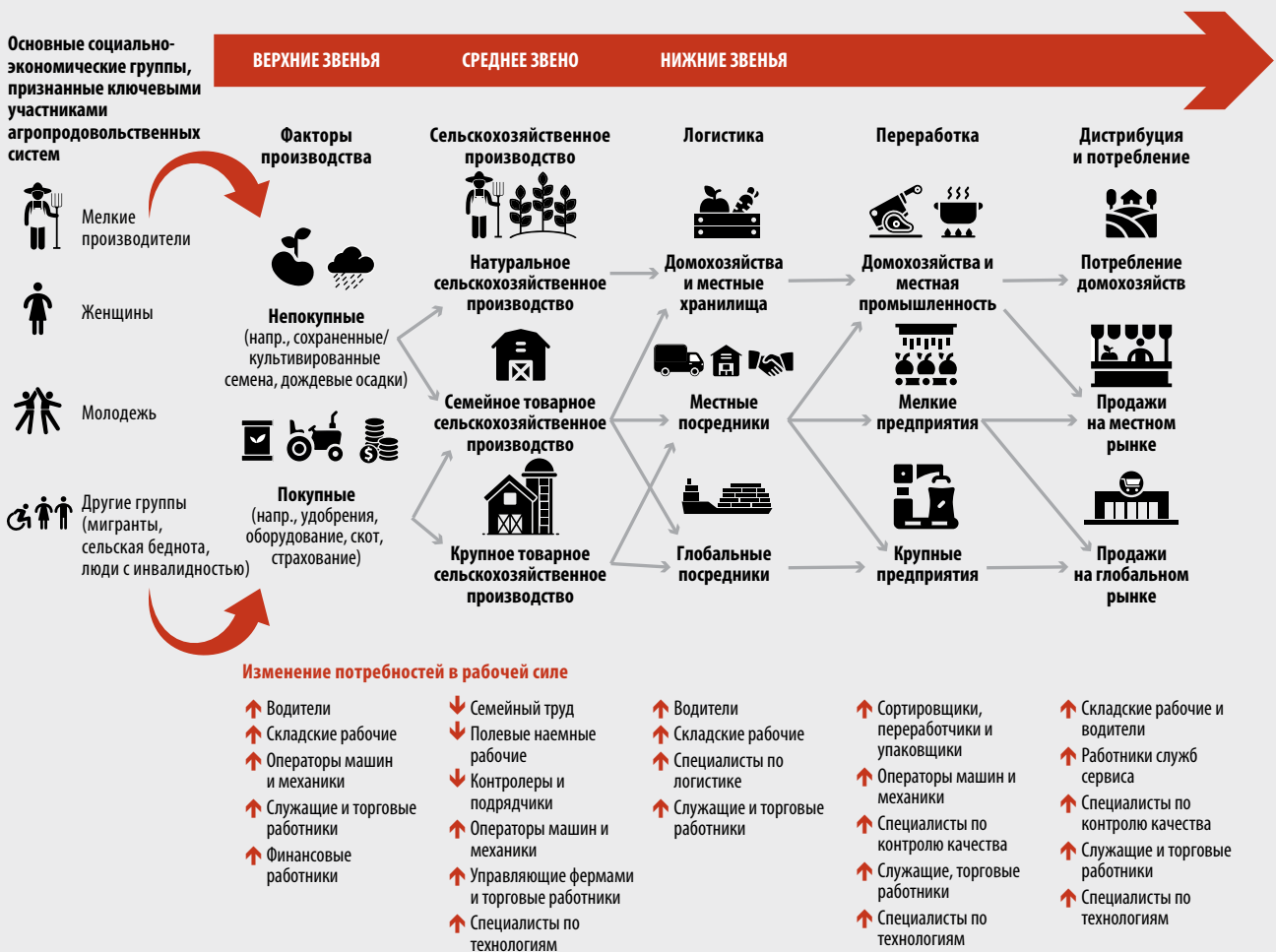
Сельскохозяйственное производство меняется очень быстро. Внедрение трудосберегающих технологий – от тракторов, молотилок и уборочных комбайнов в странах с низким и средним уровнями дохода до высокотехнологичных решений на основе искусственного интеллекта (ИИ), используемых в основном в странах с высоким уровнем дохода – происходит на фоне процесса непрерывной трансформации сельского хозяйства и эволюции агропродовольственных систем.

Понимание динамики развития агропродовольственных систем имеет решающее значение для анализа и прогнозирования результатов автоматизации в любом узле этих систем с учетом возможных компромиссов и непреднамеренных последствий. Для понимания влияния автоматизации на сельскохозяйственное производство, цены, торговые потоки и возможности получения достойной занятости одинаково важна реакция как верхних, так и нижних звеньев производственно-сбытовой

цепочки. Последствия также зависят от типа этих цепочек (их классификация была приведена в выпуске этого доклада за 2021 год¹): i) традиционная, связанная преимущественно с мелким натуральным сельскохозяйственным производством; ii) переходная, обычно связанная с мелким и средним семейным товарным сельскохозяйственным производством; и iii) современная, в которой важную роль играет крупное товарное сельскохозяйственное производство. Эти производственно-сбытовые цепочки отличаются друг от друга по многим параметрам, включая потребность в рабочей силе. Необходимо понять, как работают двунаправленные связи в агропродовольственных производственно-сбытовых цепочках: без этого невозможно оценить влияние технологий автоматизации, в том числе изменение потребностей в рабочей силе в различных компонентах агропродовольственных систем и возможности перехода работников из одного их компонента в другой. Последствия будут зависеть, в частности, от таких факторов, как распределение гендерных ролей, категория работников (например, мигранты/местные или сезонные/постоянные) и их квалификация.

Как работают агропродовольственные системы

На рисунке 7 представлена концептуальная схема, позволяющая проанализировать влияние автоматизации на занятость в различных компонентах агропродовольственных систем. Показаны некоторые основные характеристики трех упомянутых выше типов агропродовольственных производственно-сбытовых цепочек с указанием рынков верхнего, среднего и нижнего звеньев и перечислением ключевых видов деятельности, осуществляемых на каждом рынке. Показаны также связи между рынками и различия в общих видах деятельности для трех различных категорий сельхозпроизводителей: тех, кто ведет натуральное хозяйство, семейных товарных хозяйств и крупных сельскохозяйственных предприятий. Ключевыми участниками агропродовольственных систем признаны различные социально-экономические и демографические группы (см. левую часть рисунка), и к ним относятся мелкие производители, женщины, молодежь и другие маргинализованные категории населения (например, инвалиды и мигранты), хотя последние зачастую являются наиболее социально изолированными, маргинализованными и уязвимыми. Процесс автоматизации сельского хозяйства позволяет применять инклюзивный подход, гарантирующий всем людям, особенно из числа уязвимых, социально изолированных и маргинализованных групп,



ИСТОЧНИК: разработка ФАО по материалам Charlton, Hill and Taylor, 2022³.

возможность с выгодой для себя участвовать в процессах развития благодаря улучшению жизненных перспектив, получению доступа к производственным и природным ресурсам, расширению прав и возможностей, обеспечению свободы действий и уважению их прав. Инклюзивность – это одновременно и средство достижения более высоких результатов и обеспечения справедливости, и самоцель, гарантирующая, что никто не останется без внимания².

В нижней части рисунка 7 приведен список основных видов рабочей силы на каждом рынке и показано (стрелками вверх и вниз), как технологии автоматизации могут повлиять на спрос на каждый них, но конкретные последствия будут зависеть от контекста, и понять, какими именно они будут, можно только на практике. Вместе со снижением потребностей в рабочей силе для выполнения автоматизируемых задач технологии автоматизации создают новые задачи, для решения которых возникают и соответствующие потребности: например, появляется необходимость в специалистах по техническому обслуживанию и эксплуатации оборудования.

Рисунок 7 служит отправной точкой для последующих

обсуждений влияния автоматизации сельского хозяйства на инклюзивность. В этом разделе представлена справочная информация о рыночных связях внутри агропродовольственных систем, которые играют ключевую роль в распространении влияния автоматизации на занятость между различными компонентами этих систем.

Типы сельскохозяйственного производства

Сельскохозяйственное производство (среднее звено) занимает центральное место в цепочке и бывает трех типов; они упомянуты выше (см. рисунок 7). Натуральное сельскохозяйственное производство является элементом стратегии обеспечения средств к существованию домохозяйства: закупки факторов производства минимальны, а большую часть производимой сельскохозяйственной продукции домохозяйство потребляет само⁴. Натуральное хозяйство широко распространено в странах с низким уровнем дохода, но то же самое происходит и в семьях, обрабатывающих небольшие приусадебные участки в сельских районах стран с высоким уровнем дохода⁵. И хотя натуральное сельскохозяйственное производство

описывается как производство продуктов питания для собственного потребления, это совершенно не означает, что домохозяйства самостоятельно производят все то, что они едят: на самом деле семьи, ведущие натуральное хозяйство, часто очень сильно зависят от покупных продуктов питания^{6,7,8}.

В семейном товарном сельскохозяйственном производстве сельскохозяйственная производственная деятельность является важным элементом стратегии обеспечения дохода домохозяйств: большую часть факторов производства домохозяйства покупают, а произведенную сельскохозяйственную продукцию продают на местных, национальных и глобальных рынках. К семейному товарному сельскохозяйственному производству относятся мелкотоварное производство в странах с высоким и низким уровнями дохода, а также средние и относительно крупные производства в странах с высоким уровнем дохода, которыми владеют и управляют домохозяйства.

Наконец, крупное сельскохозяйственное производство состоит из крупных производственных предприятий. Оно более распространено в странах с высоким уровнем дохода, но в форме плантаций и крупных земельных владений встречается и в бедных странах⁹.

Все виды деятельности в этом узле агропродовольственных систем непосредственно связаны с растениеводством, животноводством, рыболовством и аквакультурой, а также с лесным хозяйством и агролесоводством. Соответствующие операции включают уход за почвой и ее подготовку, сев, прополку и уход за растениями, обрезку и сбор урожая, а также разведение, выращивание, повседневный уход и мониторинг состояния здоровья сельскохозяйственных животных. На этом уровне автоматизация отдельных элементов сельскохозяйственного производства может обеспечить увеличение объема выпуска, что скажется на ситуации в нижних звеньях, включая транспортировку, упаковку, хранение, переработку и дистрибуцию товаров. Эти изменения в нижних звеньях создадут повышенный спрос на большинство рабочих специальностей, поскольку нужно будет соответствующим образом справиться с повышением объема производства.

Деятельность в верхних и нижних звеньях цепочки

Деятельность в верхних звеньях цепочки включает в себя все виды работ, связанные с обеспечением факторов сельскохозяйственного производства. В широком смысле это все, что касается производства и сбыта семян, удобрений, техники, кормов для животных и ирригационного оборудования, а также

предоставления услуг страхования, технической помощи и финансирования. В натуральном сельскохозяйственном производстве используются преимущественно непокупные факторы производства (включая сохраненные семена), корма для животных из выращиваемых культур и дождевые осадки (а не орошение)¹⁰. В зависимости от размера, местоположения и других характеристик в семейном товарном сельскохозяйственном производстве могут использоваться покупные или непокупные факторы производства либо какая-то их комбинация. На представленной схеме агропродовольственной системы (см. рисунок 7) технологические инновации в сельском хозяйстве происходят, как правило, на стороне факторов производства и зависят от наличия улучшенных (или менее дорогостоящих) семян, кормов, удобрений, а также машин и оборудования, включая технологии автоматизации. Внедрение этих технологий меняет способ использования факторов сельскохозяйственного производства (среднее звено).

В нижних звеньях цепочки осуществляются операции после уборки урожая / забоя / вылова, такие как хранение, транспортировка, переработка, упаковка, оптовая и розничная торговля и, наконец, потребление в домохозяйствах и на предприятиях общественного питания. В натуральном хозяйстве эти операции осуществляются на территории домохозяйства или в деревне^{11,12}. В семейном товарном сельскохозяйственном производстве логистические операции могут осуществляться на территории домохозяйства или в деревне, но с использованием местных или глобальных посредников. Крупные же производители могут получать продукцию из разных мест и хранить ее на больших специально отведенных складах. Транспортировка включает морские, воздушные, железнодорожные и автомобильные перевозки. Дистрибуция предусматривает оптовые поставки сельскохозяйственной продукции перерабатывающим предприятиям или предприятиям оптовой торговли. Технологии автоматизации обычно влекут за собой увеличение сельскохозяйственного производства в среднем звене, что, в свою очередь, может привести к расширению, росту и дальнейшему развитию технологических инноваций в нижних звеньях. Например, с внедрением моторизованного комбайна для уборки томатов увеличилось количество перерабатываемых томатов, что стимулировало инновации в секторе переработки¹³. И наоборот, инновации в нижних звеньях могут влиять на спрос на продукцию верхнего и среднего звеньев, что, в свою очередь, влияет на внедрение технологий сельхозпроизводителями. Так, снижение затрат на переработку при изготовлении консервированных томатов

может повысить спрос на этот продукт, создав стимул для фермеров, выращивающих помидоры, наращивать производство и удовлетворять растущий спрос за счет внедрения соответствующих технологий (например, использования улучшенных сортов, ирригационного оборудования, комбайнов).

Последний узел агропродовольственных систем составляют предприятия оптовой и розничной торговли, включая неформальные микропредприятия, а также потребители на уровне домохозяйств и предприятий общественного питания. Автоматизация в оптовой и розничной торговле, ресторанах и на предприятиях общественного питания позволила сократить потребности в рабочей силе¹⁴ и повысить производительность труда и объемы продаж¹⁵. Наиболее значимым технологическим достижением в глобальном секторе дистрибуции стала электронная торговля¹⁶, которая стимулирует дальнейшие технологические инновации в верхних звеньях, особенно ориентированные на устойчивое развитие, например создание более экологичной упаковки¹⁷, а в странах с низким уровнем дохода – улучшение транспортной инфраструктуры, логистики и онлайн-сервисов^{18, 19, 20}. В Индии бурное развитие платформ электронной торговли позволило фермерам выйти на более широкие рынки и продавать свою продукцию по более высоким ценам²¹. В Китае, как свидетельствует ряд тематических исследований, сельская электронная торговля создает возможности для диверсификации и создания новых рынков для сельского населения и общин в различных регионах страны, в том числе для уязвимых групп, таких как женщины и молодежь²². ■

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ НА РЫНОК ТРУДА

На сельскохозяйственное производство и возможности получения достойной занятости автоматизация может повлиять разными способами. В растениеводстве появляется возможность нарастить площадь обрабатываемых земель или повысить урожайность с гектара, что, в свою очередь, увеличивает объем выпуска. В животноводстве автоматизация может повысить производительность труда и существенно снизить необходимость в тяжелой физической работе, поскольку позволяет доить и кормить животных с минимальным применением ручного труда. То же касается и рыболовства, аквакультуры и лесного хозяйства (см. главу 2): в случае лесного хозяйства важным дополнительным

преимуществом автоматизации является повышение безопасности условий труда. Результатом появления всех этих преимуществ может стать существенное повышение уровня благосостояния. Если автоматизация обеспечивает значительный эффект масштаба, то ее широкое внедрение крупными производителями иногда может выводить из бизнеса мелких производителей и ускорять процесс укрупнения хозяйств в сельскохозяйственном секторе. Поскольку спрос на рабочую силу в сельском хозяйстве снижается, а с появлением новых технологий некоторые специальности устаревают, автоматизация может вытеснять с рынка труда некоторые категории работников, особенно из числа беднейших, которым может быть трудно найти работу где-либо еще. Для предотвращения, смягчения или устранения негативных социальных последствий автоматизации, особенно для наиболее уязвимых слоев населения, должны быть приняты соответствующие меры в области политики, законодательства и инвестиций.

В следующих далее разделах рассматривается влияние автоматизации сельского хозяйства на занятость в агропродовольственных системах в различных контекстах. В этом докладе представлен анализ воздействия автоматизации сельского хозяйства с точки зрения возможностей получения достойной занятости в сельской местности, т.е. работы, обеспечивающей достаточные средства к существованию и приемлемые условия труда. Стандарты достойной занятости, которые должны использоваться для оценки воздействия технологий автоматизации сельского хозяйства, перечислены во **врезке 19**.

Влияние автоматизации сельского хозяйства на занятость измерить трудно, поскольку ее последствия обычно меняют ситуацию во всех видах сельскохозяйственной деятельности и влекут изменения как в верхних звеньях цепочки, вызванные изменением спроса на факторы производства, так и в нижних, влияющие на транспорт, логистику, переработку, дистрибуцию и розничную торговлю. По мере преобразований сельского хозяйства люди покидают этот сектор в поисках более высокооплачиваемой работы, а доля занятых в сельском хозяйстве, как описано в главе 1, продолжает сокращаться (см. **рисунок 3**). Этот процесс меняет ситуацию со спросом и предложением на рынке труда во всех агропродовольственных системах, поскольку он влияет на производство, переработку и дистрибуцию продовольствия и другой сельскохозяйственной продукции. Когда все узлы агропродовольственных систем меняются более или менее одновременно, трудно, чтобы не сказать невозможно, отнести возникающие

ВРЕЗКА 19 АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ДОСТОЙНОЙ ЗАНЯТОСТИ

Достойная занятость в сельской местности – это любой вид деятельности, род занятий, работа или занятость в сфере предпринимательства или услуг, которые осуществляются за плату или с целью извлечения прибыли женщинами и мужчинами, взрослыми и молодежью в сельских районах и которые²³: i) соответствуют основным трудовым стандартам, предусмотренным конвенциями Международной организации труда (МОТ) (т.е. против детского и принудительного труда и дискриминации и с гарантированным правом на ведение переговоров); ii) обеспечивают достаточный доход; iii) обеспечивают надлежащий уровень гарантий занятости и стабильности; iv) обеспечивают принятие мер техники безопасности и охраны труда; v) не предусматривают регулярной сверхурочной работы; и vi) расширяют доступ к образованию. Для анализа последствий автоматизации сельского хозяйства с точки зрения возможности получения достойной занятости необходимо изучить ее влияние на следующие аспекты:

Детский труд. Согласно недавнему эмпирическому исследованию, проведенному в семи развивающихся странах, использование тракторов (и зерноуборочных комбайнов в Индии) на 5–10 процентов снижает вероятность использования детского труда и улучшает показатели посещаемости школ. Но там, где доступ к образованию ограничен, внедрение

сельскохозяйственной техники может просто привести к тому, что вместо сельскохозяйственных работ дети займутся несельскохозяйственными видами деятельности²⁴.

Достаточный доход. В определенных ситуациях автоматизация может способствовать повышению доходов, улучшению условий жизни, повышению прибыльности и расширению возможностей трудоустройства^{25, 26}. Например, в Уганде с появлением мобильных телефонов связывают увеличение доходов домохозяйств и улучшение ситуации с гендерным равенством, что стало возможным благодаря улучшению доступа к рынкам, услугам и информации²⁷.

Техника безопасности и охрана труда. Новые технологии могут снизить трудоемкость и риски для здоровья работников (например, за счет сокращения использования гербицидов и пестицидов)²⁸.

Сокращение рабочего дня. Экономия времени благодаря автоматизации сельского хозяйства позволяет больше времени уделять отдыху и развлечениям. У мелких производителей может также появиться возможность трудоустройства в несельскохозяйственном секторе, что будет способствовать получению более стабильного дохода и созданию устойчивых к внешним факторам источников средств к существованию.

социальные последствия (такие как изменения в плане возможностей получения достойной занятости и последствия для гендерных вопросов, молодежи и мелких производителей) на счет каких-то конкретных эпизодов автоматизации сельского хозяйства. Понимание сути преобразований агропродовольственных систем является фундаментальным шагом на пути к пониманию их социальных последствий, особенно для занятости. Следует отметить, что в этой главе не рассматриваются ни потенциальные косвенные последствия внедрения автоматизации (например, увеличение потребностей в ученых и исследователях – специалистах по разработке и совершенствованию технологий), ни ее возможные последствия для экономики в целом, которые могут также серьезно отразиться на ситуации в социальной сфере. Каким образом полный набор возможных последствий проявится потом в реальности – вопрос открытый, и ответ на него будет зависеть от конкретных обстоятельств в разных странах и обществах.

На **рисунке 7** наглядно отражены два основных момента. Во-первых, возможные последствия автоматизации сельского хозяйства достаточно многочисленны, и ее воздействие на занятость в сельском хозяйстве, вероятно, будет многообразным. Спрос на низкоквалифицированную рабочую силу – будь то семейный или наемный труд – видимо, снизится, поскольку многие задачи будут автоматизированы. Автоматизация некоторых процессов может решить проблемы нехватки рабочей силы, поскольку позволяет нарастить производство либо за счет экстенсивного расширения, либо путем интенсификации. Автоматизация, вероятно, увеличит спрос на относительно квалифицированных работников, которые должны обслуживать новые технологии. Во-вторых, общее воздействие автоматизации сельского хозяйства на возможности получения достойной занятости в агропродовольственных системах, по-видимому, будет сильно отличаться от ее воздействия на отдельные сельскохозяйственные предприятия. Автоматизация

легко может снизить потребность в низкооплачиваемом сезонном труде на фермах, но увеличить количество более высокооплачиваемых и менее зависящих от сезона рабочих мест в верхних и нижних звеньях цепочки. Вопрос в том, компенсируют ли эти положительные социальные последствия (увеличение занятости за счет создания высокооплачиваемых и менее зависящих от сезона рабочих мест) возможные негативные воздействия (снижение спроса на низкооплачиваемый труд сезонных рабочих, в результате чего последние вынуждены будут искать другие способы заработка).

Сезонный характер занятости является проблемой в сельском хозяйстве во всем мире. В растениеводстве и животноводстве работы являются сезонными по самой своей сути. Поэтому в одни сезоны показатели безработицы и неполной занятости обычно высоки, а в другие может наблюдаться острый дефицит рабочей силы. Отсутствие доступа к рабочей силе в критические моменты (например, во время уборки урожая и стрижки скота) может серьезно сказаться на работе хозяйств и привести к убыткам или вообще отбить у сельхозпроизводителей желание что-либо выращивать. Автоматизация, которая снижает избыточный спрос на рабочую силу в одни сезоны, теоретически может поддерживать занятость в другие. В этой связи возникают важные вопросы. Какие операции и в какие сезоны легче всего автоматизировать в растениеводстве и совпадают ли эти операции с теми, для осуществления которых хозяйствам не хватает рабочей силы? И какими будут последствия для беднейших неквалифицированных рабочих, которые оказываются без работы, когда предприятия начинают автоматизацию, а их навыки становятся не нужны? Какие меры политики способны обеспечить более продуктивный, действенный, устойчивый и инклюзивный процесс автоматизации?

Задачи, связанные с выращиванием трудоемких культур, в первую очередь фруктов и овощей, и возникающие в те сезоны, когда дефицит рабочей силы ощущается наиболее остро, часто труднее всего автоматизировать из-за того, что техника может повредить растения или плоды. В качестве примера можно привести автоматизацию в самых богатых сельскохозяйственных районах, где заработки фермеров относительно высоки, а решения в области автоматизации наиболее доступны. В американском штате Калифорния подготовка земли к севу, включая рыхление, вспашку и выравнивание почвы, механизирована повсеместно. Сбор урожая культур, идущих на переработку (например, помидоров и технических сортов винограда), автоматизирован. Однако сбор свежих фруктов и овощей для непосредственного потребления по-прежнему

производится вручную, и его автоматизировать труднее, хотя в ближайшем будущем должны появиться роботизированные решения для сбора урожая: стимулами являются дефицит рабочих рук на уборке урожая и быстрый рост заработков в этой сфере.

Эти новые возможности трудоустройства подходят многим категориям работников. Водители, работники складов, операторы машин, механики – все эти специальности требуют некоторого систематического образования, но по размеру оплаты труда, гарантиям занятости и требуемым профессиональным навыкам они разнятся между собой^{29,30}. Такие рабочие места также могут быть сезонными, особенно на мелких перерабатывающих предприятиях, но в крупных коммерческих фирмах такая работа может быть стабильной. В обоих случаях эти виды занятости носят менее сезонный характер, чем полевые работы в сельском хозяйстве. Подавляющее большинство таких вакансий занимают мужчины^{31,32}. Наиболее высокооплачиваемыми являются офисные работники, продавцы и специалисты, чья работа требует более систематического образования, профессиональной подготовки и опыта; среди них обычно выше доля женщин³³.

Последствия для мелких производителей и фермеров, ведущих натуральное хозяйство

Последствия для спроса на рабочую силу зависят от вида работ и типа производства. Производители, ведущие натуральное хозяйство, управляют своими производственными единицами, используя семейный труд. Они часто бедны, неблагополучны в плане продовольственной безопасности и имеют ограниченный доступ к услугам и рынкам³⁴. В Многонациональном государстве Боливия до 83 процентов мелких производителей являются малоимущими, при том что доля бедного населения в стране составляет в среднем порядка 61 процента. В Эфиопии, где за национальной чертой бедности живут 30 процентов населения, доля мелких производителей, живущих за чертой бедности, составляет 48 процентов. Во Вьетнаме бедны более половины мелких производителей, тогда как в целом по стране в нищете живут только 20 процентов жителей. В таких условиях более высокий показатель бедности среди занятых в сельском хозяйстве вызван, по крайней мере частично, низкими показателями производительности труда, поскольку такие люди живут за счет натурального или полунатурального хозяйства. Внедрив у себя технологии автоматизации, такие фермеры смогут повысить производительность труда, доходы и уровень жизни за счет расширения производства и превращения

ВРЕЗКА 20 ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЗАЦИИ УБОРКИ САХАРНОГО ТРОСТНИКА НА ПОЛОЖЕНИЕ РАБОЧИХ В БРАЗИЛИИ

В Бразилии был принят ряд законов и нормативных актов, в соответствии с которыми с 2020 года в стране по экологическим соображениям была запрещена практика сжигания сахарного тростника перед уборкой урожая. Это положило конец ручной уборке (с которой связана практика сжигания тростника), а производители сахарного тростника стали все больше инвестировать в механизацию. Введение этого законодательства принесло экологические выгоды в плане уменьшения загрязнения и повысило

численность рабочей силы, непосредственно занятой в производстве сахарного тростника, сократится на 52–64 процента. Больше всего пострадают наименее квалифицированные рабочие (имеющие не более трех классов образования), а спрос на квалифицированную рабочую силу в этом секторе, как ожидается, возрастет. Такие изменения в сфере занятости требуют немедленных государственных мер по защите наиболее уязвимых слоев населения от негативных последствий автоматизации.

ИСТОЧНИК: Guilhoto *et al.*, 2002³⁹.

своих семейных хозяйств в товарные. Например, в Замбии доступность тракторов для мелких семейных фермерских хозяйств позволила производителям увеличить доходы более чем вдвое, в первую очередь за счет расширения площади обрабатываемых земель и использования большего количества факторов производства (в основном удобрений), что привело к повышению урожайности на 25 процентов³⁵. Внедрение автоматизации может высвободить время, которое люди смогут использовать для других видов деятельности (например, дети смогут получить образование), и принести долгосрочные экономические выгоды домохозяйствам. Кроме того, у членов домохозяйств появится возможность найти работу в несельскохозяйственном секторе (при ее наличии).

Автоматизация сельского хозяйства может также обеспечить доступ к более выгодным рынкам и позволить сельским домохозяйствам заключать контракты с супермаркетами или иностранными закупщиками (при условии, что их продукция отвечает установленным требованиям по качеству и количеству). Участие в таких рынках с высокой добавленной стоимостью может существенно повысить уровень благосостояния сельских домохозяйств. В Кении благодаря контрактам с супермаркетами мелкие фермеры-овощеводы увеличили доходы своих хозяйств более чем на 40 процентов, а сокращение многомерных показателей измерения нищеты беднейших домохозяйств достигло максимума³⁶. В фермерских хозяйствах, поставляющих товары для супермаркетов, также значительно возросли калорийность рациона и потребление витамина А, железа и цинка³⁷.

Однако даже в тех регионах Африки, где рабочая сила в относительном избытке, а коэффициент рождаемости высок, дефицит рабочих рук также является фактором, ограничивающим возможности для наращивания сельскохозяйственного производства. Таким образом, автоматизация дает возможность усовершенствовать производство и повысить доходы домохозяйств. Исследование данных на уровне фермерских хозяйств в четырех странах Восточной и Южной Африки подтверждает целесообразность нынешних усилий по механизации сельского хозяйства в Африке, поскольку основными факторами, ограничивающими продуктивность сельского хозяйства в этом регионе, являются, по-видимому, рабочая сила и другие источники энергии на фермах³⁸.

Многие из потенциальных преимуществ автоматизации сельского хозяйства проявляются не сразу и не реализуются автоматически. Для того чтобы воспользоваться всеми возможностями автоматизации, мелким производителям и фермерам, ведущим натуральное хозяйство, не хватает управленческих и технических навыков. Им также необходимо обновить и модернизировать свои бизнес-модели, чтобы привести их в соответствие с действующими требованиями и стандартами рынка. Поэтому в сельских районах необходимы мероприятия по наращиванию потенциала и созданию эффективных систем консультирования, которые смогут обеспечить людям своевременный доступ к информации о технологиях и рынках (см. главу 5).

ВРЕЗКА 21 АВТОМАТИЗАЦИЯ И РАБОЧИЕ-МИГРАНТЫ ИЗ СЕЛЬСКИХ ОБЩИН: ПРИМЕР КАЛИФОРНИИ

Расширение производства растениеводческой продукции и сокращение предложения местной сельскохозяйственной рабочей силы вынуждает страны искать ее новые источники среди иммигрантов. Например, в США, в штате Калифорния, иммигранты составляют более 90 процентов рабочей силы на фермах. В странах с высоким уровнем дохода зависимость от иностранных сельскохозяйственных рабочих стала повсеместной. Может показаться, что на положении тех общин, откуда приезжают мигранты, автоматизация скажется отрицательно. Но автоматизация сельского хозяйства в Калифорнии происходит не в вакууме. В Мексике, откуда прибывает большинство иммигрантов, показатели рождаемости падают, посещаемость школ резко растет, а доступ к несельскохозяйственной занятости расширяется, что сокращает предложение рабочей силы в сельской местности. Строительство средних школ в сельской местности Мексики расширяет возможности получения образования мальчиками и девочками (которые в противном случае искали бы работу в сельском хозяйстве), ускоряя тем самым преобразования в

сельском хозяйстве. Ведь более образованные люди с большей вероятностью выберут работу в несельскохозяйственном секторе, даже если эмигрируют⁴⁴. Как следствие, предложение сельскохозяйственной рабочей силы в Калифорнии значительно сократилось: в период с 2008 по 2018 год заработная плата в сельском хозяйстве росла на 18 процентов быстрее, чем в несельскохозяйственном секторе.

До сокращения в 1990-х годах предложения мексиканской сельскохозяйственной рабочей силы в Калифорнии было мало стимулов для внедрения и разработки новых трудосберегающих технологий. Сегодня в обеих странах идет гонка между автоматизацией и сокращением рабочей силы на фермах. Процесс автоматизации обычно начинается с наиболее трудоемких операций, которые легко автоматизировать, но по мере появления и коммерциализации более продвинутых решений Соединенные Штаты Америки, в частности, начинают автоматизировать и более сложные операции, такие как сбор урожая фруктов и овощей.

ИСТОЧНИКИ: Charlton, Hill and Taylor, 2022³; Taylor and Charlton, 2018⁴⁵.

Последствия для среднего и крупного товарного производства

Семейное товарное производство принадлежит семье и использует семейный труд, но может задействовать и наемных работников (например, полевых рабочих, контролеров, подрядчиков). Автоматизация может снизить спрос на все эти три вида рабочей силы, но при этом побудит производителей расширить производство. Если семейные товарные хозяйства решат расширить свою деятельность и перейти в категорию крупных предприятий, то семейный труд в них, скорее всего, будет заменен наемными специалистами, в том числе управляющими фермами, торговым персоналом, операторами машин и механиками. Если, как это обычно бывает, стимулами к внедрению технологий являются возможность увеличить заработки и нехватка рабочей силы, то автоматизация сельского хозяйства будет способствовать повышению производительности труда и заработной платы, и тогда она может повысить благосостояние как производителей, так и наемных работников. Однако автоматизация может привести и к вытеснению с рынка труда некоторых категорий

работников, особенно беднейших и наименее квалифицированных, которые будут вынуждены искать работу где-то еще, а это может оказать понижающее воздействие на заработки неквалифицированных работников, поскольку с их навыками найти другую работу будет трудно (см. [врезку 20](#)). Может получиться и так, что из-за внедрения технологий в товарных хозяйствах натуральные хозяйства полностью уйдут из сельскохозяйственного сектора, т.е. произойдет то, что называется укрупнением хозяйств. В этих случаях необходимы соответствующие меры политики, законодательство и инвестиции, которые обеспечат, чтобы мелкие фермеры, все те, кто ведет натуральное хозяйство, а также низкоквалифицированные рабочие не оказались на обочине процесса автоматизации сельского хозяйства, а получили возможность воспользоваться его преимуществами. Возможно, потребуются адресные меры социальной защиты и организация профессионального обучения в переходный период.

На крупных сельскохозяйственных предприятиях используются все виды рабочей силы, кроме

семейного труда. Такие хозяйства являются самыми передовыми и обычно они в значительной степени автоматизированы. Им проще добиться экономии за счет эффекта масштабирования и имеется капитал, который они могут вкладывать в большее количество робототехнических технологий, способных значительно снизить потребность в рабочей силе (что имеет потенциально негативные последствия для работников, особенно для низкоквалифицированных) или изменить тип необходимой на фермах рабочей силы. Например, с внедрением цифровой автоматизации бывший тракторист может контролировать работу роя автономных сельскохозяйственных роботов или переучиться на мастера по ремонту техники. Однако для большинства хозяйств использование роботов обычно экономически нецелесообразно; исключением являются случаи, когда рабочая сила в дефиците. В качестве примера можно привести технологии автоматизированного доения. Несмотря на то, что в коммерческом использовании они находятся уже много десятилетий, в Соединенных Штатах Америки их внедрили всего на нескольких молочных фермах, поскольку сельскохозяйственный труд там по-прежнему относительно дешев⁴⁰. В Западной Европе же они используются в коммерческих целях с 1990-х годов.

Как правило, если технологии автоматизации внедряются не из-за дефицита рабочей силы, а потому, что их искусственно удешевили (например, ввели соответствующие государственные субсидии), то возникает риск вытеснения работников и появления безработицы. Вытеснение рабочей силы может дорого обойтись сельскохозяйственным работникам: общий эффект будет зависеть от того, смогут ли они перейти на новые рабочие места, созданные в верхних или нижних звеньях агропродовольственной производственно-сбытовой цепочки (см. рисунок 7). Если же стимулами для внедрения сельскохозяйственных технологий являются увеличение зарплаток и усиление конкуренции за дефицитную рабочую силу, то это, скорее всего, приведет к увеличению как заработной платы, так и общей производительности, что принесет пользу и производителям, и наемным работникам.

Автоматизация на фермах в странах с высоким уровнем дохода или в отдельных регионах внутри стран может негативно сказываться на объемах денежных переводов трудовых мигрантов в менее обеспеченные страны и регионы. Если спрос на неквалифицированный труд сельскохозяйственных рабочих-мигрантов снизится, то может возрасти безработица в странах и регионах происхождения мигрантов, а потоки их денежных переводов сократятся⁴¹. В Бразилии автоматизация

сбора урожая кофе значительно сократила спрос на неквалифицированную рабочую силу – в основном внутренних мигрантов из более бедных районов страны, – но увеличила спрос на квалифицированных рабочих⁴². Это требует принятия срочных и инклюзивных мер социальной политики, направленных на трудоустройство оставшихся без работы неквалифицированных рабочих.

Практика показывает, что автоматизация часто происходит в связи с сокращением рабочей силы на фермах и повышением зарплаток в странах и регионах происхождения мигрантов. Во **врезке 21** приведен пример того, как усиление дефицита рабочей силы в общинах Мексики, откуда прибывают рабочие-мигранты, стимулирует процесс автоматизации сельского хозяйства в Соединенных Штатах Америки. Другое исследование, проведенное в США, показало, что автоматизация тепличного хозяйства увеличила валовой доход садоводческих предприятий, позволив им платить более высокую зарплату и дольше удерживать рабочих-мигрантов, нанимая при этом меньше новых квалифицированных работников⁴³. ■

АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ОТКРЫВАЕТ НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА И ПРЕОБРАЗОВАНИЙ, КОТОРЫЕ ОКАЗЫВАЮТ ВЛИЯНИЕ НА ПИТАНИЕ И БЛАГОПОЛУЧИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Достижения в области автоматизации сельского хозяйства могут создавать новые возможности для предпринимательства, например связанные с производством органических продуктов и растительного сырья с ценными ароматическими, лекарственными и питательными свойствами. Они могут также способствовать возрождению богатых питательными веществами негибридных культур, производство которых было трудно механизировать. В некоторых странах с высоким уровнем дохода этот процесс уже начинается.

Во Франции в 2018 году использовалось 150 роботов для прополки органических овощей и сахарной свеклы⁴⁶. Там, где одним из главных препятствий для органического или биодинамического земледелия является высокая стоимость рабочей силы, использование автономных прополочных машин для борьбы с сорняками и искусственного интеллекта для выявления болезней растений позволяет быстро расширить органическое производство, что может существенно снизить цены на органические продукты. Это хорошая новость для потребителей, которые предпочитают органическую еду, но не могут себе этого позволить из-за нынешних высоких цен на нее⁴⁷.

В качестве еще одного примера можно привести кукурузу. С внедрением механизации были выведены гибридные сорта кукурузы с початками, располагающимися примерно на одной высоте, что упростило механизированную уборку урожая. Однако в процессе селекции были утеряны некоторые питательные и кулинарные свойства этой культуры. Теперь же эти свойства можно восстановить, поскольку автономные машины с искусственным интеллектом способны собирать урожай традиционных, более вкусных и питательных сортов кукурузы с початками, расположенными на разной высоте. То же самое было и с помидорами: механизация сбора урожая требовала выведения таких сортов, которые созревают равномерно, но процесс селекции привел к потере питательной ценности и вкуса помидоров. Выборочный сбор урожая с помощью автономных машин может позволить возобновить коммерческое производство вкусных и ароматных негибридных сортов⁴⁷.

Помимо упомянутых выше возможностей для предпринимательства автоматизация может принести дополнительную пользу потребителям, поскольку она создает потенциал для производства более дешевых продуктов питания. Для потребителей основной риск заключается в том, что автоматизация стимулирует концентрацию рынка в пищевой промышленности, т.е. может привести к тому, что доминирующее положение займут несколько крупных корпораций, которые установят монопольные цены: это нанесет ущерб потребителям и снизит производство до неблагоприятных для общества уровней. С другой стороны, корпорации используют эффект масштаба, благодаря которому могут производить товары с меньшими издержками, чем у их более мелких конкурентов. Если чрезмерной

концентрации удастся избежать, то потребители все равно могут оказаться в выигрыше по сравнению с ситуацией совершенно конкурентного рынка, на котором действует множество мелких производителей. В США, в Лос-Анджелесе и его окрестностях, супермаркеты, в отличие от мелких розничных продавцов продуктов питания, не повышают цены на продукты в зависимости от концентрации рынка или увеличения доли рынка. Конкуренция между супермаркетами не позволяет им устанавливать монопольные цены, поэтому потребители извлекают выгоду от снижения издержек, связанных с повышением эффективности за счет эффекта масштаба⁴⁸. Политика, благоприятствующая рыночной конкуренции, играет важную роль в ограничении консолидации предприятий и защите благосостояния потребителей³.

Если возможность внедрения технологий автоматизации будет зависеть от размеров хозяйств, то существует риск, что мелкие производители и перерабатывающие предприятия окажутся вытеснены из бизнеса, поскольку не смогут воспользоваться эффектом масштаба, чтобы остаться конкурентоспособными. Но это совсем не обязательно должно быть результатом внедрения цифровой автоматизации в сельском хозяйстве, и чтобы этого избежать, недорогие (т.е. не зависящие от масштаба), высокоэффективные цифровые решения должны стать такими же массовыми, как мобильные телефоны. При наличии надлежащей цифровой инфраструктуры, а также правовой, нормативной и культурной среды существует огромный потенциал для устойчивого экономического развития сельских районов на базе интенсивного, но устойчивого сельского хозяйства. Выиграют или проиграют страны (особенно с низким и средним уровнями дохода) от автоматизации сельского хозяйства, зависит от того, как они справятся с этим переходом. Выиграют те, кто создаст необходимую физическую, экономическую, правовую и социальную инфраструктуру цифровой автоматизации. Страны же, которые проигнорируют эту проблему, могут потерять имеющуюся у них сейчас низкооплачиваемую сельскохозяйственную рабочую силу, занимающуюся ручным трудом, и при этом не создадут возможностей для более высокооплачиваемой занятости в сельском хозяйстве в условиях автоматизации. История свидетельствует о том, что в переходный период важную роль играет международное сотрудничество, но не менее важна и политическая воля к признанию этих возможностей и принятию соответствующих мер в этой связи^{3, 47, 49}. ■

Люди с инвалидностью часто оказываются исключены из процессов развития из-за психосоциальных, физических/сенсорных и интеллектуальных ограничений, что препятствует справедливому и равному доступу к социально-экономическим возможностям. Причинами инвалидности могут быть нищета, отсутствие продовольственной безопасности и неполноценное питание, при этом люди с ограниченными возможностями в большей степени подвержены риску голода, нищеты и неполноценного питания. Сельское хозяйство относится к числу трех секторов, работа в которых считается наиболее опасной: люди подвергаются целому спектру факторов риска, работают сверхурочно и в плохих условиях, часто без соответствующей политики и законодательства в области техники безопасности и охраны труда.

Автоматизация может способствовать обеспечению достойной занятости, которая позволяет устранить профессиональные риски и разорвать связь между нищетой, неполноценным питанием и инвалидностью. Интеграция людей с ограниченными возможностями может также повлечь за

ИСТОЧНИК: ФАО, 2022²,⁵¹.

собой: i) адаптацию и совершенствование существующих или разработку новых технологий автоматизации сельского хозяйства, отвечающих особым потребностям таких людей и использующих альтернативные средства коммуникации (такие как крупный шрифт, шрифт Брайля, язык жестов глухонемых) и графические, звуковые (на магнитных лентах или дисках) и электронные форматы; и ii) повышение технических навыков людей с ограниченными возможностями в сельском хозяйстве и в агропродовольственных системах в целом.

Особенно важно обеспечить возможность стать независимыми и активными молодым людям с инвалидностью. В целях устранения разрыва в доступе к образованию и решения проблем стигматизации и отсутствия экономических возможностей, с которыми сталкиваются люди с ограниченными возможностями, ФАО, опираясь на инновационные технологии, организует свои школы труда и жизни молодых фермеров. В таких школах с помощью простой, но эффективной методики уязвимых детей и молодежь обучают работе в сельском хозяйстве, а также необходимым жизненным навыкам.

ИНКЛЮЗИВНЫЙ ПРОЦЕСС АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В этом докладе автоматизация сельского хозяйства рассматривается и как возможность, и как ответственность за вовлечение в этот процесс более уязвимых, социально изолированных и маргинализированных категорий населения, которые оказались в таком положении из-за своих источников средств к существованию в агропродовольственных системах. К ним относятся мелкие производители, пастбищные скотоводы, мелкие рыбаки, лесоводы, общины из лесных районов, сельскохозяйственные наемные работники, неформальные микропредприятия и рабочие, безземельная беднота, а также мигранты².

На их долю приходится значительная часть мирового производства продовольствия, и они являются хранителями природных ресурсов и биоразнообразия. Несмотря на это, они по-прежнему маргинализированы, лишены справедливого доступа к ресурсам и не имеют прав владения и пользования ими, не участвуют в процессах разработки политики и принятия решений и больше других страдают от изменения климата и экстремальных климатических явлений. У них часто нет доступа к безопасной и питательной пище, ресурсам, рынкам, основным государственным и социальным услугам, инфраструктуре, инструментам и технологиям, социальной защите и возможностям получения дохода².

Устранение многочисленных барьеров и ограничений, с которыми сталкиваются эти субъекты, очень важно для обеспечения инклюзивного характера процесса автоматизации сельского хозяйства, который сделает маломасштабное сельское хозяйство устойчивым, жизнестойким, продуктивным и эффективным.

Одним из ключевых направлений этого процесса должна быть борьба с нищетой и крайней нищетой, поскольку это касается всех вышеупомянутых групп населения. Четверо из пяти живущих за международной чертой бедности проживают в сельской местности, а их средства к существованию как минимум частично зависят от агропродовольственных систем⁵⁰. Большинство из них лишены многих аспектов благосостояния и основных индивидуальных и коллективных прав человека. Важную роль в обеспечении признания, защиты и поощрения всеобщих прав человека играют правовые механизмы. Правительствам следует предусмотреть меры по обеспечению представительства маргинализированных и уязвимых групп (например, коренных народов и людей с ограниченными возможностями) в процессах принятия решений, по выявлению потенциально неблагоприятных последствий автоматизации для прав человека, особенно для этих групп, и по осуществлению специальных мер для предотвращения, прекращения или смягчения негативных последствий автоматизации.

Двумя другими важнейшими темами, касающимися обеспечения инклюзивного характера автоматизации, являются гендерная проблематика и дела молодежи. В Стратегической рамочной программе ФАО на 2022–2031

В нескольких тематических исследованиях, упомянутых в третьей главе, большое внимание уделяется расширению прав и возможностей женщин и молодежи, которое обеспечивается благодаря развитию технологий. Примеры успешного опыта представили следующие поставщики услуг:

Igara Tea. Порядка 18 процентов пользователей составляют женщины, из них четыре процента являются главами домохозяйств. На уровне фермерских хозяйств 65 процентов рабочей силы составляет молодежь. В переработке чайных листьев женщины и молодежь составляют более половины общей численности рабочей силы.

ИСТОЧНИК: Ceccarelli et al., 2022⁵⁴.

TraSeable Solutions. Женщины и молодежь составляют примерно 40 и 15 процентов зарегистрированных пользователей соответственно.

Tun Yat. Примерно 30 процентов пользователей составляют женщины и 25-30 процентов – молодежь в возрасте до 30 лет. Такая ситуация является также следствием внутренней миграции мужчин, которые переезжают на работу в городские районы, оставляя женщин заниматься сельским хозяйством. Трудоустраивая (местных) женщин и молодежь, Tun Yat содействует расширению прав и возможностей женщин в сельских районах. Женщины и молодежь в этой компании занимаются переработкой и обеспечением безопасности пищевых продуктов, а также работают трактористами и механиками.

годы гендерная проблематика и вопросы молодежи рассматриваются как отдельные сквозные темы, что подчеркивает их важность и необходимость уделить им особое внимание². Политика, законодательство и инвестиции должны обеспечивать подходы к мониторингу, основанные на правах человека, включая сбор дезагрегированных данных для оценки воздействия на средства к существованию, права и возможности женщин и молодежи. Гендерная проблематика и вопросы молодежи обсуждаются отдельно в следующих разделах. С проблемой социальной изоляции и маргинализации в процессе автоматизации сельского хозяйства сталкиваются и многие другие категории населения: из-за расы, пола, бедности и социально-экономического статуса, языка, этнической принадлежности, религии, возраста, инвалидности, кастовой принадлежности, а также по другим причинам. В качестве примера можно привести коренные народы и людей с ограниченными возможностями (см. [врезку 22](#)).

Гендерные последствия автоматизации сельского хозяйства

На фермах гендерные последствия автоматизации сложны и многообразны. Они зависят от прежнего распределения гендерных ролей при выполнении сельскохозяйственных работ, ранее осуществлявшихся вручную, а теперь автоматизированных, и от разделения труда между полами в агропродовольственных системах и внутри домохозяйств (например, от распределения имущества). Во многих странах существует довольно жесткое гендерное разделение труда. Например, в Марокко выращиванием цветов крокуса, из которого делают шафран, занимаются преимущественно мужчины, а обработкой цветков – трудоемкой и утомительной работой – почти исключительно женщины⁵². Таким образом, автоматизация выращивания этих цветов высвободила бы

в основном мужскую рабочую силу. Более того, если бы это привело к расширению производства цветов, то спрос на женскую рабочую силу увеличился бы. Для наемных работников это может быть и неплохо, но для семейного женского труда эта новость определенно плохая.

Тематическое исследование, которое проводилось в Замбии, показало, что там трудоемкие задачи (например, прополку) мужчины и женщины выполняют вместе. С появлением тракторов, с помощью которых стали готовить землю к севу, объем выпуска продукции увеличился, но для женщин и детей это не повлекло существенного увеличения нагрузки. Напротив, у всех членов семьи появилось больше свободного времени³⁵. Дополнительные данные из Восточной и Южной Африки показывают, что механизация процесса подготовки земли во многих случаях заменяет как мужской, так и женский труд, но женский особенно, поскольку прополкой, которая является очень тяжелой работой, занимаются в основном женщины³⁸. В западной Кении внедрение моторизованной техники также позволило высвободить время и мужчинам, и женщинам, и домохозяйства смогли увеличить вложения в образование детей⁵³. Эти примеры говорят о том, что оценка воздействия автоматизации на положение женщин должна включать анализ конкретных гендерных ролей, и тут важно не допустить плохо обоснованных обобщений, состоящих в том, что от автоматизации выигрывают исключительно мужчины – на том лишь основании, что автоматизируются преимущественно те операции, которые выполняют они. Другие примеры использования технологий автоматизации сельского хозяйства женщинами и молодежью см. во [врезке 23](#).

Несмотря на то, что на фермах автоматизация может высвободить женщинам время и облегчить их труд, повысив при этом производительность, доходы и благосостояние, исследования показывают, что в освоении

ВРЕЗКА 24 ЖЕНЩИНЫ ЗА РУЛЕМ: РАСШИРЕНИЕ ПРАВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЖЕНЩИН БЛАГОДАРЯ ТРАКТОРАМ

Учебная программа "Женщины за рулем трактора" направлена на устранение барьеров в области автоматизации сельского хозяйства, с которыми сталкиваются женщины, поскольку эти профессии традиционно считаются мужскими. Целью этой программы является устойчивое стимулирование участия и ведущей роли женщин в эксплуатации сельскохозяйственной техники в Гане.

В результате ее проведения за период с 2018 года удостоверения тракториста получили 182 женщины. Показатель успешного прохождения курса обучения показал, что женщины отлично справляются с управлением и техническим

обслуживанием тракторов. В целях самоорганизации и взаимной поддержки выпускницы программы создали Ассоциацию женщин-трактористок.

Участие женщин в автоматизации помогло изменить менталитет не только женщин, но и специалистов-практиков, работодателей и общества в целом. Теперь эти женщины, получившие новую работу, вносят свой вклад в обеспечение стабильной обстановки в семье и принимают важнейшие решения о распределении ресурсов и доходов домохозяйств. Из сказанного следует, что эта инициатива способствовала обеспечению гендерного равенства на работе и дома.

ИСТОЧНИК: GIZ, 2020⁵⁶.

сельскохозяйственных технологий женщины отстают от мужчин из-за препятствий в доступе к капиталу, факторам производства и услугам (информации, распространению знаний, кредитам, удобрениям), ограниченной физической доступности и действующих культурных норм⁵⁵. Вот всего лишь один пример: по данным Ганского института менеджмента и государственного управления, 78,6 процента женщин-фермеров в прибрежной зоне не имеют доступа к услугам трактористов⁵⁶. Из-за более низкого уровня грамотности, нехватки необходимых инструментов или оборудования, отсутствия инфраструктуры и недостатка средств, выделяемых на программы распространения знаний, ориентированные на женщин, женщины часто не в состоянии освоить технологии автоматизации и не могут устроиться на работу, требующую навыков ведения фермерского хозяйства и управления им⁵⁶.

Коммерческие операции по предоставлению услуг автоматизации сельского хозяйства на уровне фермерских хозяйств обычно осуществляют мужчины. Соответственно, именно мужчины принимают решения и контролируют ресурсы, необходимые для инвестирования в автоматизацию (особенно капитал)⁵⁶. Эргономика сельскохозяйственного оборудования и инструментов обычно ориентирована на мужчин, а женщинам внимания практически не уделяется⁵⁷. В Бангладеш женщины не используют ирригационные насосы из-за их технологической сложности, требований к физической подготовке, необходимой для их

эксплуатации, а также трудностей с наймом рабочих и контролем за ними⁵⁸. Явно назрела необходимость в разработке технологий автоматизации, учитывающих гендерные аспекты, и в обеспечении доступа к ним. По итогам одного из проведенных недавно обзоров литературы тоже была выявлена необходимость учета в будущих исследованиях и политике гендерных различий, касающихся разработки, продвижения и внедрения технологий автоматизации с целью облегчения труда женщин и повышения уровня их благосостояния⁵⁵.

Для повышения производительности труда, обеспечения безопасности и комфорта, а также сокращения объема тяжелой физической работы в контексте всестороннего устойчивого развития общества эти гендерные ограничения следует преодолеть⁵⁷. Для содействия в освоении технологий женщинами директивным органам и местным партнерам по осуществлению необходимо также определить, какие условия будут этому благоприятствовать, и оказывать помощь в разработке и распространении технологий и предоставлении услуг с учетом гендерных факторов. Технологии, в которых учитываются гендерные факторы – это технологии, которые подходят как для мужских, так и для женских физических показателей⁵⁹. Меры политики, законодательство и инвестиции тоже должны способствовать развитию потенциала и самостоятельности женщин, а также гендерному равенству в вопросах владения ключевыми производственными активами и/или контроля над ними⁶⁰. Положительные результаты

могут принести целенаправленные стратегии и меры, устраняющие препятствия на пути внедрения технологий, с которыми сталкиваются женщины на уровнях домохозяйств, сферы услуг и политики. Например, данные из Ганы показывают, что организация профессионального обучения для женщин в традиционно мужских узлах производственно-сбытовой цепочки может позитивно сказаться не только на положении женщин, но и на ситуации в общинах в целом (см. **врезку 24**)⁵⁶.

Обзор различий в уровнях участия женщин и мужчин в развивающихся рынках услуг, связанных с жатвой и уборкой урожая в Бангладеш, выявляет также потенциал служб проката техники⁵⁸. В частности, женщины с выгодой для себя работают таких в службах, а иногда и владеют ими; кроме того, они получают прямую и косвенную выгоду от использования таких служб для уборки собственного урожая. Инициативы по развитию услуг проката техники должны предусматривать привлечение к этому процессу женщин и в качестве владельцев бизнеса, и в качестве пользователей оборудования.

Вовлечение сельской молодежи: проблемы и возможности

По-видимому, первыми внедряют сельскохозяйственные инновации молодые фермеры. Поэтому считается, что они играют важную роль в смене поколений и преобразованиях сельского хозяйства⁵⁴. Автоматизация сельского хозяйства обещает создание новых видов рабочих мест в этом секторе, отличающиеся от традиционных, которые часто связывают с худшими, более опасными и низкооплачиваемыми условиями труда. Эти новые рабочие места связаны с появлением инновационных технологий, для продуктивного использования которых необходима соответствующая квалификация; это обеспечивает достойную заработную плату и более безопасные условия труда.

Недавний документ об итогах опроса заинтересованных сторон по важнейшим вопросам, связанным с преобразованиями сельского хозяйства в Африке, показывает, что в целом респонденты оценивают возможности привлечения в этот сектор молодежи весьма оптимистично: с этим согласны 78–98 процентов опрошенных. При этом очень многие (72–97 процентов) считают, что молодежь вовлечена в политические процессы недостаточно, а значительная часть респондентов (48–79 процентов) заявила, что молодежи не хватает образцов для подражания в сельском хозяйстве. Существует также мнение, что системы образования не готовят молодежь должным образом к участию в рынке труда, в частности

в Бенине (70 процентов) и Кении (63 процента)⁶¹. Высококвалифицированная работа для большинства сельской молодежи недоступна⁶², поэтому крайне важно, чтобы молодежь приобретала необходимые навыки. В сфере государственной политики и инвестиций первоочередное внимание должно уделяться активному развитию человеческого капитала и наращиванию потенциала, особенно у молодежи⁵⁴. ■

БУДУЩЕЕ РАБОЧЕЙ СИЛЫ В АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОМ СЕКТОРЕ

По мере освоения трудосберегающих технологий автоматизации в фермерских хозяйствах меняется и рабочая сила. И дело не только в том, что сокращается ее численность: повышается квалификация работников и их способность использовать новые и все более сложные технологии. Один из главных вопросов, с которыми сталкиваются страны с высоким, средним и низким уровнями дохода, состоит в том, где взять тех, кто будет работать на фермах завтра, и как облегчить людям переход от преимущественно низкоквалифицированного ручного труда к работе, связанной с более сложными и современными технологиями, включая новые цифровые технологии, появление которых, вероятно, увеличит спрос на квалифицированную рабочую силу в хозяйствах и приведет к повышению зарплаток на фермах⁶³.

Опасения, связанные с тем, что роботы вытеснят миллионы сельскохозяйственных рабочих, оставив их без каких-либо перспектив трудоустройства, не вполне обоснованы. Как правило, автоматизация сельхозработ и эволюция сельскохозяйственной рабочей силы – процессы постепенные, и их характер зависит от конкретной местности, выращиваемых культур и задач. Стимулы к внедрению трудосберегающих технологий выше всего для трудоемких задач, которые легко автоматизируются при низких затратах. Со временем – но не одновременно – предложение сельскохозяйственной рабочей силы в разных регионах сокращается, что тесно связано с ростом доходов, снижением рождаемости, повышением уровня образования и расширением возможностей несельскохозяйственной занятости. Численность сельскохозяйственной рабочей силы, безусловно, сокращается, но не везде одинаково.

По всей вероятности, быстрого и массового вытеснения работников из-за автоматизации не произойдет: процесс

этот будет более или менее постепенным. По мере сокращения предложения сельскохозяйственной рабочей силы одни задачи будут автоматизироваться, другие же так и останутся трудоемкими. При благоприятном стечении обстоятельств процесс разработки и внедрения трудосберегающих технологий и впредь будет развиваться в русле рыночных тенденций, и менее квалифицированная рабочая сила, постепенно высвобождающаяся в связи с автоматизацией определенных задач, будет использоваться в других видах деятельности, которые автоматизировать труднее. Автоматизация некоторых операций, например подготовки почвы и вспашки, позволит освоить новые участки земли, что по мере расширения производства продовольствия будет увеличивать спрос на рабочую силу для выполнения других задач (сева, прополки, прореживания, сбора урожая).

Нельзя сказать, что этот процесс будет беспроблемным: в некоторых странах и регионах в определенный момент времени освоение (или отказ от освоения) трудосберегающих технологий действительно приведет к безработице (или к нехватке рабочей силы). В случае резкого технологического прорыва, который позволит фермерам получить широкий доступ к трудосберегающим технологиям, стимулируя их внедрение даже при низких заработках, может произойти избыточная автоматизация. Такой сценарий вряд ли возможен в странах с высоким уровнем дохода, где нехватка рабочей силы и рост заработков в сельской местности уже являются нормой. В странах с низким и средним уровнями дохода, особенно там, где сельская рабочая сила в изобилии, а заработки низкие, избыточная и слишком быстрая автоматизация может негативно сказаться на положении работников товарных хозяйств, особенно тех, чьи навыки с появлением новых технологий окажутся не востребованы³. Во **врезке 20** представлен пример последней ситуации, имевшей место в Бразилии. Как бы то ни было, автоматизация может улучшить условия жизни мелких производителей, поскольку позволит членам их семей уделять больше времени образованию и возможностям трудоустройства в несельскохозяйственном секторе, а также повысить эффективность, продуктивность и устойчивость к внешним факторам.

Другой сценарий – практически полное отсутствие автоматизации, особенно в тех случаях, когда государственная политика создает препятствия для автоматизации фермерских хозяйств, поскольку выстраивается исходя из допущения, что это сохранит рабочие места в сельскохозяйственном секторе. В условиях сокращения предложения рабочей силы на фермах и роста заработков предположение о том, что ограничение

автоматизации сохранит занятость и доходы в сельском хозяйстве, скорее всего, ошибочно по двум причинам. Во-первых, ограничительная политика в отношении автоматизации делает фермерские хозяйства менее конкурентоспособными и не позволяет им расширять производство для удовлетворения растущего спроса на внутренних или экспортных рынках. Во-вторых, главным условием повышения заработной платы и улучшения условий труда сельскохозяйственных работников является повышение их производительности за счет использования новых технологий. Семьи большинства сельскохозяйственных работников в мире живут за чертой бедности, и без технологий, повышающих производительность труда, вырваться из нищеты им будет непросто. Ограничение внедрения трудосберегающих (и, соответственно, повышающих производительность труда) технологий ведет к постоянному снижению заработной платы сельскохозяйственных работников³.

Учитывая сказанное, в эпоху сокращения предложения сельскохозяйственной рабочей силы важнейшей политической задачей во всем мире является расширение производства продуктов питания и дальнейшее развитие систем образования для подготовки рабочей силы завтрашнего дня. Эта проблема касается не только первичного производства, но и других элементов агропродовольственных систем, включая переработку и дистрибуцию пищевой продукции. В отсутствие кадров, обладающих необходимыми навыками для работы с новыми технологиями, удовлетворить растущий глобальный спрос на продовольствие будет трудно, особенно там, где численность рабочей силы в фермерских хозяйствах растет медленно или даже сокращается. ■

ВЫВОДЫ

Для того чтобы оценить социальные последствия автоматизации фермерских хозяйств, необходимо изучить проблему изнутри и понять, какие именно задачи автоматизируются и как они связаны с другими задачами. Нужен и взгляд вовне, чтобы увидеть, как сельскохозяйственное производство взаимодействует с верхними и нижними узлами агропродовольственных систем и с экономикой в целом. В каждый конкретный момент времени автоматизация оказывает влияние на осуществление тех или иных задач в тех или иных хозяйствах. Она освобождает от них рабочую силу, давая ей возможность либо переключиться на другие, более трудоемкие задачи в этом фермерском хозяйстве, либо заняться другими видами деятельности в верхних или

нижних звеньях агропродовольственной цепочки или в других секторах экономики.

Нетрудно догадаться, что автоматизация может быть причиной безработицы и снижения зарплат на фермах. И в некоторых сценариях такой исход действительно возможен. Однако прошлый опыт говорит о том, что развитие инноваций и внедрение трудосберегающих технологий обычно являются процессами длительными. Машины, которые были бы в состоянии симитировать ловкость и мастерство человека при выполнении сельскохозяйственных операций, создать непросто. Есть немало примеров того, как автоматизация одной сельскохозяйственной задачи (например, подготовки почвы с помощью трактора) увеличивает потребность в рабочей силе для выполнения других задач (таких как сев, прополка, прореживание, сбор урожая). В этом смысле автоматизация может стимулировать занятость в сельском хозяйстве, позволяя фермерам расширять производство в связи с ростом внутреннего и глобального спроса на продовольствие.

Есть данные о том, что рост сельскохозяйственного производства, которому способствует автоматизация, стимулирует создание рабочих мест в других узлах агропродовольственных систем: в верхних, связанных с поставкой факторов производства, и в нижних, включая логистику, хранение, переработку и маркетинг. Кроме того, появляются новые возможности для предпринимательства и создания новых предприятий.

Каким будет влияние разработки и внедрения трудосберегающих сельскохозяйственных технологий на занятость и зарплатки, во многом зависит от стимулов, лежащих в основе автоматизации фермерских хозяйств. Стимулы или, наоборот, факторы, сдерживающие внедрение трудосберегающих технологий в фермерских хозяйствах, создаются рыночными тенденциями, в частности изменениями заработной платы относительно цен на другие факторы производства. Со стороны предложения огромные достижения в области НИОКР и впредь будут для фермеров источником все новых решений по автоматизации все новых задач, причем затраты на эти решения будут постепенно снижаться. Каким в итоге станет общее воздействие этих тенденций, можно будет понять только на практике. Ответ на этот вопрос зависит также от роли сельского хозяйства в экономике

и от возможных последствий автоматизации сельского хозяйства для всей экономики в целом.

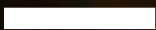
С точки зрения увеличения объема производства продовольствия в мире это очень позитивный момент, поскольку численность сельскохозяйственной рабочей силы во всем мире сокращается. При этом чересчур быстрая автоматизация фермерских хозяйств или государственная политика, активно способствующая проведению автоматизации раньше времени, могут привести к резким изменениям спроса на рабочую силу и нарушить связь между автоматизацией и доступностью рабочей силы. В результате в каких-то странах и регионах в определенный момент времени автоматизация может совпасть с ростом безработицы и падением или стагнацией уровня заработной платы. Очевидными мерами, которые должны принять правительства в целях минимизации таких последствий, являются недопущение создания рыночных искажений, способствующих преждевременной автоматизации. Следует незамедлительно приступить к соответствующей подготовке кадров, вооружив работников навыками, необходимыми для того, чтобы они могли устроиться на другую работу, требующую более высокой квалификации. Это особенно важно для женщин и молодежи, потому что им полноценно участвовать во всех этих преобразованиях мешает ряд технических, экономических и культурных барьеров. Поскольку в результате внедрения технологий товарными хозяйствами мелкие производители рискуют быть вытесненными из сельского хозяйства, необходимо защитить их источники средств к существованию и обеспечить, чтобы они не оказались на обочине процесса.

В этой главе представлены предложения по обеспечению инклюзивного характера автоматизации сельского хозяйства, который предусматривает более активное вовлечение в этот процесс женщин, молодежи и мелких производителей. Свою роль в этом должна сыграть государственная политика в области автоматизации сельского хозяйства, которая должна также обеспечить, чтобы автоматизация сельского хозяйства была одной из движущих сил преобразований агропродовольственных систем. Роль государственной политики и законодательства более подробно обсуждается в пятой главе. ■



ТАИЛАНД

Роботы анализируют состояние листьев растений, внекорневой подкормки и опыления.
©PopTika/Shutterstock.com



ГЛАВА 5

ПОЛИТИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ, УСТОЙЧИВОЙ И ИНКЛЮЗИВНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ

ОСНОВНЫЕ ТЕЗИСЫ

- Принципиально важно создать благоприятные условия для ответственного внедрения технологий автоматизации. Для этого необходим ряд политических инструментов, которые должны действовать согласованно. Речь идет, в частности, о соответствующих правовых и институциональных механизмах, стимулах и о поддержке общих услуг (ПОУ), связанных с инфраструктурой, образованием, профессиональной подготовкой, исследованиями и процессами развития инноваций в частном секторе.
- Инвестиции в развитие ответственной автоматизации должны осуществляться с учетом конкретных условий на местах, таких как доступ к сети Интернет и наличие необходимой инфраструктуры, проблемы, связанные с уровнем знаний и квалификации, а также неравенство в доступе к технологиям автоматизации.
- В мерах политики по вопросам экологической устойчивости и повышения жизнестойкости следует учитывать потенциальную синергию между автоматизацией и другими подходами к обеспечению устойчивости, такими как ландшафтное планирование и почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие.
- Директивные органы должны сосредоточить свои усилия на создании прозрачного законодательства и нормативно-правовой базы, обеспечении ПОУ (включая исследования в сфере технологий: пилотные проекты, испытания и т. д.), которые не вызывают искажений на рынке, ориентированы на интересы фермеров и определяются спросом, и приступить к организации профессиональной подготовки, которая поможет работникам переключиться на новые задачи как в сельском хозяйстве, так и в других секторах.
- Если сельхозпроизводителям надлежит выбрать, какие технологии из широкого спектра доступных им использовать, то роль государства заключается в том, чтобы обеспечить инклюзивный доступ к автоматизации сельского хозяйства. Внедрению технологий могут способствовать многосторонние инициативы, например направленные на обмен знаниями в области автоматизации.

Как уже говорилось в предыдущих главах, автоматизация сельского хозяйства открывает множество возможностей для устойчивых и инклюзивных преобразований агропродовольственных систем, но при этом сопряжена и с определенными рисками. Она требует усилий субъектов частного, государственного и третьего (некоммерческого) секторов экономики, объединенных согласованными и взаимодополняющими целями по созданию благоприятных условий для автоматизации сельского хозяйства, которые позволят использовать открывающиеся возможности и снизить вероятные риски, обеспечив устойчивую и инклюзивную трансформацию этого сектора. С учетом опыта, полученного в ходе тематических исследований, которые были проведены для настоящего доклада (см. Приложение 1), и на основании имеющихся материалов на эту тему, в этой главе описаны политические и правовые инструменты, способствующие устойчивому и инклюзивному внедрению автоматизации сельского хозяйства с соблюдением принципа "никто не должен остаться без внимания". основополагающим принципом автоматизации сельского хозяйства являются *ответственные технологические преобразования*, ведущие к созданию эффективных, производительных, инклюзивных, жизнестойких и устойчивых агропродовольственных систем. Ответственные технологические преобразования – это процесс, предусматривающий прогнозирование возможного воздействия технологий на производительность, жизнестойкость и устойчивость с учетом интересов маргинализированных и уязвимых групп населения, включая женщин, молодежь и мелких производителей. Этот процесс должен включать широкий круг заинтересованных сторон, обеспечивать меры реагирования на их проблемы и использовать их идеи и знания¹. Ответственная автоматизация сельского хозяйства предполагает гибкость, ориентированность на интересы фермеров, обусловленность спросом, соблюдение конфиденциальности данных, уважение к культурному многообразию, коллективный подход, инклюзивный характер, а также прозрачность. Обязательно должна учитываться местная специфика, а технологии должны быть адаптированы к местным потребностям; для того чтобы это обеспечить, необходимо вовлечение местных субъектов и использование их потенциала в области адаптации инновационных решений. ■

НА ПУТИ К ОТВЕТСТВЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Как и любые технологические преобразования, автоматизация сельского хозяйства неизбежно дестабилизирует ситуацию в агропродовольственных системах и обеспечивает не только преимущества, но и становится причиной определенных компромиссов, что в конечном итоге приводит к появлению победителей и проигравших. В усилиях по ускорению внедрения необходимо учитывать социально-экономические и политические процессы, которые либо препятствуют, либо, наоборот, стимулируют разработку и внедрение новых технологий. Автоматизация сельского хозяйства влияет на агропродовольственные системы разными путями. Она сказывается на условиях жизни уязвимых групп, поскольку может повлиять на продовольственную безопасность и питание, устойчивость к внешним факторам, сокращение масштабов нищеты, а также на занятость в сельских районах; следовательно, потенциально она влияет и на ситуацию с неравенством. Косвенно она оказывает влияние на благосостояние общин в целом и может иметь последствия для экологической устойчивости, в том числе для сохранения природных ресурсов и биоразнообразия. Учитывая эти последствия, вопросу ответственных технологических преобразований необходимо отвести центральное место в политических дебатах, важнейшим аспектом которых должно быть обеспечение инклюзивности и устойчивости.

В мерах по созданию более устойчивых, инклюзивных и жизнестойких агропродовольственных систем необходимо учитывать интересы всех заинтересованных сторон, особенно мелких производителей и других маргинализированных и уязвимых групп, для которых технологии автоматизации сельского хозяйства обычно недоступны^{1,2}. В этой главе представлен ряд возможных вариантов в сфере политики, институтов, законодательства и инвестиций, позволяющих на практике реализовать концепцию ответственных технологических преобразований. Эти варианты сгруппированы по четырем основным направлениям. Взятые вместе, они формируют дорожную карту, реализация которой обеспечит, чтобы автоматизация сельского хозяйства способствовала созданию эффективных, продуктивных, устойчивых, жизнестойких и инклюзивных агропродовольственных систем. Каждый из этих вариантов основывается на ключевых выводах тематических исследований и источниках, представленных в настоящем докладе. С их помощью можно преодолеть те основные препятствия, стоящие на пути внедрения технологий автоматизации, которые были проанализированы в главах 2–4. Эти меры политики, которые дополняют и усиливают друг друга, представлены на рисунке 8 и кратко описаны ниже.

- ▶ **Меры политики общего характера, направленные на создание благоприятных условий.** К ним относятся меры, не связанные с агропродовольственным сектором непосредственно, но так или иначе поддерживающие внедрение автоматизации сельского хозяйства. Они направлены на устранение существующих или потенциальных недостатков в области инфраструктуры, таких как дороги, энергетика и доступ к сети Интернет, и дополняют национальные меры политики в области финансов и управления данными.
- ▶ **Меры политики, законодательство и инвестиции, ориентированные на сельское хозяйство.** Эти меры связаны с производством и сельским хозяйством напрямую и нацелены на весь сектор в целом. Включают, в частности, сельскохозяйственные исследования, услуги по передаче знаний, а также финансирование на цели автоматизации сельского хозяйства.
- ▶ **Меры политики, призванные обеспечить, чтобы автоматизация сельского хозяйства способствовала созданию устойчивых агропродовольственных систем.** Они стимулируют сельхозпроизводителей внедрять технологии автоматизации, которые, в частности, способствуют сохранению природных ресурсов, поддерживают экологическую устойчивость и повышают жизнестойкость.
- ▶ **Меры политики, призванные обеспечить инклюзивный характер процесса автоматизации сельского хозяйства на благо всего общества.** Они дополняют меры из трех других групп и призваны обеспечить, чтобы выгоду из автоматизации сельского хозяйства мог извлечь каждый (особенно представители маргинализированных групп, таких как женщины, мелкие производители и молодежь), и чтобы ее потенциально негативные последствия для доходов и источников средств к существованию были устранены.

Одним из важнейших направлений является поддержка общих услуг (ПОУ). Речь идет о мерах государственной поддержки, не связанных напрямую с сельскохозяйственным производством и использованием факторов производства (см. [врезку 25](#)). ПОУ является ключевым фактором создания благоприятных условий для ведения бизнеса в сельском хозяйстве и агропродовольственных системах в целом. Она не искажает рыночные стимулы, но позволяет сельхозпроизводителям и поставщикам их факторов производства и услуг, а также другим заинтересованным сторонам создавать преуспевающие предприятия, принимать информированные решения в отношении автоматизации и стимулировать инновации. К сожалению, по линии ПОУ идет всего одна шестая общего объема глобальной поддержки продовольствия и сельского хозяйства (около 111 млрд долл. США)³. Она ниже всего там, где в ней больше всего нуждаются, то есть в странах, где сельское

РИСУНОК 8 МЕРЫ ПОЛИТИКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ОТВЕТСТВЕННЫЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ДОРОЖНАЯ КАРТА



ИСТОЧНИК: разработка ФАО для настоящего доклада.

хозяйство по-прежнему является ключевым сектором экономики, основным источником рабочих мест и средств к существованию (т.е. в странах с низким уровнем дохода и в некоторых странах с уровнем дохода ниже среднего)⁴. В этих странах для создания равных условий для автоматизации сельского хозяйства, скорее всего, потребуется наращивание ПОУ, но это предполагает значительное финансирование развития.

При разработке политики и планировании инвестиций правительствам необходимо будет также искать баланс между различными, а иногда и противоречащими друг другу экономическими, экологическими и социальными

задачами. Актуальность мер политики, инвестиций и других действий государства, описанных ниже, варьируется в зависимости от конкретных обстоятельств. Первоочередные действия правительств должны выстраиваться не только исходя из тех местных задач, которые необходимо решить, но и с учетом национального потенциала и ресурсов, в том числе финансовых, которые они могут мобилизовать для разработки соответствующих мер политики и претворения их в жизнь.

В следующих далее разделах более подробно представлены рекомендуемые меры политики и инвестиции в разбивке по указанным выше четырем категориям. ■

Общемировой объем поддержки агропродовольственного сектора в период с 2013 по 2018 год составлял в среднем почти 630 млрд долл. США в год³. Львиная доля этих средств была направлена отдельным сельхозпроизводителям в рамках мер торговой и рыночной политики либо по линии бюджетных субсидий, в значительной степени привязанных к производству (например, в форме поддержки цен на конкретные товары), либо к конкретным переменным издержкам (например, в некоторых странах – к покупке удобрений). Эта поддержка может воздействовать на экономическую модель автоматизации несколькими путями. Например, она может влиять на ассортимент производимых товаров, поскольку поддержка сельхозпроизводителей в основном касается производства основных крахмалосодержащих продуктов питания (в странах с низким уровнем дохода и с уровнем дохода ниже среднего), а также молочных продуктов и других продуктов, богатых белком (в странах с высоким уровнем дохода и с уровнем дохода выше среднего). Ассортимент продукции, в свою очередь, определит варианты внедрения технологий автоматизации, которые для производства одних продуктов могут подойти, а для других нет. Во всем мире примерно треть всего объема поддержки осуществляется за счет ценовых стимулов, связанных с конкретным продуктом или группой продуктов.

То же и с внедрением автоматизации: на него может повлиять поддержка, связанная с приобретением факторов производства, в частности стимулы, способствующие накоплению капитала. Например, кредитные субсидии сельхозпроизводителям будут способствовать внедрению более капиталоемких технологий

автоматизации. От того, кто получит эту поддержку – крупные производители или мелкие, – будет зависеть возможность обеспечения инклюзивного характера автоматизации. В глобальном масштабе примерно десятая часть объема поддержки, оказываемой фермерам индивидуально, связана с приобретением факторов производства.

Поддержка, увязанная с производством – в форме дотирования как цен, так и факторов производства, – искажает стимулы таким образом, что это может быть контрпродуктивно, поскольку одним производителям невольно отдается предпочтение перед другими. И хотя определенные меры поддержки могут способствовать обеспечению инклюзивности, определяющим фактором это обычно не является.

Поддержка общих услуг ориентирована на агропродовольственный сектор в целом и с производством, отдельными производителями или конкретными факторами производства напрямую не связана. Она предполагает содействие проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области сельского хозяйства и поддержку услуг по передаче знаний (например, обучения и оказания технической помощи), а также развитию и техническому обслуживанию инфраструктуры (например, улучшению качества сельских дорог, ирригационных систем, инфраструктуры хранения и доступа к сети Интернет). Такая поддержка очень важна для внедрения автоматизации, она не создает искажающих стимулов и не является выражением предпочтения одним группам производителей перед другими.

МЕРЫ ПОЛИТИКИ ОБЩЕГО ХАРАКТЕРА, НАПРАВЛЕННЫЕ НА СОЗДАНИЕ БЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ

Во всем мире одной из главных движущих сил механизации в прошлом и основной движущей силой внедрения цифровой автоматизации и робототехники сейчас является спрос на технологии, заменяющие человеческий труд и повышающие точность сельскохозяйственных операций. Реализуя меры политики общего характера, законодательство и инвестиции, влияющие на развитие сельского хозяйства, правительства могут формировать благоприятные условия для тех или иных заинтересованных сторон, от производителей сельскохозяйственной продукции до поставщиков услуг, логистических операторов и промышленных предприятий⁴. В частности, меры содействия и инвестирование в развитие сельского хозяйства, например, путем улучшения инфраструктуры, могут способствовать продвижению экономической модели внедрения технологий цифровой автоматизации. Такие меры

политики и инвестиции играют решающую роль в устранении рыночных сбоев и снижении транзакционных издержек, обусловленных плохим доступом к сети Интернет и проблемами с электроснабжением, защитой данных и доступом к услугам (например, к финансовым, страховым, образовательным), повышая тем самым общую экономическую эффективность. Вот некоторые важные аспекты, которым следует уделить внимание.

Улучшение транспортной инфраструктуры

Слаборазвитая инфраструктура может быть причиной высоких транзакционных издержек, связанных с доступом к товарам и факторам производства и с выходом на рынки сбыта, что снижает стимулы к инвестированию в технологии, в том числе в автоматизацию сельского хозяйства. Наличие более развитой транспортной инфраструктуры улучшает доступ фермеров к рынкам с высокой добавленной стоимостью, снижает транзакционные издержки на приобретение оборудования, запасных частей, ремонт и топливо и способствует появлению (передвижных) рынков услуг⁵. Улучшение транспортной инфраструктуры особенно важно для стран субсахарской Африки, где она, как правило, развита слабо (см. главы 2 и 3). Но это актуально и для других стран с низким и средним уровнями дохода, где показатели внедрения автоматизации сельского хозяйства невысоки.

Инвестиции в энергетическую инфраструктуру

Ни одна технология автоматизации не может работать без источника энергии. Большинство машин работает на ископаемом топливе (хотя некоторые из них электрические), а цифровая автоматизация требует электричества. Даже в тех странах, где энергосеть распространяется на сельские районы, электричество обычно доступно только в городах. Доступ к источникам электропитания в поле встречается редко, даже в странах с высоким уровнем дохода. По этой причине многие страны с низким и средним уровнями дохода зависят от автономных источников электропитания для энергоснабжения сельских районов (если там вообще есть доступ к электричеству). Поддержать местную промышленность и облегчить внедрение технологий цифровой автоматизации и механизации сельского хозяйства (например, насосов для орошения и оборудования для переработки и консервирования) могут меры политики, направленные на улучшение электроснабжения, в частности за счет автономного электроснабжения из возобновляемых источников^{6,7}. Правительствам рекомендуется обеспечить использование потенциала возобновляемых источников энергии для механизации нижних звеньев производственно-бытовой цепочки⁸. Возобновляемые источники, развиваемые на базе местных инвестиций, могут также – по крайней мере частично – смягчать потрясения в энергетическом секторе и колебания цен на топливо, которые влияют на прибыльность сельского хозяйства.

Улучшение коммуникационной инфраструктуры

Для внедрения цифровых технологий и технологий автоматизации особенно важно улучшение коммуникационной инфраструктуры. Плохой доступ к сети Интернет – широко распространенная проблема многих стран с низким и средним уровнями дохода, но иногда с этим сталкиваются и некоторые богатые страны. Здесь важно то, что доступ к сети Интернет необходим и для цифровой автоматизации: он позволяет обновлять программное обеспечение, повышает производительность компьютеров (благодаря облачным вычислениям) и обеспечивает доступ к данным дистанционного зондирования и другим базам данных. В сельских районах мира доступ к сети Интернет, как правило, есть не везде и стоит дорого, особенно в странах с низким и средним уровнями дохода. Меры политики, стимулирующие развитие цифровой инфраструктуры в сельской местности, могли бы включать дешевое кредитование сельских интернет-провайдеров и поддержку коммуникационных кооперативов, предлагающих услуги по передаче данных.

В Европе доступ к сети Интернет в сельских районах улучшился благодаря внедрению ряда решений, в том

числе частных, государственных и общинных инициатив, большинство которых предусматривают сотрудничество нескольких различных сторон (пример из Словении см. во [врезке 26](#)). Эти примеры демонстрируют важную роль партнерских связей между государственным, частным и общинным секторами в улучшении инфраструктуры и расширении доступа к сети Интернет в сельской местности⁹. Свою роль в этом может сыграть и законодательство: в некоторых юрисдикциях (например, в Финляндии) доступ к сети Интернет является охраняемым законом правом¹⁰.

Следует также выделить инвестиции на создание сопутствующих элементов инфраструктуры, таких как общедоступные наборы данных о прогнозах погоды и календари для растениеводов и животноводов. Примером совместных усилий в этой области является Альянс за цифровые общественные блага (АЦОБ) – многосторонняя инициатива, членом которой является ФАО. АЦОБ оказывает содействие разработке, развитию и использованию цифровых общественных благ, а также инвестициям в них во многих секторах, включая сельское хозяйство.

Развитие кредитных рынков и совершенствование валютной политики

Кредиты играют решающую роль в инвестировании в автоматизацию сельского хозяйства и в финансировании сельскохозяйственных технологий в целом. Доступ мелких производителей к кредитам обычно ограничен, особенно для женщин: причинами являются, в частности, отсутствие обеспечения (например, прав собственности на землю) и высокие транзакционные издержки¹². Запретительные процентные ставки часто делают невозможным получение кредита на покупку техники^{5,12} и финансирование других технологий автоматизации. В отличие от семян, удобрений и пестицидов, технологии автоматизации являются дорогостоящими, а затраты на их внедрение распределяются на несколько лет. Как видно на примерах ряда стран Азии, политика в области процентных ставок может сильно влиять на модели автоматизации^{6,13}. Свою роль может сыграть и валютная политика, поскольку она влияет на стоимость импорта оборудования, запасных частей и топлива^{5,13}. Гарантия приемлемых процентных ставок по кредитам и обеспечение стабильных обменных курсов очень важны для долгосрочных инвестиций в большинство технологий автоматизации.

Разработка прозрачной национальной политики и законодательства в области защиты данных

Технологии цифровой автоматизации часто связаны со сбором колоссальных объемов данных в области растениеводства, животноводства, аквакультуры и лесного хозяйства. Эти данные могут содержать частную

Примерно 50 процентов жителей Словении – а это около миллиона человек – проживает в сельской местности с плотностью населения порядка 30 человек на квадратный километр. Муниципалитет Комен, малонаселенный и характеризующийся убылью населения район в западном словенском регионе Карст, получил от Европейского союза средства на создание открытых сетей широкополосного доступа. Одно из государственно-частных партнерств воспользовалось этой возможностью, устранив местный цифровой разрыв за счет быстрого развертывания необходимой инфраструктуры и добившись высоких показателей доступа к сети Интернет. Залогом успеха этого проекта был четкий акцент на его долгосрочной стабильности и эксплуатационных расходах.

Площадь Комена составляет 103 км². На ней располагаются порядка 1340 домохозяйств из 35 деревень. Сложный каменистый рельеф и низкая численность населения сделали этот район

ИСТОЧНИК: Европейская комиссия, 2020¹¹.

неперспективным для коммерческих поставщиков из-за высоких издержек и минимальной отдачи от инвестиций. Местный муниципалитет разработал этот проект при поддержке частного партнера.

Работа продвигалась быстро, и сроки реализации были очень сжатыми. Местные власти активно сотрудничали с этим частным партнером: благодаря их помощи в преодолении проблем с разрешениями муниципалитет оперативно оформил все необходимые документы, что стало ключом к успеху и помогло уложиться в график. Коммуникации и повышение осведомленности, ориентированные на всех граждан региона Карст, были очень эффективными и помогли наладить контакт с местным населением. Такое тесное сотрудничество партнеров на этапе компоновки сети быстро обеспечило высокие показатели проникновения.

информацию, что создает для сельхозпроизводителей проблемы, связанные с конфиденциальностью. Данные, которые не защищены законодательством о неприкосновенности частной жизни, могут быть ценным товаром, и для уточнения того, кто получает выгоду от использования этих данных, вероятно, потребуются соответствующие правовые механизмы. Одним из ключевых факторов успеха цифровой автоматизации является прозрачное законодательство о защите, совместном использовании и обеспечении конфиденциальности данных: оно позволит заручиться доверием фермеров. В частности, необходимы четкие правила, касающиеся права собственности на данные и контроля над ними. Рекомендуется рассмотреть возможность применения принципа "встроенной конфиденциальности", который предусматривает интеграцию алгоритмов защиты данных в технологии на этапе их проектирования.

Необходимо также оказывать содействие ответственной и постепенной цифровизации сельскохозяйственного сектора, включая развитие и поддержку национальной инфраструктуры обработки данных. Для обеспечения возможности обмена данными абсолютно необходима интероперабельность (корректная и надежная коммуникация между машинами); это понятие должно быть технически определено и обеспечено правовой санкцией. Правовая интероперабельность определяет нормативно-правовую базу для обмена данными, обеспечивая соответствующие аспекты защиты данных, например конфиденциальность.

Другой смежной областью является создание институционального и политического потенциала для цифровизации и автоматизации. Опыт стран с низким и средним уровнями дохода показывает, что мощные частные технологические компании обычно приближают пришествие такой системы управления, и последствия этого могут быть негативными. Это называется цифровым

колониализмом^{14, 15}: власть и влияние оказываются сконцентрированными в руках владельцев крупных корпораций, например имеющих проприетарное программное обеспечение для извлечения данных пользователей и получения прибыли. Большинство стран с низким и средним уровнями дохода не в состоянии развивать конкурентоспособную цифровую индустрию, опираясь только на собственные ресурсы. Тем не менее очень важно развивать потенциал национальных и региональных органов управления – хотя бы для того, чтобы это они управляли технологиями автоматизации, а не наоборот. Необходимы также совместные усилия по решению проблем, связанных с данными: примером здесь является многообразие партнеров АЦОБ, которые занимаются распространением цифровых общественных благ. Эти усилия также свидетельствуют о потенциале цифровой коммуникации с точки зрения обмена информацией о технологиях автоматизации и повышения осведомленности об их возможностях. ■

МЕРЫ ПОЛИТИКИ, ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО И ИНВЕСТИЦИИ, ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Помимо мер политики, законодательства и инвестиций общего характера, директивным органам необходимо проводить работу, ориентированную непосредственно на сельскохозяйственный сектор, обеспечив более целенаправленную поддержку автоматизации. Для поддержки внедрения технологий автоматизации правительства могут использовать целый ряд мер политики,

законодательство, инвестиции и другие мероприятия, ориентированные на этот сектор, особенно на мелких производителей. Сюда относятся меры, связанные с режимом владения и пользования землей, инвестиции в наращивание потенциала, законодательство в области обеспечения качества, прикладные исследования и целевое финансирование. Уровень приоритета таких мероприятий в значительной степени зависит от местной специфики, в том числе от общего уровня развития страны или региона и от агроклиматических и топографических характеристик сельского хозяйства. Более конкретные действия, меры политики и инвестиции должны определяться национальными стратегиями автоматизации сельского хозяйства. Это особенно важно там, где автоматизация либо еще не начиналась, либо находится на ранних стадиях. Такие национальные стратегии должны выстраиваться на основе данных опросов и полевых исследований, в которых учитывается опыт исследователей, сельхозпроизводителей, поставщиков услуг и представителей обрабатывающей промышленности. Основой для освоения производителями конкретной техники и цифрового оборудования должны быть их условия и потребности, которые зависят от страны и могут также варьироваться внутри стран. В Африке, где автоматизация сельского хозяйства пока развита слабо, правительства, признавая преимущества цифровой революции, объединили усилия для ускорения внедрения (см. [врезку 27](#)).

В следующих далее разделах представлены возможные меры политики, инвестиции и законодательство, которым могут отдать приоритет правительства с учетом условий и потребностей производителей, чтобы использовать потенциал технологий автоматизации и создать жизнеспособную экономическую модель для максимально широкого круга производителей.

Улучшение доступа к технологиям автоматизации, особенно для мелких производителей

Как уже говорилось, доступ к финансированию для внедрения дорогостоящих технологий, таких как автоматизация, в значительной степени определяется функционированием кредитных рынков. Для покупки техники фермеры могут использовать свои сбережения, но если их не хватает, то приходится прибегать к кредитам. Правительства могут влиять на этот процесс с помощью кредитной политики, которая будет напрямую ориентирована на автоматизацию сельского хозяйства. Наиболее распространенным решением в области финансирования автоматизации являются инвестиционные кредиты, но из-за отсутствия обеспечения безопасности или высокой процентной ставки воспользоваться ими может далеко не каждый. Возможными вариантами являются также производные финансовые инструменты, программы гарантий по кредитам, группы солидарной ответственности

и лизинг. В случае лизинга могут применяться различные стимулы, например долевые субсидии или "умные" субсидии (т.е. не вызывающие рыночных искажений)²⁶. Такие инструменты используются для расширения доступа фермеров к кредитам в некоторых азиатских странах¹³. Другими вариантами являются финансирование производственно-сбытовой цепочки, кооперативные кредиты (как в Индии²⁷), а также сберегательные и страховые продукты, особенно для более габаритного оборудования²⁶. В кредитах могут нуждаться не только производители и поставщики услуг, но и местные изготовители и мастерские по ремонту и техническому обслуживанию^{5,22}.

Данные 27 тематических исследований, рассмотренных в главе 3, показывают, что, когда сельхозпроизводителям, особенно мелким фермерам, не хватает финансовых возможностей, поставщики услуг могут обратиться к альтернативным бизнес-моделям, делающим их решения прибыльными. В некоторых случаях услуги привязаны к кредитным, страховым или фермерским контрактам, таким как закупочные соглашения, которые гарантируют закупки сырья по фиксированным ценам. Это помогает снизить производственные риски, повышает инвестиционный потенциал и в итоге влечет улучшение урожайности и качества продукции. В отсутствие законодательства о ведении сельского хозяйства на контрактной основе или о финансировании производственно-сбытовой цепочки, которое усиливает договорные возможности мелких производителей, такие бизнес-модели могут становиться причиной вынужденных деловых отношений (т.е. требовать от фермеров использования определенных услуг), нежелательной зависимости и неравенства возможностей с непредвиденными социально-экономическими последствиями. Эти решения могут также заставлять фермеров, закупщиков и поставщиков услуг следовать определенным моделям поведения и использовать определенные методы агротехники, которые выгодны более влиятельным участникам рынка. При этом такие решения встраивают фермеров в закрытую систему, являющуюся собственностью конкретной фирмы²⁵. Более организованные официальные услуги помогают снизить производственные риски, но могут и ограничивать возможности фермера. Поэтому для защиты мелких производителей от заключения принудительных контрактов необходимо соответствующее законодательство.

Еще одной стратегически важной областью, в которой правительства могут облегчить доступ к финансированию, является режим землевладения. Отсутствие гарантий владения и пользования землей отбивает у сельхозпроизводителей желание инвестировать в сельскохозяйственные технологии – и в свои хозяйства вообще, – поскольку в этих условиях у фермеров нет никакой уверенности в том, что они смогут когда-нибудь получить отдачу от своих инвестиций. Это ограничивает доступ к кредитам, поскольку фермеры не могут

Африканский союз (АС) и правительства ряда африканских стран наращивают свои усилия по созданию благоприятных условий для эффективного использования цифровых инструментов в целях преобразования агропродовольственных систем. Важным шагом на этом пути стала разработанная недавно Стратегия создания цифрового сельского хозяйства в Африканском союзе, которая должна быть реализована под руководством Департамента сельской экономики и сельского хозяйства Комиссии Африканского союза. Она является продолжением Стратегии цифровой трансформации для Африки на 2020–2030 годы, которая включает и сельское хозяйство¹⁶. Стратегия создания цифрового сельского хозяйства, которая официально пока не принята, рекомендует правительствам активнее использовать возможности цифровых инноваций для

повышения продуктивности, инклюзивности и устойчивости сельского хозяйства и других сельских секторов, и призывает к разработке стратегий цифрового сельского хозяйства и использованию цифровых технологий в поддержку служб механизации.

Кроме того, межправительственное агентство "Умная Африка", созданное главами государств и правительств африканских стран, разработало предварительный проект развития агротехнологий для Африки¹⁷, а несколькими годами ранее ФАО и Международный союз электросвязи предложили правительствам руководство для их стратегий создания цифрового сельского хозяйства¹⁸. Опираясь на эти инициативы, многие министерства сельского хозяйства стран Африки разрабатывают новые меры политики, позволяющие эффективнее использовать возможности цифровизации.

использовать права собственности на землю в качестве залога. Особенно остро эта проблема стоит в тех случаях, когда инвестиции являются дорогостоящими и окупаются в течение нескольких лет, как в случае с моторизованной техникой. Усиление гарантий владения и пользования землей облегчает доступ к кредитам, особенно для мелких производителей, и стимулирует инвестиции в сельхозтехнику. В Мьянме, например, реформы землевладения значительно повысили вероятность получения банковского кредита на приобретение сельскохозяйственной техники²³. Фермеры могут использовать этот кредит для покупки факторов производства, включая удобрения и улучшенные семена; синергетический эффект использования этих ресурсов, техники и цифрового оборудования способствует повышению производительности труда и эффективности использования ресурсов. Кредитование автоматизации должно осуществляться участниками рынка и определяться коммерческой целесообразностью. В тех случаях, когда автоматизацию сельского хозяйства пытаются финансировать государства, нередко возникают серьезные проблемы в области управления^{26, 28}.

Определенную роль в обеспечении доступа к технологиям автоматизации сельского хозяйства может сыграть торговая политика. На поставки техники для автоматизации сельского хозяйства могут влиять высокие импортные пошлины, длительные таможенные процедуры и нетарифные барьеры в торговле, такие как санитарные меры. В Азии снятие ограничений на импорт в значительной степени способствовало механизации¹³, а во многих странах Африки сельхозтехника теперь освобождена от импортных пошлин, хотя некоторые из них по-прежнему в силе^{12, 13}. В других странах, где техника в основном освобождена от пошлин, высокими пошлинами часто облагаются запчасти в ней, что подрывает устойчивость механизации. Сократить транзакционные издержки, связанные с технологиями автоматизации, и стимулировать внедрение этих технологий может снижение пошлин на технику, цифровое оборудование и запчасти в сочетании с оптимизацией таможенных

процедур. Правительствам следует в первую очередь освободить от пошлин и налогов технику и оборудование, наиболее подходящие для местных условий и помогающие решить основные проблемы, связанные с национальными задачами в области повышения производительности труда, устойчивости

Накопление знаний и приобретение необходимых навыков

Изготовителям, владельцам, операторам и специалистам по обслуживанию техники, а также сельхозпроизводителям необходимы знания и навыки, связанные с созданием оборудования для автоматизации сельского хозяйства, а также управлением, эксплуатацией, обслуживанием и ремонтом такого оборудования. Отсутствие специальной квалификации может отрицательно сказаться на прибыльности и устойчивости технологий автоматизации, однако информирование о необходимости получения такой квалификации зачастую ведется из рук вон плохо⁵. В качестве примера можно привести Гану, где из-за неудовлетворительного технического обслуживания и нехватки квалифицированных трактористов и механиков 86 процентов тракторов часто и надолго выходят из строя¹⁹. Общественные усилия по накоплению знаний и приобретению необходимой квалификации играли ключевую роль на протяжении всей истории механизации в мире²⁰. Необходимые знания и навыки могут быть получены в приспособленных для этого центрах профессионального обучения, в которых практические занятия должны сочетаться с теоретической подготовкой. Необходимо также организовать обучение для тех, кто будет контролировать процессы цифровой автоматизации. В Австралии в специальном своде правил для пользователей машин с автономными функциями большое внимание уделяется порядку информирования руководителей о нештатных ситуациях и сообщения об инцидентах²¹.

Другим серьезным препятствием, стоящим на пути внедрения цифровой автоматизации во всем мире, особенно для мелких производителей, является отсутствие цифровой грамотности и навыков контроля, обслуживания и ремонта автоматического оборудования (см. главу 3). Важную роль играет развитие человеческого капитала, а для этого необходима программа наращивания потенциала, включающая инвестиции в повышение цифровой грамотности. Эта программа должна быть ориентирована не только на сельхозпроизводителей, но и на других участников сельскохозяйственной производственно-сбытовой цепочки во всех ее звеньях, от производства вводимых ресурсов и предоставления услуг и далее, включая переработку и торговлю. Такая программа необходима для того, чтобы помочь людям перейти на работу, требующую более высокой квалификации, что особенно важно для молодежи, которая обычно считается главной движущей силой преобразований семейных фермерских хозяйств в направлении их автоматизации, поскольку молодые люди, как правило, понимают в этом больше, чем их родители. Поэтому государственная политика и инвестиции должны быть ориентированы на сельскую молодежь.

Инвестирование в прикладные исследования и разработки

Развитию технологий автоматизации в значительной степени способствуют научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, проводимые предприятиями частного сектора. Правительства могут оказывать общую поддержку этому процессу через соответствующие институты и проводить или финансировать исследования с целью поиска технических, агрономических и экономических решений в области устойчивой автоматизации, адаптированных к местным условиям. Программа таких исследований должна также включать оценки влияния конкретных решений в области прецизионного земледелия на прибыльность, экологическую устойчивость (включая выбросы углерода, водо- и энергопотребление), технику безопасности и охрану труда, а также на вовлечение женщин, молодежи и других уязвимых групп. Другая актуальная тема касается различных видов земледелия в закрытом грунте и в контролируемой среде (например, вертикальное растениеводство или тепличное хозяйство), к которым потребители и директивные органы не всегда относятся хорошо. Необходимо также разработать и обосновать конкретные агрономические модели, помогающие понять реакцию сельскохозяйственных культур на конкретные технологии прецизионного земледелия, такие как технология переменного нормирования (ПН). В рамках адаптации и модернизации существующей техники и цифрового оборудования правительства могут оказывать поддержку национальным системам исследований и инноваций, как частным, так и государственным, приспособивая их к

потребностям производителей по мере развития систем ведения сельского хозяйства.

Необходимы исследования, касающиеся использования больших данных и аналитики в области сельского хозяйства как общественного блага, способного обеспечить бесплатные консультационные услуги мелким производителям. Рекомендуется также проводить прикладные исследования с целью изучения возможностей адаптации автоматизированных решений к условиям различных стран и регионов, агроэкологическим условиям, ориентации производства и типам хозяйств (см. [врезку 28](#)). Идеи, которые сработали в одном месте, в другом могут оказаться совершенно бесполезны. Для стимулирования развития автономного сельского хозяйства программы НИОКР должны объединять новаторов с фермерами в целях разработки и масштабирования необходимых решений. Одним из примеров такого подхода является схема Агентства по инновациям Соединенного Королевства Innovate UK, которая называется "Науку и технологии – в жизнь". Эта программа финансируется государством и требует, чтобы новаторы работали с конечными пользователями на всех этапах проекта, проводили демонстрационные мероприятия, собирали отклики фермеров и действовали сообразно с ними.

Последней областью исследований является изучение новой расстановки сил в странах с низким и средним уровнями дохода в результате растущей зависимости от цифровых технологий и автоматизации. Необходимо понимать коммерческие интересы крупных игроков в области развития технологий и предоставления услуг, а также потенциальные последствия их действий для мелких производителей, особенно с точки зрения концентрации власти, перераспределения земель и богатства, утери или создания знаний и навыков, а также соответствующие последствия для труда и занятости.

Обеспечение качества и разработка стандартов безопасности

Отсутствие гарантий качества, которые обеспечиваются путем тестирования и сертификации машин, оборудования и запасных частей, может отрицательно сказываться на показателях внедрения различных технологий автоматизации сельского хозяйства, поскольку это увеличивает неопределенность и риски, связанные с приобретением таких технологий¹³. Например, в Гане кукурузная молотилка местного производства, которая навешивается на трактор, стоит дешевле импортной, но до покупки ее качество оценить трудно из-за отсутствия стандартов и систем сертификации. Поэтому многие фермеры предпочитают иностранные бренды⁵. Для малых и средних предприятий – производителей оборудования, не имеющих сборочных линий, тестирование оборудования может оказаться просто невозможным; более того, если местные рынки не требуют официальной сертификации, то для этого

Упомянутые в этом докладе 27 тематических исследований показывают, как можно адаптировать технологии цифровой автоматизации к местным потребностям в разных системах производства, странах и типах хозяйств. Так, по растениеводству есть данные о том, что страны с низким уровнем дохода разрабатывают малогабаритную автоматизированную технику, например машины для сбора чайных листьев в Уганде и автоматизированные машины для уборки хлопка (как уже говорилось в главе 3, эту операцию автоматизировать сложно) в Индии и Западной Африке. Эти технологии в настоящее время доступны для средних и крупных производителей, но ожидается, что благодаря организациям производителей они получат более широкое распространение и будут поставляться через службы проката.

В области прецизионного животноводства бизнес-модели и модели обслуживания доильных роботов дают ценный опыт с

ИСТОЧНИК: Ceccarelli et al., 2022²⁵.

нет и никаких стимулов. Однако в целях эффективного устранения информационной асимметрии тестирование оборудования могут организовать структуры государственного, частного и третьего секторов, причем сделать это можно без существенного увеличения затрат. Наличие государственной службы оценки экономической и качественной эффективности и удобства использования технологий может положительно сказаться на показателях их внедрения. Поддержать производство технологий автоматизации и торговлю ими может также укрепление институтов, устанавливающих стандарты²².

Директивным органам необходимо обеспечить безопасную автоматизацию сельского хозяйства, используя сбалансированный пакет законов и нормативных актов. Соответствующие правила должны охватывать все аспекты автоматизации, как положительные, так и отрицательные, и основываться на результатах открытых консультаций, проводимых во взаимодействии со всеми заинтересованными сторонами как до, так и после введения этих правил. В Соединенном Королевстве, например, правительство по соображениям безопасности строго ограничило использование беспилотных летательных аппаратов для целей внесения сельскохозяйственных материалов, хотя эта технология обладает несомненными преимуществами с точки зрения охраны окружающей среды и обеспечения безопасности человека. В рамках этого законодательства требуется также полный контроль автономных машин человеком на местах в качестве гарантии от несчастных случаев. Анализ показал, что такое законодательство сводит на нет экономические преимущества автономного оборудования для мелких и средних производителей и увеличивает эффект масштаба; в результате выгоду от его применения могут получить только крупные хозяйства²⁴. Если процесс разработки политики является прозрачным и инклюзивным, то такие выводы могут привести к пересмотру политики.

типов. Доильные роботы в основном используются на средних и крупных фермах в странах с высоким уровнем дохода, но есть и другие технологии, адаптированные для небольших ферм стойлового содержания, а также установки, применяющиеся на фермах, где предусмотрено свободное передвижение коров на пастбищах, в странах со средним уровнем дохода.

Наконец, если говорить о сельском хозяйстве в контролируемой среде, то в странах с высоким и средним уровнями дохода, где определенный уровень автоматизации уже достигнут (например, для контроля климата), все большей популярностью пользуются теплицы. Эти решения появляются во всех странах мира, например в Мексике, Саудовской Аравии и Чили. Важную возможность для применения робототехники с искусственным интеллектом (ИИ) представляет сельское хозяйство в контролируемой среде, в частности тепличное хозяйство.

Для того чтобы гарантировать безопасность, правительствам следует внедрить соответствующие прозрачные механизмы. Их важными элементами являются инспекции с целью проверки соответствия требованиям пользователей, стандарты, которыми следует руководствоваться, и механизмы саморегулирования, например с помощью систем гарантий (добровольных схем, которые устанавливают производственные стандарты в области безопасности пищевых продуктов, благополучия животных и охраны окружающей среды). Стандарты могут иметь обязательную юридическую силу либо носить рекомендательный характер. В Австралии был принят свод правил, регулирующий использование автономных машин в сельском хозяйстве²¹. Его наличие дает определенную уверенность: фермерам – если они решают внедрить у себя автономную технику, а изготовителям оборудования – если они принимают решение о масштабировании. Целью этого документа является стандартизация подхода к автоматизации оборудования. Этот свод правил охватывает несколько аспектов, включая общий контроль риска и готовность к чрезвычайным ситуациям, перемещение транспортных средств между полями, требования к техническому обслуживанию и ремонту, управление в чрезвычайных ситуациях, а также законодательные положения и стандарты. Аналогичная работа проводится в Соединенном Королевстве в отношении роботов, в том числе используемых в сельском хозяйстве⁹.

Использование потенциала недорогих технологий автоматизации сельского хозяйства

Когда экономическое обоснование для инвестирования в более крупную технику отсутствует из-за финансовых ограничений или из-за того, что такая техника не подходит для местных топографических условий (например, для холмистой местности) или для размеров хозяйств

(например, для очень мелких и разнесенных между собой участков), большие выгоды производителям сельскохозяйственных культур, особенно тем, кто обрабатывает небольшие участки на относительно малопродуктивных землях, могут принести средства малой механизации. К ним относятся двухколесные тракторы или мотокультиваторы, барабанные сеялки, роторные рыхлители и моторные фрезерные культиваторы²⁹. Данные в пользу экономической целесообразности внедрения средств малой механизации есть (см. [врезку 17](#)). Эта простая техника действительно может существенно сократить объем тяжелой физической работы, а также сэкономить время и ресурсы, что позволит повысить производительность труда и устойчивость к внешним факторам благодаря своевременному выполнению соответствующих операций. Такие машины также более экологичны, поскольку для их работы практически не требуется ископаемое топливо, и многие из них подходят для использования в рамках агроэкологических подходов, таких как системы совместного выращивания рыбы и риса и попеременное орошение и осушение полей (когда фермеры применяют водосберегающие технологии для сокращения потребления воды на рисовых полях без ущерба для урожайности). В некоторых случаях использование такой техники позволяет активнее вовлекать женщин, которые в силу культурных норм и традиций могут быть из процесса механизации исключены^{29, 30}.

Такие технологии, как SMS, USSD и IVR, а также колл-центры, доступны в большинстве стран с низким и средним уровнями дохода и поэтому являются наиболее распространенными, если не единственными решениями для мелких производителей, особенно в странах Африки к югу от Сахары. Они дают возможность доступа к пакетированным услугам, поскольку способны обеспечить охват фермеров (независимо от используемых ими устройств и наличия у них цифровых навыков), дешево и не требуют особого обслуживания. Пакетированные услуги обычно объединяют различные вспомогательные сервисы (например, предоставление информации о рынках, климате и погоде и данных мониторинга ситуации в хозяйствах в режиме реального времени) и обеспечивают связь между участниками. Благодаря высокой доступности этих технологий они могут способствовать сокращению цифрового разрыва. Они менее чувствительны к сбоям инфраструктуры, поскольку требуют меньше энергии, для их работы нужна более простая инфраструктура передачи данных по сравнению с передовыми технологиями на основе больших данных, и они обеспечивают самую высокую доходность по инвестициям. При этом важно, чтобы предлагаемые решения не просто отвечали местным потребностям, но и обеспечивали предоставление надежных рекомендаций²⁵. ■

МЕРЫ ПОЛИТИКИ, ПРИЗВАННЫЕ ОБЕСПЕЧИТЬ, ЧТОБЫ АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СПОСОБСТВОВАЛА СОЗДАНИЮ УСТОЙЧИВЫХ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ СИСТЕМ

До сих пор в этой главе обсуждалась роль мер по преодолению барьеров, стоящих на пути внедрения автоматизации сельского хозяйства, особенно для мелких производителей. В этом разделе говорится о том, что необходимо сделать для того, чтобы внедрение автоматизации сельского хозяйства способствовало созданию устойчивых агропродовольственных систем и не вызывало дальнейшей деградации окружающей среды. Как уже говорилось выше, появление моторизованной техники принесло большую пользу, включая увеличение производительности труда, что обеспечило повышение продовольственной безопасности, сокращение масштабов нищеты, укрепление здоровья, повышение уровня благосостояния людей и многие другие преимущества. Но все это нередко происходило за счет экологической устойчивости, что приводило к таким последствиям, как утрата биоразнообразия, уплотнение и эрозия почв, а также деградация водных ресурсов. При наличии соответствующих мер политики, законодательства и инвестиций и при условии использования более передовых технологий, таких как цифровая автоматизация, эти последствия можно в значительной степени свести к минимуму или избежать их совсем. В следующих далее разделах говорится о важных аспектах, которым следует уделить внимание в этой связи.

Защита от утраты биоразнообразия, деградации земель и выбросов углекислого газа

Механизация с использованием моторизованной техники может приводить к расширению сельскохозяйственных угодий за счет лесных земель и саванн, что провоцирует изменение климата и утрату биоразнообразия (см. главу 3). Эти негативные последствия могут быть по крайней мере частично устранены или предотвращены с помощью планирования и мониторинга землепользования, что обеспечивается технологиями цифровой автоматизации, ориентированными на сбережение земель, наиболее

ценных с точки зрения смягчения последствий изменения климата и сохранения биоразнообразия. Инвестиции также должны осуществляться в соответствии с принципами ответственного инвестирования в сельское хозяйство и агропродовольственные системы, утвержденными Комитетом по всемирной продовольственной безопасности³¹.

Определенную роль в смягчении негативных экологических последствий могут также сыграть стратегии устойчивого ведения сельского хозяйства, например в системах, совмещающих растениеводство, животноводство и лесное хозяйство, которые оказывают меньшее воздействие на климат и способствуют увеличению биоразнообразия³². Одна из 27 компаний, участвовавших в тематических исследованиях, которые упоминались в главе 3, Justdiggitt (см. Приложение 1), оказывает содействие масштабному восстановлению ландшафтов в Африке, в частности за счет превращения деградированных пастбищ в зеленые, плодородные земли. Процесс восстановления ландшафтов обеспечивается за счет сбора дождевой воды, рационального управления пастбищным хозяйством и обрезки деревьев. Используются также системы дистанционного зондирования, с помощью которых отслеживается рост деревьев и рассчитываются объемы связанного с этим поглощения углерода³³. В некоторых странах правительствам удалось минимизировать расширение сельскохозяйственных угодий с помощью планирования и мониторинга землепользования. Такие методы и инициативы следует поощрять и в соответствующих случаях реализовать аналогичные меры на других территориях. В ряде стран вмешательство государства усугубляло негативные последствия: например, в случае поддержки масштабных схем блочного земледелия (когда одна и та же культура выращивалась на нескольких соседних фермах) или инвестиций в земельную собственность. Любые подобные вмешательства, которые осуществляются до сих пор, следует прекратить и всячески избегать их в дальнейшем.

Сократить выбросы парниковых газов (ПГ) и увеличить запасы углерода в почве может определенное сочетание технологий, благодаря которым сельское хозяйство сможет, сохранив высокую продуктивность, добиться отрицательных показателей чистых выбросов. Благодаря синергетическому эффекту цифровой автоматизации, генетики сельскохозяйственных культур и микроорганизмов и электрификации сокращение выбросов парниковых газов при выращивании пропашных культур в течение следующих 15 лет может составить 71 процент. По оценкам, в Европейском союзе и в Соединенных Штатах Америки нынешние методы выращивания пропашных культур являются причиной порядка пяти процентов общего объема выбросов парниковых газов. Стимулировать прогресс в переходный период и помочь направить государственные и частные инвестиции на развитие технологий могут

формирующиеся сейчас добровольные и регулируемые рынки экосистемных услуг³⁴.

Уменьшить уплотнение и эрозию почв, которые часто происходят из-за использования тяжелой моторизованной техники, могут средства малой механизации. Более того: благодаря методам почвозащитного и ресурсосберегающего земледелия в сочетании с севооборотом уменьшение масштабов эрозии может достигать 99 процентов, поскольку вместо плугов используются рыхлители или сеялки прямого посева, которые практически не нарушают структуру почвы (беспахотное земледелие) и способствуют сохранению почвенного покрова и диверсификации видов растений³⁵. По-видимому, это и есть дальнейший путь развития сельского хозяйства во всем мире, в том числе в странах с низким и средним уровнями дохода²². Есть данные о том, что механизация в сочетании с минимальной обработкой почвы может обеспечить синергию между продуктивностью и здоровьем почв³⁶. Но для того чтобы справиться с некоторыми проблемами, связанными с этой практикой, необходимы решения, адаптированные к местным условиям³⁷.

В поиске решений по механизации, наиболее подходящих для местных агроэкологических условий, могут помочь прикладные технические и агрономические исследования. Например, сейчас проводится все больше исследований, касающихся применения беспилотных летательных аппаратов для внесения сельскохозяйственных материалов в небольших хозяйствах. Эта технология обладает многочисленными потенциальными преимуществами: она позволяет снизить воздействие пестицидов и может использоваться на полях, слишком увлажненных или труднодоступных для наземной техники, а также для обработки урожая на корню (при этом исключается вероятность повреждения посевов в процессе передвижения техники).

Стимулирование внедрения экологически чистых технологий автоматизации

Снижению негативного воздействия на окружающую среду может способствовать концепция механизации, соответствующей размерам хозяйств, т.е. когда техника адаптируется к размерам хозяйства, а не наоборот³⁸. Например, небольшие четырехколесные или двухколесные тракторы более маневренны и лучше обходят деревья и неровности рельефа, чем тяжелые тракторы. Роевые мини-роботы, которые сейчас используются в порядке эксперимента, могут при повышении урожайности обеспечивать еще и экологические выгоды, такие как уменьшение уплотнения почв. Большинство сельскохозяйственных роботов, которые вот-вот войдут в практику, обладают очень незначительными возможностями для самостоятельного принятия решений, но в долгосрочной перспективе благодаря искусственному интеллекту они могут быть

полезны для обеспечения экологической устойчивости. Например, роевой искусственный интеллект позволит роботам обходить полевые препятствия и с точностью идентифицировать вредителей и сорняки, что сократит объемы использования химикатов и защитит биоразнообразие.

Важной проблемой является масштабирование этих технологий, потому что без этого наилучшим образом использовать их потенциал для снижения негативного воздействия на окружающую среду и устойчивого повышения производительности невозможно (см. главу 3). Серьезным препятствием для масштабирования, особенно для мелких производителей, являются высокие затраты на приобретение и эксплуатационные расходы, поэтому в целях повышения экономической доступности особое внимание необходимо уделить совершенствованию технологий и инновационным бизнес-моделям. Примером могут служить мобильные телефоны: масштабируемость этой технологии сделала их гораздо более доступными и подготовила почву для появления смартфонов, которые все чаще используются в прецизионном земледелии.

Какие именно решения в области механизации наиболее соответствуют местным агроэкологическим условиям, лучше всего определяют сами фермеры. Правительствам же должны создавать благоприятные условия, распространяя информацию об имеющихся технологиях и о том, как их использовать для достижения различных целей, включая обеспечение экологической устойчивости. Примером такой информационной поддержки является каталог средств механизации, подготовленный ФАО в сотрудничестве с Центром развития сельскохозяйственной инфраструктуры и содействия механизации и Ассоциацией дилеров сельскохозяйственной техники в Непале. Этот каталог содержит простую и понятную информацию о различной сельскохозяйственной технике, которую можно приобрести на непальском рынке, в особенности о той, конструкция которой учитывает гендерные аспекты и адаптирована для маломасштабного сельскохозяйственного производства²⁹.

Правительства ряда стран ввели законодательные меры, направленные на смягчение неблагоприятного экологического и социального воздействия функционирования сельскохозяйственных товаропроводящих цепочек, обязав компании внедрить системы комплексной проверки на основе оценки рисков³⁹. В частности, Европейская комиссия утвердила предложение о принятии директивы о комплексной проверке корпоративной устойчивости. Она призвана содействовать устойчивому и ответственному корпоративному поведению во всех глобальных производственно-сбытовых цепочках. Компании обязаны выявлять, предотвращать, прекращать или смягчать негативное воздействие своей деятельности на права человека (например, в части использования детского труда и эксплуатации работников) и на окружающую

среду (например, в отношении загрязнения и утраты биоразнообразия). Для бизнеса эти новые правила вносят правовую определенность и создают единые "правила игры", а для потребителей и инвесторов обеспечивают более высокую прозрачность⁴⁰.

Повышение осведомленности и улучшение коммуникации

Один из уроков, извлеченных из 27 проведенных тематических исследований, состоит в том, что потребителям еще только предстоит оценить преимущества прецизионного земледелия и его потенциал с точки зрения эффективности, экологической устойчивости и обеспечения благополучия животных. Реальность такова, что термин "малозатратное земледелие" (и его связь с экологической устойчивостью) потребители понимают сразу, а "прецизионное земледелие" пока не вызывает никаких ассоциаций. Поэтому ключом к успеху является коммуникация. Тот факт, что, например, продукция вертикального растениеводства в некоторых странах не может получить маркировку органической, затрудняет информирование потребителей о преимуществах этого метода. Расставить приоритеты в законодательстве и сертификации прецизионного земледелия помогут соответствующие меры политики: необходимо четко донести до потребителей информацию о его преимуществах, усилив тем самым экономическое обоснование инвестиций (см. главу 3). Для того чтобы реализовать потенциальные экологические преимущества прецизионного земледелия, крайне важно наладить диалог в рамках агропродовольственных систем в целом²⁵. Цифровая коммуникация сама по себе может сыграть ключевую роль в повышении осведомленности, распространении информации и проведении информационно-пропагандистской работы по вопросам прецизионного земледелия. ■

МЕРЫ ПОЛИТИКИ, ПРИЗВАННЫЕ ОБЕСПЕЧИТЬ ИНКЛЮЗИВНЫЙ ХАРАКТЕР ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА БЛАГО ВСЕГО ОБЩЕСТВА

Одной из главных проблем, с которыми сталкивается автоматизация сельского хозяйства, является риск исключения из этого процесса маргинализированных групп, таких как женщины, мелкие производители и

молодежь, поскольку автоматизация все-таки активнее идет в более крупных хозяйствах. Высокая стоимость многих из существующих технологий автоматизации и связанные с ними требования к квалификации могут привести к усилению неравенства и углублению цифрового разрыва. Автоматизация может быть сопряжена с ростом безработицы и с вытеснением неквалифицированных работников; это может не только негативно сказываться на инклюзивности, но и исказить представление о ее преимуществах. Центральную роль в смягчении или предотвращении любого из перечисленных выше негативных последствий автоматизации сельского хозяйства и в обеспечении содействия инклюзивным преобразованиям могут сыграть соответствующие меры политики.

Преодоление технологического разрыва с помощью технических и институциональных инноваций

Сделать так, чтобы возможность автоматизации не зависела от размеров хозяйства и, таким образом, повысить ее доступность, могут более современные технологии, в том числе связанные с цифровой революцией. Автоматизировать многие сельскохозяйственные операции мелким производителям позволило внедрение средств малой механизации (см. главу 3). Внедрению технологий автоматизации способствовали такие институциональные механизмы, как совместное оказание услуг и кооперативная собственность, которые были поддержаны цифровыми технологиями⁴¹. Именно фермеры должны определять, какие решения в области механизации наилучшим образом соответствуют местным агроэкологическим условиям, а правительства должны создавать равные условия для всех. Последние могут способствовать появлению рынков услуг за счет улучшения сельской инфраструктуры, обеспечения благоприятной правовой среды, упрощения процедур пересечения границ и предоставления поставщикам услуг необходимых знаний и навыков, включая навыки ведения бизнеса. Организации третьего сектора, такие как ассоциации производителей и кооперативы, могут помочь снизить транзакционные издержки работы с мелкими производителями, например путем объединения фермеров в группы⁴². С некоторыми проблемами, связанными с рынками услуг и снижением транзакционных издержек, помогут справиться цифровые инструменты. Правительства могут содействовать использованию таких инструментов путем улучшения цифровых каналов связи, повышения цифровой грамотности и укрепления доверия⁴³.

Как сделать так, чтобы автоматизация принесла пользу женщинам

Влияние автоматизации на положение женщин может быть как положительным, так и отрицательным, и для предотвращения негативных последствий необходимо учитывать их потребности²⁶. У женщин доступ к технологиям автоматизации обычно хуже. Отчасти это связано с тем, что у них меньше земли, а участки более фрагментированы; кроме того, у них хуже доступ к рынкам, кредитам и услугам по распространению знаний и опыта (см. главу 4). Расширению их доступа к автоматизации могут способствовать меры политики, законодательство и инвестиции, направленные на устранение этих проблем (например, укрепление прав женщин на землю и улучшение их доступа к кредитам и услугам по распространению знаний). Необходимо внедрить подходы, предусматривающие мониторинг прав человека, в том числе сбор дезагрегированных данных для оценки воздействия на источники средств к существованию, права и возможности женщин. Кроме того, национальные правовые механизмы должны предусматривать проведение оценки регулирующего воздействия с учетом гендерного фактора, а также разработку мероприятий по предотвращению и смягчению любого негативного воздействия на положение женщин и выделение соответствующего бюджета на эти цели. В правовых механизмах необходимо учитывать гендерные проблемы, с которыми сталкиваются женщины, и предусмотреть меры для их решения. Это могут быть финансовые ассигнования на расширение доступа женщин к предпринимательству за счет кредитования, организация обучения (в том числе цифровой грамотности), а также меры по улучшению их доступа к рынкам факторов производства и готовой продукции.

Ограничения доступа женщин к механизации зависят также от социальных норм. Для того чтобы изменить эту ситуацию, можно начать с проведения кампаний по повышению осведомленности о гендерных вопросах (например, рассказывать о женщинах, являющихся успешными поставщиками услуг или операторами) и оказания поддержки женским кооперативам или ассоциациям, в которых женщины коллективно управляют техникой и могут получить доступ к знаниям и повышению квалификации, а также к финансированию. Чтобы понять, как улучшить доступ женщин к механизации, требуются дополнительные исследования. Автоматизация обычно сопряжена с большими первоначальными затратами, а поскольку предприятия, принадлежащие женщинам, обычно меньше по размеру и у них меньше возможностей для инвестирования, это серьезно сказывается на конкурентоспособности женщин.

Кроме того, из-за отсутствия необходимых прав и возможностей женщины иногда не могут выразить свои потребности⁴⁴. Помочь им в этом могут меры политики, законодательство и инвестиции, в которых используются

подходы, предусматривающие мониторинг прав человека, и обеспечивающие расширение прав и возможностей женщин. Государственные НИОКР могут быть ориентированы на технологии механизации, в которых учитываются гендерные аспекты и потребности женщин.

Для обеспечения плавного и инклюзивного перехода на цифровые рельсы необходимо уделить особое внимание сельской молодежи

Одной из главных проблем для развития сельского хозяйства является отток из сельских районов молодых людей, особенно более образованных, в результате чего стареющее население оказывается на обочине процесса развития и возникают серьезные трудности, касающиеся обеспечения устойчивости этого сектора и агропродовольственных систем в целом. Важнейшую роль в обращении этой тенденции вспять может сыграть автоматизация сельского хозяйства. Она способна ликвидировать дефицит рабочей силы: цифровые технологии могут стимулировать заинтересованность сельской молодежи в работе в агропродовольственном секторе, в том числе на уровне фермерских хозяйств, что создаст новые возможности трудоустройства, обеспечивающие лучшие условия труда и более высокие доходы⁴⁵.

Как уже говорилось в предыдущих главах, молодые фермеры обычно первыми внедряют и используют технологии автоматизации (отчасти это объясняется тем, что у них лучше доступ к информации и цифровым технологиям, таким как смартфоны), поэтому им принадлежит важная роль в цифровой автоматизации сельского хозяйства²⁵. Знания и опыт в области агротехники у них сочетаются с цифровыми навыками, необходимыми для использования новых технологий⁴⁶. Одним из политических приоритетов должна стать конкретная программа автоматизации сельского хозяйства, ориентированная на сельскую молодежь и обеспечивающая приобретение ею необходимых навыков для выполнения новых задач, требующих высокой квалификации. Такая программа должна быть направлена на развитие их компетенций не только на уровне сельскохозяйственного производства, но и в контексте выполнения высокотехнологичных операций в агропродовольственных производственно-сбытовых цепочках в целом. К этому следует добавить финансовую и политическую поддержку, а также исследования, разработки и техническую помощь, которые обеспечат целостный подход к преобразованию агропродовольственных систем. Жизненно важную роль в обеспечении плавного перехода к автоматизации и равноправного доступа к новым возможностям трудоустройства может сыграть система государственного образования⁴⁷. Это особенно важно потому, что

сельская молодежь, скорее всего, и впредь будет уходить из сельского хозяйства, особенно в странах с низким и средним уровнями дохода, но при наличии соответствующего образования эти молодые люди смогут найти более квалифицированную работу в других секторах агропродовольственных систем.

Общинные инициативы по развитию сельских районов должны предусматривать вовлечение молодежи в процессы консультаций, планирования и принятия решений. Правовые механизмы могут поддерживать эти инициативы путем создания благоприятных условий для местного развития, установления обязательных квот для участия молодежи и создания молодежных организаций.

Улучшение работы служб по распространению сельскохозяйственных знаний и предоставлению консультационных услуг

Финансируемые государством службы по распространению знаний всегда играли важную роль в обеспечении инклюзивной автоматизации сельского хозяйства. Помимо различных проблем, с которыми сталкиваются мелкие производители, основным препятствием для повышения продуктивности их работы является ограниченный доступ к надежным и своевременным консультационным услугам. Во всем мире финансируемые государством службы по распространению знаний являются важнейшим элементом преобразований сельского хозяйства, поскольку они представляют основной источник информации. Во многих странах такие службы по-прежнему используют различные подходы к своей работе. Учитывая нехватку квалифицированных кадров для таких служб, которая представляет серьезную проблему для большинства стран с низким и средним уровнями дохода, актуальным дополнением к традиционным службам распространения знаний и опыта являются электронные сервисы, использующие цифровые модели генерирования и распространения знаний. Масштабирование этой технологии может обеспечить создание служб распространения знаний нового поколения, которые помогут также реализовать индивидуальные решения в области автоматизации^{48,49}.

Настоятельно необходимо собирать и перерабатывать давно забытые знания и предоставлять их производителям с помощью новых систем распространения. Такие системы могут адаптировать научные результаты, разрабатывая рекомендации с учетом потребностей производителей разного профиля, работающих в различных условиях. Результаты двух технических исследований, проведенных в рамках подготовки этого доклада, свидетельствуют о том, что цифровые инструменты могут в корне изменить работу служб по распространению знаний и предоставлению консультационных услуг: инновационные

методы оказания таких услуг могут существенно расширить доступ к ним и способствовать развитию навыков, необходимых для устойчивого использования технологий автоматизации^{25,33}. В ряде случаев (Igara Tea в Уганде, SOWIT в Эфиопии, Марокко, Сенегале и Тунисе и Tun Yat в Мьянме) услуги по распространению знаний предлагают также сами поставщики услуг. Некоторые из них в рамках предоставляемых решений помогают сельхозпроизводителям пользоваться своими услугами и эксплуатировать технику. Цифровые технологии – например, интернет вещей, создание аудио- и видеоматериалов и звонки на мобильные телефоны, ГИС, имитационное моделирование и дистанционное зондирование – могут открыть совершенно новые возможности для эффективного распространения знаний. Эти технологии необходимо использовать для заполнения существующих информационных пробелов и обеспечения эффективных рекомендаций, в которых нуждаются фермеры. Это позволяет предположить также, что помимо финансируемых государством служб распространения знаний важную роль в улучшении доступа фермеров к поддержке на местах призваны сыграть государственно-частные партнерства. Наконец, с помощью цифровых инструментов можно оказывать консультационные услуги по вопросам сельского хозяйства, предоставляемые в рамках ведения сельского хозяйства на контрактной основе или договоров на поставку.

Защита от негативного влияния на занятость

Автоматизация может иметь самые разные последствия для занятости в сельской местности, как положительные, так и отрицательные (см. главу 4). Там, где она происходит под воздействием рыночных факторов (например, в случае повышения заработной платы в сельской местности в результате структурных преобразований) или заменяет неоплачиваемый семейный труд, она, скорее всего, не приведет к безработице, а поможет ликвидировать дефицит рабочей силы. Если же автоматизация стимулируется искусственно и государство прилагает к этому большие усилия еще до того, как на нее появится реальный спрос (например, предоставляя субсидии на импорт оборудования), то результатом может стать безработица, вытеснение рабочей силы и падение или стагнация уровня заработной платы на селе. Директивным органам следует проявлять осторожность и не поощрять автоматизацию до того, как она действительно станет необходимой. Не нужно и препятствовать внедрению, думая, что это приведет к вытеснению рабочей силы и к безработице.

Политическая поддержка, которая обеспечивает общественные или коллективные блага по линии ПОО, способствуя формированию благоприятных условий для агропродовольственного и других секторов, с наибольшей вероятностью обеспечит плавный

переход к более активной автоматизации, не создавая безработицы. Это предполагает содействие проведению научно исследовательских и опытно-конструкторских работ в области сельского хозяйства и поддержку услуг по передаче знаний (например, обучения и оказания технической помощи) и развитию и техническому обслуживанию инфраструктуры (например, улучшение качества сельских дорог, ирригационных систем, инфраструктуры хранения и доступа к сети Интернет). Огромные достижения в области НИОКР, в основном в частном секторе, и впредь будут для фермеров источником новых решений в области автоматизации, и затраты на эти решения будут постепенно снижаться. С точки зрения необходимости увеличения мирового производства продовольствия это очень позитивный момент, поскольку численность сельскохозяйственной рабочей силы во всем мире сокращается.

Развитие цифровых навыков для обеспечения инклюзивности

Фермеры и специалисты в области сельского хозяйства должны приобрести навыки, необходимые для работы с новыми системами автоматизации сельского хозяйства, а также для того, чтобы иметь возможность претендовать на новые рабочие места в агропродовольственных системах, требующие более высокой квалификации; этот вопрос должен быть в центре внимания правительств. Приобретение необходимых навыков особенно актуально для молодых людей, которые являются преобразующей силой²⁵. В некоторых случаях целесообразно ориентироваться на детей школьного возраста, поскольку они могут служить "технологическим мостиком" для своих родителей⁴¹, а школы, которые уже сейчас обучают фермеров методам агро- и зоотехники, могут включить в свои программы обучение цифровой грамотности. Для того чтобы производители могли идти в ногу со временем во все более конкурентном мире, им абсолютно необходим доступ к информации. Более того: информация всегда должна быть общественным благом, и ответственность за ее предоставление лежит на правительствах. Обладая нужными навыками и доступом к информации, те, кто из-за автоматизации лишился работы, смогут либо использовать новую технологию на ферме, либо найти другую работу в нижних или верхних звеньях агропродовольственной товаропроводящей цепочки. При этом сельхозпроизводители, занятые неполный рабочий день, тоже смогут повысить свою квалификацию, чтобы получить работу в несельскохозяйственном секторе и увеличить и диверсифицировать свои доходы. ■

ВЫВОДЫ

Автоматизация сельского хозяйства является ключевым фактором, способствующим достижению целей в области устойчивого развития (ЦУР). В докладе "Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства" за 2022 год рассмотрен потенциал механизации и цифровой автоматизации сельского хозяйства как инструментов его преобразований, содействующих созданию более эффективных, продуктивных, устойчивых, инклюзивных и жизнестойких агропродовольственных систем. В докладе проанализированы различные ограничения, с которыми сталкиваются производители в связи с внедрением технологий автоматизации, и даны рекомендации по вопросам политики, законодательства, необходимых вмешательств и инвестиций с учетом неоднородности состава сельхозпроизводителей (крупные и мелкие, женщины и мужчины, пожилые и молодые) в различных секторах производства, включая растениеводство, животноводство, аквакультуру и агролесоводство.


Отмечено также, что автоматизация сельского хозяйства может привести к необходимости поиска баланса между экономическими, экологическими и социальными задачами, и что этот баланс зависит от конкретных обстоятельств. Совокупность технологий, а также соответствующие меры политики, законодательство, мероприятия и инвестиции, которые следует продвигать, будут зависеть от уровня экономического развития, существующих институтов, местных агрономических условий, характеристик производителей и целей директивных органов. Те политические и правовые инструменты, которые представлены в этой главе, не являются взаимоисключающими. Наоборот: для того чтобы создать надлежащие условия для ответственного внедрения автоматизации сельского хозяйства, они должны работать все вместе, в комплексе. Выбирая подходящее сочетание политических или правовых инструментов для осуществления каких-либо целенаправленных действий, директивные органы должны учитывать местную специфику внедрения и понимать насущные проблемы, с которыми сталкивается их регион (например, ситуацию с доступом к сети Интернет, неравенством, нищетой).

Фермеры, поставщики услуг, изготовители оборудования – все они могут иметь финансовые стимулы для инвестиций в технологии автоматизации,

но их позиции на рынке неодинаковы. Один из ключевых посылов этого доклада состоит в том, что выбор внедряемых технологий автоматизации (спектр которых чрезвычайно широк и разнообразен) остается за фермерами, а роль государства заключается главным образом в том, чтобы создать благоприятные условия для развития инноваций и такую систему стимулирования, которая сделает процесс внедрения максимально инклюзивным. Эффективным способом преодоления барьеров, стоящих на пути внедрения, могут стать многосторонние инициативы национального или международного уровней, ориентированные на обмен знаниями в области автоматизации.

В докладе подчеркивается, что важную роль в создании благоприятных условий играют государственные инвестиции и мероприятия, содействующие экономическому развитию в целом. Но конкретные приоритеты будут отличаться в зависимости от конечных целей директивных органов. Если в странах с высоким уровнем дохода стимулами к внедрению являются опасения по поводу нехватки рабочей силы, то для стран с низким и средним уровнями дохода более насущным могут быть вопросы улучшения условий жизни, укрепления продовольственной безопасности и улучшения питания жителей сельских районов. Правительства этих стран могут предпочесть использование цифровой революции для целей создания возможностей достойной занятости, доступной для уязвимых групп населения, включая мелких производителей, женщин и молодежь, обеспечив тем самым соблюдение принципа "никто не должен остаться без внимания" и прогресс в достижении ЦУР. Это требует особого внимания к конкретным потребностям, с которыми сталкиваются эти группы, поскольку переход к автоматизации должен носить инклюзивный характер.

Подводя итог, авторы этого выпуска доклада "Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства" выражают надежду, что он внесет свой вклад в диалог и дебаты по вопросу о том, как использовать автоматизацию сельского хозяйства и организовать мероприятия по преобразованию агропродовольственных систем таким образом, чтобы сделать их более устойчивыми, продуктивными, инклюзивными, эффективными и жизнестойкими. ■

An aerial photograph of a lush green agricultural field. A prominent feature is a circular irrigation system, likely a center pivot system, consisting of two concentric circles of dark, earthen tracks. A central pivot point is visible, with a vertical structure extending upwards. The field is divided into rectangular plots by straight lines, and the overall scene is bathed in a warm, golden light, suggesting late afternoon or early morning.

УКРАИНА

Вид с воздуха на
зеленое поле, на
котором
применяется
циркулярное
орошение культур.
©Volodymyr Rozumii/
Shutterstock.com



ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Описание тематических исследований

100

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Статистические таблицы

128

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ОПИСАНИЕ ТЕМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ 27 ТЕМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Тематические исследования были обобщены группой исследователей из Вагенингенского университета и Мариэтт МакКэмпбелл с целью оценки ситуации с технологиями автоматизации сельского хозяйства в мире и анализа факторов, препятствующих и способствующих их внедрению. Каждое исследование представляет одну компанию или организацию, которая разработала и/или внедряет одно или несколько решений, соответствующих определению автоматизации сельского хозяйства, представленному в первой главе доклада. Тематические исследования отбирались на основе следующих критериев: i) охват всех регионов СОФА (Ceccarelli et al., 2022) или репрезентативность для Глобального Юга (т.е. Восточной и Юго-Восточной Азии, Южной Азии, Африки к югу от Сахары, Латинской Америки и Карибского бассейна) (McCampbell, 2022); ii) охват следующих систем сельскохозяйственного производства: растениеводство, животноводство, аквакультура и агролесоводство; iii) репрезентативность для новых, но масштабируемых или уже масштабированных решений в области автоматизации сельского хозяйства; и iv) ориентированность на все категории сельхозпроизводителей, от мелких до крупных. Информация была собрана посредством интервьюирования важных источников и дополнена

сведениями о сельском хозяйстве, уровне грамотности, автоматизации, а также о политике и законодательстве, взятыми из вторичных национальных источников и доступной литературы. Интервью проводились в электронном виде на английском или испанском языках и были записаны на аудио- и видеоносители для последующей расшифровки и анализа. По каждому из технологических решений интервью содержали вопросы об их экономической, экологической и социальной устойчивости, а также о факторах, препятствующих и способствующих их внедрению. На основе результатов интервью был проведен тематический анализ с помощью кодового фрейма.

Несмотря на то, что эти 27 тематических исследований не могут в полной мере отразить все разнообразие имеющихся технологий, они дают полное представление о глобальных тенденциях и значимых событиях в области автоматизации сельского хозяйства. Данные этих тематических исследований были использованы в качестве исходных для двух справочных документов: в работе Ceccarelli et al. (2022) использовались данные 22 исследований, а в документе McCampbell (2022) – данные десяти исследований; пять исследований упоминаются в обоих материалах.

Источники: McCampbell, 2022¹; Ceccarelli et al., 2022².

РЕЗЮМЕ ТЕМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

АВАСО



Год основания:
2013



Количество пользователей в настоящее время:
информация не раскрыта



Где осуществляется операционная деятельность:
Европа (компания базируется в Италии), Центральная Азия, Южная Америка



Целевые секторы:
растениеводство, лесное хозяйство, животноводство

Оказываемые услуги

Цифровая платформа по вопросам прецизионного земледелия, позволяющая собирать и распространять данные о земельных ресурсах, сельском хозяйстве и погоде. Может также использоваться в секторе органического земледелия и национальными и местными органами власти для целей территориального управления.

Потенциальные клиенты и пользователи

Фермерские организации, отдельные фермерские хозяйства (как мелкие, так и крупные), а также национальные и местные органы власти. Потенциальными клиентами могут быть также страховые компании, грунтоведческие лаборатории и операторы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Источниками дохода являются многоуровневая система подписки (фермеры) и контракты на оказание услуг (правительства). Предложение адаптировано к потребностям клиентов и варьируется от условно бесплатной модели с ограниченными функциональными возможностями до платной подписки, в зависимости от размеров землевладения и других параметров.

Факторы, способствующие внедрению

Спрос на технологии прецизионного земледелия и необходимость соблюдения экологических стандартов и правил. Для мелких производителей существует возможность бесплатного использования в течение ограниченного периода.

Факторы, препятствующие внедрению

Время, необходимое для того, чтобы научиться работать с платформой, и необходимость перевода платформы на разные языки для масштабирования технологии и обеспечения возможности ее работы в других странах. В некоторых странах (например, в Африке) препятствиями для настройки этих технологических решений считаются местные языки, а также низкий уровень проникновения смартфонов и ограниченность ИТ-инфраструктуры.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Ни о каких препятствиях для внедрения, которые были бы связаны с политикой, сказано не было. Связанными с политикой факторами, способствующими внедрению, являются Единая сельскохозяйственная политика Европейского союза (ЕСХП) и цели политики "Зеленого курса" с соответствующими механизмами субсидирования, а также конкретные правила, регулирующие использование пестицидов.



Опрашиваемые:
Джованна Роверси и Фабио Славьеро

AEROBOTICS



Год основания:
2014



Количество пользователей в настоящее время:
300



Где осуществляется операционная деятельность:
18 стран, включая Австралию, Испанию, Перу, Португалию, Соединенные Штаты Америки, Чили, Южно-Африканскую Республику



Целевой сектор:
выращивание фруктовых и ореховых деревьев

Оказываемые услуги

Использование датчиков, дронов и спутниковых снимков для раннего обнаружения вредителей и болезней. Aerobotics предлагает также наборы данных с конкретной географической привязкой, необходимые для использования технологии переменного нормирования (ТПН) для определения потребностей в орошении и удобрениях, а также для измерения роста и продуктивности деревьев, оценки урожайности и планирования уборки урожая.

Потенциальные клиенты и пользователи

Крупные производители фруктов и орехов в 18 странах (в основном с высоким уровнем дохода), компании, предоставляющие страховые услуги фермерам, производителям фруктовых соков и предприятиям розничной торговли.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Годовая подписка на многоуровневые услуги. Фермеры платят ежегодно или ежемесячно по установленной ставке за гектар (или акр) площади. Услуги предоставляются в комплексе в соответствии с потребностями клиентов, а стоимость зависит от требуемых параметров. К компаниям по страхованию урожая применяется другая бизнес-модель: они платят по установленной ставке за гектар/акр площади для сбора данных в целях инспекции или аудита. Порядка 95 процентов своей выручки компания получает в Соединенных Штатах Америки, где 40 процентов приходится на рынок страхования урожая. Инвестиции в компанию до сих пор осуществлялись в форме частного акционерного капитала.

Факторы, способствующие внедрению

Спрос на дифференцированное внесение агрохимикатов, которое позволяет экономить на их использовании и смягчать их негативное воздействие на окружающую среду. В США фермеры осваивают технологические инновации и цифровые решения, а значит, спрос на услуги Aerobotics есть.

Факторы, препятствующие внедрению

Недостаточная осведомленность фермеров.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

В США действуют четкие правила в отношении дронов, и их использование разрешено, тогда как в Южно-Африканской Республике соблюдение правил обходится очень дорого.



Опрашиваемый:
Бенджамин Мельцер

AGRINAPSIS



Год основания:
2020



Количество пользователей в настоящее время:
НЕИЗВЕСТНО



Где осуществляется операционная деятельность:
Боливия (Многонациональное Государство), Гватемала, Коста-Рика, Мексика, Эквадор



Целевые секторы:
все

Оказываемые услуги

Социальная сеть по вопросам сельского хозяйства, которая обеспечивает фермерам доступ к знаниям и информации в процессе общения с экспертами и специалистами-практиками. Пользователи проверяют и оценивают эту информацию, чтобы по итогам этой оценки Agrinapsis могла гарантировать ее достоверность и высокое качество. С помощью Agrinapsis фермеры также могут вести электронную торговлю своей продукцией и покупать необходимые факторы производства (например, семена, удобрения).

Потенциальные клиенты и пользователи

В основном мелкие фермеры, особенно женщины и молодежь. Но воспользоваться этим решением могут все, кто так или иначе занимается сельским хозяйством, от представителей научных крутов и студентов до агрономов. Использование платформы электронной торговли разрешено только фермерам; крупные сельскохозяйственные предприятия пользоваться ею не могут.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Agrinapsis была создана Межамериканским институтом сотрудничества в области сельского хозяйства. Будучи некоммерческой организацией, дохода от предоставляемых услуг она не получает. Поскольку проект находится на самой начальной стадии, оценить его устойчивость пока трудно.

Факторы, способствующие внедрению

Огромный корпус знаний, накопленных мелкими производителями, и возможность поделиться этими знаниями. Проверив достоверность этих знаний,

Agrinapsis старается сделать их доступными во всех странах. Agrinapsis рассматривается как инструмент демократизации знаний и стимулирования социальных и экологических преобразований. Повышение цифровой грамотности, особенно среди молодежи, объединение женщин (особенно пожилых) и рост числа влиятельных лиц, рассказывающих об Agrinapsis, – все это сыграло важную роль в популяризации платформы, особенно с учетом того, что это первая в Латинской Америке специализированная социальная сеть по вопросам сельского хозяйства.

Факторы, препятствующие внедрению

Отсутствие доступа к интернету в отдаленных и сельских районах, несмотря на национальные и международные усилия по улучшению качества связи с интернетом. У жителей сельских районов по-прежнему практически отсутствуют навыки цифровой грамотности, особенно среди пожилых людей; необходимо обеспечить интеграцию говорящих на всех языках (например, только в Многонациональном государстве Боливия существует восемь официальных языков).

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Неопределенность политической ситуации может повлиять на устойчивость платформы: она финансируется Межамериканским институтом сотрудничества в области сельского хозяйства, который зависит от поддержки со стороны 34 государств-членов.



Опрашиваемый:
Сантьяго Велес

AQUACONNECT



Год основания:
2018



Количество пользователей в настоящее время:
60 000



Где осуществляется операционная деятельность:
Индия



Целевой сектор:
аквакультура (разведение креветки)

Оказываемые услуги

Цифровые решения для аквакультуры, используемые для мониторинга и ведения документации о результатах работы аквакультурных хозяйств, для обеспечения связи фермеров с поставщиками вводимых ресурсов и закупщиками продукции, а также для поддержки доступа к финансовым услугам, страхованию и рынкам. В целях расширения своих возможностей подключения "последней мили" Aquaconnec также поддерживает в общинах работу физических центров (AquaHUBs), где производители могут покупать вводимые ресурсы, продавать свою продукцию и получать консультационные услуги.

Потенциальные клиенты и пользователи

Мелкие и средние аквакультурные хозяйства, занимающиеся разведением креветки.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Такие решения, как приложение Aquaconnec App, электронный рынок и интернет-магазин, для фермеров бесплатны. Доход формируется за счет тех структур, с которыми связаны фермеры (банки, страховые компании, перерабатывающие предприятия, поставщики вводимых ресурсов). Источниками дохода являются отчисления за каждую операцию, услуги по связыванию и аналитика. Кроме того, в целях развития своей деятельности компания привлекает частное финансирование. Пока что бизнес-модель прибыльна.

Факторы, способствующие внедрению

Спрос, создаваемый за счет низкой производительности и неэффективности рыночных связей. Предоставляемые услуги позволяют повысить экологическую устойчивость, а также эффективность, предсказуемость и прозрачность в производственно-сбытовой цепочке. Интерес фермеров

к цифровым технологиям постепенно растет. Наличие команды, работающей на местах, облегчает внедрение и обеспечивает техническую поддержку.

Факторы, препятствующие внедрению

Фермеры плохо разбираются в цифровых технологиях. Высокая стоимость передовых технологий, таких как устройства интернета вещей (ИВ), ограничивает их доступность. Размер кредита, который фермеры могут получить в расчете на гектар земли, ограничен, и этой суммы не хватает для инвестиций в оборудование и производство продукции аквакультуры вообще. Размер страховых взносов для аквакультуры значительно выше, чем для растениеводства.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Правительство Индии выделило 3 млрд долл. США на модернизацию сельского хозяйства, включая производственно-сбытовые цепочки в секторе аквакультуры и рыболовства. Правительство заинтересовано в поддержке стартапов, которые внедряют технологии во всех звеньях производственно-сбытовой цепочки, и реализует с этой целью соответствующие меры политики. Но никаких субсидий на аквакультуру или специальных субсидий на покупку устройств интернета вещей не выделяется.



Опрашиваемый:
Судхакар Велаяутхам

ATARRAYA



Год основания:
2019



Количество пользователей в настоящее время:
неизвестно



Где осуществляется операционная деятельность:
Мексика, Соединенные Штаты Америки



Целевой сектор:
аквакультура (разведение креветки)

Оказываемые услуги

Shrimpbbox: автоматизированное разведение креветки в контролируемой среде, устроенное в транспортных контейнерах – "креветочных боксах". Каждый такой бокс оборудован датчиками для контроля операций (включая кормление, обеспечение качества воды и необходимого уровня содержания кислорода), использует машинное обучение, технологию больших данных, биотехнологии и робототехнику.

Потенциальные клиенты и пользователи

В основном производители креветки, а также птицеводческие хозяйства, которые хотят переключиться на разведение креветки. Потенциальными клиентами являются также рестораны, университеты, корпорации и потребители, желающие получить доступ к свежим, экологически чистым морепродуктам и подавать их к столу. Некоторые рестораны являются также партнерами Atarraya.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Предприятие еще не начало приносить прибыль, так как работает недавно. Ранее Shrimpbbox получал субсидии от правительства Мексики, а сейчас растет интерес со стороны частных инвесторов. Бизнес-модель пока не определена. Из-за трудностей с масштабированием Atarraya, видимо, не будет использовать технологию сама. Предпочтительным вариантом является ведение аквакультурного хозяйства на контрактной основе, а Atarraya будет сдавать свои боксы в аренду. Но для того чтобы этот вариант был привлекательным для фермеров, передача технологии должна быть очень хорошо организована. Есть клиенты (из Китая), заинтересованные в покупке Shrimpbbox, но к этому Atarraya не готова.

Факторы, способствующие внедрению

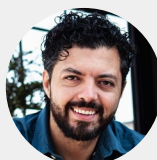
Высокий спрос на креветку во всем мире в сочетании с вредными для окружающей среды методами, используемыми в большинстве креветочных хозяйств. Нынешние методы разведения креветки сопряжены с большими убытками, которые вызваны быстро распространяющимися болезнями креветки, и приводят к уничтожению мангровых лесов, которые являются важным источником поглощения углерода во всем мире. Atarraya же усовершенствовала производство креветки, используя гибкие и устойчивые технологии, которые, в частности, не требуют, чтобы производство было расположено поблизости от океана. Очень важным и многообещающим фактором, который будет способствовать более широкому внедрению этого решения, является смена поколений: молодые фермеры гораздо более открыты для освоения новых технологий.

Факторы, препятствующие внедрению

Скептическое отношение более опытных производителей креветки в сочетании с удаленностью, что приводит к нежеланию менять бизнес-модель. Важным препятствием является также плохая дорожная инфраструктура: эта технология требует использования большегрузных транспортных средств.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

На начальном этапе помогали государственные гранты на НИОКР, но сейчас они исчерпаны.



Опрашиваемый: Даниел Рассек

CATTLER



Год основания:
2019



Количество пользователей в настоящее время:
неизвестно



Где осуществляется операционная деятельность:
Латинская Америка и Карибский бассейн, Соединенные Штаты Америки



Целевой сектор:
животноводство (производство говядины)

Оказываемые услуги

Первоначально было два отдельных продукта: i) система прогнозирования веса животного; и ii) автоматизация управления коровником. Затем компания разработала полностью автоматизированную систему управления животноводческой фермой. С помощью датчиков, спутниковых изображений, систем электронного мечения и кормления животных она обеспечивает выполнение всех необходимых операций, включая автоматическое кормление и прогнозирование суточных темпов роста и питания, мониторинг состояния здоровья животных и диагностику.

Потенциальные клиенты и пользователи

Преимущественно средние и крупные животноводческие хозяйства с численностью поголовья от 2000 до 40 000 голов крупного рогатого скота, в основном в секторе производства говядины (откормочные площадки). В настоящее время потенциальными клиентами являются также фермы, содержащие стада коров и телят, и откормочные хозяйства.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Доход по-прежнему поступает от продажи двух упомянутых выше отдельных продуктов, которые доступны через мобильное и настольное приложения, хотя внимание все больше уделяется полностью автоматизированной системе управления животноводческим хозяйством. В этой связи Cattler перешла на условно бесплатную модель: начальный уровень бесплатный, но он включает только базовые функции. Если пользователи хотят добавить какие-то функции или устройства, то они должны оформить подписку, стоимость которой зависит от того, какие функции в нее включены. Количество пользователей неизвестно, но численность охваченных животных

оценивается в 90 млн голов в Соединенных Штатах Америки, 200 млн в Бразилии и 50 млн в Аргентине.

Факторы, способствующие внедрению

Снижение затрат, поскольку это помогает автоматизировать несколько операций. В целях повышения эффективности фермерам в этом секторе все чаще приходится выполнять эти операции в комплексе.

Факторы, препятствующие внедрению

Низкий уровень внедрения в США по сравнению с Аргентиной. Причина в том, что аргентинские фермеры должны быть более динамичными и конкурентоспособными на международном рынке.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Одним из факторов, способствующих внедрению, является легкий доступ фермеров к кредитам. В Аргентине препятствием является политическая неопределенность, а в Соединенных Штатах протекционистская политика правительства может отбить у фермеров желание осваивать новые технологии.



Опрашиваемый:
Игнасио Альборнос

COOPESAN



Год основания:
2008



Количество пользователей в настоящее время:
1500



Где осуществляется операционная деятельность:
Перу



Целевой сектор:
животноводство (альпака)

Оказываемые услуги

Цифровые сервисы (от консультационных услуг, мониторинга пастбищ и отслеживания животных до блокчейна, который был внедрен в 2020 году), имеющие целью повышение и сертификацию стандартов в области благополучия животных и качества волокна альпаки, что влечет повышение его ценности.

Потенциальные клиенты и пользователи

В основном мелкие скотоводы из горных районов Перу с поголовьем 50–100 животных и годовой выручкой 1500–1800 долл. США. Потенциальными клиентами являются также посредники в цепочке производства и сбыта волокна альпаки, в т. ч. дистрибьюторы, а также поставщики и потребители, которых интересует происхождение продукции.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Компания работает с 2008 года. За последнее десятилетие она расширила свой охват и разработала важные проекты по улучшению условий труда, обеспечивающие справедливую оплату работникам и защиту благополучия животных. Служба работает на средства доноров. Задача получения прибыли не ставится.

Факторы, способствующие внедрению

Растущий спрос на прозрачность и соблюдение стандартов в области благополучия животных в цепочке производства и сбыта волокна альпаки. В результате ценность производимой продукции повышается.

Факторы, препятствующие внедрению

Ограниченный доступ в интернет в отдаленных районах и отсутствие национальных ИТ-компаний для поддержки сервиса; кроме того, фермеры, занимающиеся разведением альпаки, стареют. В настоящее время большинство из них составляют женщины и пожилые люди, т.к. из-за тяжелых условий труда и удаленности хозяйств молодежь не хочет заниматься разведением альпаки. Молодые люди предпочитают получить образование в городах, а затем найти более высокооплачиваемую работу.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Из-за политической неопределенности ситуация часто меняется, что не позволяет организовать необходимую поддержку этого сектора.

Опрашиваемый:
Дагоберто Фернандес

CROPIN



Год основания:
2010



Количество пользователей в настоящее время:
225



Где осуществляется операционная деятельность:
глобальное присутствие (преимущественно Индия и субсахарская Африка)



Целевой сектор:
растениеводство

Оказываемые услуги

Программная платформа, обеспечивающая полноценную систему управления фермерским хозяйством. Для получения представления о ситуации в различных звеньях производственно-сбытовой цепочки и оказания помощи управляющим фермерскими хозяйствами в принятии более эффективных решений используются такие технологии, как аналитика больших данных, искусственный интеллект, датчики интернета вещей и дистанционное зондирование.

Потенциальные клиенты и пользователи

Аграрные компании, семеноводческие компании, компании по производству вводимых ресурсов для сельского хозяйства, экспортеры фруктов и овощей, торговцы сырьевыми товарами, банки, финансовые учреждения и учреждения по микрокредитованию, поставщики услуг по страхованию урожая, государственные учреждения и агентства по развитию.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Клиентский портфель распределен между корпоративным сектором и сектором развития. Большая часть доходов (60–65 процентов) поступает от корпоративного сектора, который включает клиентов, работающих в сфере "умного" сельского хозяйства, цифровых платформ и отслеживания цепочки поставок. Для сектора развития компания по условиям гранта предоставляет гиперданные о местных фермерских хозяйствах и фермерах правительству, банкам и институтам развития. Данные помогают клиентам оценивать кредитоспособность мелких производителей, а банкам – предоставлять фермерам кредиты и страховые услуги.

Факторы, способствующие внедрению

Значительные пробелы в данных и информации, приводящие к информационной асимметрии во всех производственно-сбытовых цепочках, что создает потребность в программном обеспечении

на основе больших данных. Клиенты из корпоративного сектора используют оказываемые им услуги в области автоматизации и механизации отдельных хозяйств для получения максимальной прибыли с гектара и отслеживания ситуации на уровне хозяйства. Клиенты сектора развития используют свои модели на основе агрегированных данных и интеллектуальную обработку данных, а также оказывают влияние на отрасль, разрабатывая рекомендации по вопросам политики с применением больших данных.

Факторы, препятствующие внедрению

Отсутствие цифровых активов, низкий уровень грамотности и плохое качество связи с интернетом, нежелание рисковать.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

В целях содействия внедрению фермерами новых технологий Министерство сельского хозяйства и благосостояния фермеров Индии в рамках Индийской цифровой экосистемы сельского хозяйства (IDEA) разработало основные цифровые приложения. Национальный сельскохозяйственный рынок (eNAM) – это общенациональный электронный торговый портал, призванный создать единый национальный рынок сельскохозяйственных товаров. Наконец, функционирующий с 2013 года Центральный сельскохозяйственный портал прямых социальных выплат представляет собой единый центральный портал для проведения сельскохозяйственных программ на всей территории страны. Он помогает фермерам внедрять современную сельскохозяйственную технику за счет государственных субсидий.



Опрашиваемый:
Аржун Гойял

EGISTIC



Год основания:
2018



Количество пользователей в настоящее время:
почти 1500



Где осуществляется операционная деятельность:
Казахстан



Целевой сектор:
растениеводство

Оказываемые услуги

Комплексное решение для мониторинга ситуации на полях с помощью технологий дистанционного зондирования, высокоточной спутниковой навигации, геоинформационных систем и технологий машинного обучения. Услуги включают аналитику (прогноз урожайности, историю севооборотов), спутниковые снимки полей, цифровые консультации, систему мониторинга положения тракторов и комбайнов с помощью глобальной системы позиционирования (ГСП), управление сельскохозяйственной деятельностью и агрохимический анализ почвы.

Потенциальные клиенты и пользователи

В основном крупные фермеры, а также дистрибьюторы продуктов питания и компании, занимающиеся агрохимикатами и удобрениями. Большинство зарегистрированных пользователей платформы относятся к возрастной группе 18–45 лет.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Доходы формируются за счет годовой подписки. По состоянию на 2022 год платформа является финансово устойчивой и привлекает инвесторов. В 2021 году был получен последний раунд грантов. Подписка также включает техническую поддержку, такую как вебинары, видеоматериалы и руководство пользователя.

Факторы, способствующие внедрению

Растущий спрос на автоматизированные решения для управления хозяйствами со стороны крупных фермеров. Они получают высокую отдачу от своих инвестиций в развитие фермерских хозяйств благодаря экономии топлива для сельхозтехники.

Факторы, препятствующие внедрению

Плохая связь с интернетом в сельских районах.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Компания хотела бы нарастить масштаб предоставляемых услуг за счет интеграции своих данных с государственными, но действующие политические механизмы не подразумевают возможности создания государственно-частных партнерств.



Опрашиваемый:
Жандос Керимкулов

FOOD AUTONOMY



Год основания:
2018



Количество пользователей в настоящее время:
2



Где осуществляется операционная деятельность:
Венгрия



Целевой сектор:
микрозелень, листовая зелень, саженцы и косметические растения, выращиваемые в условиях вертикального растениеводства

Оказываемые услуги

Различные технологии растениеводства, рецепты и соответствующие аппаратные и программные решения для вертикального растениеводства, а также полномасштабные дистанционно управляемые модульные вертикальные фермы для промышленного и исследовательского применения. Все предлагаемые технологии доступны либо в виде отдельных сервисов, либо полностью интегрированы в вертикальные фермы.

Потенциальные клиенты и пользователи

Малые, средние и крупные пользователи, которым предоставляемые услуги нужны для проращивания, исследований и производства.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Текущий фонд для финансирования вертикального растениеводства пополняется в основном за счет внутренних инвестиций, поступающих от подразделения Food Autonomy, которое занимается освещением для выращивания комнатных растений. Опытное хозяйство функционирует на средства гранта от правительства Венгрии. Модель FaaS ("сельское хозяйство как услуга") – это управление фермой от имени пользователя, а модель PaaS ("растения как услуга") предлагает клиенту специальные производственные мощности.

Факторы, способствующие внедрению

Растущий спрос на высококачественную и доступную по цене органическую продукцию, произведенную по устойчивым технологиям; рост интереса к вертикальному растениеводству; низкая водо- и энергоемкость; возможность производить продукты питания на месте поблизости от городов и в засушливых регионах.

Факторы, препятствующие внедрению

Большие первоначальные инвестиции.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Правительство Венгрии пропагандирует автоматизацию и использование технологий на основе больших данных в сельском хозяйстве. Однако, несмотря на поддержку местных производителей продуктов питания, вертикальное растениеводство оно напрямую не поддерживает. Кроме того, по действующим правилам вертикальное растениеводство не считается производством органических продуктов, даже если в производстве не используются агрохимикаты.



Опрашиваемый:
Золтан Шейпеш

GARBAL



Год основания:
2017



Количество пользователей в настоящее время:
более 500 000



Где осуществляется операционная деятельность:
Буркина-Фасо, Мали (а в скором времени и Нигер)



Целевой сектор:
пастбищное животноводство, производство полевых культур

Оказываемые услуги

Интегрированное цифровое решение, предоставляющее мелким производителям и скотоводам в регионе Сахель консультативную информацию о подходящих пастбищных угодьях, миграции стад, погоде, методах ведения сельского хозяйства и рынках с учетом местной специфики. Решение использует спутниковые и другие данные. Имеет также электронную торговую площадку, позволяющую пользователям получать корма и продавать молоко и злаки.

Потенциальные клиенты и пользователи

Мелкие фермеры, пастбищные скотоводы, торговцы и владельцы стад. Порядка 20–30 процентов пользователей составляют женщины.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Компания представляет собой государственно-частное партнерство. Это крайне важно, поскольку помогает преодолеть нежелание доноров и спонсоров брать на себя риски разработки инновационных цифровых решений в нестабильных условиях. GARBAL существует преимущественно за счет донорского финансирования и взносов партнеров по проекту. Доходы поступают от звонков в колл-центр (оплата повременная) или от небольших платежей за использование двунаправленной сеансовой передачи неструктурированных данных (USSD). Но этот доход реинвестируется в предлагаемое компанией технологическое решение, а до достижения точки безубыточности пока еще далеко. Бизнес-стратегия заключается в создании новых источников дохода с помощью электронной торговой площадки и решения в области цифровых финансов.

Факторы, способствующие внедрению

Изменение климата и отсутствие безопасности стали вызовом для фермеров и скотоводов, которые опираются на традиционные знания, и поставили под угрозу источники средств

к существованию фермеров. Это технологическое решение может улучшить доступ к рынкам и поддержать устойчивость фермеров к внешним факторам и их способность к адаптации в условиях потрясений. Тот факт, что компания является государственно-частным партнерством, играет ключевую роль для конечных пользователей. Внедрению также способствуют наращивание потенциала и проникновение мобильных телефонов, хотя чаще всего это обычные телефоны, а не смартфоны. Наконец, основополагающее значение для завоевания доверия и расширения охвата имеет личное общение с местными фермерами и скотоводами и их организациями.

Факторы, препятствующие внедрению

Поскольку у всех стран свои потребности, необходимо адаптировать решение к условиям каждой страны. Проблемами являются политическая нестабильность и отсутствие безопасности в некоторых странах, а также отсутствие цифровой инфраструктуры (например, источников энергии, связи с интернетом, смартфонов). Другими трудностями являются отсутствие необходимых навыков, слабая осведомленность о преимуществах предлагаемой технологии, а также низкие уровни качества данных и их обработки.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Поддержка со стороны местных министерств (например, обмен базами данных) очень помогла подготовить информационные материалы для консультационной службы. Но в некоторых странах инвестициям препятствуют политическая нестабильность и отсутствие безопасности.



Опрашиваемый:
Катрин ле Ком

GROBOMAC



Год основания:
2014



Количество пользователей в настоящее время:
неприменимо (решение пока на этапе тестирования)



Где осуществляется операционная деятельность:
Индия



Целевой сектор:
хлопководство

Оказываемые услуги

Полуавтономная автоматическая прецизионная хлопкоуборочная машина с электроприводом, управляемая одним оператором и способная собирать хлопок, не повреждая посевы, с помощью высокоскоростной роботизированной руки, работа которой поддерживается компьютерным зрением и технологией искусственного интеллекта. Обеспечивает прецизионную технологию уборки нескольких урожаев хлопка в многорядных системах земледелия.

Потенциальные клиенты и пользователи

Первоначально это были средние и крупные производители хлопка; предусматривалась возможность последующего охвата мелких фермеров. В долгосрочной перспективе эта машина может использоваться объединениями сельхозпроизводителей, фермерскими коллективами и службами проката; в Индии рекламируется сервисная компания, которая будет вести сельскохозяйственные операции на условиях оплаты услуг по факту их использования. Машина в первую очередь предназначена для эксплуатации женщинами, которые в Индии являются основной рабочей силой на сборе хлопка.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Стадия коммерческой реализации пока не достигнута. Компания существует в основном за счет собственных средств владельцев и грантов. В будущем цель состоит в том, чтобы продавать отдельных роботов клиентам напрямую, а в долгосрочной перспективе – операторам и поставщикам услуг.

Факторы, способствующие внедрению

Нехватка рабочих рук в пик сезона.

Факторы, препятствующие внедрению

Инвесторам еще только предстоит оценить все преимущества этой технологии. Кроме того, инвестиции могут окупиться далеко не сразу.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Правительство Индии поощряет создание сельскохозяйственных стартапов, выделяя им гранты. Например, компания GRoboMac получила грант в размере около 30 000 долл. США. Компания также представила свое предложение о поставке хлопкоуборочной машины на тендер на закупки робототехники как услуги в южном индийском штате Телангана.



Опрашиваемый:
Манохар Самбандам

HARVEST CROO ROBOTICS



Год основания:
2013



Количество пользователей в настоящее время:
неизвестно



Где осуществляется операционная деятельность:
Соединенные Штаты Америки



Целевой сектор:
выращивание клубники

Оказываемые услуги

Автономные роботизированные комбайны, которые перемещаются по ферме и производят сбор, осмотр, очистку и упаковку клубники. Каждый комбайн оснащен 16 независимыми "руками", которые автономно выполняют сельскохозяйственные операции на 16 рядах посевов.

Потенциальные клиенты и пользователи

Крупные производители клубники (обрабатывающие площадь более 10 га).

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Стадия коммерческой реализации пока не достигнута. Средства поступают от частных инвесторов и финансовых учреждений, а роль государственного сектора минимальна. Используемая бизнес-модель – оплата услуг по факту их оказания, а сумма оплаты зависит от собранного объема. При наличии высокого спроса приоритет должны получить первые инвесторы.

Факторы, способствующие внедрению

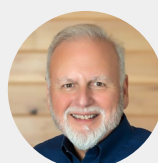
Нехватка рабочей силы и рост ее стоимости, особенно в пик сезонов сбора урожая. В результате средства в компанию вложили около 70 процентов производителей клубники в стране. Технология была успешно протестирована на реальных фермах.

Факторы, препятствующие внедрению

Масштабирование производства необходимого оборудования и программного обеспечения.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Некоторую поддержку оказывает Национальный научный фонд. Политика не рассматривается ни как серьезный фактор, способствующий внедрению, ни как явный барьер.



Опрашиваемый:
Гари Вишнацки

HORTIKEY



Год основания:
2015



Количество пользователей в настоящее время:
информация не раскрыта



Где осуществляется операционная деятельность:
Нидерланды



Целевой сектор:
производство томатов

Оказываемые услуги

Интегрированная система, состоящая из самоуправляемого робота, оснащенного камерами, интеллектуальным программным обеспечением, использующим соответствующие алгоритмы, и ИИ для предоставления надежных данных и оценки урожая, включая количество и спелость томатов. С этой целью производятся ежедневные измерения, и никакая новая инфраструктура для этого не нужна. Аналитика на основе этих данных в сочетании с климатическими и метеорологическими данными используется для составления прогнозов урожая конкретных хозяйств на 1–4 недели.

Потенциальные клиенты и пользователи

Средние и крупные коммерческие производители, выращивающие томаты в контролируемой среде (например, в теплицах).

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Источником дохода являются продажи роботов и ежемесячная абонентская плата за программное обеспечение. Есть также вариант, когда роботы и программное обеспечение предоставляются за общую ежемесячную плату по контракту на обслуживание. Финансирование предприятия в настоящее время производится за счет инвестиций акционеров.

Факторы, способствующие внедрению

Ценность информации о прогнозировании урожая для производителей. Колебания цен на томаты требуют точной оценки производственных мощностей, и по мере увеличения размеров хозяйств возникает потребность в специалистах по выращиванию томатов.

Факторы, препятствующие внедрению

Скептическое отношение к этой технологии со стороны некоторых производителей томатов. Доверие можно завоевать только со временем.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Программа Нидерландов в области знаний и инноваций поощряет инвестирование в инновации. В некоторых странах существуют законы, запрещающие обмен данными с другими странами, что затрудняет выход на определенные рынки.



Опрашиваемый:
Андреас Хофланд

ICT4BXW



Год основания:
2018



Количество пользователей в настоящее время:
более 7000



Где осуществляется операционная деятельность:
Руанда



Целевой сектор:
выращивание бананов

Оказываемые услуги

Широкий спектр консультационных и информационных услуг по вопросам производства бананов, включая электронное обучение. Услуги доступны как для смартфонов, так и для обычных телефонов и сопровождаются нецифровой информацией (например, бумажным календарем сельскохозяйственных культур). При сборе данных о ситуации в хозяйстве особое внимание уделяется диагностике и мониторингу фузариозного увядания банана. Фермеры, выращивающие бананы, регистрируются через приложение для Android, позволяющее им получать доступ к услугам, которые помогают специалистам по распространению сельскохозяйственных знаний и государственным чиновникам отслеживать случаи заболевания. ICT4BXW использует дроны для картографирования земель, на которых выращивают бананы, и сбора информации о возделываемых сортах и о пораженных болезнями растениях.

Потенциальные клиенты и пользователи

Мелкие фермеры, выращивающие бананы, местные специалисты по распространению знаний и правительство Руанды (в первую очередь исследователи и технические специалисты из Совета по развитию сельского хозяйства и животноводства Руанды).

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

В настоящее время компания нерентабельна. Услуга бесплатна и финансируется за счет пожертвований Федерального министерства по вопросам экономического сотрудничества и развития Германии, поэтому дохода это не приносит. Есть надежда, что в будущем Министерство сельского хозяйства Руанды вложит средства в эту технологию, чтобы затем перейти к комплексному оказанию услуг. Потенциальных бизнес-модели две:

i) ICT4BXW становится моделью общественного блага; или
ii) эти инструменты становятся частью более крупной цифровой экосистемы, за использование которой фермеры будут платить небольшие взносы, и какой-то процент выручки пойдет на финансирование услуг ICT4BXW. Налажены прочные партнерские отношения с коммерческими компаниями Atifu и VIAMO.

Факторы, способствующие внедрению

Растущий спрос на решения для диагностики и борьбы с фузариозным увяданием банана – болезнью, которая ставит под угрозу производство одной из главных продовольственных культур и источника дохода в Руанде. Кроме того, внедрению цифровых технологий способствуют расширение использования смартфонов и заинтересованность правительства в использовании этих технологий в сельскохозяйственном секторе.

Факторы, препятствующие внедрению

Ограниченное проникновение смартфонов и низкий уровень цифровой грамотности.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Правительство Руанды поощряет использование смартфонов фермерами и цифровизацию сельскохозяйственного сектора, проводя целенаправленную политику в этой области. Иногда оно также обеспечивает наращивание потенциала в области разработки и обслуживания цифровых решений.



Опрашиваемый:
Юлиус Адевопо

IGARA TEA



Год основания:
1969 (инвестиции в цифровые решения – с 2017 года)



Количество пользователей в настоящее время:
более 7000



Где осуществляется операционная деятельность:
Уганда



Целевой сектор:
чаеводство

Оказываемые услуги

Использование цифровых технологий: предоставление справочной информации о фермерах-чаеводах, о границах полей, землепользовании и растительном покрове; отслеживание, прослеживание и мониторинг производства чайного листа; оценка состояния здоровья чайного куста; моделирование производственных мощностей; предоставление информации кредиторам; индивидуальные консультации и электронные услуги по распространению знаний; содействие получению доступа к кредитам. В будущем предусмотрено создание устройств малой механизации для повышения точности операций и снижения трудоемкости некоторых видов работ, например работы сборщиков чайного листа.

Потенциальные клиенты и пользователи

Мелкие фермеры-чаеводы. Около 18 процентов пользователей составляют женщины; 65 процентов сельскохозяйственных работ выполняют молодые фермеры. В сфере переработки чайного листа более половины рабочей силы составляют женщины и молодежь. Потенциальными клиентами являются также банки и кредитные организации.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Первоначально компания финансировалась за счет грантов. В настоящее время доход формируется за счет продажи чая от имени фермеров-чаеводов. Igara Tea выступает в роли закупщика, перерабатывающего предприятия и продавца чая. Компания создает добавленную стоимость и продает чай на местных и международных рынках от имени своих акционеров (фермеров-чаеводов), которые продают ей свое сырье. Цифровизация помогает оптимизировать процесс закупок, обеспечивая экономию до 70 процентов затрат, связанных с квитанционными книжками, ручками, бумагой и т. д. Срок окупаемости инвестиций в цифровое

оборудование и программное обеспечение составил 1,5 года. Сегодня, не получая грантов, компания вкладывает средства в аппаратное и программное обеспечение.

Факторы, способствующие внедрению

Спрос на повышение определенности, прозрачности и своевременности со стороны покупателей, фермеров и работодателей. Повышение уровня развития сборщиков чайных листьев обусловлено увеличением затрат на рабочую силу.

Факторы, препятствующие внедрению

Ограниченные мощности в области переработки чайного листа препятствуют расширению производства; низкие цены на чай во всем мире; отсутствие у фермеров финансовых возможностей инвестировать в оборудование. Igara Tea рассматривает возможность разработки схемы совместного использования услуг механизации.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Правительство Уганды твердо намерено содействовать расширению использования технологических решений для решения задач в области развития страны. Однако получить финансовую поддержку правительства по-прежнему трудно. Высокий уровень бюрократии влечет повышение затрат; кроме того, в стране отсутствуют четкие правила и меры политики в отношении использования беспилотных летательных аппаратов.



Опрашиваемый:
Хальмус Овайесига

IOCROPS



Год основания:
2018



Количество пользователей в настоящее время:
более 200



Где осуществляется операционная деятельность:
Республика Корея



Целевой сектор:
растениеводство в закрытом грунте (например, тепличное выращивание томатов, болгарского перца и т.п.)

Оказываемые услуги

Автономные решения для управления растениеводством, включая климатический мониторинг в хозяйствах, занимающихся растениеводством в закрытом грунте; платформа для анализа данных и принятия решений; прогнозы и рекомендации по управлению растениеводством; автоматизированное выращивание культур; удаленное управление фермерскими хозяйствами по всему миру, при котором отпадает необходимость в присутствии специалиста по тепличному хозяйству на каждой ферме.

Потенциальные клиенты и пользователи

Средние и крупные тепличные хозяйства. По оценкам, в Республике Корея женщинам принадлежит менее 10 процентов теплиц, молодежи – менее 30 процентов.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Доход формируется за счет продаж датчиков и веб-решений. ioCrops также сдает в аренду автоматизированные теплицы и контролирует все операции по ведению тепличного хозяйства, включая управление климатом, руководство растениеводческим хозяйством, организацию труда и логистику на послеуборочном этапе. Большая часть инвестиций поступает от венчурных фондов; есть также небольшие субсидии.

Факторы, способствующие внедрению

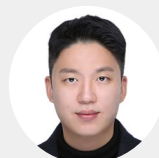
Растущая потребность в автоматизированных решениях, обусловленная увеличением размеров хозяйств. Увеличиваются площади тепличных хозяйств, а также численность крупных производителей. Молодое поколение более открыто для ИТ-решений. Заработная плата растет, а предложение рабочей силы сокращается.

Факторы, препятствующие внедрению

Некоторые фермеры скептически относятся к высокотехнологичным решениям. Существует также риск, что эта технология вытеснит из бизнеса мелких производителей.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Правительство Республики Корея вкладывает средства в высокотехнологичное тепличное хозяйство, что позволяет, в частности, организовать обучение операторов, а такие компании, как ioCrops, могут проводить свои эксперименты. В то же время правительство обеспокоено тем, что такие технологии нанесут ущерб мелким производителям, поэтому параллельно предпринимаются усилия по поддержанию более традиционных систем земледелия.



Опрашиваемый:
Ын Хён Чо

JUSTDIGGIT



Год основания:
2009



Количество пользователей в настоящее время:
более 700 000



Где осуществляется операционная деятельность:
Кения, Объединенная Республика Танзания



Целевой сектор:
выращивание деревьев и трав

Оказываемые услуги

Цифровые и коммуникационные решения (например, смс, приложения для телефонов, беспилотные летательные аппараты, спутниковые снимки, машинное обучение), способствующие крупномасштабному восстановлению ландшафтов в Африке, в том числе превращению деградированных пастбищ, которые использовались скотоводами масаи в Кении, в зеленые плодородные земли. С помощью этих технологий фермеры получают информацию о восстановлении ландшафта, отслеживают рост деревьев и изменение состояния ландшафтов с течением времени, а также могут рассчитать соответствующие объемы поглощения углерода. Justddigit также помогает женщинам продавать семена местных трав и сельскохозяйственных культур.

Потенциальные клиенты и пользователи

Мелкие фермеры и ведущие натуральное хозяйство фермеры и скотоводы. Justdiggit также работает с инструкторами (половина из них женщины), которые обучают фермеров методам агролесоводства и восстановления земель.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Justdiggit – некоммерческая организация, существующая за счет грантов. Сотрудничает с целой сетью медиа-партнеров, которые работают в Нидерландах и в Африке, занимаясь привлечением финансирования и повышением осведомленности. Justdiggit получает пожертвования от отдельных потребителей, частных компаний, более крупных учреждений и программ финансирования, а также от некоторых семейных фондов. Организация стабильно растет. Примерно за семь лет численность персонала увеличилась с 4 до 40 человек. Цель состоит в том, чтобы снизить зависимость от пожертвований и облегчить масштабирование.

Факторы, способствующие внедрению

Повышение осведомленности об изменении климата, которое идет ускоренными темпами. Предлагаемое решение способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и водообеспеченности, что положительно сказывается на доходах и источниках средств к существованию, а также уменьшает эрозию почв и снижает объемы поверхностного стока, повышая плодородие и увлажненность почв. Растет интерес к природно-ориентированным решениям и технологиям восстановления растительного покрова.

Факторы, препятствующие внедрению

Ограниченное проникновение смартфонов, отсутствие цифровой грамотности и ограниченный доступ в интернет. Часто требуется наращивание потенциала инструкторов в области цифровых технологий.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

В Кении дробление земельных участков может вызвать недоверие, поскольку землевладельцы решают, остается ли земля в общественной собственности или находится в частной собственности и делится на более мелкие участки.



Опрашиваемый:
Сандер де Хаас

LELY**Год основания:**
1948**Количество пользователей в настоящее время:**
более 25 000**Где осуществляется операционная деятельность:**
Австралия, Европа, Северная Америка**Целевой сектор:**
производство молочных продуктов

Оказываемые услуги

Робототехника и программные решения (в области управления) для молочного животноводства. В частности, компания поставляет стационарных роботов для доения, навозоудаления и кормления и разрабатывает решения для управления коровниками (для контроля выбросов газов), а также роботов для заготовки трав. Кроме того, программное обеспечение для управления предоставляет информацию и консультационные услуги по всем хозяйственным операциям, включая охрану здоровья и благополучие животных.

Потенциальные клиенты и пользователи

Средние и крупные молочные фермы (но не самые крупные).

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Доход формируется от продаж этих решений и контрактов на обслуживание. Компания предлагает схемы финансирования и аренды, которые позволяют расширить внедрение ее технологий фермерами. Финансирование также поступает по линии национальных грантов и грантов Европейского союза. Оборот оценивается в 650 млн евро, и значительная часть этих средств реинвестируется в исследования и инновации.

Факторы, способствующие внедрению

Спрос на более гибкий график и снижение трудоемкости работ; дефицит рабочей силы; соблюдение экологических норм (например, касающихся сокращения выбросов на молочных фермах); забота о благополучии животных; предоставление финансовых услуг; повышение энергоэффективности и использование возобновляемых источников энергии. Предлагаемые решения легко интегрируются в традиционные системы хозяйствования.

Факторы, препятствующие внедрению

Не указаны.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

С одной стороны, политическими факторами, способствующими внедрению, являются экологические нормы и правила в области обеспечения благополучия животных, а программы субсидий ориентированы на поддержку технологий, снижающих выбросы из коровников. С другой стороны, процесс внедрения может идти медленно, поскольку фермеры, прежде чем инвестировать средства, ждут получения субсидий. Для обсуждения новых правил в области свободного передвижения и естественного поведения животных необходимы новые стратегии адаптации решений по доению, предлагаемых в настоящее время.

**Опрашиваемый:**
Мартийн Брюггеман

SEED INNOVATIONS



Год основания:
2019



Количество пользователей в настоящее время:
1500



Где осуществляется операционная деятельность:
Непал



Целевой сектор:
растениеводство

Оказываемые услуги

Приложение для Android – PlantSat – позволяет фермерам использовать аналитику спутниковых данных для мониторинга урожайности, в том числе для выявления таких угроз, как дефицит или избыток воды и питательных веществ, а также для получения доступа к агрономической информации и обмена ею. Комплексные услуги включают: выявление производственных рисков, расчет содержания азота и водного режима растений, рассылку уведомлений в календаре фермера, помощь экспертов, информацию о погоде и регистрацию данных хозяйства. Будучи упрощенным комплексным сервисным решением, это приложение уменьшает потребность в подключении к источникам данных (автономный ввод данных) и снижает стоимость операций (например, за счет ограничения места на сервере, необходимого для хранения элементов данных).

Потенциальные клиенты и пользователи

В основном средние и крупные хозяйства, которым необходимы консультационные услуги на базе спутниковых данных, и рыночно-ориентированные мелкие производители, которым нужны консультационные услуги общего характера.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

В настоящее время предлагаемое решение предоставляется фермерам бесплатно. В будущем предполагается организовать платную годовую подписку для страховых компаний, которые получают доступ к собираемой информации и смогут с ее помощью отслеживать показатели урожая и производительность труда фермеров, а также право на получение страховых выплат. Примерно 40 процентов финансирования поступает за счет грантов.

Факторы, способствующие внедрению

Снижение потребности в подключении к интернету и низкая стоимость решения.

Факторы, препятствующие внедрению

Скептическое отношение к новым технологиям.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Правительство Непала помогает малоимущим фермерам получить услуги страхования, субсидируя 75 процентов их страховых взносов. Кроме того, в стране нет строгих правил защиты конфиденциальности, безопасности данных или интеллектуальной собственности, которые могли бы замедлить процесс внедрения.



Опрашиваемый:
Суман Гхимире

SEETREE



Год основания:
2017



Количество пользователей в настоящее время:
более 3000



Где осуществляется операционная деятельность:
Бразилия, Греция, Испания, Мексика, Португалия, Соединенные Штаты Америки (анализ данных, НИОКР в Израиле), Чили, Южно-Африканская Республика



Целевой сектор:
выращивание фруктовых и ореховых деревьев

Оказываемые услуги

Цифровые решения на основе информационной платформы, используемые для мониторинга состояния деревьев, оптимизации роста плодов, управления запасами и производством, оценки урожайности, отслеживания хозяйственных операций и оценки их воздействия.

Потенциальные клиенты и пользователи

В основном крупные производители, а также (в целях охвата мелких производителей) кооперативы, занимающиеся выращиванием фруктов.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Доход формируется за счет годовой подписки на доступ к информационной платформе через веб- или мобильное приложение. Эти услуги помогают производителям использовать ресурсы в строго необходимых количествах, управлять запасами и эффективнее использовать рабочее время. В настоящее время платформа генерирует годовой доход в размере 30–100 долл. США на гектар; чем больше размер землевладения, тем ниже цена за гектар.

Факторы, способствующие внедрению

Огромный спрос со стороны крупных производителей, имеющих обширные земельные владения, на решения, повышающие производительность и эффективность использования ресурсов, а также снижающие неопределенность в отношении урожайности и рыночных цен. Растет также интерес к услугам по связыванию углерода с целью получения углеродных квот.

Факторы, препятствующие внедрению, препятствующие внедрению

Скептическое отношение к цифровым технологиям и невысокий уровень цифровой грамотности производителей, не позволяющий им оценить преимущества предлагаемого решения на демонстрационных площадках. Кроме того, производители считают, что для выполнения рекомендаций, составленных в результате принятия решений на основе больших данных и контактов с местными участниками производственно-сбытовой цепочки, им нужен некий единый центр. В ряде регионов слабые рыночные связи между поставщиками факторов производства замедляют процесс внедрения и не позволяют некоторым производителям получить доступ к рекомендациям и выполнить их.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Неприменимо.



Опрашиваемый:
Исраэль Талпаз

SOWIT



Год основания:
2017



Количество пользователей в настоящее время:
более 17 490



Где осуществляется операционная деятельность:
Марокко, Сенегал, Тунис, Эфиопия



Целевой сектор:
выращивание фруктов, злаков, рапса

Оказываемые услуги

Инструменты для поддержки принятия решений и аналитическая информация, в основном касающаяся орошения, внесения удобрений и оценки урожайности.

Потенциальные клиенты и пользователи

Крупные агропредприятия, средние и мелкие фермерские хозяйства. В Марокко более 20 процентов обслуживаемых фермеров составляют женщины. Среди сотрудников SOWIT доля женщин также достаточно велика (44 процента), и все сотрудники являются молодыми людьми.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Доходы формируются за счет годовой подписки. Годовая цена за гектар варьируется (10–70 долл. США) в зависимости от количества необходимых инструментов для поддержки принятия решений, включая многоязычные мобильные и веб-интерфейсы. С момента своего создания SOWIT обеспечивает финансирование за счет привлечения акционерного капитала и грантов агентств по развитию, таких как Агентство Соединенных Штатов по международному развитию. В 2021 году грантовое финансирование составляло 25 процентов оборота.

Факторы, способствующие внедрению

Влияние изменения климата и других факторов на доступность воды для орошения и возрастающая потребность в оптимизации ее использования. Это создает необходимость в системе, которая могла бы давать ежедневные рекомендации по орошению на конкретном участке. Кроме того, с помощью этого решения можно оптимизировать использование удобрений, стоимость которых также растет. Страховым компаниям необходима возможность предложить доступные по цене полисы

страхования урожая. SOWIT предлагает альтернативу страхованию на основе погодных индексов, поскольку может предоставлять оценки урожая, составленные с учетом реальной ситуации. Фермер может застраховать свои посевы из расчета ожидаемой урожайности, которая соответствует средней урожайности в конкретной агроклиматической зоне.

Факторы, препятствующие внедрению

В Марокко – препятствия для импорта технологий и ограниченные возможности цифровых платежей для клиентов.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

В Марокко правительство инвестирует в инновации в сельскохозяйственном секторе: например, поощряет сельскохозяйственное предпринимательство среди молодежи, повышает роль сельскохозяйственных кооперативов и создает новые субсидии для поддержки цифровых решений. В частности, стратегия "Зеленое поколение 2020–2030" призвана обеспечить подключение двух миллионов фермеров к цифровым платформам, в том числе к SOWIT. При этом отсутствие правил, касающихся использования беспилотных летательных аппаратов, является препятствием для развития этой технологии. По этой причине SOWIT переключилась на технологию спутникового дистанционного зондирования.



Опрашиваемый:
Хамза Ркха Шахам

TRASEABLE SOLUTIONS



Год основания:
2018



Количество пользователей в настоящее время:
более 2000



Где осуществляется операционная деятельность:
Вануату, Острова Кука, Папуа – Новая Гвинея, Самоа, Соломоновы Острова, Тонга, Фиджи



Целевой сектор:
растениеводство, производство тунца, производство древесины

Оказываемые услуги

Набор цифровых инструментов, которые обеспечивают фермеров информацией о сельском хозяйстве, а также об их собственной ферме, включая ресурсы, запасы, продажи и расходы. Это решение также помогает создавать рыночные связи. Кроме того, компания предлагает решение для тунцового промысла, предусматривающее мечение и отслеживание тунца во всей производственно-сбытовой цепочке. Решение включает управление рыбопромысловым флотом, предоставление информации об экипаже, эксплуатационных расходах, расходах на техническое обслуживание, о вылове тунца и т.д.

Потенциальные клиенты и пользователи

В основном мелкие производители, а также некоторые хозяйства средних размеров, фермерские организации и предприятия агробизнеса (в основном занимающиеся экспортом сырьевых товаров). Примерно 40 и 15 процентов пользователей составляют, соответственно, женщины и молодежь. Клиентами являются в основном организации-разработчики, заинтересованные в получении данных регионального масштаба.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Фермеры могут скачать необходимое им программное обеспечение бесплатно, но для фермерских организаций, агропредприятий, рыбных хозяйств и перерабатывающих предприятий, желающих получить доступ к услугам, многоуровневая подписка платная. Компания предоставляет консультационные услуги, оплата за которые формирует основную часть выручки, и получила гранты для финансирования своего бизнеса.

Факторы, способствующие внедрению

Растущий интерес производителей, особенно экспортеров, к дешевому и эффективному сбору данных; растущий интерес фермерских организаций к наращиванию потенциала и к получению консультационных услуг; необходимость соблюдения правил обеспечения безопасности и прослеживаемости пищевых продуктов. Пандемия COVID-19 ускорила процесс внедрения цифровых решений и повысила интерес к ним. Агентства по развитию высоко оценивают возможности TraSeable Solutions в области создания региональных сетей и сбора данных.

Факторы, препятствующие внедрению

Строгие правила в области обработки данных затрудняют создание цифровых решений и управление ими. Уровень цифровой грамотности фермеров низок.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Не указано.



Опрашиваемый:
Кеннет Катафоно

TROTRO TRACTOR



Год основания:
2016



Количество пользователей в настоящее время:
75 000



Где осуществляется операционная деятельность:
Бенин, Гана, Замбия, Зимбабве, Нигерия, Того



Целевой сектор:
производство полевых культур

Оказываемые услуги

Цифровая платформа, помогающая мелким производителям найти нужную им сельхозтехнику и оборудование и связаться с владельцами, у которых их можно взять напрокат. Недавно свои услуги начали предлагать владельцы дронов (например, картографирование и обработка с воздуха). Все машины оснащены устройством отслеживания интернета вещей (ИВ) TROTRO.

Потенциальные клиенты и пользователи

Мелкие фермеры, а также некоторые средние и крупные хозяйства; все чаще – компании, организующие ведение сельского хозяйства на контрактной основе. Почти 40 процентов клиентов – женщины, и компания хотела бы, чтобы их доля увеличивалась.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Основные источники дохода – комиссионные за посредничество (10 процентов с каждой транзакции), получаемые с каждой сделки по сдаче сельхозтехники в аренду. Дополнительный доход формируется за счет продажи устройства ИВ для отслеживания, оснащенного ГНСС (покупка этого устройства обязательна для владельцев оборудования, сдающих его в аренду через платформу компании). Компания прибыльна во всех странах, где она работает, за исключением Ганы; возможно, это объясняется тем, что там лишь около 40 процентов зарегистрированных пользователей являются постоянными клиентами. Компания также получает гранты, которые использует в основном для расширения бизнеса.

Факторы, способствующие внедрению

Большинство мелких фермеров, желающих механизировать свое хозяйство, не могут позволить себе приобрести

тракторы, поэтому им приходится брать их в аренду. Платформа обеспечивает прозрачность и надежный доступ, т.е. преимущества, которые невозможно получить в рамках обычных рыночных механизмов. Этой услугой все чаще пользуются женщины-фермеры, поскольку она защищает их от дискриминации, обусловленной социальными нормами. Молодые фермеры также предпочитают этот сервис, поскольку они, как правило, более динамичны и открыты для инновационных решений; некоторые молодые люди учатся на трактористов. Пандемия COVID-19 ускорила цифровизацию сельского хозяйства и стимулировала внедрение этого решения. Использование беспилотных летательных аппаратов способствует росту спроса со стороны фермеров на точные данные о земельных наделах, которые помогают им получить доступ к финансированию, кредитам и страхованию.

Факторы, препятствующие внедрению

Повышение цен на топливо, из-за которого сервис становится недоступным для некоторых фермеров; отсутствие кредитов и финансирования для операторов, которые могли бы купить технику и сдавать ее в аренду фермерам. Плохая дорожная инфраструктура может препятствовать передвижению техники, которое сделало бы сервис доступным в разных районах.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Механизации способствовало предоставление фермерам субсидий и стимулов для производства основных культур, а также инвестиции в инфраструктуру и цифровые технологии.



Опрашиваемый:
Камал Якуб

TUN YAT



Год основания:
2017



Количество пользователей в настоящее время:
более 20 000



Где осуществляется операционная деятельность:
Мьянма



Целевой сектор:
в основном рисоводство, выращивание бобов мунг, кунжута, арахиса, кукурузы

Оказываемые услуги

Услуги механизации как в дельте реки, так и в засушливых районах Мьянмы. Компания Tung Yat располагает собственным парком тракторов и выступает посредником между владельцами машин и фермерами.

Потенциальные клиенты и пользователи

В основном мелкие производители, но также и средние фермерские хозяйства. Примерно 30 процентов клиентов составляют женщины и 25–30 процентов – молодежь в возрасте до 30 лет.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Доход формируется за счет оплаты услуг (плата взимается либо за каждый акр обрабатываемой площади, либо за час работы). Самую высокую прибыль приносит непосредственное оказание услуг с использованием собственного парка техники. Услуги по подбору партнеров менее прибыльны. Tung Yat также получает доход от проведения исследований в Юго-Восточной Азии.

Факторы, способствующие внедрению

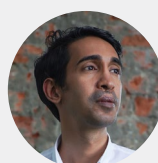
Фермеры не могут позволить себе приобрести собственную технику; ненадежное техническое обслуживание этой техники; увеличение проникновения мобильных телефонов и смартфонов.

Факторы, препятствующие внедрению

Рост цен на факторы производства и топливо; как только пользователи познакомятся друг с другом, услуга Tung Yat по подбору партнеров становится им не нужна; низкий уровень цифровой грамотности и отсутствие связи с интернетом; низкий уровень доверия (например, к мобильным платежам); необходимость обучения пользованию технологиями и наращивания потенциала.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Правительство Мьянмы намерено проводить политику цифровизации, но нынешняя политическая неопределенность препятствует инновациям и инвестициям. Кроме того, существующие меры политики, связанные с цифровизацией и использованием данных, в большей степени ориентированы на кибербезопасность и надзор, что также может замедлить процесс внедрения.



Опрашиваемый:
Худжат Надараджа

URBANAGROW



Год основания:
2019



Количество пользователей в настоящее время:
НЕИЗВЕСТНО



Где осуществляется операционная деятельность:
Чили



Целевой сектор:
выращивание листовой зелени

Оказываемые услуги

Модульные установки для вертикального растениеводства в строго контролируемой среде. Выращивается преимущественно листовая зелень, например, салат-латук и базилик. На фермах используются светодиодные лампы и датчики для контроля температуры и влажности, а также система рециркуляции воды, которая минимизирует водопотребление. Производство адаптировано к потребностям клиентов.

Потенциальные клиенты и пользователи

Все операторы в конце продовольственной товаропроводящей цепочки, включая розничные торговые точки, супермаркеты, рестораны, потребителей и иногда правительства, которые заинтересованы в производстве свежей листовой зелени для продажи или для собственного потребления.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

Пока эта технология находится на этапе становления, но скоро выйдет на рынок. Поддержку также оказывают иностранные партнеры (например, Институт Фраунгофера, Германия). Компания планирует продавать модульные фермы, оснащенные всем необходимым для выращивания в контролируемой среде тех видов овощей и в тех количествах, которые необходимы каждому конкретному клиенту.

Факторы, способствующие внедрению

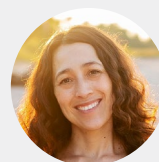
Растущий спрос на свежие овощи, особенно в более отдаленных районах, где из-за климатических условий ведение сельского хозяйства невозможно. Технология также помогает удовлетворить растущий спрос на экологически чистые, высококачественные, безопасные и свежие овощи. Все более широкое внедрение технологии 5G будет этому способствовать, поскольку для работы таких ферм нужно хорошее качество связи.

Факторы, препятствующие внедрению

Скептическое отношение к сельскому хозяйству в контролируемой среде со стороны некоторых сельхозпроизводителей и потребителей. Кроме того, люди плохо осведомлены об изменении климата и о других экологических проблемах, что снижает ценность этой услуги.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Повышение экологических стандартов в сельском хозяйстве стимулирует внедрение, но отсутствие четких правил использования агрохимикатов позволяет конкурентам производить продукцию хотя и более низкого качества, но по более низким ценам.



Опрашиваемые:
Марикус Ларрера и Эдуардо Васкес

ZLTO



Год основания:
2013



Количество пользователей в настоящее время:
13 000



Где осуществляется операционная деятельность:
Нидерланды



Целевой сектор:
садоводство, животноводство (в том числе молочное), производство полевых культур

Оказываемые услуги

Техническая помощь и консультирование по вопросам цифровизации и обработки данных. В сотрудничестве с Нидерландским агентством предпринимательства (RVO), организация фермеров "Южная организация сельского хозяйства и садоводства" (ZLTO) также связывает фермеров с поставщиками и оказывает поддержку внедрению инноваций в фермерских хозяйствах. Основными направлениями являются прецизионное земледелие и животноводство.

Потенциальные клиенты и пользователи

Члены организации. Основными направлениями деятельности являются садоводство, свиноводство, производство молочной продукции и выращивание полевых культур.

Бизнес-модель и финансовая устойчивость

К ZLTO непосредственно неприменимо, поскольку организация не является поставщиком технологий.

Факторы, способствующие внедрению

Знакомство с информационно-коммуникационными технологиями (ИКТ) и интерес к ним среди молодых фермеров. Другим фактором является ситуация на рынке рабочей силы: неквалифицированных работников не хватает, что стимулирует внедрение роботизации и автоматизации, а квалифицированных кадров, которые хотят и могут работать с цифровыми технологиями, очень много.

Факторы, препятствующие внедрению

Фермеры плохо понимают преимущества инвестирования в технику и цифровые технологии. Существует неопределенность относительно денежной отдачи от инвестиций в новое оборудование и в обучение работе с ним.

Политика как препятствие или благоприятствующий фактор

Никаких препятствий для внедрения, которые были бы связаны с политикой, не ощущается. Если же говорить о благоприятствующих факторах, то ZLTO реализует проекты по распространению информации о прецизионном земледелии, автоматизации и робототехнике. Европейский союз также проводит политику обмена сельскохозяйственными данными и рассматривает возможность превращения их в общественное благо.



Опрашиваемые:
Петер Паре, ZLTO, и Фольквин Полемен, RVO

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ТАБЛИЦЫ

ТАБЛИЦА А2.1 КОЛИЧЕСТВО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ТРАКТОРОВ НА 1000 ГА ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ, ПОСЛЕДНИЕ ИМЕЮЩИЕСЯ ДАННЫЕ

СТРАНА/ ТЕРРИТОРИЯ	Год	Кол-во тракторов (ед.)	Площадь пахотных земель (тыс. га)	Количество используемых тракторов на 1000 га пахотных земель
ВСЬ МИР				
АФРИКА				
Северная Африка				
Алжир	2008	104 529	7 489	14,0
Египет*	2009	110 304	2 884	38,2
Ливия	2000	39 733	1 815	21,9
Марокко	1999	43 226	8 818	4,9
Тунис*	2008	42 783	2 835	15,1
Западная Сахара	1975	11	2	5,5
Субсахарская Африка				
Восточная Африка				
Бурунди	1992	170	930	0,2
Джибути	2006	6	1	4,6
Эритрея	2000	463	560	0,8
Кения	2002	12 844	5 091	2,5
Мадагаскар	2004	550	2 950	0,2
Малави	1968	692	1 800	0,4
Маврикий	1968	283	100	2,8
Майотта	2003	14	7	1,9
Мозамбик	1970	4 193	2 785	1,5
Руанда	2002	56	1 116	0,1
Реюньон	2005	2 941	35	84,0
Сейшельские Острова	1974	30	1	30,0
Сомали	2006	1 371	1 140	1,2
Уганда	1977	2 076	4 023	0,5
Объединенная Республика Танзания	2002	21 207	8 600	2,5
Замбия	1987	5 628	2 568	2,2
Зимбабве	1997	22 496	3 500	6,4
Центральная Африка				
Ангола	1971	8 108	2 900	2,8
Камерун	1991	508	5 950	0,1
Центральноафриканская Республика	1969	56	1 760	0,0
Чад	1965	27	2 897	0,0
Конго	1974	647	526	1,2
Демократическая Республика Конго	1971	1 062	6 470	0,2
Сан-Томе и Принсипи	1971	117	1	117,0



ТАБЛИЦА А2.1 (Продолжение)

СТРАНА/ ТЕРРИТОРИЯ	Год	Кол-во тракторов (ед.)	Площадь пахотных земель (тыс. га)	Количество используемых тракторов на 1000 га пахотных земель
Южная часть Африки				
Ботсвана	2008	3 371	279	12,1
Эсватини	2007	1 550	178	8,7
Лесото	1995	2 000	320	6,3
Южно-Африканская Республика	2004	63 200	13 300	4,8
Западная Африка				
острова Вознесения, Святой Елены и Тристан-да-Кунья	1996	12	4	3,0
Бенин	1998	182	2 250	0,1
Буркина-Фасо	1995	1 933	3 380	0,6
Кабо-Верде	2004	56	48	1,2
Кот-д'Ивуар	2001	8 981	2 800	3,2
Гамбия*	2009	100	428	0,2
Гана	2005	1 807	4 076	0,4
Гвинея	2000	5 388	2 149	2,5
Гвинея-Бисау	1996	19	270	0,1
Мали	2007	1 300	5 808	0,2
Мавритания	2006	390	400	1,0
Нигер*	2006	375	14 137	0,0
Нигерия	2007	24 800	37 000	0,7
Сенегал	2004	645	2 987	0,2
Сьерра-Леоне	1997	81	484	0,2
Того*	2008	159	2 340	0,1
АМЕРИКА				
Страны Латинской Америки и Карибского бассейна				
Карибский бассейн				
Антигуа и Барбуда	1976	228	3	76,0
Багамские Острова	1996	98	6	16,3
Барбадос	1989	577	16	36,1
Британские Виргинские острова	1987	3	3	1,0
Куба	2007	72 602	3 573	20,3
Доминика	1968	54	7	7,7
Доминиканская Республика*	2009	51	800	0,1
Гренада	1999	12	1	12,0
Гваделупа	2005	853	19	44,9
Гаити	1998	146	900	0,2
Ямайка	1970	1 745	145	12,0
Мартиника	2005	873	10	87,3
Монтсеррат	1987	12	2	6,0
Пуэрто-Рико	2007	3 255	37	88,2



ТАБЛИЦА А2.1 (Продолжение)

СТРАНА/ ТЕРРИТОРИЯ	Год	Кол-во тракторов (ед.)	Площадь пахотных земель (тыс. га)	Количество используемых тракторов на 1000 га пахотных земель
Сент-Китс и Невис*	2009	26	4	6,5
Сент-Люсия	2007	14	2	5,8
Сент-Винсент и Гренадины	2003	112	2	56,0
Тринидад и Тобаго	2004	5 129	26	197,3
Виргинские острова США	2007	119	1	119,0
Центральная Америка				
Белиз	1985	940	43	21,9
Коста-Рика	1973	5 432	283	19,2
Сальвадор	1971	2 642	488	5,4
Гватемала	1970	3 150	1 100	2,9
Гондурас	2000	5 200	1 068	4,9
Мексика	2007	238 830	23 519	10,2
Никарагуа	1997	2 700	1 750	1,5
Панама	2000	8 066	548	14,7
Южная Америка				
Аргентина	2002	244 320	27 862	8,8
Боливия (Многонациональное Государство)	2000	6 000	3 144	1,9
Бразилия	2006	788 053	48 914	16,1
Чили	2007	53 915	1 262	42,7
Колумбия	1997	21 000	2 539	8,3
Эквадор	2000	14 652	1 616	9,1
Французская Гвиана	2005	317	12	26,4
Гайана	1977	3 401	422	8,1
Парагвай	2008	25 823	3 757	6,9
Перу	1995	13 191	3 740	3,5
Суринам*	2009	1 037	58	17,9
Уругвай	2008	36 465	1 826	20,0
Венесуэла (Боливарианская Республика)	1977	33 888	2 964	11,4
Северная Америка				
Бермудские острова	1998	45	0	112,5
Канада	2006	733 182	39 283	18,7
Соединённые Штаты Америки	2007	4 389 812	161 780	27,1
АЗИЯ				
Центральная Азия				
Казахстан	2007	40 228	28 641	1,4
Кыргызстан	2008	24 445	1 280	19,1
Таджикистан	2008	15 951	741	21,5
Туркменистан	1993	52 304	1 586	33,0



ТАБЛИЦА А2.1 (Продолжение)

СТРАНА/ ТЕРРИТОРИЯ	Год	Кол-во тракторов (ед.)	Площадь пахотных земель (тыс. га)	Количество используемых тракторов на 1000 га пахотных земель
Восточная Азия				
Китай*	2000	13 688 736	119 666	114,4
Китай, САР Гонконг*	1996	4	6	0,7
Китай (материковый)*	2009	21 024 788	121 385	173,2
Корейская Народно-Демократическая Республика	1984	67 500	2 285	29,5
Япония	2005	1 910 724	4 360	438,2
Монголия	2008	3 232	1 197	2,7
Республика Корея	2008	253 531	1 565	162,0
Китайская провинция Тайвань	2009	47 004	595	79,0
Юго-Восточная Азия				
Бруней-Даруссалам	1983	72	3	24,0
Камбоджа	2008	4 611	3 700	1,2
Индонезия	2002	4 097	20 081	0,2
Лаосская Народно-Демократическая Республика	1981	664	780	0,9
Малайзия	1995	43 295	901	48,1
Мьянма*	2009	160 506	10 794	14,9
Филиппины*	2002	1 528 053	4 935	309,6
Таиланд	2002	697 956	15 389	45,4
Тимор-Лешти	1997	90	127	0,7
Вьетнам	2000	162 746	6 200	26,2
Южная Азия				
Афганистан	2009	223	7 793	0,0
Бангладеш	2006	3 000	7 880	0,4
Бутан	2008	136	100	1,4
Индия*	2003	2 812 200	159 799	17,6
Иран (Исламская Республика)	2007	308 422	16 869	18,3
Непал*	2008	37 872	2 220	17,1
Пакистан	2006	439 741	30 320	14,5
Шри-Ланка	1982	13 976	857	16,3
Западная Азия				
Армения*	2009	14 777	449	32,9
Азербайджан	2009	21 542	1 874	11,5
Бахрейн*	2007	21	1	15,0
Кипр	2003	11 717	112	104,6
Грузия*	2007	40 100	463	86,6
Ирак	2001	72 775	4 300	16,9
Израиль*	2009	21 591	304	71,0
Иордания	2008	5 483	150	36,7



ТАБЛИЦА А2.1 (Продолжение)

СТРАНА/ ТЕРРИТОРИЯ	Год	Кол-во тракторов (ед.)	Площадь пахотных земель (тыс. га)	Количество используемых тракторов на 1000 га пахотных земель
Кувейт	2008	109	11	9,6
Ливан	1999	8 256	129	64,0
Оман	2004	201	29	6,9
Палестина	2008	7 756	83	93,4
Катар	2005	73	12	6,3
Саудовская Аравия	1998	9 792	3 637	2,7
Сирийская Арабская Республика	2008	109 890	4 699	23,4
Турция*	2008	1 070 746	21 555	49,7
Объединенные Арабские Эмираты	2000	380	60	6,3
Йемен	2000	6 340	1 545	4,1
ЕВРОПА				
Восточная Европа				
Беларусь	2009	48 100	5 544	8,7
Болгария	2008	53 100	3 088	17,2
Чехия	2007	83 813	2 626	31,9
Венгрия*	2005	128 250	4 601	27,9
Польша	2009	1 577 290	12 066	130,7
Республика Молдова*	2009	35 984	1 817	19,8
Румыния	2009	176 841	8 789	20,1
Российская Федерация	2009	329 980	121 649	2,7
Словакия	2008	21 372	1 382	15,5
Украина*	2009	369 131	32 478	11,4
Северная Европа				
Дания	2005	113 402	2 332	48,6
Эстония	2006	33 744	559	60,4
Финляндия	2005	175 232	2 237	78,4
Исландия	2009	11 432	124	92,2
Ирландия	2005	174 800	1 184	147,6
Латвия	2007	59 562	1 188	50,1
Литва*	2009	118 041	2 054	57,5
Норвегия	2005	132 673	862	153,9
Швеция	2005	159 590	2 687	59,4
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии	1989	509 780	6 702	76,1
Южная Европа				
Албания*	2009	7 883	609	12,9
Андорра	2009	353	1	458,4
Босния и Герцеговина	1996	29 000	900	32,2
Хорватия	2002	4 242	858	4,9
Греция	2006	259 613	2 584	100,5



ТАБЛИЦА А2.1 (Продолжение)

СТРАНА/ ТЕРРИТОРИЯ	Год	Кол-во тракторов (ед.)	Площадь пахотных земель (тыс. га)	Количество используемых тракторов на 1000 га пахотных земель
Италия	2002	1 754 401	8 287	211,7
Мальта*	2002	2 012	9	223,6
Северная Македония	2007	53 606	431	124,4
Португалия	2005	176 394	1 305	135,1
Сербия	2008	5 844	2 661	2,2
Словения*	2005	108 461	176	616,3
Испания*	2009	1 320 599	12 497	105,7
Западная Европа				
Австрия*	2005	432 177	1 381	313,0
Бельгия	2005	95 010	843	112,7
Франция	2005	1 176 425	18 378	64,0
Германия*	2009	681 200	11 945	57,0
Лихтенштейн	1990	446	4	111,5
Люксембург*	2009	6 527	62	105,7
Нидерланды	2005	144 600	1 111	130,2
Швейцария*	2009	163 600	406	403,0
ОКЕАНИЯ				
Австралия и Новая Зеландия				
Австралия	1974	332 560	14 778	22,5
Новая Зеландия	1986	81 441	2 585	31,5
Меланезия				
Фиджи	2008	5 983	169	35,4
Новая Каледония	2002	1 941	7	285,4
Папуа-Новая Гвинея	1997	1 160	197	5,9
Соломоновы Острова	1990	8	11	0,7
Вануату	1971	35	15	2,3
Микронезия				
Гуам*	2007	84	1	84,0
Кирибати	1975	14	2	7,0
Северные Марианские острова	2007	99	0	396,0
Полинезия				
Американское Самоа	2003	36	4	9,3
Острова Кука	1998	165	2	82,5
Французская Полинезия	1995	273	3	91,0
Ниуэ	1984	10	1	10,0
Самоа	2002	94	13	7,2
Тонга	2004	243	15	16,2

ПРИМЕЧАНИЕ. Собранные данные относятся к трем типам тракторов (колесный, гусеничный и тягач); для стран, отмеченных звездочкой (*), по состоянию на 2000 год был включен четвертый тип трактора (пешеходный).

ПРИМЕЧАНИЯ

ГЛОССАРИЙ

1 Klerkx, L., Jakku, E. & Labarthe, P. 2019. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91: 100315.

<https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>

2 Schroeder, K., Lampietti, J. & Elabed, G. 2021. *What's cooking: Digital transformation of the agrifood system*. Washington, DC, World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35216>

3 Birner, R., Daum, T. & Pray, C. 2021. Who drives the digital revolution in agriculture? A review of supply-side trends, players and challenges. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 43(4): 1260–1285.

<https://doi.org/10.1002/aep.13145>

4 Santos Valle, S. & Kienzle, J. 2020. *Agriculture 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production*. Integrated Crop Management No. 24. Rome, FAO.

www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf

5 FAO. 2016. *Sustainable agricultural mechanization*. Fact Sheet.

Rome. www.fao.org/3/i6167e/i6167e.pdf

6 FAO & AUC (African Union Commission). 2018. *Sustainable agricultural mechanization: A framework for Africa*. Addis Ababa.

www.fao.org/3/CA1136EN/ca1136en.pdf

7 ФАО. 2021. *Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства хозяйства – 2021. Повышение жизнестойкости агропродовольственных систем в условиях потрясений и стрессов*. Рим. <https://doi.org/10.4060/cb4476ru>

8 Lowenberg-DeBoer, J. 2022. *Economics of adoption for digital automated technologies in agriculture*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-10. Rome, FAO.

9 Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M. 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO.

10 FAO. 2017. *Conservation agriculture*. Fact Sheet. Rome.

www.fao.org/3/i7480en/i7480EN.pdf

11 ISPA (International Society of Precision Agriculture). 2021. Precision Ag Definition. См.: ISPA. Monticello, IL, USA. По состоянию на 20 декабря 2021 года. www.ispag.org/about/definition

12 Lowenberg-DeBoer, J., Huang, I.Y., Grigoriadis, V. & Blackmore, S. 2020. Economics of robots and automation in field crop production. *Precision Agriculture*, 21(2): 278–299.

<https://doi.org/10.1007/s11119-019-09667-5>

13 Rose, D. 2022. *Agricultural automation: the past, present and future of adoption*. *The State of Food and Agriculture 2022, background paper*. Internal document.

14 McCampbell, M. 2022. *Agricultural digitalization and automation in low- and middle-income countries: Evidence from ten case studies*.

Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 25. Rome, FAO.

ГЛАВА 1

1 ISPA. 2021. Precision Ag Definition. См.: ISPA. Monticello, IL, USA. По состоянию на 20 декабря 2021 года.

www.ispag.org/about/definition

2 Mazoyer, M. & Roudart, L. 2006. *A history of world agriculture: From the Neolithic Age to the current crisis*. New York, NYU Press.

3 Pingali, P. 2007. Chapter 54 Agricultural mechanization: Adoption patterns and economic impact. См.: R. Evenson & P. Pingali, eds.

Handbook of agricultural economics, pp. 2779–2805. Amsterdam, Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0072\(06\)03054-4](https://doi.org/10.1016/S1574-0072(06)03054-4)

4 Hurt, R.D. 1982. *American farm tools: From hand power to steam power*. Sunflower University Press. Manhattan, KS, USA.

5 Daum, T., Huffman, W. & Birner, R. 2018. *How to create conducive institutions to enable agricultural mechanization: A comparative historical study from the United States and Germany*. Economics Working Paper. Ames, USA, Department of Economics, Iowa State University.

https://lib.dr.iastate.edu/econ_workingpapers/47

6 Johnson, D.G. 2000. Population, food, and knowledge. *The American Economic Review*, 90(1): 1–14. www.jstor.org/stable/117278

7 Michaels, G., Rauch, F. & Redding, S.J. 2012. Urbanization and structural transformation. *The Quarterly Journal of Economics*, 127(2): 535–586. www.jstor.org/stable/23251993

8 Gollin, D., Parente, S. & Rogerson, R. 2002. The role of agriculture in development. *The American Economic Review*, 92(2): 160–164. www.jstor.org/stable/3083394

- 9 Lewis, W.A.** 1954. Economic development with unlimited supplies of labour. *The Manchester School*, 22(2): 139–191. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1954.tb00021.x>
- 10 USDA Economic Research Service.** 2021. Agriculture and its related industries provide 10.3 percent of U.S. employment. См.: *USDA*. Washington, DC. По состоянию на 22 апреля 2022 года. www.ers.usda.gov/data-products/chart-gallery/gallery/chart-detail/?chartId=58282
- 11 Lowenberg-DeBoer, J. & Erickson, B.** 2019. Setting the record straight on precision agriculture adoption. *Agronomy Journal*, 111(4): 1552–1569. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0779>
- 12 Kumar, P., Lorek, T., Olsson, T.C., Sackley, N., Schmalzer, S. & Laveaga, G.S.** 2017. Roundtable: New Narratives of the Green Revolution. *Agricultural History*, 91(3): 397–422. https://www.academia.edu/36689104/Roundtable_New_Narratives_of_the_Green_Revolution_Agricultural_History_91_3_Summer_2017_pp_397_422
- 13 Shiva, V.** 1991. *The violence of the green revolution: Third World agriculture, ecology and politics*. London, Zed Books.
- 14 FAO.** 2016. *Sustainable agricultural mechanization*. Fact Sheet. Rome. www.fao.org/3/i6167e/i6167e.pdf
- 15 Santos Valle, S. & Kienzle, J.** 2020. *Agriculture 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production*. Integrated Crop Management No. 24. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf
- 16 Gan, H. & Lee, W.S.** 2018. Development of a navigation system for a smart farm. *IFAC PapersOnLine*, 51(17): 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.051>
- 17 Lowenberg-DeBoer, J., Yuelu Huang, I., Grigoriadis, V. & Blackmore, S.** 2020. Economics of robots and automation in field crop production. *Precision Agriculture*, 21(2): 278–299. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09667-5>
- 18 Trendov, N.M., Varas, S. & Zeng, M.** 2019. *Digital technologies in agriculture and rural areas – Status report*. Rome, FAO. www.fao.org/3/ca4985en/CA4985EN.pdf
- 19 ФАО.** 2022. ФАОСТАТ: Показатели занятости: сельское хозяйство. См.: ФАО. Рим. По состоянию на 6 февраля 2022 года. www.fao.org/faostat/ru/#data/OEA
- 20 Charlton, D., Hill, A.E. & Taylor, E.J.** 2022. *Automation and social impacts: winners and losers*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-09. Rome, FAO.
- 21 Silva, J.V., Baudron, F., Reidsma, P. & Giller, K.E.** 2019. Is labour a major determinant of yield gaps in sub-Saharan Africa? A study of cereal-based production systems in Southern Ethiopia. *Agricultural Systems*, 174: 39–51. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.04.009>
- 22 Baudron, F., Misiko, M., Getnet, B., Nazare, R., Sariah, J. & Kaumbutho, P.** 2019. A farm-level assessment of labor and mechanization in Eastern and Southern Africa. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(2): 17. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0563-5>
- 23 Diao, X., Cossar, F., Houssou, N. & Kolavalli, S.** 2014. Mechanization in Ghana: Emerging demand, and the search for alternative supply models. *Food Policy*, 48: 168–181. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.05.013>
- 24 Fuglie, K., Gautam, M., Goyal, A. & Maloney, W.F.** 2019. *Harvesting prosperity: Technology and productivity growth in agriculture*. Washington, DC, World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/32350>
- 25 Lowder, S.K., Sánchez, M.V. & Bertini, R.** 2019. *Farms, family farms, farmland distribution and farm labour: What do we know today?* FAO Agricultural Development Economics Working Paper No. 19-08. Rome, FAO. www.fao.org/3/ca7036en/ca7036en.pdf
- 26 Takeshima, H. & Vos, R.** 2022. *Agricultural mechanisation and child labour in developing countries*. Background Study. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb8550en/cb8550en.pdf
- 27 Johnston, D., Stevano, S., Malapit, H.J., Hull, E. & Kadiyala, S.** 2018. Review: Time use as an explanation for the agri-nutrition disconnect: Evidence from rural areas in low and middle-income countries. *Food Policy*, 76: 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.12.011>
- 28 Daum, T. & Birner, R.** 2021. The forgotten agriculture-nutrition link: farm technologies and human energy requirements. *Food Security*. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01240-1>
- 29 Ogwuikwe, P., Rodenburg, J., Diagne, A., Agboh-Noameshie, A.R. & Amovin-Assagba, E.** 2014. Weed management in upland rice in sub-Saharan Africa: impact on labor and crop productivity. *Food Security*, 6(3): 327–337. <https://doi.org/10.1007/s12571-014-0351-7>

- 30 Castro, Á., Pereira, J.M., Amiama, C. & Bueno, J.** 2015. Typologies of dairy farms with automatic milking system in northwest Spain and farmers' satisfaction. *Italian Journal of Animal Science*, 14(2): 3559. <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.3559>
- 31 Hansen, B.G. & Stræte, E.P.** 2020. Dairy farmers' job satisfaction and the influence of automatic milking systems. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 92(1): 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2020.100328>
- 32 Taylor, J.E. & Charlton, D.** 2018. *The farm labor problem: A global perspective*. Amsterdam, Elsevier Academic Press.
- 33 Daum, T. & Kirui, O.** 2021. Mechanization along the value chain. См.: J. von Braun, A. Admassie, S. Hendriks, G. Tadesse & H. Baumüller, eds. *From potentials to reality: Transforming Africa's food production*. Peter Lang, Bern.
- 34 Maucorps, A., Münch, A., Brkanovic, S., Schuh, B., Dwyer, J., Vigani, M., Khafagy, A. et al.** 2019. *Research for AGRI committee - The EU farming employment: current challenges and future prospects*. Study and Annex. См.: *Think Tank – European Parliament*. По состоянию на 17 февраля 2022 года. [www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU\(2019\)629209](http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/IPOL_STU(2019)629209)
- 35 National Farmers' Union.** 2019. *The future of food 2040*. Stoneleigh, UK. www.nfonline.com/archive?treeid=116020
- 36 Charlton, D., Taylor, J.E., Vougioukas, S. & Rutledge, Z.** 2019. Can wages rise quickly enough to keep workers in the fields? *Choices*, 34(2): 1–7. www.choicesmagazine.org/choices-magazine/submitted-articles/can-wages-rise-quickly-enough-to-keep-workers-in-the-fields
- 37 Ali, I., Nagalingam, S. & Gurd, B.** 2017. Building resilience in SMEs of perishable product supply chains: enablers, barriers and risks. *Production Planning & Control*, 28(15): 1236–1250. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1362487>
- 38 Bourlakis, M., Maglaras, G., Aktas, E., Gallear, D. & Fotopoulos, C.** 2014. Firm size and sustainable performance in food supply chains: Insights from Greek SMEs. *International Journal of Production Economics*, 152: 112–130. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.029>
- 39 Jones, K.E., Patel, N.G., Levy, M.A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J.L. & Daszak, P.** 2008. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451: 990–993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
- 40 CSAM (Centre for Sustainable Agricultural Mechanization) & ESCAP (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific).** 2020. *Mechanization solutions for improved livestock management and prevention & control of zoonotic diseases*. Beijing. www.un-csam.org/sites/default/files/2021-01/ENG.pdf
- 41 Ali, I. & Aboelmaged, M.G.S.** 2021. Implementation of supply chain 4.0 in the food and beverage industry: perceived drivers and barriers. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- 42 Daum, T.** 2021. Farm robots: ecological utopia or dystopia? *Trends in Ecology & Evolution*, 36(9): 774–777. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.06.002>
- 43 Streed, A., Tomlinson, B., Kantar, M. & Raghavan, B.** 2021. How sustainable is the smart farm? Paper presented at LIMITS 2021, 14–15 June 2021. <https://computingwithinlimits.org/2021/papers/limits21-streed.pdf>
- 44 Schillings, J., Bennett, R. & Rose, D.C.** 2021. Exploring the potential of precision livestock farming technologies to help address farm animal welfare. *Frontiers in Animal Science*, 2: 639678. <https://doi.org/10.3389/fanim.2021.639678>
- 45 Berckmans, D.** 2014. Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Scientific and Technical Review – OIE*, 33(1): 189–196.
- 46 Werkheiser, I.** 2018. Precision livestock farming and farmers' duties to livestock. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 31: 181–195. <https://doi.org/10.1007/s10806-018-9720-0>
- 47 Bos, J.M., Bovenkerk, B., Feindt, P.H. & van Dam, Y.K.** 2018. The quantified animal: Precision livestock farming and the ethical implications of objectification. *Food Ethics*, 2(1): 77–92. <https://doi.org/10.1007/s41055-018-00029-x>
- 48 Miles, C.** 2019. The combine will tell the truth: On precision agriculture and algorithmic rationality. *Big Data & Society*, 6(1): 2053951719849444.
- 49 Duncan, E., Glaros, A., Ross, D.Z. & Nost, E.** 2021. New but for whom? Discourses of innovation in precision agriculture. *Agriculture and Human Values*, 38: 1181–1199. <https://doi.org/10.1007/s10460-021-10244-8>
- 50 Wiseman, L., Sanderson, J., Zhang, A. & Jakku, E.** 2019. Farmers and their data: An examination of farmers' reluctance to share their data through the lens of the laws impacting smart farming. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91: 100301. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.007>

51 Murray, U., Gebremedhin, Z., Brychkova, G. & Spillane, C. 2016. Smallholder farmers and climate smart agriculture: Technology and labor-productivity constraints amongst women smallholders in Malawi. *Gender, Technology and Development*, 20(2): 117–148. <https://doi.org/10.1177/0971852416640639>

52 UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). 2020. *Teaching Material on Trade and Gender Linkages: The Gender Impact of Technological Upgrading in Agriculture*. New York, United Nations. <https://unctad.org/system/files/official-document/ditc2020d1.pdf>

53 FAO. 2019. *Youth employment: Youth agri-food policy assistance*. Rome. www.fao.org/3/ca3854en/ca3854en.pdf

54 Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P. & Dewhurst, M. 2017. *A future that works: automation, employment, and productivity*. New York, McKinsey Global Institute. www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Digital%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Executive-summary.ashx

55 Autor, D.H. 2015. Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3): 3–30. www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.29.3.3

56 ILO (International Labour Organization). 2022. *Agriculture; plantations; other rural sectors*. См.: ILO. Geneva. По состоянию на 14 февраля 2022 года. www.ilo.org/global/industries-and-sectors/agriculture-plantations-other-rural-sectors/lang--en/index.htm

57 Christiaensen, L., Rutledge, Z. & Taylor, J.E. 2021. Viewpoint: The future of work in agri-food. *Food Policy*, 99: 101963.

58 Daum, T. & Birner, R. 2020. Agricultural mechanization in Africa: Myths, realities and an emerging research agenda. *Global Food Security*, 26: 100393. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100393>

59 FAO & AUC. 2018. *Sustainable agricultural mechanization: A framework for Africa*. Addis Ababa. www.fao.org/3/CA1136EN/ca1136en.pdf

60 Clarke, C. 2017. Farmers in Myanmar are using 3D printing to improve farming production. См.: *3D Printing Industry*. По состоянию на 24 июля 2022 года. <https://3dprintingindustry.com/?s=myanmar>

61 Fielke, S.J., Botha, N., Reid, J., Gray, D., Blackett, P., Park, N. & Williams, T. 2018. Lessons for co-innovation in agricultural innovation systems: a multiple case study analysis and a conceptual model. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 24(1): 9–27. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2017.1394885>

62 McCampbell, M. 2022. *Agricultural digitalization and automation in low- and middle-income countries: Evidence from ten case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 25. Rome, FAO.

63 Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M. 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO.

64 Daum, T. 2022. *Agricultural mechanization and sustainable agrifood system transformation in the Global South*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-11. Rome, FAO.

65 Lowenberg-DeBoer, J. 2022. *Economics of adoption for digital automated technologies in agriculture*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-10. Rome, FAO.

66 Rose, D. 2022. *Agricultural automation: the past, present and future of adoption*. *The State of Food and Agriculture 2022, background paper*. Internal document.

ГЛАВА 2

1 McCampbell, M. 2022. *Agricultural digitalization and automation in low- and middle-income countries: Evidence from ten case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 25. Rome, FAO.

2 Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M. 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO.

3 White, W.J. 2001. An unsung hero: the farm tractor's contribution to twentieth-century United States economic growth. *The Journal of Economic History*, 61(2): 493–496. https://EconPapers.repec.org/RePEc:cup:jechis:v:61:y:2001:i:02:p:493-496_23

4 Binswanger, H. 1986. Agricultural mechanization: a comparative historical perspective. *The World Bank Research Observer*, 1(1): 27–56. <https://doi.org/10.1093/wbro/1.1.27>

- 5 Mrema, G., Soni, P. & Rolle, R.S.** 2015. A Regional Strategy for Sustainable Agricultural Mechanization. Sustainable Mechanization across Agri-Food Chains in Asia and the Pacific region. RAP Publication No. 2014/24. Rome FAO. www.fao.org/documents/card/en/c/78c1b49f-b5c2-43b5-abdf-e63bb6955f4f
- 6 Diao, X., Takeshima, H. & Zhang, X.** 2020. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* Washington, DC, IFPRI (International Food Policy Research Institute). <https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/134095>
- 7 Daum, T. & Birner, R.** 2020. Agricultural mechanization in Africa: Myths, realities and an emerging research agenda. *Global Food Security*, 26: 100393. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100393>
- 8 Kirui, O.** 2019. *The agricultural mechanization in Africa: Micro-level analysis of state drivers and effects.* ZEF-Discussion Papers on Development Policy No. 272. University of Bonn. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3368103
- 9 ФАО.** 2021. ФАОСТАТ. См.: ФАО. Рим. <https://www.fao.org/faostat/ru/#home>
- 10 ECLAC (Economic Commission for Latin America and the Caribbean), FAO & IICA (Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture).** 2017. *The outlook for agriculture and rural development in the Americas: A perspective on Latin America and the Caribbean 2017-2018.* San Jose, Costa Rica, IICA. www.fao.org/3/i8048en/i8048EN.pdf
- 11 Elverdin, P., Piñeiro, V. & Robles, M.** 2018. *Agricultural mechanization in Latin America.* IFPRI-Discussion Papers No. 1740. Washington, DC, IFPRI.
- 12 Cramb, R. & Thepent, V.** 2020. Evolution of agricultural mechanization in Thailand. См.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 165–201. Washington, DC, IFPRI. <https://ebrary.ifpri.org/utills/getfile/collection/p15738coll2/id/134091/filename/134311.pdf>
- 13 Justice, S. & Biggs, S.** 2020. The spread of smaller engines and markets in machinery services in rural areas of South Asia. *Journal of Rural Studies*, 73: 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.11.013>
- 14 Belton, B., Win, M.T., Zhang, X. & Filipski, M.** 2021. The rapid rise of agricultural mechanization in Myanmar. *Food Policy*, 101: 102095. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102095>
- 15 FAO & AUC.** 2018. *Sustainable agricultural mechanization: A framework for Africa.* Addis Ababa. www.fao.org/3/CA1136EN/ca1136en.pdf
- 16 Pingali, P.** 2007. Chapter 54 Agricultural mechanization: Adoption patterns and economic impact. См.: R. Evenson & P. Pingali, eds. *Handbook of agricultural economics*, pp. 2779–2805. Amsterdam, Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0072\(06\)03054-4](https://doi.org/10.1016/S1574-0072(06)03054-4)
- 17 World Bank.** 2022. Living Standards Measurement Study - Integrated Surveys on Agriculture (LSMS-ISA). См.: *The World Bank*. Washington, DC. По состоянию на 5 января 2022 года. <https://www.worldbank.org/en/programs/lsms/initiatives/lsms-isa>
- 18 Abeyratne, F. & Takeshima, H.** 2020. The evolution of agricultural mechanization in Sri Lanka. См.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 139–163. Washington, DC, IFPRI. https://doi.org/10.2499/9780896293809_04
- 19 Ahmed, M. & Takeshima, H.** 2020. Evolution of agricultural mechanization in Bangladesh: The case of tractors for land preparation. См.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 235–261. Washington, DC, IFPRI. https://doi.org/10.2499/9780896293809_07
- 20 Win, M.T., Belton, B. & Zhang, X.** 2020. Myanmar's rapid agricultural mechanization: Demand and supply evidence. См.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 263–284. Washington, DC, IFPRI. https://doi.org/10.2499/9780896293809_08
- 21 Bhattarai, M., Singh, G., Takeshima, H. & Shekhawat, R.S.** 2020. Farm machinery use and the agricultural machinery industries in India. См.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 97–138. Washington, DC, IFPRI. <https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/134090>
- 22 Antle, J.M. & Ray, S.** 2020. *Sustainable agricultural development: An economic perspective.* Palgrave Studies in Agricultural Economics and Food Policy. Cham, Springer International Publishing. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-34599-0>

- 23 Veimar da Silva, A., Michelle da Silva, C., Wagner, Soares Pessoa, W.R.L., Almeida Vaz, M., Matos de Oliveira, K. & Ribeiro dos Santos, F.S.** 2018. Agricultural mechanization in small rural properties in the State of Piauí, Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, 13(33): 1698–1707. <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/7E9E9CA58112>
- 24 Mrema, G.C., Kahan, D.G. & Agyei-Holmes, A.** 2020. Agricultural mechanization in Tanzania. См.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 457–496. Washington, DC, IFPRI. https://doi.org/10.2499/9780896293809_14
- 25 Takeshima, H. & Lawal, A.** 2020. Evolution of agricultural mechanization in Nigeria. См.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 423–456. Washington, DC, IFPRI.
- 26 Herrero, M., Thornton, P.K., Mason-D’Croz, D., Palmer, J., Benton, T.G., Bodirsky, B.L., Bogard, J.R. et al.** 2020. Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. *Nature Food*, 1: 266–272. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0074-1>
- 27 Ehlers, M.-H., Finger, R., El Benni, N., Gocht, A., Sørensen, C.A.G., Gusset, M., Pfeifer et al.** 2022. Scenarios for European agricultural policymaking in the era of digitalisation. *Agricultural Systems*, 196: 103318. <https://doi.org/10.1016/j.jagsy.2021.103318>
- 28 Fleming, A., Jakku, E., Lim-Camacho, L., Taylor, B. & Thorburn, P.** 2018. Is big data for big farming or for everyone? Perceptions in the Australian grains industry. *Agronomy for Sustainable Development*, 38: 24. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0501-y>
- 29 GSMA (Global System for Mobile Communications).** 2020. *The mobile economy 2020*. www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2020/03/GSMA_MobileEconomy2020_Global.pdf
- 30 Onukwue, A.** 2022. Google’s subsea cable for Africa is making its first landing in Togo. См.: *Quartz Africa*. New York. По состоянию на 24 июля 2022 года. <https://qz.com/africa/2143897/googles-equiano-cable-is-making-its-first-landing-in-togo>
- 31 Steinke, J., Ortiz-Crespo, B., van Etten, J. & Müller, A.** 2022. Participatory design of digital innovation in agricultural research-for-development: insights from practice. *Agricultural Systems*, 195: 103313. <https://doi.org/10.1016/j.jagsy.2021.103313>
- 32 McCampell, M.** 2021. *More than what meets the eye: Factors and processes that shape the design and use of digital agricultural advisory and decision support in Africa*. Wageningen University, Netherlands. <https://research.wur.nl/en/publications/388eb987-15f2-4fb0-b9c1-f0f6ff342e98>
- 33 Tsan, M., Totapally, S., Hailu, M. & Addom, B.** 2019. *The digitalisation of African agriculture report 2018-2019*. Wageningen, Netherlands. CTA (Technical Center for Agricultural and Rural Cooperation). www.cta.int/en/digitalisation-agriculture-africa
- 34 FAO & ITU (International Telecommunication Union).** 2022. *Status of digital agriculture in 47 sub-Saharan African countries*. Rome. www.fao.org/3/cb7943en/cb7943en.pdf
- 35 Trendov, N.M., Varas, S. & Zeng, M.** 2019. *Digital technologies in agriculture and rural areas – Status report*. Rome, FAO. www.fao.org/3/ca4985en/CA4985EN.pdf
- 36 Viet Nam News.** 2021. Hà Nội aims to develop smart agriculture. См.: *Việt Nam News*. Hà Nội. По состоянию на 1 мая 2022 года. <https://vietnamnews.vn/economy/1082482/ha-noi-aims-to-develop-smart-agriculture.html>
- 37 Musoni, M.** 2020. Smart farming in Rwanda – How farmers can increase crop yields through an IoT-based irrigation system. См.: *Digital Transformation Center*. Kigali. По состоянию на 1 мая 2022 года. <https://digicenter.rw/smart-farming-in-rwanda-with-an-iot-based-irrigation-system>
- 38 GSMA.** 2020. *Digital agriculture maps: 2020 state of the sector in low and middle-income countries*. London. www.gsma.com/r/wp-content/uploads/2020/09/GSMA-Agritech-Digital-Agriculture-Maps.pdf
- 39 FAO & CAAS (Chinese Academy of Agricultural Sciences).** 2021. *Carbon neutral tea production in China – Three pilot case studies*. Rome, FAO. www.fao.org/documents/card/en/c/cb4580en
- 40 Nyaga, J.M., Onyango, C.M., Wetterlind, J. & Söderström, M.** 2021. Precision agriculture research in sub-Saharan Africa countries: a systematic map. *Precision Agriculture*, 22: 1217–1236. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09780-w>
- 41 Onyango, C.M., Nyaga, J.M., Wetterlind, J., Söderström, M. & Piikki, K.** 2021. Precision agriculture for resource use efficiency in smallholder farming systems in sub-Saharan Africa: A systematic review. *Sustainability*, 13(3): 1158. <https://doi.org/10.3390/su13031158>

- 42 APNI (African Plant Nutrition Institute).** 2020. Proceedings for the 1st African Conference on Precision Agriculture, Benguerir, Morocco, 8–10 December 2020. См.: APNI. www.apni.net/2021/03/18/new-publication-proceedings-for-1st-african-conference-on-precision-agriculture
- 43 Witt, C. & Dobermann, A.** 2002. A site-specific nutrient management approach for irrigated, lowland rice in Asia. *Better Crops International*, 16(1): 20–24. [http://www.ipni.net/publication/bci.nsf/0/870A90403A1BDDB585257BBA0065CC62/\\$FILE/Better%20Crops%20International%202002-1%20p20.pdf](http://www.ipni.net/publication/bci.nsf/0/870A90403A1BDDB585257BBA0065CC62/$FILE/Better%20Crops%20International%202002-1%20p20.pdf)
- 44 Agrocares.** 2022. Manage soil fertility: Informed fertilization decisions in the field. См.: Agrocares. По состоянию на 24 июля 2022 года. www.agrocares.com/soilcares
- 45 Lowenberg-DeBoer, J. & Erickson, B.** 2019. Setting the record straight on precision agriculture adoption. *Agronomy Journal*, 111(4): 1552–1569. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0779>
- 46 Van Beek, C.** 2020. Adoption level is the most underestimated factor in fertiliser recommendations. См.: Agrocares. По состоянию на 24 июля 2022 года. www.agrocares.com/wp-content/uploads/2020/10/whitepaper-christy-van-beek-1.pdf
- 47 GoMicro.** 2022. Phone QC. См.: GoMicro. Singapore. По состоянию на 1 мая 2022 года. www.gomicro.co
- 48 Lowenberg-DeBoer, J.** 2022. *Economics of adoption for digital automated technologies in agriculture*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-10. Rome, FAO.
- 49 ITU.** 2020. *Measuring digital development: Facts and figures 2020*. Geneva, ITU. www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/FactsFigures2020.pdf
- 50 Hanton, J.P. & Leach, H.A.** 1974. *Electronic livestock identification system*. US Patent 4,262,632. <https://patentimages.storage.googleapis.com/6c/49/f1/e746f5f7bca33e/US4262632.pdf>
- 51 Brustein, J.** 2014. GPS as we know it happened because of Ronald Reagan. См.: *Bloomberg News*. По состоянию на 24 июля 2022 года. www.bloomberg.com/news/articles/2014-12-04/gps-as-we-know-it-happened-because-of-ronald-reagan
- 52 Rip, M.R. & Hasik, J.M.** 2002. *The precision revolution: GPS and the future of aerial warfare*. Annapolis, MD, USA, Naval Institute Press.
- 53 Sheets, K.D.** 2018. The Japanese impact on global drone policy and law: Why a laggard United States and other nations should look to Japan in the context of drone usage. *Indiana Journal of Global Legal Studies*, 25(1): 513–537. www.repository.law.indiana.edu/ijgls/vol25/iss1/20
- 54 Mulla, D. & Khosla, R.** 2016. Historical evolution and recent advances in precision farming. См.: R. Lal & B.A. Stewart, eds. *Soil-specific farming – Precision farming*. Boca Raton, FL, USA, CRC Press.
- 55 Lely.** 2022. Our history. См.: Lely. Maassluis, Netherlands. По состоянию на 1 марта 2022 года. www.lely.com/gb/about-lely/our-company/history
- 56 Sharipov, D.R., Yakimov, O.A., Gainullina, M.K., Kashaeva, A.R. & Kamaldinov, I.N.** 2021. Development of automatic milking systems and their classification. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 659: 012080. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/659/1/012080>
- 57 Rural Retailer.** 2002. Arro™ targets growing need for Steering Assist®. In; Rural Retailer. По состоянию на 24 июля 2022 года. www.ccimarketing.com/farmsupplier_com/pages/html1.asp
- 58 Reusch, S.** 1997. Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen [Development of a reflection optical sensor for capture of nitrogen nutrition of agricultural crops]. PhD dissertation. Arbeitskreis Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI [Research and teaching working group of the Max Eyth Society for Agricultural Engineering in the VDI].
- 59 Trimble.** 2006. Trimble combines GPS guidance and rate control to automate agricultural spraying operations. См.: Trimble. По состоянию на 24 июля 2022 года. <https://investor.trimble.com/news-releases/news-release-details/trimble-combines-gps-guidance-and-rate-control-automate>
- 60 Ag Leader.** 2022. History timeline. См.: Ag Leader. По состоянию на 24 июля 2022 года. www.agleader.com/our-history
- 61 Ecorobotix.** 2022. A bit of history. См.: Ecorobotix. По состоянию на 1 марта 2022 года. <https://ecorobotix.com/en/a-bit-of-history>
- 62 Naïo Technologies.** 2022. Naïo Technologies, agricultural robotics pioneers. См.: Naïo Technologies. По состоянию на 1 марта 2022 года. <http://www.naio-technologies.com/en/naio-technologies/#:~:text=Founded%20in%202011%2C%20Na%3AFo%20Technologies,use%20of%20chemical%20weed%20killers>

- 63 Claas.** 2022. Product history. The combine harvester. См.: *Claas*. По состоянию на 1 марта 2022 года. www.claas.co.uk/company/history/products/combindes/lexion
- 64 Hands Free Hectare.** 2018. Timeline. См.: *Hands Free Hectare*. По состоянию на 1 марта 2022 года. www.handsfreehectare.com/timeline.html
- 65 Smart Ag.** 2018. Smart Ag unveils autocart driverless tractor technology at 2018 Farm Progress Show. См.: *OEM Off-highway*. По состоянию на 1 марта 2022 года. www.oemoffhighway.com/trends/gps-automation/news/21020794/smart-ag-unveils-autocart-driverless-tractor-technology-at-2018-farm-progress-show
- 66 John Deere.** 2022. John Deere reveals fully autonomous tractor at CES 2022. См.: *John Deere*. По состоянию на 1 марта 2022 года. www.deere.com/en/news/all-news/autonomous-tractor-reveal
- 67 Birner, R., Daum, T. & Pray, C.** 2021. Who drives the digital revolution in agriculture? A review of supply-side trends, players and challenges. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 43(4): 1260–1285. <https://doi.org/10.1002/aep.13145>
- 68 Knight, C.H.** 2020. Review: Sensor techniques in ruminants: more than fitness trackers. *Animal*, 14: s187–s195. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003276>
- 69 Eastwood, C.R. & Renwick, A.** 2020. Innovation uncertainty impacts the adoption of smarter farming approaches. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4: 24. www.readcube.com/articles/10.3389%2Ffufs.2020.00024
- 70 Hansen, B.G.** 2015. Robotic milking-farmer experiences and adoption rate in Jæren, Norway. *Journal of Rural Studies*, 41: 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.08.004>
- 71 Steeneveld, W., Tauer, L.W., Hogeveen, H. & Oude Lansink, A.G.J.M.** 2012. Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. *Journal of Dairy Science*, 95(12): 7391–7398. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5482>
- 72 Drach, U., Halachmi, I., Pnini, T., Izhaki, I. & Degani, A.** 2017. Automatic herding reduces labour and increases milking frequency in robotic milking. *Biosystems Engineering*, 155: 134–141.
- 73 Verified Market Research.** 2020. Global milking robots market size by type, by herd size, by geographic scope and forecast. См.: *Verified Market Research*. По состоянию на 24 июля 2022 года. www.verifiedmarketresearch.com/product/milking-robots-market
- 74 Markets and Markets.** 2018. Milking robots market by offering (hardware, software, service), milking robots system type (single-stall unit, multi-stall unit, automated milking rotary), herd size (below 100, between 100 and 1,000 and above 1,000), geography - Global forecast to 2023. См.: *Markets and Markets*. По состоянию на 24 июля 2022 года. www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/milking-robots-market-170643611.html
- 75 Rodenburg, J.** 2017. Robotic milking: Technology, farm design, and effects on work flow. *Journal of Dairy Science*, 100(9): 7729–7738. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11715>
- 76 Rose, D.** 2022. *Agricultural automation: the past, present and future of adoption. The State of Food and Agriculture 2022, background paper.* Internal document.
- 77 Ordolf, D.** 2001. Introduction of electronics into milking technology. *Computers and Electronics in Agriculture*, 30: 125–149.
- 78 Banhazi, T.M., Lehr, H., Black, J.L., Crabtree, H., Schofield, P., Tschärke, M. & Berckmans, D.** 2012. Precision Livestock Farming: An international review of scientific and commercial aspects. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 5(3): 1–9.
- 79 Lowenberg-DeBoer, J.** 2018. The economics of precision agriculture. In J. Stafford, ed. *Precision agriculture for sustainability*, pp. 461–494. London, Burleigh Dodds Science Publishing. <https://doi.org/10.1201/9781351114592>
- 80 Colaço, A.F. & Bramley, R.G.V.** 2018. Do crop sensors promote improved nitrogen management in grain crops? *Field Crops Research*, 218: 126–140. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.007>
- 81 Lachia, N., Pichon, L. & Tisseyre, B.** 2019. A collective framework to assess the adoption of precision agriculture in France: description and preliminary results after two years. См.: J.V. Stafford, ed. *Precision agriculture '19*. pp. 851–857. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-888-9_105
- 82 Lowenberg-DeBoer, J., Yuelu Huang, I., Grigoriadis, V. & Blackmore, S.** 2020. Economics of robots and automation in field crop production. *Precision Agriculture*, 21(2): 278–299. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09667-5>
- 83 Lowenberg-DeBoer, J., Behrendt, K., Ehlers, M.-H., Dillon, C., Gabriel, A., Huang, I.Y., Kumwenda, I. et al.** 2021. Lessons to be learned in adoption of autonomous equipment for field crops. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 44(2): 848–864. <https://doi.org/10.1002/aep.13177>

- 84 Elias, M., Lowenberg-DeBoer, J., Behrendt, K. & Franklin, K.** (готовится к публикации). *Economically optimal farmer supervision of crop robots*.
- 85 Shockley, J., Dillon, C., Lowenberg-DeBoer, J. & Mark, T.** 2021. How will regulation influence commercial viability of autonomous equipment in US production agriculture? *Applied Economics Perspectives and Policy*, 44(2): 865–878. <https://doi.org/10.1002/aep.13178>
- 86 Santos Valle, S. & Kienzle, J.** 2020. *Agriculture 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production*. Integrated Crop Management No. 24. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf
- 87 Tarannum, N., Rhaman, Md.K., Khan, S.A. & Shakil, S.R.** 2015. A brief overview and systematic approach for using agricultural robot in developing countries. *Journal of Modern Science and Technology*, 3(1): 88–101. <https://zantworldpress.com/wp-content/uploads/2019/12/Paper-8.pdf>
- 88 Reddy, N., Reddy, A.V., Pranavadithya, S. & Kumar, J.** 2016. A critical review on agricultural robots. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 7(4): 183–188. https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJMET/VOLUME_7_ISSUE_4/IJMET_07_04_018.pdf
- 89 Autor, D.H.** 2015. Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3): 3–30. www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.29.3.3
- 90 Carvalho, F.K., Chechetto, R.G., Mota, A.A.B. & Antuniassi, U.R.** 2020. Challenges of aircraft and drone spray applications. *Outlooks on Pest Management*, 31(2): 83–88. http://dx.doi.org/10.1564/v31_apr_07
- 91 Wang, C., Herbst, A., Zeng, A., Wongsuk, S., Qiao, B., Qi, P., Bonds, J. et al.** 2021. Assessment of spray deposition, drift and mass balance from unmanned aerial vehicle sprayer using an artificial vineyard. *Science of The Total Environment*, 777: 146181. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146181>
- 92 Erickson, B. & Lowenberg-DeBoer, J.** 2021. 2021 precision agriculture dealership survey confirms a data driven market for retailers. См.: *CropLife*. По состоянию на 24 июля 2022 года. www.croplife.com/precision/2021-precision-agriculture-dealership-survey-confirms-a-data-driven-market-for-retailers/#slide=87709-87729-3
- 93 Kendall, H., Clark, B., Li, W., Jin, S., Jones, G.D., Chen, J., Taylor, J., Li, Z. & Frewer, Lynn, J.** 2022. Precision agriculture technology adoption: a qualitative study of small-scale commercial “family farms” located in the North China Plain. *Precision Agriculture*, 23: 319–351. <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09839-2>
- 94 Kumar, G., Engle, C. & Tucker, C.** 2018. Factors driving aquaculture technology adoption. *Journal of the World Aquaculture Society*, 49(3): 447–476. <https://doi.org/10.1111/jwas.12514>
- 95 ФАО.** 2020. *Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020. Меры по повышению устойчивости*. Рим, ФАО. www.fao.org/documents/card/ru/c/CA9229RU
- 96 Føre, M., Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Alfredsen, J.A., Dempster, T., Eguiraun, H. et al.** 2018. Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture. *Biosystems Engineering*, 173: 176–193. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.10.014>
- 97 Shrimpbox.** 2021. The Shrimpbox launch: The world’s first robotic shrimp farm. См.: *Atarraya*. Mexico City. По состоянию на 24 июля 2022 года. <https://atarraya.ai/assets/pdf/ShrimpboxENG.pdf>
- 98 Bergerman, M., Billingsley, J., Reid, J. & van Henten, E.** 2016. *Robotics in agriculture and forestry*. SpringerLink. По состоянию на 8 декабря 2021 года. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-32552-1_56
- 99 Nitoslawski, S.A., Wong-Stevens, K., Steenberg, J.W.N., Witherspoon, K., Nesbitt, L. & Konijnendijk van den Bosch, C.C.** 2021. The digital forest: Mapping a decade of knowledge on technological applications for forest ecosystems. *Earth’s Future*, 9(8): e2021EF002123. <https://doi.org/10.1029/2021EF002123>
- 100 Boitsov, A., Vagizov, M., Istomin, E., Aksenova, A. & Pavlov, V.** 2021. Robotic systems in forestry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 806: 012034.
- 101 Allott, J., O’Kelly, G. & Pendergraph, S.** 2020. Data: The next wave in forestry productivity. См.: *McKinsey & Company*. По состоянию на 5 января 2022 года. www.mckinsey.com/industries/paper-forest-products-and-packaging/our-insights/data-the-next-wave-in-forestry-productivity
- 102 Hellström, T., Lärkeryd, P., Nordfjell, T. & Ringdahl, O.** 2009. Autonomous forest vehicles: Historic, envisioned, and state-of-the-art. *International Journal of Forest Engineering*, 20(1): 31–38. <https://doi.org/10.1080/14942119.2009.10702573>

103 Visser, R. & Obi, O.F. 2021. Automation and robotics in forest harvesting operations: Identifying near-term opportunities. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 42(1): 13–24.

104 Parker, R., Bayne, K. & Clinton, P.W. 2016. Robotics in forestry. *New Zealand Journal of Forestry*, 60(4): 8–14.

105 Finer, M. & Mamani, N. 2020. MAAP #31: Power of free high-resolution satellite imagery from Norway Agreement. См.: *Monitoring of the Amazon Andean Project*. По состоянию на 24 июня 2022 года. www.maaproject.org/2021/norway-agreement

106 Shamshiri, R., Kalantari, F., Ting, K.C., Thorp, K.R., Hameed, I.A., Weltzien, C., Ahmad, D. & Shad, Z.M. 2018. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11: 1. <https://ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/3210>

107 Mrema, G.C., Baker, D. & Kahan, D. 2008. *Agricultural mechanization in sub-Saharan Africa: time for a new look*. Agricultural Management, Marketing and Finance Occasional Paper No. 22. Rome, FAO. www.fao.org/3/i0219e/i0219e00.pdf

108 Berhane, G., Dereje, M., Minten, B. & Tamru, S. 2017. The rapid – but from a low base – uptake of agricultural mechanization in Ethiopia: Patterns, implications and challenges. ESSP Working Paper No. 105. Washington, DC, IFPRI and Addis Ababa, Ethiopia, EDRI. <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/131146>

109 Kansanga, M., Andersen, P., Kpienbaareh, D., Mason-Renton, S., Atuoye, K., Sano, Y., Antabe, R. & Luginaah, I. 2019. Traditional agriculture in transition: examining the impacts of agricultural modernization on smallholder farming in Ghana under the new Green Revolution. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 26(1): 11–24.

110 Keller, T., Sandin, M., Colombi, T., Horn, R. & Or, D. 2019. Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. *Soil and Tillage Research*, 194: 104293. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104293>

111 Wang, X., Yamauchi, F., Otsuka, K. & Huang, J. 2016. Wage growth, landholding, and mechanization in Chinese agriculture. *World Development*, 86: 30–45. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.05.002>

112 Yamauchi, F. 2016. Rising real wages, mechanization and growing advantage of large farms: Evidence from Indonesia. *Food Policy*, 58(5): 62–69.

113 Daum, T., Adegbola, Y.P., Kamau, G., Kergna, A.O., Daudu, C., Zossou, R.C., Crinot, G.F. et al. 2020. Perceived effects of farm tractors in four African countries, highlighted by participatory impact diagrams. *Agronomy for Sustainable Development*, 40: 47. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00651-2>

114 Kansanga, M.M., Mkandawire, P., Kuire, V. & Luginaah, I. 2020. Agricultural mechanization, environmental degradation, and gendered livelihood implications in northern Ghana. *Land Degradation and Development*, 31(11): 1422–1440. <https://doi.org/10.1002/ldr.3490>

115 Torero, M. 2019. Robotics and AI in food security and innovation: Why they matter and how to harness their power. См.: J. von Braun, M.S. Archer, G.M. Reichberg & M. Sánchez Sorondo, eds. *Robotics, AI, and humanity: Science, ethics, and policy*, pp. 99–107. Springer.

ГЛАВА 3

1 Pingali, P. 2007. Chapter 54 Agricultural mechanization: Adoption patterns and economic impact. См.: R. Evenson & P. Pingali, eds. *Handbook of agricultural economics*, pp. 2779–2805. Amsterdam, Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0072\(06\)03054-4](https://doi.org/10.1016/S1574-0072(06)03054-4)

2 Bhattarai, M., Singh, G., Takeshima, H. & Shekhawat, R.S. 2020. Farm machinery use and the agricultural machinery industries in India. См.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 97–138. Washington, DC, IFPRI. <https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/134090>

3 Kirui, O. 2019. *The agricultural mechanization in Africa: Micro-level analysis of state drivers and effects*. ZEF-Discussion Papers on Development Policy No. 272. University of Bonn. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3368103

4 Berhane, G., Dereje, M., Minten, B. & Tamru, S. 2017. The rapid – but from a low base – uptake of agricultural mechanization in Ethiopia: Patterns, implications and challenges. ESSP Working Paper No. 105. Washington, DC, IFPRI and Addis Ababa, Ethiopia, EDRI. <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/131146>

5 Houssou, N. & Chapoto, A. 2014. *The changing landscape of agriculture in Ghana: Drivers of farm mechanization and its impacts on cropland expansion and intensification*. IFPRI Discussion Paper No. 1392. Washington, DC, IFPRI. <https://ebrary.ifpri.org/utis/getfile/collection/p15738coll2/id/128706/filename/128917.pdf>

- 6 Adu-Baffour, F., Daum, T. & Birner, R.** 2019. Can small farms benefit from big companies' initiatives to promote mechanization in Africa? A case study from Zambia. *Food Policy*, 84: 133–145. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.03.007>
- 7 Kansanga, M.M., Mkandawire, P., Kuuire, V. & Luginaah, I.** 2020. Agricultural mechanization, environmental degradation, and gendered livelihood implications in northern Ghana. *Land Degradation and Development*, 31(11): 1422–1440. <https://doi.org/10.1002/ldr.3490>
- 8 Ma, W., Renwick, A. & Grafton, Q.** 2018. Farm machinery use, off-farm employment and farm performance in China. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 62(2): 279–298. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12249>
- 9 Daum, T., Capezzone, F. & Birner, R.** 2021. Using smartphone app collected data to explore the link between mechanization and intra-household allocation of time in Zambia. *Agriculture and Human Values*, 38: 411–429. <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10160-3>
- 10 Haggblade, S., Hazell, P. & Reardon, T.** 2010. The rural non-farm economy: prospects for growth and poverty reduction. *World Development*, 38(10): 1429–1441. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2009.06.008>
- 11 Christiaensen, L., Demery, L. & Kuhl, J.** 2011. The (evolving) role of agriculture in poverty reduction—An empirical perspective. *Journal of Development Economics*, 96(2): 239–254. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2010.10.006>
- 12 Salvatierra-Rojas, A., Nagle, M., Gummert, M., de Bruin, T. & Müller, T.** 2017. Development of an inflatable solar dryer for improved postharvest handling of paddy rice in humid climates. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10(3): 269–282. <https://ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/2444>
- 13 Elbehri, A. & Sadiddin, A.** 2016. Climate change adaptation solutions for the green sectors of selected zones in the MENA region. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 4(3): 39–54. www.thefutureoffoodjournal.com/index.php/FOFJ/article/view/79
- 14 Jayne, T.S., Mather, D. & Mghenyi, E.** 2010. Principal challenges confronting smallholder agriculture in sub-Saharan Africa. *World Development*, 38(10): 1384–1398. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.06.002>
- 15 Yahaya, R.** (forthcoming). *Market analysis for agricultural mechanisation in Ethiopia*. Addis Ababa, CIMMYT.
- 16 FAO.** 2022. *Technical support for sustainable agricultural mechanization of smallholder farms for enhancing agricultural productivity and production, and reducing drudgery of women and young farmers*. FAO Project No. TCP/NEP/3703. Rome. (не опубликовано).
- 17 FAO.** 2022. *Thinking about the future of food safety – A foresight report*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb8667en>
- 18 Daum, T., Seidel, A., Getnet, B. & Birner, R.** 2022. *Animal traction, two-wheel tractors, or four-wheel tractors? A best-fit approach to guide farm mechanization in Africa*. Hohenheim Working Papers on Social and Institutional Change in Agricultural Development. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4092687
- 19 Diao, X., Takeshima, H. & Zhang, X.** 2020. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* Washington, DC, IFPRI. <https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/134095>
- 20 Win, M.T., Belton, B. & Zhang, X.** 2020. Myanmar's rapid agricultural mechanization: Demand and supply evidence. См.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 263–284. Washington, DC, IFPRI. https://doi.org/10.2499/9780896293809_08
- 21 Baudron, F., Sims, B., Justice, S., Kahan, D.G., Rose, R., Mkomwa, S., Kaumbutho, P. et al.** 2015. Re-examining appropriate mechanization in Eastern and Southern Africa: two-wheel tractors, conservation agriculture, and private sector involvement. *Food Security*, 7: 889–904. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0476-3>
- 22 Kahan, D., Bymolt, R. & Zaal, F.** 2018. Thinking outside the plot: Insights on small-scale mechanisation from case studies in East Africa. *The Journal of Development Studies*, 54(11): 1939–1954. <https://doi.org/10.1080/00220388.2017.1329525>
- 23 Daum, T., Huffman, W. & Birner, R.** 2018. *How to create conducive institutions to enable agricultural mechanization: A comparative historical study from the United States and Germany*. Economics Working Paper. Ames, USA, Department of Economics, Iowa State University. https://lib.dr.iastate.edu/econ_workingpapers/47
- 24 FAO.** 2019. *Mechanization services in rural communities. Enhancing the resilience of smallholder farmers and creating job opportunities*. Rome. www.fao.org/3/ca7139en/ca7139en.pdf

- 25 Alwang, J., Sabry, S., Shideed, K., Swelam, A. & Halila, H.** 2018. Economic and food security benefits associated with raised-bed wheat production in Egypt. *Food Security: The Science, Sociology and Economics of Food Production and Access to Food*, 10(3): 589–601. https://EconPapers.repec.org/RePEc:spr:ssefpa:v:10:y:2018:i:3:d:10.1007_s12571-018-0794-3
- 26 Swelam, A.** 2016. *Raised-bed planting in Egypt: an affordable technology to rationalize water use and enhance water productivity*. Amman, ICARDA. <https://hdl.handle.net/20.500.11766/5900>
- 27 Sims, B. & Kienzle, J.** 2006. *Farm power and mechanization for small farms in sub-Saharan Africa*. Agricultural and Food Engineering Technical Report No. 3. Rome, FAO. www.fao.org/3/a0651e/a0651e.pdf
- 28 Flores Rojas, M.** 2018. *Gender sensitive labour saving technology. Drum seeder: saving time, effort and money. A case study from the Lao People's Democratic Republic*. Bangkok, FAO. www.fao.org/3/i9464en/i9464en.pdf
- 29 Lowenberg-DeBoer, J.** 2022. *Economics of adoption for digital automated technologies in agriculture*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-10. Rome, FAO.
- 30 McCampbell, M.** 2022. *Agricultural digitalization and automation in low- and middle-income countries: Evidence from ten case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 25. Rome, FAO.
- 31 Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M.** 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO.
- 32 Eastwood, C.R. & Renwick, A.** 2020. Innovation uncertainty impacts the adoption of smarter farming approaches. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4: 24. www.readcube.com/articles/10.3389%2Ffsufs.2020.00024
- 33 Hansen, B.G.** 2015. Robotic milking-farmer experiences and adoption rate in Jæren, Norway. *Journal of Rural Studies*, 41: 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.08.004>
- 34 Steeneveld, W., Tauer, L.W., Hogeveen, H. & Oude Lansink, A.G.J.M.** 2012. Comparing technical efficiency of farms with an automatic milking system and a conventional milking system. *Journal of Dairy Science*, 95(12): 7391–7398. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5482>
- 35 Drach, U., Halachmi, I., Pnini, T., Izhaki, I. & Degani, A.** 2017. Automatic herding reduces labour and increases milking frequency in robotic milking. *Biosystems Engineering*, 155: 134–141.
- 36 Lowenberg-DeBoer, J.** 1999. GPS based guidance systems for farmers. *Purdue Agricultural Economics Report*, pp. 8–9. Purdue University. <https://ag.purdue.edu/commercialag/home/paer-article/gps-based-guidance-systems-for-farmers>
- 37 IoF.** 2020. *Internet of Food and Farm (IoF) 2020*. www.valoritalia.it/wp-content/uploads/2019/08/IOF2020-Booklet-UseCases-2019-vDEF.pdf
- 38 FAO & AUC.** 2018. *Sustainable agricultural mechanization: A framework for Africa*. Addis Ababa. www.fao.org/3/CA1136EN/ca1136en.pdf
- 39 de Brauw, A. & Bulte, E.** 2021. *African Farmers, Value Chains and Agricultural Development: An Economic and Institutional Perspective*. Palgrave Studies in Agricultural Economics and Food Policy. Cham, Springer International Publishing. <https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-88693-6>
- 40 Daum, T. & Birner, R.** 2017. The neglected governance challenges of agricultural mechanisation in Africa – insights from Ghana. *Food Security*, 9(5): 959–979. <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0716-9>
- 41 Cramb, R. & Thepent, V.** 2020. Evolution of agricultural mechanization in Thailand. Cm.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 165–201. Washington, DC, IFPRI. <https://ebrary.ifpri.org/utils/getfile/collection/p15738coll2/id/134091/filename/134311.pdf>
- 42 Justice, S. & Biggs, S.** 2020. The spread of smaller engines and markets in machinery services in rural areas of South Asia. *Journal of Rural Studies*, 73: 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.11.013>
- 43 Feder, G., Just, R.E. & Zilberman, D.** 1985. Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33(2): 255–298. www.jstor.org/stable/1153228

- 44 Binswanger, H. & Donovan, G.** 1987. *Agricultural mechanization: issues and options*. World Bank Policy Study. Washington, DC, World Bank.
- 45 Elverdin, P., Piñeiro, V. & Robles, M.** 2018. *Agricultural mechanization in Latin America*. IFPRI Discussion Paper No. 1740. IFPRI.
- 46 Takeshima, H.** 2016. *Market imperfections for tractor service provision in Nigeria: International perspectives and empirical evidence*. NSSP Working Paper No. 32. Washington, DC, IFPRI. <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/130446>
- 47 Diao, X., Cossar, F., Housou, N. & Kolavalli, S.** 2014. Mechanization in Ghana: Emerging demand, and the search for alternative supply models. *Food Policy*, 48: 168–181. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.05.013>
- 48 Takeshima, H. & Lawal, A.** 2020. Evolution of agricultural mechanization in Nigeria. См.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 423–456. Washington, DC, IFPRI.
- 49 Shockley, J., Dillon, C., Lowenberg-DeBoer, J. & Mark, T.** 2021. How will regulation influence commercial viability of autonomous equipment in US production agriculture? *Applied Economics Perspectives and Policy*, 44(2): 865–878. <https://doi.org/10.1002/aep.13178>
- 50 Daum, T., Adegbola, Y.P., Kamau, G., Kergna, A.O., Daudu, C., Zossou, R.C., Crinot, G.F. et al.** 2020. Perceived effects of farm tractors in four African countries, highlighted by participatory impact diagrams. *Agronomy for Sustainable Development*, 40: 47. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00651-2>
- 51 Daum, T. & Birner, R.** 2020. Agricultural mechanization in Africa: Myths, realities and an emerging research agenda. *Global Food Security*, 26: 100393. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100393>
- 52 Kansanga, M., Andersen, P., Kpienbaareh, D., Mason-Renton, S., Atuoye, K., Sano, Y., Antabe, R. & Luginaah, I.** 2019. Traditional agriculture in transition: examining the impacts of agricultural modernization on smallholder farming in Ghana under the new Green Revolution. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 26(1): 11–24.
- 53 Keller, T., Sandin, M., Colombi, T., Horn, R. & Or, D.** 2019. Historical increase in agricultural machinery weights enhanced soil stress levels and adversely affected soil functioning. *Soil and Tillage Research*, 194: 104293. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104293>
- 54 Dahlin, A.S. & Rusinamhodzi, L.** 2019. Yield and labor relations of sustainable intensification options for smallholder farmers in sub-Saharan Africa. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 39: 32. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0575-1>
- 55 ФАО.** 2021. *Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства хозяйства – 2021. Повышение жизнестойкости агропродовольственных систем условиях потрясений и стрессов*. Рим. <https://doi.org/10.4060/cb4476ru>
- 56 Rose, D.** 2022. *Agricultural automation: the past, present and future of adoption*. *The State of Food and Agriculture 2022, background paper*. Internal document.
- 57 Labrière, N., Locatelli, B., Laumonier, Y., Freycon, V. & Bernoux, M.** 2015. Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 203: 127–139. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.027>
- 58 Giller, K.E., Witter, E., Corbeels, M. & Tittonell, P.** 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. *Field Crops Research*, 114(1): 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.06.017>
- 59 CSAM.** 2022. Climate resilience practice. См.: CSAM. Beijing. По состоянию на 24 июня 2022 года. www.un-csam.org/KI-climate
- 60 Winkler, B., Lemke, S., Ritter, J. & Lewandowski, I.** 2017. Integrated assessment of renewable energy potential: Approach and application in rural South Africa. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 24: 17–31. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.10.002>
- 61 Lowenberg-DeBoer, J., Yuelu Huang, I., Grigoriadis, V. & Blackmore, S.** 2020. Economics of robots and automation in field crop production. *Precision Agriculture*, 21(2): 278–299. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09667-5>
- 62 Lowenberg-DeBoer, J.** 2019. Making Technology Pay on Your Farm. Future Farm Technology Expo. Birmingham, UK.
- 63 Shockley, J.M., Dillon, C.R. & Shearer, S.A.** 2019. An economic feasibility assessment of autonomous field machinery in grain crop production. *Precision Agriculture*, 20: 1068–1085. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09638-w>
- 64 Al-Amin, A.K.M.A., Lowenberg-DeBoer, J., Franklin, K. & Behrendt, K.** 2021. *Economic implications of field size for autonomous arable crop equipment*. Land, Farm and Agribusiness Management Department, Harper Adams University, Newport, UK.

- 65 Baudron, F., Nazare, R. & Matangi, D.** 2019. The role of mechanization in transformation of smallholder agriculture in Southern Africa: Experience from Zimbabwe. Cm.: R. Sikora, E. Terry, P. Vlek & J. Chitja, eds. *Transforming agriculture in Southern Africa*, pp. 152–159. London, Routledge.
www.taylorfrancis.com/chapters/oa-edit/10.4324/9780429401701-21/role-mechanization-transformation-smallholder-agriculture-southern-africa-fr%C3%A9d%C3%A9ric-baudron-raymond-nazare-dorcas-matangi
- 66 Justice, S., Flores Rojas, M. & Basnyat, M.** 2022. *Empowering women farmers – A mechanization catalogue for practitioners*. Rome, FAO.
www.fao.org/3/cb8681en/cb8681en.pdf
- 67 APNI.** 2020. Proceedings for the 1st African Conference on Precision Agriculture, Benguérir, Morocco, 8–10 December 2020. Cm.: APNI. www.apni.net/2021/03/18/new-publication-proceedings-for-1st-african-conference-on-precision-agriculture
- 68 Onyango, C.M., Nyaga, J.M., Wetterlind, J., Söderström, M. & Piikki, K.** 2021. Precision agriculture for resource use efficiency in smallholder farming systems in sub-Saharan Africa: A systematic review. *Sustainability*, 13(3): 1158.
<https://doi.org/10.3390/su13031158>
- 69 Nyaga, J.M., Onyango, C.M., Wetterlind, J. & Söderström, M.** 2021. Precision agriculture research in sub-Saharan Africa countries: a systematic map. *Precision Agriculture*, 22: 1217–1236. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09780-w>
- 70 Pouya, M.B., Diebre, R., Rambaldi, G., Zomboudry, G., Barry, F., Sedogo, M. & Lompo, F.** 2020. *Analyse comparative de l'agriculture de précision incluant l'utilisation de la technologie drone et de l'agriculture classique en matière de production de riz et de revenu des agriculteurs au Burkina Faso*. Wageningen, Netherlands, CTA.
<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/108460>
- 71 Annor-Frempong, F. & Akaba, S.** 2020. *Socio-economic impact and acceptance study of drone-applied pesticide on maize in Ghana*. Wageningen, Netherlands, CTA.
<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/108594>
- 72 Niyitanga, F., Kazungu, J. & Mamy, I.M.** 2020. Willingness to pay and cost-benefit analyses for farmers acting on real-time, actionable UAS-based advice when growing wheat or potato in Gataraga sector, Musanze district, Rwanda. Wageningen, Netherlands, CTA. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/108602>
- 73 Santos Valle, S. & Kienzle, J.** 2020. *Agriculture 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production*. Integrated Crop Management No. 24. Rome, FAO.
www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf
- 74 Yawson, G. & Frimpong-Wiafe, B.** 2018. The socio-economic benefits and impact study on the application of drones, sensor technology and intelligent systems in commercial scale agricultural establishments in Africa. *International Journal of Agriculture and Economic Development*, 6(2): 18–36.
www.academia.edu/40998630/The_Socio-Economic_Benefits_and_Impact_Study_on_the_Application_of_Drones_Sensor_Technology_and_Intelligent_Systems_in_Commercial-Scale_Agricultural_Establishment_In_Africa
- 75 Ayamga, M., Tekinerdogan, B. & Kassahun, A.** 2021. Exploring the challenges posed by regulations for the use of drones in agriculture in the African context. *Land*, 10(2): 164.
<https://doi.org/10.3390/land10020164>
- 76 Carvalho, F.K., Chechetto, R.G., Mota, A.A.B. & Antuniassi, U.R.** 2020. Challenges of aircraft and drone spray applications. *Outlooks on Pest Management*, 31(2): 83–88.
http://dx.doi.org/10.1564/v31_apr_07
- 77 Sissoko, A.** 2020. Malian architect fights climate change with digital greenhouse. Cm.: Reuters. По состоянию на 23 июня 2022 года. www.reuters.com/article/us-climate-change-mali-agriculture-idUSKBN20713N
- 78 Elsässer, R., Hänsel, G. & Feldt, T.** 2021. *Digitalizing the African livestock sector: Status quo and future trends for sustainable value chain development*. Bonn, Germany, GIZ.
www.giz.de/de/downloads/giz2021_en_Digitalizing%20the%20African%20livestock%20sector.pdf
- 79 Okinda, B.** 2020. Pastoralists turn to apps to find grazing fields. Cm.: Nation. По состоянию на 1 июня 2022 года.
<https://nation.africa/kenya/healthy-nation/pastoralists-turn-to-apps-to-find-grazing-fields-12554>
- 80 Daum, T., Villalba, R., Anidi, O., Mayienga, S.M., Gupta, S. & Birner, R.** 2021. Uber for tractors? Opportunities and challenges of digital tools for tractor hire in India and Nigeria. *World Development*, 144: 105480.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105480>
- 81 Tarannum, N., Rhaman, Md.K., Khan, S.A. & Shakil, S.R.** 2015. A brief overview and systematic approach for using agricultural robot in developing countries. *Journal of Modern Science and Technology*, 3(1): 88–101. <https://zantworldpress.com/wp-content/uploads/2019/12/Paper-8.pdf>

- 82 Reddy, N., Reddy, A.V., Pranavadithya, S. & Kumar, J.** 2016. A critical review on agricultural robots. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 7(4): 183–188. https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJMET/VOLUME_7_ISSUE_4/IJMET_07_04_018.pdf
- 83 Autor, D.H.** 2015. Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3): 3–30. www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.29.3.3
- 84 Aune, J.B., Coulibaly, A. & Giller, K.E.** 2017. Precision farming for increased land and labour productivity in semi-arid West Africa. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37: 16. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0424-z>
- 85 Nouhoheflin, T., Coulibaly, J.Y., D’Alessandro, S., Aitchédji, C.C., Damisa, M., Baributsa, D. & Lowenberg-DeBoer, J.** 2017. Management lessons learned in supply chain development: the experience of PICS bags in West and Central Africa. *International Food and Agribusiness Management Review*, 20(3): 427–438. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2016.0167>
- 86 Micle, D.E., Deiac, F., Olar, A., Drența, R.F., Florean, C., Coman, I.G. & Arion, F.H.** 2021. Research on innovative business plan. Smart cattle farming using artificial intelligent robotic process automation. *Agriculture*, 11(5): 430. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050430>
- 87 Gorbunova, A.V., Kostin, V.E., Pashkevich, I.L., Rybanov, A.A., Savchits, A.V., Silaev, A.A., Silaeva, E.Y. & Judaev, Y.V.** 2020. Prospects and opportunities for the introduction of digital technologies into aquaculture governance system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 422(1): 012125. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/422/1/012125>
- 88 Saha, S., Hasan Rajib, R. & Kabir, S.** 2018. IoT based automated fish farm aquaculture monitoring system. 2018 *International Conference on Innovations in Science, Engineering and Technology (ICISSET)*, pp. 201–206.
- 89 Neethirajan, S. & Kemp, B.** 2021. Digital livestock farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 32: 100408. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2021.100408>
- 90 FAO, IFAD (International Fund for Agricultural Development), UNICEF (United Nations Children’s Fund), WFP (World Food Programme) & WHO (World Health Organization).** 2022. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0639en>

ГЛАВА 4

- 1 FAO.** 2021. *Engaging with small and medium agrifood enterprises to guide policy making. A qualitative research methodological guide*. Rome. www.fao.org/3/cb4179en/cb4179en.pdf
- 2 FAO.** 2022. *Cross cutting theme on inclusivity. FAO Strategic Framework 2022–2025*. Rome. (не опубликовано).
- 3 Charlton, D., Hill, A.E. & Taylor, E.J.** 2022. *Automation and social impacts: winners and losers*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-09. Rome, FAO.
- 4 Morton, J.F.** 2007. The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50): 19680–19685. www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.0701855104
- 5 Davidova, S., Fredriksson, L., Gorton, M., Mishev, P. & Petrovici, D.** 2012. Subsistence farming, incomes, and agricultural livelihoods in the new Member States of the European Union. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 30(2): 209–227.
- 6 Sibhatu, K.T., Krishna, V.V. & Qaim, M.** 2015. Production diversity and dietary diversity in smallholder farm households. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(34): 10657–10662. <https://doi.org/10.1073/pnas.1510982112>
- 7 Sibhatu, K.T. & Qaim, M.** 2017. Rural food security, subsistence agriculture, and seasonality. *PLOS ONE*, 12(10): e0186406. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186406>
- 8 Frelat, R., Lopez-Ridaura, S., Giller, K.E., Herrero, M., Douxchamps, S., Djurfeldt, A.A., Erenstein, O. et al.** 2016. Drivers of household food availability in sub-Saharan Africa based on big data from small farms. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(2): 458–463. <https://doi.org/10.1073/pnas.1518384112>
- 9 Hall, R., Scoones, I. & Tsikata, D.** 2017. Plantations, outgrowers and commercial farming in Africa: agricultural commercialisation and implications for agrarian change. *The Journal of Peasant Studies*, 44(3): 515–537. <https://doi.org/10.1080/03066150.2016.1263187>
- 10 Barnett, T.** 1996. Subsistence agriculture. См.: T. Barnett, E. Blas & A. Whiteside, eds. *AIDS Brief for sectoral planners and managers*, pp. 6–10. Geneva, WHO. <https://corpora.tika.apache.org/base/docs/govdocs1/153/153175.pdf>

11 Mendoza, E.E., Rigor, A.C., Mordido, C.C. & Marajas, A.A. 1982. *Grain quality deterioration in on-farm level of operations. Proceedings of 5th Annual Grains Postharvest Technology Workshop, Los Baños, 1982.* Manila, South East Asia Cooperative Postharvest Research and Development Programme.

12 Proctor, D.L. 1994. *Grain storage techniques: Evolution and trends in developing countries.* FAO Agricultural Service Bulletin No. 10. Rome, FAO.

13 de la Peña, C. 2013. Thinking through the tomato harvester. См.: *Boom California*. По состоянию на 25 июля 2022 года. <https://boomcalifornia.org/2013/06/24/thinking-through-the-tomato-harvester>

14 Gazzola, P., Grechi, D., Martinelli, I. & Pezzetti, R. 2022. The innovation of the cashierless store: a preliminary analysis in Italy. *Sustainability*, 14(4): 2034. <https://doi.org/10.3390/su14042034>

15 Rudd, J. 2019. Checking out productivity in grocery stores. *Beyond the Numbers: Productivity*, 8(15). (U.S. Bureau of Labor Statistics, December 2019). www.bls.gov/opub/btn/volume-8/checking-out-productivity-in-grocery-stores.htm

16 Reinartz, W., Wiegand, N. & Imschloss, M. 2019. The impact of digital transformation on the retailing value chain. *International Journal of Research in Marketing*, 36(3): 350–366. <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2018.12.002>

17 Spruit, D. & Almenar, E. 2021. First market study in e-commerce food packaging: Resources, performance, and trends. *Food Packaging and Shelf Life*, 29: 100698.

18 Zhang, Y. & Huang, L. 2015. China's e-commerce development path and mode innovation of agricultural product based on business model canvas method. *WHICEB 2015 Proceedings*, 9. <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1076&context=whiceb2015>

19 Zeng, Y., Jia, F., Wan, L. & Guo, H. 2017. E-commerce in agri-food sector: a systematic literature review. *International Food and Agribusiness Management Review*, 20(4): 439–460.

20 Cai, Y., Lang, Y., Zheng, S. & Zhang, Y. 2015. Research on the influence of e-commerce platform to agricultural logistics: An empirical analysis based on agricultural product marketing. *International Journal of Security and Its Applications*, 9(10): 287–296. http://article.nadiapub.com/IJSIA/vol9_no10/26.pdf

21 FAO & ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). 2022. *Digital agriculture in action: selected case studies from India.* Country Investment Highlights No. 17. Rome, FAO and ICRISAT. www.fao.org/3/cc0017en/cc0017en.pdf

22 FAO & Zhejiang University. 2021. *Rural e-commerce development: experience from China.* Digital Agriculture Report. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb4960en/cb4960en.pdf

23 FAO. 2015. *Understanding decent rural employment.* Rome. www.fao.org/3/bc270e/bc270e.pdf

24 Takeshima, H. & Vos, R. 2022. *Agricultural mechanisation and child labour in developing countries.* Background Study. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb8550en/cb8550en.pdf

25 Deichmann, U., Goyal, A. & Mishra, D. 2016. Will digital technologies transform agriculture in developing countries? Policy Research Working Paper No. 7669. Washington, DC, World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/24507>

26 Nakasone, E. & Torero, M. 2016. A text message away: ICTs as a tool to improve food security. *Agricultural Economics*, 47: 49–59. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/75854/1/MPRA_paper_75854.pdf

27 Sekabira, H. & Qaim, M. 2017. Can mobile phones improve gender equality and nutrition? Panel data evidence from farm households in Uganda. *Food Policy*, 73: 95–103.

28 Santos Valle, S. & Kienzle, J. 2020. *Agriculture 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production.* Integrated Crop Management No. 24. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf

29 Bonacich, E. & De Lara, J.D. 2009. *Economic crisis and the logistics industry: Financial insecurity for warehouse workers in the inland empire.* IRLE Working Paper No. 2009–13. UCLA, Los Angeles, USA. <https://escholarship.org/uc/item/8rn2h9ch>

30 Gittleman, M. & Monaco, K. 2020. Truck-driving jobs: Are they headed for rapid elimination? *ILR Review*, 73(1): 3–24.

31 England, P. 2010. The gender revolution: Uneven and stalled. *Gender and Society*, 24(2): 149–166.

32 Scott, A. & Davis-Sramek, B. 2021. *Driving in a man's world: Intra-occupational gender segregation in the trucking industry.* Working Paper. www.researchgate.net/publication/349104605_Driving_in_a_Man%27s_World_Intra-occupational_Gender_Segregation_in_the_Trucking_Industry

33 U.S. Bureau of Labor Statistics. 2022. Labor force statistics from the current population survey. См.: *U.S. Bureau of Labor Statistics*. По состоянию на 18 марта 2022 года.

www.bls.gov/cps/cpsaat11.htm

34 Rapsomanikis, G. 2015. *The economic lives of smallholder farmers: An analysis based on household data from nine countries*.

Rome, FAO. www.fao.org/3/i5251e/i5251e.pdf

35 Adu-Baffour, F., Daum, T. & Birner, R. 2019. Can small farms benefit from big companies' initiatives to promote mechanization in Africa? A case study from Zambia. *Food Policy*, 84: 133–145.

<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.03.007>

36 Ogutu, S.O., Ochieng, D.O. & Qaim, M. 2020. Supermarket contracts and smallholder farmers: Implications for income and multidimensional poverty. *Food Policy*, 95: 101940.

<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101940>

37 Chege, C.G.K., Andersson, C.I.M. & Qaim, M. 2015. Impacts of supermarkets on farm household nutrition in Kenya. *World Development*, 72: 394–407. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.03.016>

38 Baudron, F., Misiko, M., Getnet, B., Nazare, R., Sariah, J. & Kaumbutho, P. 2019. A farm-level assessment of labor and mechanization in Eastern and Southern Africa. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(2): 17.

<https://doi.org/10.1007/s13593-019-0563-5>

39 Guilhoto, J.J.M., Barros, A., Marjotta-Maistro, M. & Istake, M. 2002. *Mechanization process of the sugar cane harvest and its direct and indirect impact over the employment in Brazil and in its 5 macro regions*. MPRA Paper No. 38070.

https://mpra.ub.uni-muenchen.de/38070/1/MPRA_paper_38070.pdf

40 Charlton, D. & Kostandini, G. 2021. Can technology compensate for a labor shortage? Effects of 287(g) immigration policies on the U.S. dairy industry. *American Journal of Agricultural Economics*, 103(1): 70–89. <https://doi.org/10.1111/ajae.12125>

41 Lowenberg-DeBoer, J., Yuelu Huang, I., Grigoriadis, V. & Blackmore, S. 2020. Economics of robots and automation in field crop production. *Precision Agriculture*, 21(2): 278–299.

<https://doi.org/10.1007/s11119-019-09667-5>

42 Ortega, A.C., de Jesus, C.M. & Mouro, M. de C. 2009. Mecanização e emprego na cafeicultura do Cerrado Mineiro [Mechanization and job in the coffee growing of the Cerrado Mineiro]. *Revista Da ABET*, 8(2). <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/abet/article/view/15268/8674>

43 Posadas, B.C., Knight, P.R., Coker, R.Y., Coker, C.H., Langlois, S.A. & Fain, G. 2008. Socioeconomic impact of automation on horticulture production firms in the Northern Gulf of Mexico region. *HortTechnology*, 18(4): 697–704.

<https://doi.org/10.21273/HORTTECH.18.4.697>

44 Charlton, D. & Taylor, J.E. 2020. Rural school access and the agricultural transformation. *Agricultural Economics*, 51(5): 641–654.

<https://doi.org/10.1111/agec.12583>

45 Taylor, J.E. & Charlton, D. 2018. *The farm labor problem: A global perspective*. Amsterdam, Elsevier Academic Press.

46 Lachia, N., Pichon, L. & Tisseyre, B. 2019. A collective framework to assess the adoption of precision agriculture in France: description and preliminary results after two years.

In: J.V. Stafford, ed. *Precision agriculture '19*, pp. 851–857.

https://doi.org/10.3920/978-90-8686-888-9_105

47 Lowenberg-DeBoer, J. 2022. *Economics of adoption for digital automated technologies in agriculture*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-10. Rome, FAO.

48 Ma, M., Saitone, T.L., Volpe, R.J., Sexton, R.J. & Saksena, M. 2019. Market concentration, market shares, and retail food prices: Evidence from the U.S. Women, Infants, and Children Program. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 41(3): 542–562.

<https://doi.org/10.1093/aep/ppy016>

49 Torero, M. 2019. Robotics and AI in food security and innovation: Why they matter and how to harness their power.

In: J. von Braun, M.S. Archer, G.M. Reichberg & M. Sánchez Sorondo, eds. *Robotics, AI, and humanity: Science, ethics, and policy*, pp. 99–107. Springer.

50 World Bank. 2020. *Poverty and shared prosperity 2020: Reversals of fortune*. Washington, DC, World Bank.

<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/34496>

51 FAO. 2022. *Inclusion of persons with disabilities in FAO's work: Information Note*. Rome. (не опубликовано)..

52 Filipski, M., Aboudrare, A., Lybbert, T.J. & Taylor, J.E.

2017. Spice price spikes: Simulating impacts of saffron price volatility in a gendered local economy-wide model. *World Development*, 91: 84–99. https://arefiles.ucdavis.edu/uploads/filer_public/e3/9d/e39d6c38-56a6-4f56-8831-8947ef0648e2/2017_filipski_et_al_wd_spice_price_spikes.pdf

53 Diiro, G.M., Fisher, M., Kassie, M., Muriithi, B.W. & Muricho, G. 2021. How does adoption of labor saving agricultural technologies affect intrahousehold resource allocations? The case of push-pull technology in Western Kenya. *Food Policy*, 102: 102114. <http://oar.icrisat.org/11845/1/Impact%20of%20Push%20Pull%20Technology%20on%20Intra-Household%20Labour%20Allocation%20in%20Kenya.pdf>

54 Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M. 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO.

55 Vemireddy, V. & Choudhary, A. 2021. A systematic review of labor-saving technologies: Implications for women in agriculture. *Global Food Security*, 29: 100541.

56 GIZ (German Agency for International Cooperation). 2020. *Gender-transformative change in practice: 6 case studies*. Agricultural Technical Vocational Education and Training for Women (ATVET4W). Pretoria. www.giz.de/en/downloads/giz2020_en_GTC%20in%20Practice_6%20Case%20Studies_Interactive.pdf

57 Majumder, J. & Shah, P. 2017. Mapping the role of women in Indian agriculture. *Annals of Anthropological Practice*, 41(2): 46–54. <https://doi.org/10.1111/napa.12112>

58 Theis, S., Sultana, N. & Krupnik, T.J. 2018. *Overcoming gender gaps in rural mechanization: Lessons from reaper-harvester service provision in Bangladesh*. GCAN Project Note 8. CSISA Research Note 9. Washington, DC, IFPRI. <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/132358>

59 Flores Rojas, M. 2018. *Gender sensitive labour saving technology. Drum seeder: saving time, effort and money. A case study from the Lao People's Democratic Republic*. Bangkok, FAO. www.fao.org/3/i9464en/i9464en.pdf

60 FAO. 2019. *Fostering the uptake of labour-saving technologies: How to develop effective strategies to benefit rural women*. Rome. www.fao.org/3/CA2731EN/ca2731en.pdf

61 Daum, T., Adegbola, P.Y., Adegbola, C., Daudu, C., Issa, F., Kamau, G., Kergna, A.O. et al. 2022. Mechanization, digitalization, and rural youth - Stakeholder perceptions on three mega-topics for agricultural transformation in four African countries. *Global Food Security*, 32: 100616. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100616>

62 Kim, J. 2019. Innovative technology in the agricultural sectors: Opportunities for green jobs or exacerbation of rural youth unemployment? *Proceedings of the Future of Work in Agriculture Conference*. Washington, DC. <https://farmlabor.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk5936/files/inline-files/Jeongha%20Kim%3B%20Ag%20Tech.pdf>

63 Khanna, M. 2021. Digital transformation of the agricultural sector: Pathways, drivers and policy implications. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 43(4): 1221–1242. <https://doi.org/10.1002/aapp.13103>

ГЛАВА 5

1 Rose, D.C., Lyon, J., de Boon, A., Hanheide, M. & Pearson, S. 2021. Responsible development of autonomous robotics in agriculture. *Nature Food*, 2: 306–309. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00287-9>

2 Klerkx, L. & Rose, D. 2020. Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? *Global Food Security*, 24: 100347. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100347>

3 Ag-Incentives. 2022. *Ag-Incentives*. По состоянию на 4 мая 2022 года. <http://ag-incentives.org>

4 ФАО, МФСР, ЮНИСЕФ, ВПП и ВОЗ. 2022 год. *Положение дел в области продовольственной безопасности и питания в мире – 2022. Переориентация политики в области продовольствия и сельского хозяйства в интересах повышения экономической доступности здорового питания*. Рим, ФАО. <https://www.fao.org/documents/card/ru/c/CC0639RU>

5 Daum, T. & Birner, R. 2017. The neglected governance challenges of agricultural mechanisation in Africa – insights from Ghana. *Food Security*, 9(5): 959–979. <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0716-9>

6 Cramb, R. & Thepent, V. 2020. Evolution of agricultural mechanization in Thailand. См.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 165–201. Washington, DC, IFPRI. <http://ebrary.ifpri.org/utills/getfile/collection/p15738coll2/id/134091/filename/134311.pdf>

7 Justice, S. & Biggs, S. 2020. The spread of smaller engines and markets in machinery services in rural areas of South Asia. *Journal of Rural Studies*, 73: 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.11.013>

- 8 IFC (International Finance Corporation).** 2019. *The market opportunity for Productive Use Leveraging Solar Energy (PULSE) in sub-Saharan Africa*. Washington, DC. www.lightingglobal.org/wp-content/uploads/2019/09/PULSE-Report.pdf
- 9 Rose, D.** 2022. *Agricultural automation: the past, present and future of adoption. The State of Food and Agriculture 2022, background paper*. Internal document.
- 10 Ministry of Transport and Communications, Finland.** 2011. *Communications Market Act*. www.finlex.fi/en/laki/kaannokset/2003/en20030393.pdf
- 11 European Commission.** 2020. *Facing the challenges of broadband deployment in rural and remote areas: A handbook for project promoters and policy makers*. www.byanatsforum.se/wp-content/uploads/2020/05/Broadband-handbook-2020pdf.pdf
- 12 Van Loon, J., Woltering, L., Krupnik, T.J., Baudron, F., Boa, M. & Govaerts, B.** 2020. Scaling agricultural mechanization services in smallholder farming systems: Case studies from sub-Saharan Africa, South Asia, and Latin America. *Agricultural Systems*, 180: 102792. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102792>
- 13 Diao, X., Takeshima, H. & Zhang, X.** 2020. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* Washington, DC, IFPRI. <https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/134095>
- 14 Kwet, M.** 2019. Digital colonialism is threatening the Global South. См.: *Aljazeera*. По состоянию на 25 июля 2022 года. www.aljazeera.com/opinions/2019/3/13/digital-colonialism-is-threatening-the-global-south
- 15 Ávila Pinto, R.** 2018. Digital sovereignty or digital colonialism. *International Journal on Human Rights*, 15(27): 15–27. <https://sur.conectas.org/en/digital-sovereignty-or-digital-colonialism>
- 16 African Union.** 2020. *The digital transformation strategy for Africa (2020-2030)*. Addis Ababa. <https://au.int/sites/default/files/documents/38507-doc-dts-english.pdf>
- 17 Smart Africa.** 2022. *AgriTech blueprint for Africa*. <https://smart.africa/board/login/uploads/71613-continental-agritech-blueprint-eng.pdf>
- 18 FAO & ITU.** 2017. *E-agriculture strategy guide: A summary*. Bangkok. www.fao.org/3/i6909e/i6909e.pdf
- 19 Ströh de Martínez, C., Feddersen, M. & Speicher, A.** 2016. *Food security in sub-Saharan Africa: A fresh look on agricultural mechanisation. How adapted financial solutions can make a difference*. Studies No. 91. Bonn, Germany, German Development Institute. www.die-gdi.de/uploads/media/Study_91.pdf
- 20 Bhattarai, M., Singh, G., Takeshima, H. & Shekhawat, R.S.** 2020. Farm machinery use and the agricultural machinery industries in India. См.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 97–138. Washington, DC, IFPRI. <https://ebrary.ifpri.org/digital/collection/p15738coll2/id/134090>
- 21 FAO & AUC.** 2018. *Sustainable agricultural mechanization: A framework for Africa*. Addis Ababa. www.fao.org/3/CA1136EN/ca1136en.pdf
- 22 Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M.** 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO.
- 23 Win, M.T., Belton, B. & Zhang, X.** 2020. Myanmar's rapid agricultural mechanization: Demand and supply evidence. См.: X. Diao, H. Takeshima & X. Zhang, eds. *An evolving paradigm of agricultural mechanization development: How much can Africa learn from Asia?* pp. 263–284. Washington, DC, IFPRI. https://doi.org/10.2499/9780896293809_08
- 24 Meyer, R.** 2011. *Subsidies as an instrument in agriculture finance: A review*. Washington, DC, World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/12696/707300ESW0P1120ies0as0an0Instrument.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 25 Houssou, N., Diao, X., Cossar, F., Kolavalli, S., Jimah, K. & Aboagye, P.O.** 2013. Agricultural mechanization in Ghana: Is specialization in agricultural mechanization a viable business model? *American Journal of Agricultural Economics*, 95(5): 1237–1244. <https://doi.org/10.1093/ajae/aat026>
- 26 Daum, T., Huffman, W. & Birner, R.** 2018. *How to create conducive institutions to enable agricultural mechanization: A comparative historical study from the United States and Germany*. Economics Working Paper. Ames, USA, Department of Economics, Iowa State University. https://lib.dr.iastate.edu/econ_workingpapers/47

- 27 Grain Producers Australia (GPA), Tractor and Machinery Association (TMA) & Society of Precision Agriculture Australia (SPAA).** 2021. *Code of practice. Agricultural Mobile Field Machinery with Autonomous Functions in Australia*. www.graincentral.com/wp-content/uploads/2021/08/Code-of-Practice.pdf
- 28 Lowenberg-DeBoer, J., Behrendt, K., Ehlers, M.-H., Dillon, C., Gabriel, A., Huang, I.Y., Kumwenda, I. et al.** 2021. Lessons to be learned in adoption of autonomous equipment for field crops. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 44(2): 848–864. <https://doi.org/10.1002/aep.13177>
- 29 Justice, S., Flores Rojas, M. & Basnyat, M.** 2022. *Empowering women farmers – A mechanization catalogue for practitioners*. Rome, FAO. www.fao.org/3/cb8681en/cb8681en.pdf
- 30 Flores Rojas, M.** 2018. *Gender sensitive labour saving technology. Drum seeder: saving time, effort and money. A case study from the Lao People's Democratic Republic*. Bangkok, FAO. www.fao.org/3/i9464en/i9464en.pdf
- 31 Комитет по всемирной продовольственной безопасности (КВПБ).** 2014. *Принципы ответственного инвестирования в агропродовольственные системы*. Рим. www.fao.org/3/au866r/au866r.pdf
- 32 Alves, B.J.R., Madari, B.E. & Boddey, R.M.** 2017. Integrated crop–livestock–forestry systems: prospects for a sustainable agricultural intensification. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 108: 1–4. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9851-0>
- 33 McCampbell, M.** 2022. *Agricultural digitalization and automation in low- and middle-income countries: Evidence from ten case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 25. Rome, FAO.
- 34 Northrup, D.L., Basso, B., Wang, M.Q., Morgan, C.L.S. & Benfey, P.N.** 2021. Novel technologies for emission reduction complement conservation agriculture to achieve negative emissions from row–crop production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(28): e2022666118.
- 35 ФАО.** 2020. Почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие (ПРЗ). См.: ФАО. Рим. По состоянию на 1 августа 2022 года. www.fao.org/conservation-agriculture/ru/
- 36 Jaleta, M., Baudron, F., Krivokapic-Skoko, B. & Erenstein, O.** 2019. Agricultural mechanization and reduced tillage: antagonism or synergy? *International Journal of Agricultural Sustainability*, 17(3): 219–230. <https://doi.org/10.1080/14735903.2019.1613742>
- 37 Giller, K.E., Witter, E., Corbeels, M. & Tittonell, P.** 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. *Field Crops Research*, 114(1): 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.06.017>
- 38 Baudron, F., Nazare, R. & Matangi, D.** 2019. The role of mechanization in transformation of smallholder agriculture in Southern Africa: Experience from Zimbabwe. См.: R. Sikora, E. Terry, P. Vlek & J. Chitja, eds. *Transforming agriculture in Southern Africa*, pp. 152–159. London, Routledge. www.taylorfrancis.com/chapters/oa-edit/10.4324/9780429401701-21/role-mechanization-transformation-smallholder-agriculture-southern-africa-fr%C3%A9d%C3%A9ric-baudron-raymond-nazare-dorcas-matangi
- 39 ФАО.** 2022. Ответственное ведение бизнеса (ОББ) в сельском хозяйстве. См.: ФАО. Рим. По состоянию на 29 июня 2022 года. www.fao.org/responsible-business-conduct-in-agriculture/ru/
- 40 European Commission.** 2022. *Just and sustainable economy: Commission lays down rules for companies to respect human rights and environment in global value chains*. Press Release. Brussels https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1145
- 41 Torero, M.** 2019. Robotics and AI in food security and innovation: Why they matter and how to harness their power. См.: J. von Braun, M.S. Archer, G.M. Reichberg & M. Sánchez Sorondo, eds. *Robotics, AI, and humanity: Science, ethics, and policy*, pp. 99–107. Springer.
- 42 Adu-Baffour, F., Daum, T. & Birner, R.** 2019. Can small farms benefit from big companies' initiatives to promote mechanization in Africa? A case study from Zambia. *Food Policy*, 84: 133–145. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.03.007>
- 43 Daum, T., Capezzone, F. & Birner, R.** 2021. Using smartphone app collected data to explore the link between mechanization and intra-household allocation of time in Zambia. *Agriculture and Human Values*, 38: 411–429. <https://doi.org/10.1007/s10460-020-10160-3>
- 44 Sims, B., Hilmi, M. & Kienzie, J.** 2016. *Agricultural mechanization. A key input for sub-Saharan African smallholders*. Integrated Crop Management No. 23. Rome, FAO. www.fao.org/3/i6044e/i6044e.pdf
- 45 Tsan, M., Totapally, S., Hailu, M. & Addom, B.** 2019. *The digitalisation of African agriculture report 2018-2019*. Wageningen, Netherlands. CTA. www.cta.int/en/digitalisation-agriculture-africa

46 Trendov, N.M., Varas, S. & Zeng, M. 2019. *Digital technologies in agriculture and rural areas – Status report*. Rome, FAO. www.fao.org/3/ca4985en/CA4985EN.pdf

47 Charlton, D., Hill, A.E. & Taylor, E.J. 2022. *Automation and social impacts: winners and losers. Background paper for The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22-09. Rome, FAO.

48 Mapiye, O., Makombe, G., Molotsi, A., Dzama, K. & Mapiye, C. 2021. Towards a revolutionized agricultural extension system for the sustainability of smallholder livestock production in developing countries: The potential role of ICTs. *Sustainability*, 13(11): 5868. <https://doi.org/10.3390/su13115868>

49 Bhattacharyya, T., Wani, S.P. & Tiwary, P. 2021. Empowerment of stakeholders for scaling-up: digital technologies for agricultural extension. См.: S.P. Wani, K.V. Raju & T. Bhattacharyya, eds. *Scaling-up solutions for farmers*, pp. 121–147. Cham, Springer International Publishing. https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-77935-1_3

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

1 McCampbell, M. 2022. *Agricultural digitalization and automation in low- and middle-income countries: Evidence from ten case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 25. Rome, FAO.

2 Ceccarelli, T., Chauhan, A., Rambaldi, G., Kumar, I., Cappello, C., Janssen, S. & McCampbell, M. 2022. *Leveraging automation and digitalization for precision agriculture: Evidence from the case studies*. Background paper for *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO Agricultural Development Economics Technical Study No. 24. Rome, FAO.



2022 ПОЛОЖЕНИЕ ДЕЛ В ОБЛАСТИ ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КАК ИНСТРУМЕНТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ СИСТЕМ

С начала двадцатого века ситуацию в мировом сельском хозяйстве определяет автоматизация. Механизация с использованием моторизованной техники принесла большую пользу с точки зрения повышения производительности, снижения необходимости в тяжелой физической работе и более эффективного распределения рабочей силы, но с ней оказались сопряжены и некоторые негативные воздействия на окружающую среду. Недавно появилось новое поколение технологий цифровой автоматизации сельского хозяйства, которые обещают дальнейшее повышение производительности, а также обеспечение жизнестойкости и устранение экологических проблем, связанных с предыдущим этапом механизации.

В докладе “Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства” за 2022 год рассматриваются движущие силы автоматизации сельского хозяйства, включая новейшие цифровые технологии. Составленный по материалам 27 тематических исследований, этот доклад содержит анализ экономической модели внедрения технологий цифровой автоматизации в различных системах сельскохозяйственного производства во всем мире. В нем определены некоторые факторы, препятствующие инклюзивному внедрению этих технологий, особенно мелкими производителями. Важнейшими из этих препятствий являются низкий уровень цифровой грамотности и отсутствие необходимой инфраструктуры, такой как подключение к интернету и доступ к электричеству, а также финансовые ограничения. На основе этого анализа в докладе предложены меры политики, которые обеспечат социально незащищенным группам населения из развивающихся регионов возможность воспользоваться преимуществами автоматизации сельского хозяйства и помогут создать с ее помощью устойчивые и жизнестойкие агропродовольственные системы.



ISBN 978-92-5-137023-0 ISSN 2070-0962



9 789251 370230
CB9479RU/1/12.22