

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

**Строков А.С., Шагайда Н.И., Терновский Д.С.,
Луговой О.В., Барина В.А., Поташников В.Ю.,
Ланьшина Т.А.**

**Оценка альтернатив развития сельского хозяйства
(интенсификация использования земли или
расширение посевных площадей)**

Москва 2020

Аннотация. С помощью модели частичного равновесия GLOBIOM мы хотели оценить возможные пути развития России в рамках сценариев экстенсификации или интенсификации растениеводства до 2030 года и до 2050 года. Преимущество данной модели заключается в том, что, учитывая цены и спрос и предложение она способна найти решение для конкретной страны, выбрать наиболее рентабельные культуры, направить туда производство, а также по итогам расчетов посчитать и выбросы парниковых газов от сельскохозяйственной деятельности.

Строков А.С., старший научный сотрудник Центра агропродовольственной политики ИПЭИ Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Шагайда Н.И., руководитель Центра агропродовольственной политики ИПЭИ Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Терновский Д.С., ведущий научный сотрудник Центра агропродовольственной политики ИПЭИ Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Луговой О.В., ведущий научный сотрудник Центра экономического моделирования энергетики и экологии ИПЭИ Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Баринова ВА., ведущий научный сотрудник Центра экономического моделирования энергетики и экологии ИПЭИ Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Поташников В.Ю., старший научный сотрудник Центра экономического моделирования энергетики и экологии ИПЭИ Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Ланьшина Т.А., научный сотрудник Центра экономического моделирования энергетики и экологии ИПЭИ Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ

Данная работа подготовлена на основе материалов научно-исследовательской работы, выполненной в соответствии с Государственным заданием РАНХиГС при Президенте Российской Федерации на 2019 год.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Теоретические основы экономики интенсификации сельскохозяйственного зем- лепользования.....	5
2 Систематизация международного опыта развития интенсификации.....	18
3 Оценка уровня интенсификации сельского хозяйства РФ.....	37
3.1 Выделение отраслей и территорий, производство на которых ведется интен- сивно.....	37
3.2 Анализ размера и динамики выбросов парниковых газов в зависимости от экс- тенсивного и интенсивного путей развития сельского хозяйства.....	42
4 Выявление сбалансированных путей развития и возможностей выхода на так назы- ваемый уровень устойчивой интенсификации.....	53
5 Варианты масштабов производства и потребления продовольствия, а также выбро- сы парниковых газов при разных уровнях интенсификации производства.....	64
5.1 Оценка сценариев развития различных путей экстенсивного и интенсивного развития сельского хозяйства России.....	64
5.2 Рекомендации органам управления Российской Федерации в сфере политики устойчивого развития сельского хозяйства.....	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	88
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	92

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе мы остановимся на экономике развития сельского хозяйства в раскрытии одного из важнейших аспектов современного развития – интенсификации землепользования. Тема актуальна, поскольку в целом сельское хозяйство России отстает от западных стран по уровню продуктивности и интенсификации ввиду затянувшегося периода перехода к рыночной экономике, который сопровождался упадком (сокращением производства и в т.ч. интенсификации) в период 1990х годов, а впоследствии заменился ростом, но с сильной территориальной дифференциацией. Отмечается, что использование современных технологий в сельском хозяйстве развивается фрагментарно: отдельные регионы страны страдают от чрезмерной интенсификации и концентрации производства, что выражается в значительных издержках для третьих лиц и загрязнении окружающей среды, другие регионы – наоборот, сильно отстают. Тема интенсификации связана с устойчивым развитием: показатель ЦУР 2.4.1. "устойчивость систем сельскохозяйственного производства". В документах ФАО ООН на эту тему указано, что "поощряется внедрение моделей, увеличивающих продуктивность, устойчивость сельского хозяйства". Соответственно мы хотим изучить факторы способствующие интенсификации сельского хозяйства в России и факторы, сдерживающие интенсификацию, т.е. способствующие расширению производства за счет экстенсивного развития (расширения посевов и/или пастбищ).

В настоящее время в России реализуется на федеральном уровне ряд проектов по развитию сельского хозяйства. В частности, проект Госпрограммы развития рынков 2013-2020 гг, в которую входит, в т.ч. новая программа по развитию экспорта агропродовольственных продуктов. Кроме того, была принята Стратегия развития сельских территорий до 2030 года. В совокупности эти программы отражают перспективы и планы Российского Правительства по наращиванию производства и экспорта сельскохозяйственной продукции, произведенной в России. В Стратегии развития сельских территорий до 2030 года также указано, что одним из факторов развития станет вовлечение в оборот сельскохозяйственных земель. Основная наша идея– рассчитать экономические и экологические последствия от введения в оборот (фактически распахки естественных угодий) новых земель, ранее не используемых в сельскохозяйственном производстве. Кроме того, мы хотели проанализировать текущие тренды в интенсификации и экстенсификации сельского хозяйства России,

чтобы выявить потенциальные факторы, способствующие увеличению урожайности в растениеводстве, и и/или увеличению посевных площадей. Затем с помощью модели частичного равновесия GLOBIOM мы попробуем смоделировать различные условия развития, например, интенсификация без расширения посевных площадей, или экстенсивное развитие, но с меньшим ростом урожайности. Подобные сценарии могут быть интересны в научных кругах и для Министерства сельского хозяйства России в части вопросов, касающихся ресурсного обеспечения сельского хозяйства России. Кроме того, Россия ратифицировала Парижское соглашение по Климату 2015, и в Правительстве обсуждается вопрос введения Федерального закона о регулировании выбросов. Мы также попытаемся ответить на вопросы, как это осуществлять на практике, и какие возникают здесь сложности в методологии оценки последствий и в администрировании практик эмиссий парниковых газов со стороны сельского хозяйства.

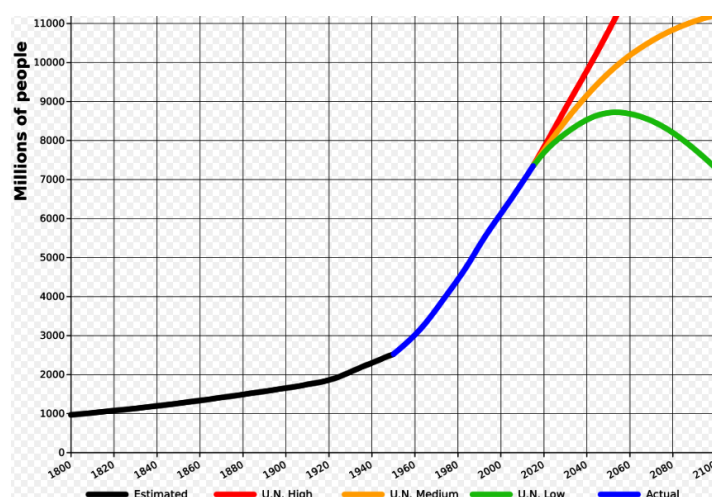
1 Теоретические основы экономики интенсификации сельскохозяйственного землепользования

Широкомасштабная интенсификация мирового сельского хозяйства является феноменом последних 50-60 лет. Различные научные эксперименты с воздействием химических элементов (веществ) на плодородие почв и развитие роста растений активно проводились в период 18-19 веков. Если быть точным, то наиболее существенное развитие интенсификация получила после второй мировой войны, когда ученым удалось разработать технологии фиксированного выпуска азота, что вылилось в производство подходящих для растениеводства азотных удобрений (период с 1936 по 1956 гг, когда удобрения были коммерциализированы). Если до этого использование удобрений (органических, т.е. из навоза) было известным и в древние времена и делалось для сохранения плодородия почв и по сути для поддержки неизменного объема урожая, то во второй половине 20 века внесение минеральных удобрений стало необходимым условием роста урожайности в большинстве стран с развитым (в промышленном смысле) сельским хозяйством: Европа, США, Бразилия, Китай.

Основной причиной развития интенсификации является необходимость прокормить растущее население нашей планеты. В 18-19 веках рост населения планеты, как некий феномен увеличения плотности населения на фиксированную площадь поверхности Земли, как объекта с ограниченным количеством пространства и ресурсов, приводил экономистов в замешательство, что вылилось в создание мальтусской теории перенаселения. Автором этой теории стал британский экономист

Томас Роберт Мальтус, который в 1798 году выпустил «Эссе о теории народонаселения», где высказал опасения по поводу того, что рано или поздно человечество столкнется с кризисом продовольствия из-за растущего населения, поскольку в то время предполагалось, что темпы роста населения всегда будут выше, чем темпы роста производства продовольствия. Иными словами, продуктивность людей всегда будет выше продуктивности пашни. Это означает, что в то время достижения химической промышленности в области создания удобрений еще не были известны даже ученым. Урожайность основных продовольственных культур, видимо, была год от года стабильной или зависела исключительно от погодных условий, ротации культур и внесения органических удобрений (навоза), что не давало видимый рост продуктивности пашни. Отсюда и пессимизм Мальтуса в отношении перспектив Земли накормить всё её население. Мальтус также ввёл понятия естественных ограничителей роста населения планеты: войны, эпидемии, голод, чума. Каждая из этих катастроф как бы отбрасывает человечество к некоторому исходному количеству населения, тем самым отодвигая во времени вероятность мальтусского кризиса, когда кривая темпа роста населения пересечет кривую роста продуктивности пашни.

После второй мировой войны, несмотря на механизацию и интенсификацию развития сельского хозяйства, данная проблема по-прежнему остается актуальной. Поскольку после второй мировой войны население нашей планеты стало резко расти – в основном за счет развивающихся стран (Китай, Индия, Африка).



Источник - ООН, US Census Bureau

Примечание - До 1950 года оценки численности населения взяты из оценок национального бюро переписи США (линия черного цвета), а после 2004 года прогноз численности населения взят из расчетов ООН (красная, желтая и зеленая линии); синим цветом помечены фактические данные о численности населения нашей планеты по данным ООН

Рисунок 1 – Население Земли, млн. чел

Рисунок 1 показывает, что за период с 1950 по 2017 гг (т.е. 67 лет) население планеты Земля выросло в 3 раза – до 7.5 млрд. человек, что является небывалым феноменом за всю историю человечества.

Таблица 1 – Мировое производство основных растениеводческих культур

Культура	Темпы роста производства (2017/1961)	Объем мирового производства в 2017 году, млн тонн
Ячмень	2.04	147
Кассава	4.10	292
Кукуруза	5.53	1 135
Картофель	1.43	388
Рис	3.57	770
Пшеница	3.47	772
Сладкий картоф.	1.15	113
Ямс	8.77	73
Овощи	5.54	1 094

Примечание - расчеты авторов по данным ФАО

В таблице 1 показано, что за период 1961-2017 гг. (почти 60 лет) мировое производство основных сельскохозяйственных культур выросло в разы – больше чем в 3 раза, если сравнивать с ростом населения, которое мы описывали в предыдущем абзаце. В частности, производство риса и пшеницы выросло более чем в 3 раза. Производство кукурузы и овощей выросло более, чем в 5 раз за анализируемый промежуток времени.

Таким образом, за счет развития науки и технологий человечеству удалось, как минимум отодвинуть проблему Мальтуса на некоторое время. Кроме того, сработал закон естественного ограничения, что выразилось в замедлении темпов роста мирового населения – см. рисунок 2. На нем показано, что максимальные темпы роста населения были после второй мировой войны в 1950х годах и достигали почти 2.3% ежегодного роста. После этого за 50 лет темпы роста населения снизились почти на 80% до показателя 1.3% среднегодовых темпов роста населения в 2000 году.



Источник - ООН, US Census Bureau

Рисунок 2 – Среднегодовые ежегодные темпы роста населения всего мира

Примечание – На графике показаны среднегодовые темпы роста населения мира за период 1800-2005 гг и прогнозные значения до 2025 года. Значения показателя до 1950 года взяты из данных Бюро переписи США. Данные за период 1951-2005 гг – ООН. После 2005 года – прогнозы USCB.

На рисунке 2 показана динамика темпов роста населения всей планеты. Мы видим, что было зафиксировано 2 резких скачка: 1 – в начале 1910 года (с 0.6 до 1.1% ежегодных темпов роста), а затем в 1930-1940 х годах (с 1.1%) до 1950 (до 2%). После 1960х годов темпы роста населения Земли снизились почти вдвое – до 1.3% в 2000 году, и предполагается, что и дальше продолжат снижаться.

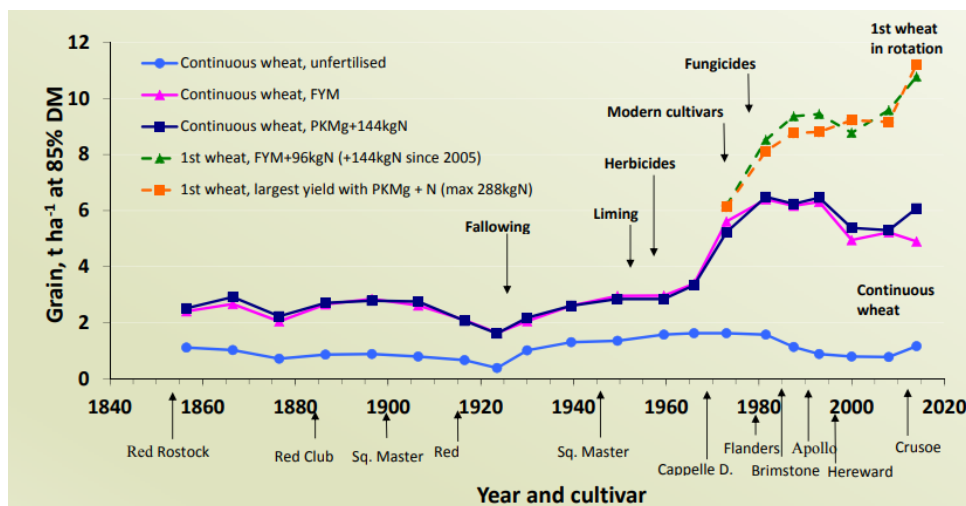
После второй мировой войны механизированное сельское хозяйство произвело прорыв в продуктивности сельского хозяйства, а Зеленая Революция (т.е. биотехнологии) помогла увеличить урожайность основных с/х культур, что позволило увеличить объемы продовольствия и обеспечили долгосрочный нисходящий тренд цен на продовольствие (примерно с 1950 гг до скачка в 1975-1977 гг и затем еще раз вниз до 2007 года).

Увеличение благосостояния разных стран во второй половине 20 века по-разному сказалось на их возможностях роста населения. К началу 21 века большинство технически и экономически развитых стран пережили падение рождаемости.

Методами государственной политики, налогами, регулированием производства (выбросы загрязняющих веществ) и потребления в развитых странах удалось сделать низкие темпы роста населения, высокие темпы роста (или просто объема) производства продовольствия, что привело к насыщению внутренних рынков и увеличению экспорта. В дальнейшем развитие такой политики поможет

усовершенствовать экологическое законодательство и права гражда по ждоступу к здоровй пище по разумным ценам. И таким образом, Мальтусская катастрофа будет отодвинута.

По интенсификации также можно дать известную картину разных видов урожайности – Ротамстедская опытная станция.



Примечание - по данным Macdonald 2018 [1]

Рисунок 3 – Динамика урожайности пшеницы при различных уровнях интенсификации на станции Ротамстед за период 1852-2016 гг.

На рисунке 3 показ результат многолетних опытов по выращиванию пшеницы при разных условиях интенсификации на территории Ротамстедской станции (Великобритания). Видно, что до 1960 года почти 100 лет не было видно никаких существенных успехов в росте урожайности. Самая нижняя линия показывает динамику урожайности постоянно засеиваемой пшеницы без удобрений: за период 1850-1960 гг урожайность здесь колебалась в диапазоне от 0.5 до 2 тонн с 1 га. Над ней находится линия удобряемой пшеницы, что многие годы (почти 100 лет) давало почти двукратную прибавку урожайности пшеницы: диапазон колебания урожайность здесь был от 1.8 до 3 тонн с 1 га. Но наиболее существенный рост начался в конце 1960х годов, когда применения современных гербицидов и культиваторов позволило увеличить урожайность пшеницы еще в 2 раза – до 5 тонн с 1 га. Затем рост этой линии продолжился до 6.1 тонн с 1 га, но в начале 200х годов тренд сменился на нисходящий. Кроме того, здесь показаны еще более высокие урожайности (прерывистые линии, начиная с 1970 года), которые отражают различные виды урожайностей при более высоких объемах внесения азотных удобрений – самый высокий рост при 288 кг азота, что позволяет достичь урожайности в почти 12 тонн с 1 га.

В статье [2] поднимается вопрос, что влияет на распределение ресурсов в производстве сельскохозяйственной продукции: цены или технологии. В начале статьи авторы ссылаются на Schultz (1956) [3], который говорил, что технологии в большей степени влияют на распределение ресурсов и на рост продуктивности. Но затем авторы говорят, а как цены влияют на темп внедрения новых технологий в аграрном производстве.

Считается, что современный рост продуктивности в сельском хозяйстве – это когда увеличивается выпуск продукции с единицы (как правило неизменной) факторов производства. Здесь могут быть 2 причины этому: улучшение технологической эффективности того, как ресурсы используются, или появления инновационных технологий [4]. Приводится гипотеза Шмуклера-Лукаса, что высокая цена на продукт (или высокий спрос) способствует росту внедрения инноваций. В работе Evenson (1989) [5] дал подтверждение этой гипотезы на примере аграрного сектора США. Далее Binswanger 1978 [6] разработал модель явным алгоритмом (развернутая форма), где показано, что инновации будут расти у фирмы при известной цене на выпуск продукции, но только при условии, что инновация даст оптимальный рост выпуска продукции. Автор [7] говорит, что цены на ресурсы определяют выбор технологий и тем самым продуктивности, но не показывает гипотезу по поводу знака между этими переменными (т.е. не демонстрирует, какая между ними эластичность).

Далее они говорят, как экономическая политика влияет на цены, а соответственно и на выбор технологий и в конечном счете эффективность производства. Авторы восходят к фразе Hicks (1935 год) [8] о «тихой гавани» для монополистов, когда ограничения на вход новых фирм влияют на ухудшения технологий (или медленную внедрению инноваций) у существующих (работающих) фирмах в отрасли. Исследование [9] показывает, что и невысокая мотивация менеджеров служит основой для технической неэффективности и в конечном счете влияет на ухудшение продуктивности. Таким образом, когда рыночные силы гонят цены вниз, инициатива для менеджеров по улучшению технической эффективности гораздо больше, чем в случае роста цен, поскольку существование бизнеса, а, следовательно, их работы и заработка находится под угрозой. Получается, что гипотеза тихой гавани, является полностью противоположной гипотезы Шмуклера-Лукаса. Гипотеза «тихой гавани» (quite life) сводится к обратной зависимости между ценами на выходную продукцию и продуктивностью фирмы. Авторы [10] нашли, что средний рост продуктивности для тех овощей во Флориде, на которые есть импортные пошлины, составил 1.6% в

год, тогда как для овощей, не ограниченных таможенными пошлинами, конкурирующих с мексиканскими товарами, то для них темпы роста продуктивности составили 5.1% в год. Но данные результаты пока не являются абсолютными. Т.е. не всегда подтверждаются другими исследованиями. Все зависит от страны, продукта и от циклического периода, когда исследуется динамика взаимосвязи между ценами на выпускаемую продукцию, выпуском (объемами производства) и/или продуктивностью производства. Schultz (1979) [3] на примере св, говорит, что рост цен реализованной продукции влияет на рост продуктивности сельхозпроизводства. Другой автор [11] напротив говорит, что в США переоцененный доллар снижал цены внутри США на св продукцию, что повлияло на снижение внедрения технологических инноваций.

Таким образом, прямые и не прямые интервенции (государственная поддержка св) в выбранных странах влияли на снижение св цен на выпуск продукции на 50%. Соответственно это повлияло на снижение продуктивности на 26%.

Проанализируем результат анализа в работе [12]. Там показано, что ограничения на использование средств производства в сельском хозяйстве принимает формы ограничения количества земель в обороте. Ограничения на выпуск продукции и на использование средств производства часто применяются в комбинации с ценовой поддержкой и другими мерами. До 1996 года в США действовали программы поддержки (прямой) для пшеницы, кукурузы, хлопка, риса, ячменя, сорго, и овса (программы поддержки цен и deficiency payments). Но когда поставки (предложение) и стоимость программы сильно выросла, то была введена новая программа по сокращению посевов (ARP – Acreage Reduction Program). Т.е. по многим культурам были введены ограничения на размер посевов некоторых конкретных культур, что было нужно для косвенного стимулирования развития других культур.

Последствия для окружающей среды от мер господдержки сельского хозяйства для производства и средств производства могут быть разделены на эффект выпуска продукции и на эффект субститута. Эффект выхода продукции – это когда рост св производства происходит из-за низких производственных издержек (в случае субсидий на средства производства), а также в случае высоких цен на выпуск продукции (в случае поддержки цен). С ростом выпуска продукции св производства сельское хозяйство забирает ресурсы из других секторов и использует их более интенсивно.

Эффект субститута относится к изменению влияний, выраженных в относительных ценах на факторы производства – на микс (сбор) земельных и неземельных

производственных факторов. В развивающихся странах господдержка с/х в основном включает в себя прямые субсидии для закупки удобрений (или иных химикатов, в т.ч. пестицидов) и/или инвестиции в орошение. В первом случае это приведет к увеличению внесения удобрений на 1 га, а второй случай – к сокращению введения новых земель в оборот. А в развитых странах наоборот – внедряются программы по контролю за расширением посевных площадей. Ограничивая количество возделываемых земель они стимулируют рост цен на них, тем самым и стимулируя использование неземельных средств производства.

Далее находим интересной модель [13]. Это исследование показало, что есть теоретическая предпосылка для оценки зависимости между стоимостью капитала и природных ресурсов. Используя простую модель роста неоклассического типа, в которой в качестве входных данных для производства используется как искусственный, так и природный капитал, создается теоретическая основа для U-образной связи между интенсификацией сельского хозяйства и инвестициями фермерских домохозяйств в капитал возобновляемых ресурсов.

Напротив, интернализация внешних выгод от инвестиций в ресурсы увеличивает благосостояние и производство на душу населения в долгосрочной перспективе. Протекционизм, обусловленный более частным, чем социальным, временным предпочтением, не оправдывает вмешательства, направленные на стимулирование инвестиций в ресурсный капитал; скорее это аргумент в пользу стимулирования сбережений и инвестиций в целом. Далее подробно остановимся на логике изложения Pender 1998, поскольку это важно в методологическом смысле.

Влияние роста населения на продуктивность сельскохозяйственных ресурсов и вместе с возможностью экологически чистого использования окружающей среды давно обсуждается экономистами. Начало этому положил в конце 18 века Мальтус (см абзацы выше). Во второй половине 20 века появляется скепсис по поводу возможности устойчивого развития в тех странах, где наблюдается рост населения [14], [15], [16]. Отсюда возникали предложения по возможностям государственной политики влияния на сокращение темпов роста населения и/или уменьшения населения в качестве одной из мер обеспечения устойчивых экономических систем [17].

В противоположность вышеназванным сериям научных работ возникают и другие исследования, которые показывают возможности развития развивающихся стран. Э. Бозеруп [18] и ряд других ученых обосновывали как рост населения влияет положительно на развитие экономики через улучшение интенсивности земледелия,

развитие инфраструктуры для транспортировки производимой продукции, открытие новых рынков сбыта и организация ярмарок, и даже в отдельных случаях наблюдалось улучшение технологических и институциональных практических технологических новшеств [19, 20, 21, 22, 23, 24, 25].

В настоящее время продолжаются научные споры по поводу того, способствует ли этот процесс росту сельскохозяйственного развития или сокращению производительности труда и человеческого капитала (в частности можно увидеть некоторое противостояние в работах [22] и [25]). И также обсуждаются последствия от роста населения и сх интенсификации для окружающей среды [26]; [27].

В литературе описываются ряд примеров, когда последствия от роста населения сильно отличаются. Большое количество исследований в сфере аграрной экономики показывает положительную взаимосвязь между плотностью населения или ростом количества населения на единице площади (или в заданной стране) и такими экологическими проблемами, как вырубка лесов, эрозия возделываемых почв, перевыпас скота (увеличение количества скота на единицу пастбищных площадей), уменьшение плодородия сельскохозяйственных угодий, и прочие ресурсные и природно-экологические проблемы [27, 28, 29]. Но существуют и другие примеры, об этом далее.

Начиная, по крайней мере, с фон Тюнена в 1842 году, интенсивность сельского хозяйства (с точки зрения производства или урожайности на единицу площади и времени) долгое время считалась ключевой концепцией в многочисленных объяснениях роста и изменений в сельском хозяйстве [46]; [44]. Это было указано Kates et al. (1993, стр. 21) [47], что долгосрочный рост населения и экономическое развитие обычно не происходят без интенсификации и роста сельского хозяйства, хотя интенсификация и рост сельского хозяйства не неизбежно следуют за ростом населения и не обязательно являются выгодными или устойчивыми (см. Mortimore 1993 [48] для обзора и обсуждения теорий Бозеруп и нео-мальтузианцев).

Модели изменений земного покрова во времени и пространстве создаются взаимодействием биофизических и социально-экономических процессов. Динамические (основанные на процессах) имитационные модели были разработаны для имитации запуска этих процессов и отслеживания их эволюции. Имитационные модели подчеркивают взаимодействия между всеми компонентами, образующими систему. Они сгущают и объединяют сложные экосистемы в небольшое количество дифференциальных уравнений в стилизованной форме. Поэтому имитационные модели

основаны на априорном понимании сил, управляющих изменениями в системе. В случае интенсификации сельского хозяйства - это понимание коренится в моделях Эстер Бозеруп (1965, 1975, 1981) [18, 57, 58] и переведенных работах А.В. Чаянова [59].

Эти модели стали мощным стимулом для исследователей, занимающихся изменениями в сельском хозяйстве за пределами экономики. Подходы, основанные главным образом на населении, в бозерупийском или чаяновском типе экономики связывают интенсификацию сельского хозяйства с потребностями и потребностями домохозяйств (усиливающимися в «теории потребностей», основанной на потреблении), согласно которой домохозяйства балансируют потребление и отдых (средства наименьших усилий) и / или следовать цели или стратегии прожиточного минимума (подход «полный живот»).

Модель интенсификации Эстер Бозеруп затрагивает долгосрочные процессы интенсификации культивирования, обусловленные ростом населения и предполагаемыми предпочтениями фермеров для отдыха. Она измеряет увеличение частоты возделывания в сравнении с постоянными земельными и временными периодами и определяет «континуум интенсивности сельского хозяйства». Модель в основном применима в странах с натуральным хозяйством и подходит для более широкого охвата истории аграрных изменений, а не для отдельных местных случаев. Модель основана на довольно механистическом подходе и, следовательно, вряд ли подходит для прогнозирования (Lambin, 1994, p. 66, 71 [60]).

Она представляет собой в основном вербальную, а не пространственно-явную модель, которая не была предназначена для численного прогнозирования, несмотря на попытки математически ее формализовать на макроуровне [46]. В «теории крестьянского хозяйства» Чаянова утверждается, что (русские) фермерские хозяйства не стремились производить столько, сколько было возможно (в целях максимизации прибыли), но стремились к более сдержанной и менее эластичной цели обеспечения домохозяйства. Другими словами, модели типа Чаянова относятся к ситуациям, когда сельскохозяйственные домохозяйства максимизируют полезность с компромиссом между потреблением и отдыхом, и когда фермерские единицы считаются не интегрированными в «совершенные» рынки.

Далее необходимо дать описание модели глобиум, и какие теоретические предпосылки в ней заложены. Чем они отличаются от описанных выше подходов. Мы применяли модель частичного равновесия «ГЛОБИУМ» - разработка Института

прикладного и системного анализа ИИАСА (Лаксенбур, Австрия), - для оценки возможных темпов роста производства продукции растениеводства и животноводства в России, с возможностью оценки экспорта, импорта отдельных товаров, в т.ч. и по конкретным странам, а также эмиссий парниковых газов от скота и от растениеводческой деятельности, в т.ч. и от распахки новых земель в России. Идеология моделей частичного равновесия заключается в том, что производитель пытается максимизировать свою функцию полезности и произвести больше при меньших затратах, а потребитель (в нашем случае население, как потребитель производимой продукции сельского хозяйства) пытается увеличить свою продовольственную безопасность и/или личное потребление при меньших затратах на покупку продовольствия (скорее всего, ограничения по количеству потребляемых в сутки ккал в модели тоже прописаны – но надо уточнить).

Модель GLOBIOM, которую мы здесь будем использовать в практических целях для расчета соответствующих сценариев развития сельского хозяйства России, является примером модели рекурсивной, частичного равновесия, т.е. где нет всех факторов производства. Цель модели показать взаимосвязь между секторами сельского хозяйства, биотоплива и леса, как земля используется по-разному, и чтобы доказать, что конкуренция за земельные ресурсы носит, как глобальный, так и локальный характер. Равновесие в модели достигается за счет того, что, что в ходе своей деятельности производитель и потребитель делают выбор в сторону определенного вида землепользования исходя из концепции затрат/выгод, т.е. по сути суммы полезностей или максимальной эффективности и отдачи от затраченных средств.

Ранее МакКарл и Сприн (1980) разработали методологию технологических и политических ограничений, имплементированных для разработки точных производственных функций в сельском хозяйстве. Их подход отличается в построении функций, где они предложили использовать цены как эндогенную переменную, т.е. получающуюся в ходе расчетов. В своем анализе литературы они ссылались на предыдущих авторов (Heady and Srivistava), у которых были модели линейного программирования и цены были независимой переменной. Их модель предполагала фиксированные значения цен и выпуска продукции, игнорируя взаимоотношения совокупного предложения и уровня цен. Тем не менее анализ секторов аграрной экономики, признающий существование (или хотя бы теоретические предпосылки наличия) коэффициентов соотношения между ценами и количеством предложения, - подобные вопросы можно решать с помощью равновесного подхода.

Ранее Самуэльсон в 1952 году показал, как проблема частичного равновесия для пространственно разделенных рынков может быть решена с помощью математического программирования. Такаяма и Джадж в 1964 году построили линейные функции спроса и предложения, где спрос и предложение каждого продукта зависят от цен (т.е. это модели с экзогенно заданными ценами). Они расширили положения Самуэльсона так, чтобы пространственная структура цен, производства и факторов производства, а также потребление были рассчитаны методами квадратического программирования.

В 1975 году Дулой и Нортон с помощью сепарабельного программирования аппроксимировали квадратичную целевую функцию в качестве линейной функции, что позволило адаптировать симплекс метод для поиска решения, тем самым, расширив размер и задачи проблемы, которые метод позволяет решать.

Продолжим описывать основные характеристики Глобиум. Цены и потоки международной торговли (нетто экспорт и/или нетто импорт) рассчитываются эндогенно (т.е. зависимая переменная), в то время, как драйверами модели (экзогенные переменные) являются темпы роста населения, спроса, ВВП, которые задаются из баз данных по прогнозам ООН и SSP. Итак, цены и экспорт (или импорт) рассчитываются в результате процесса оптимизации (решения) модели и распределяются по регионам в мире. Структура модели позволяет, как исследовать группы стран в процессе торговли, землепользования и производства продуктов питания, так и в отдельных странах и даже в регионах внутри страны.

Рыночные отношения в модели представлены в виде неявной (обратной) функции предложения продукции. Это делается с помощью географически распределенной и детальной производственной функцией Леонтьева с постоянной эластичностью замещения. В то же время функция спроса является явной, т.е. где правая часть уравнения не содержит зависимой переменной. Каждый производитель модели (на уровне лунда – географическое расширение модели) имеет свою технологию производства продукции, которая описывается также функцией Леонтьева. Подобные функции имеют фиксированные соотношения затрат-выпуска продукции. Каждый продукт можно производить с помощью разных типов производственных технологий (интенсивно, экстенсивно, с помощью ирригации или кустарными технологиями, типа ЛПХ) дискретные изменения в коэффициентах затрат-выпуска возможны только при выборе конкретной технологии для производства сельскохозяйственной

продукции на заданной территории. Явные производственные функции используются только для расчета предложения воды, используемой в сельском хозяйстве.

Использование земельных ресурсов и характеристики почв и земного покрова являются важными элементами модельной структуры Глобиум. Чтобы корректно отображать сельскохозяйственное производство и производство лесной продукции была построена база данных с био-физическими характеристиками почв и земного покрова (Скальски, 2008). Эта база данных состоит из геоинформационных характеристик почвенных и земельных ресурсов, их расположение, характер и качество целевого использования (пастбище, пахотные земли, лес и т.п.), а также климатические, топографические и управленческие (использования удобрений и/или технологий орошения) аспекты каждого лунда, взятые из разных ресурсов международных институтов ИФПРИ, ФАО, Изрик и др.

Таким образом, модель глобиум позволит не только рассчитать объемы производимой продукции с помощью разных технологий, но мы можем задавать сценарии развития с учетом большего или меньшего использования того или иного ресурса. В нашем случае нам интересны издержки для третьих лиц при производстве сельскохозяйственной продукции. Здесь они выражены в виде выбросов парниковых газов (эквивалента CO₂ – все газы унифицированы под этот газ с помощью переводных коэффициентов), которые выделяются в ходе производства продукции животноводства, систем хранения навоза, возделывания почв, и отдельно рисовых полей, а также за счет распашки новых (с естественной растительностью) территорий. С помощью этого метода мы пытаемся оценить не только экономические последствия от текущих государственных программ в России (развитие экспорта до 2024 год и Стратегии развития сельских территорий до 2030 года), выраженные в наращивании производства продукции животноводства и растениеводства, но и экологические последствия в виде выбросов парниковых газов, которые могут способствовать изменению климата. Комплексная оценка экстенсивного и интенсивного сценариев развития сельского хозяйства России с помощью подобных поведенческих моделей позволит лучше спрогнозировать вероятное будущее, и что можно сделать (какие меры аграрной политики ввести или исключить), при желании государства внести изменения в ожидаемые события и попробовать развивать аграрный сектор более последовательно, предсказуемо и с использованием ресурсосберегающих технологий.

2 Систематизация международного опыта развития интенсификации

Barretto и соавторы (2013) [81] пытались ответить на вопрос: окращает ли сельскохозяйственная интенсификация площадь, используемую для сельскохозяйственного производства в Бразилии. Для этого анализировались данные бразильской переписи, спутниковые данные и ежегодные данные официальной статистики за период 1975-1996 гг и 1996-2006 гг. Были обработаны и проанализированы данные ГИС и статистических инструментов, чтобы выяснить, совпадают ли изменения урожайности и темпов накопления и, если да, то как это соотносится с изменениями в пахотных угодьях и пастбищах. Дополнительные данные среднего разрешения ГИС использовались для анализа общих изменений площадей сельскохозяйственных угодий, которые произошли в Бразилии в 1960–2006 годах. Анализ показывает, что в сельскохозяйственных районах (в основном в южной и юго-восточной части Бразилии) интенсификация землепользования (как на пахотных землях, так и на пастбищах) совпала либо с сокращением площадей пахотных и пастбищных земель, либо с расширением пахотных земель за счет пастбищ, что в обоих случаях привело к отсутствию расширения сельскохозяйственных угодий, или даже сокращению сельскохозяйственных угодий. Напротив, в сельскохозяйственных пограничных районах (то есть в зонах обезлесения в центральной и северной части Бразилии) интенсификация землепользования совпала с расширением сельскохозяйственных угодий.

Эти наблюдения подтверждают тезис о том, что (i) технологические усовершенствования создают стимулы для расширения в приграничных сельскохозяйственных районах; и (ii) фермеры, вероятно, уменьшат свои управляемые площади, только если земля станет дефицитным ресурсом. Пространственный анализ переходов в землепользовании с 1960 года показывает расширение и постепенное перемещение сельскохозяйственной границы вглубь центрально-западного Серрадо, т.е. в центр и север континентальной Бразилии. Это также указывает на обратную тенденцию в соответствии с теорией лесных переходов, то есть сокращение сельскохозяйственного производства в маргинальных районах на юго-востоке Бразилии, в основном в пределах биома Атлантического леса. Значительное сокращение вырубки лесов, которое имело место в последние годы, несмотря на рост цен на продовольственные товары, указывает на то, что политика, направленная на сдерживание преобразования местной растительности в сельскохозяйственные уго-

дья, может быть эффективной. Это может улучшить перспективы защиты лесов путем инвестирования в интенсификацию сельского хозяйства.

Преобразование природных экосистем в антропогенные ландшафты является, пожалуй, самым очевидным доказательством геологического вмешательства человека в естественные процессы, происходящие на планете Земля. Это преобразование оказало негативное экологическое воздействие, но тем не менее способствовало росту численности населения в мире, предоставляя продукты питания и другие продукты на основе биомассы. Понимание и управление изменениями в системах землепользования и изменения землепользования является центральной проблемой для устойчивости развития сельского хозяйства [82]. При существующих режимах землепользования рост населения и развитие общества, по-видимому, стимулируют дальнейший перевод земель с естественным покровом в пашню [83]. Следовательно, нам нужно выяснить и больше анализировать, как растущее население планеты Земля может прокормить себя так, чтобы не потерять большую часть того, что еще осталось от дикой природы [84]. Т.е. научиться ресурсосберегающим технологиям.

Интенсификация сельскохозяйственного производства с целью увеличения товарной продукции на единицу площади может снизить давление на процессы изменения землепользования (преобразование естественных ландшафтов под пашню или пастбища). Инициативы в области исследований, разработок и передачи технологий, связанные с «зеленой революцией», привели к значительному росту производительности сельского хозяйства и способствовали сокращению доли голодающих людей с примерно 60% в 1960 году до 17% в 2000 году [85]. В качестве иллюстрации последствий для сохранения земли [86] подсчитали, что интенсификация сельского хозяйства помогла избежать выбросов связанных с изменением землепользования, соответствующих примерно 160 гигатоннам углерода (GtC) с 1961 года, благодаря предотвращению расширения пахотных земель на 1514 млн. га (что в целом больше, чем удвоение общей площади пахотных земель), которое потребовалось бы, если бы уровни урожайности остались на уровне 1961 года.

Гипотеза о том, что интенсификация сельского хозяйства позволяет вывести часть земель из оборота под естественное восстановление (гипотеза о сохранении земель *land sparing*) была поставлена под сомнение в исследованиях, показывающих на эмпирических данных по разным странам различных эпох, что интенсификация землепользования довольно редко сопровождается сокращением пахотных земель ([84]; [87]; [88]). Технологические улучшения и повышение производительности

потенциально также делают сельскохозяйственную деятельность более прибыльной и, следовательно, более привлекательной, что приводит к увеличению общего использования сельскохозяйственных угодий, а не к сокращению [82].

Однако неясно, отражают ли наблюдения за этим явлением в основном перераспределение землепользования на региональном уровне или фактически отражает глобальное явление, то есть то, что интенсификация развития приводит к более быстрому, а не медленному расширению сельскохозяйственных земель в глобальном масштабе. В этом случае объяснением будет то, что такое развитие событий также приведет к удешевлению производства и снижению цен на продукты питания, что приведет к повышению спроса на продукты питания. Анализ производительности и развития землепользования, связанных с десятью основными культурами в период 1970–2005 годов, показывает, что это явление существует в глобальном масштабе [88]. Другие исследования показывают, что более вероятно, что это произойдет в ситуациях, когда интенсификация включает в себя товарные культуры с относительно эластичным спросом, как это наблюдается для соевых бобов в Бразилии ([89]; [90]).

За последние 5–7 лет после анализируемого периода времени, в Бразилии произошли резкие изменения в моделях преобразования естественной местной растительности, влияние которых на динамику использования сельскохозяйственных земель не может быть отражено в нашем наборе данных, так как исследуемый период заканчивается в 2006 году. Вырубка лесов в биоме Амазонки снизилась со среднегодовой скорости в 18 200 км² в год в 1988–2006 гг. (Достигнув пика в 27 800 км² в год в 2004 г.) до 4700 км² в год в 2012 г. [114]. Аналогичная тенденция наблюдается и в биоме Серрадо (второе место после Амазонки в области, охватывающей примерно 25% территории Бразилии), в которой конверсия местной растительности снизилась со среднегодового показателя 14 200 км² в год в течение 2003–2008 годов до 6500 км² в год в 2010 году [115]. Эти замедления в преобразовании лесов и других естественных растительных покровов еще более заметны, если учесть, что цены на сельскохозяйственные культуры и говядину росли в последнее десятилетие, достигнув рекордного максимума в 2012 году. В течение 2002–2012 годов цены на сою и кукуруза, две крупнейшие зерновые культуры в Бразилии, увеличились на 10% и 12% в год, соответственно. Цены на говядину также выросли, хотя и с меньшей скоростью в 7% в год, за тот же период [116].

Встречаются работы [117], где можно найти объяснение улучшению природоохранной политики в Бразилии. Это связано с принятием стратегий с участием фе-

деральных и местных органов власти, сельскохозяйственного сектора и гражданского общества. В источнике [118] сообщается, что местные практики, основанные на режиме соблюдения экологических прав и выведением земель из оборота (или наоборот запрет на введение новых земель в оборот), были эффективными в снижении обезлесения и содействии устойчивому развитию в регионе Легальной Амазонки. Согласно Neves (2012) [117], это изменение в подходе достигло кульминации в 2007 году благодаря федеральной программе развития экологии под знаком зеленой марки и зеленой перестройки (стало возможным благодаря Федеральному указу 6321/07), где были определены муниципалитеты с высоким уровнем вырубки лесов, правительственные кредитные льготы были обусловлены полным соблюдением природоохранное законодательство и незаконно переустроенные территории подлежали эмбарго, включая торговые ограничения на сельскохозяйственную продукцию.

Сопутствующие тенденции в вырубке лесов и ценах на продукцию позволяют предположить, что баланс между расширением сельского хозяйства и сохранением лесов в Бразилии перевернулся в пользу последних за последние 5–10 лет. Таким образом, проводимая в последние годы политика по ограничению преобразования местной растительности в сельскохозяйственные угодья представляется эффективной, и это может улучшить перспективы защиты местной растительности путем инвестирования в интенсификацию сельского хозяйства.

Сокращение сельскохозяйственных угодий в Бразилии (*farmland contraction*). Долгосрочная картина сокращения сельскохозяйственных угодий, связанная с интенсификацией, была обнаружена как в растениеводстве, так и в животноводстве в южных и юго-восточных регионах Бразилии. Кроме того, агрегация данных переписи показывает, что общая площадь сельскохозяйственных угодий в Бразилии в течение последних двух десятилетий была приблизительно стабильной, а объем сельскохозяйственного производства значительно увеличился; в период 1990–2010 гг. производство бразильской продукции выросло в среднем на 7,2% в год для сои, 3,5% в год для кукурузы, 5,2% в год для сахарного тростника, 5,6% в год для молока и 6,7% в год для говядины ([119]; [120]). Это подразумевает, что интенсификация позволила сохранить нетронутыми миллионы гектар девственных земель, но, как отмечалось выше, эта интенсификация могла бы также способствовать более высоким темпам роста сельскохозяйственного производства, делая бразильское сельское хозяйство более экономически конкурентоспособным.

В некоторых регионах восстановление лесных экосистем можно наблюдать после длительных периодов использования сельскохозяйственных земель. Это согласуется с теорией транзитного леса или судьбы леса в транзитный период Forest Transition (FT). Другой вариант – лес вблизи сельскохозяйственных посевов. Согласно концепции FT за периодом чистой потери лесной площади может следовать период чистого прироста земельных площадей ([121]; [122]). Наблюдения в соответствии с этой теорией были зарегистрированы для частей Амазонки [123] и Атлантического леса [124].

Выше было уже показано, что значительное сокращение сельскохозяйственных угодий в горных районах биомы Атлантического леса, расположенного на юго-востоке Бразилии, может быть подтверждением этой теории, как и фактом того, что это просто более развитый экономический регион, и земля там дороже, да и городов больше. В Амазонке другая ситуация – обратная. Тенденция сокращения сельскохозяйственных угодий на территории Атлантического леса была наиболее сильной в период 1975–1996 гг., который был тем же периодом, охваченным Baptista & Rudel (2006) [124], хотя их исследование было сосредоточено главным образом на юге Бразилии. Сокращение сельскохозяйственных угодий также наблюдалось в полупустынных районах северо-восточной Бразилии в течение последних 30 лет.

В других работах [125] и [126] указываются на неправильное толкование наблюдаемого регионального изменения лесов как в общенациональном процессе и подчеркивают необходимость учитывать региональную взаимозависимость в процессах развития контрактации фермеров (FT). В частности, Walker (2012) [125] смоделировал агрегированные биомы Атлантического леса и Амазонки и пришел к выводу, что атлантический лес восстанавливается менее быстро, чем утраченные амазонские леса. Таким образом, FT имеет место в определенных регионах, но для Бразилии в целом все еще есть чистый убыток в лесной зоне.

Результаты, представленные в статье Barretto et al 2013 [81], указывают на то, что за последние 30 лет, по всей вероятности, в южных и юго-восточных сельскохозяйственных регионах произошла экономия земель (т.е. отсутствие расширения сх земель за счет естественных природных биомов). В то же время сельскохозяйственная экспансия наблюдалась не только в биоме Амазонки и Атлантического леса, занимающие 63% всей территории, но также в районах Серрадо, Каатинга, Пантанал и Пампас. Моделирование для изучения вырубки лесов под сх угодья в Бразилии должно охватывать всю страну и учитывать более широкий контекст, включая также

другие важные биомы. Необходимы дополнительные исследования для выяснения важности различных причин таких переходов в Бразилии, которые включают интенсификацию сельского хозяйства, социально-экономические преобразования и природоохранное законодательство.

Масштабный по всем странам мира анализ сравнения изменения землепользования в сельском хозяйстве и аграрной интенсификации представлен в работе (Rudel et al 2009) [88]. Основной вопрос, который авторы рассматривали - уменьшает ли рост интенсификации сельского хозяйства посевные площади и, тем самым, сохраняя некоторые земли, концентрируя производство на других землях? Такие процессы важны с глобальной точки зрения по многим причинам, в том числе по расширению возможностей освобожденных от сельскохозяйственной нагрузки земель для секвестрации органического углерода и предоставления других экологических услуг. Трудности, связанные с измерением площади неиспользуемых земель, делают невозможным полное исследование предполагаемой причинно-следственной цепи от интенсификации сельского хозяйства до сокращения посевных площадей, а затем до увеличения свободных земель. Rudel et al 2009 [88] анализируют исторические обстоятельства конкретного кейса, когда рост урожайности сопровождался снижением посевных площадей, что привело к сохранению земель (т.е. новые земли не были введены в оборот, не было вырубки лесов и перевода земель с естественной растительностью под цели выращивания с/х культур). Для этого использовались данные Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) на национальном уровне (т.е. была собрана база данных по всем странам мира) о тенденциях в области динамики пахотных земель за 1970–2005 годы, с особым акцентом на период 1990–2005 годов, по 10 основным типам культур. Результаты показали, что в этот период пахотные земли росли медленнее, чем население планеты, тем не менее рост урожайности с одновременным сокращением пахотных земель (в той же стране) наблюдались нечасто (исходя из статистического анализа), как в глобальном, так и в национальном масштабе. В течение этого периода интенсификация сельского хозяйства обычно сопровождалась ростом возделываемых угодий (особенно кейсы Бразилии, Китая), за исключением стран с программами импорта зерна и специальных программ вывода сельскохозяйственных земель (как правило пашни) из оборота (США, ЕС). Кроме того, исследование показывает, что будущие программы (или даже просто тренды) по консервации пахотных земель и аккумуля-

ляции углерода и других экосистемных услуг на этих территориях не могут быть приняты без явного политического вмешательства.

Rudel et al 2009 [88] изучили динамический тренд интенсификации сельского хозяйства и изменений возделываемых площадей сначала в глобальном масштабе для десяти культур с 1970 по 2005 год, а затем, более подробно, с исторической точки зрения, в национальном масштабе для тех же десяти культур с 1990 по 2005 год. Десять культур, представляющих 57% пахотных земель Земли, - это кукуруза, пшеница, рис, соя, картофель, бананы, какао, кофе, сахарный тростник и хлопок. Анализ касается того, сократили ли, когда и где интенсифицированное культивирование этих культур (измеренное по увеличению урожайности культур на гектар), и произошёл ли при этом сокращение посевных площадей или сдерживание их расширения.

Rudel et al 2009 [88] анализирует взаимосвязь интенсификации и обрабатываемой площади в контексте, сформированном другими переменными, которые могли вызвать спад в обрабатываемой зоне. Увеличение импорта зерна, возможно, освободило менее продуктивные местные земли от сельскохозяйственного производства и способствовало сохранению земель. Программы сохранения земель, сопровождаемые выводом с/х земель из оборота, были внедрены в последние 30 лет в Китае, Европе и Северной Америке и предназначены в большинстве случаев для поощрения отказа фермеров от возделывания подверженных эрозии сельскохозяйственных угодий (Napier T, Napier S, Tvrdoň J (2000) [140]), что также могли вызывать сокращение посевных площадей. Глядя на случаи, когда увеличение урожайности совпало со статическими или убывающими пахотными землями, можно оценить эти гипотезы.

Анализ начинается с описания глобальных тенденций урожайности, цен и возделываемых площадей в период между 1970 и 2005 годами. Затем более детально исследуется динамика возделываемых площадей, с помощью двумерного и многомерного анализа, в течение более короткого периода времени - между 1990 и 2005 годы - в регионах, странах и секторах сельского хозяйства. Оба периода, 1970–2005 и 1990–2005 гг., представляют собой подходящие периоды для проверки предложенной гипотезы, поскольку они наблюдали постоянное увеличение урожайности по широкому спектру сельскохозяйственных культур и снижение цен на сельскохозяйственные товары. 1970-е годы показали резкое снижение цен на сельскохозяйственную продукцию. В период с 1990 по 2005 год цены на основные зерновые культуры снизились на 15,7–34,1% в реальном выражении (по паритету покупатель-

ной способности) (см. таблицу 2, 3 и рис. 4 по данным ОЭСР (2008) [141]). В этих условиях ожидается снижение или, по крайней мере, неизменная динамика площадей в обрабатываемых районах после интенсификации, поскольку под давлением цен фермеры могут принять решение не возделывать менее продуктивные поля.

Таблица 2 – Соотношение изменения урожайности основных культур (кукуруза, пшеница, рис, соя, картофель, бананы, какао, кофе, сахарный тростник и хлопок) и динамики посевных площадей в период 1990-2005 гг. по разным регионам мира

Регион	Произв-во в 1990 году урож (кг) / посев (га)	Произв-во в 2005 году урож (кг) / посев (га)	% изменения 2005 к 1990 , урож/посев	Наблюдаемые процессы сокращения возделываемых земель
Африка около Сахары	1449 / 44725	1642 / 51138	+13.3 / +14.3	Нет
Восточная и Северная Африка	4175 / 29265	5479 / 31319	+31.3 / +7.0	Нет
Европа	5045 / 53815	5968 / 54565	+18.3 / +1.4	Нет
Восточная и Южная Азия	2038 / 277626	2992 / 300100	+46.8 / +8.1	Нет
Центральная Азия	2223 / 49044	3148 / 49363	+41.6 / +0.6	Нет
Океания	4795 / 10214	5000 / 13735	+4.3 / +34.5	Нет
Англо-Америка	6529 / 100427	8036 / 99532	+23.1 / -0.8	Да

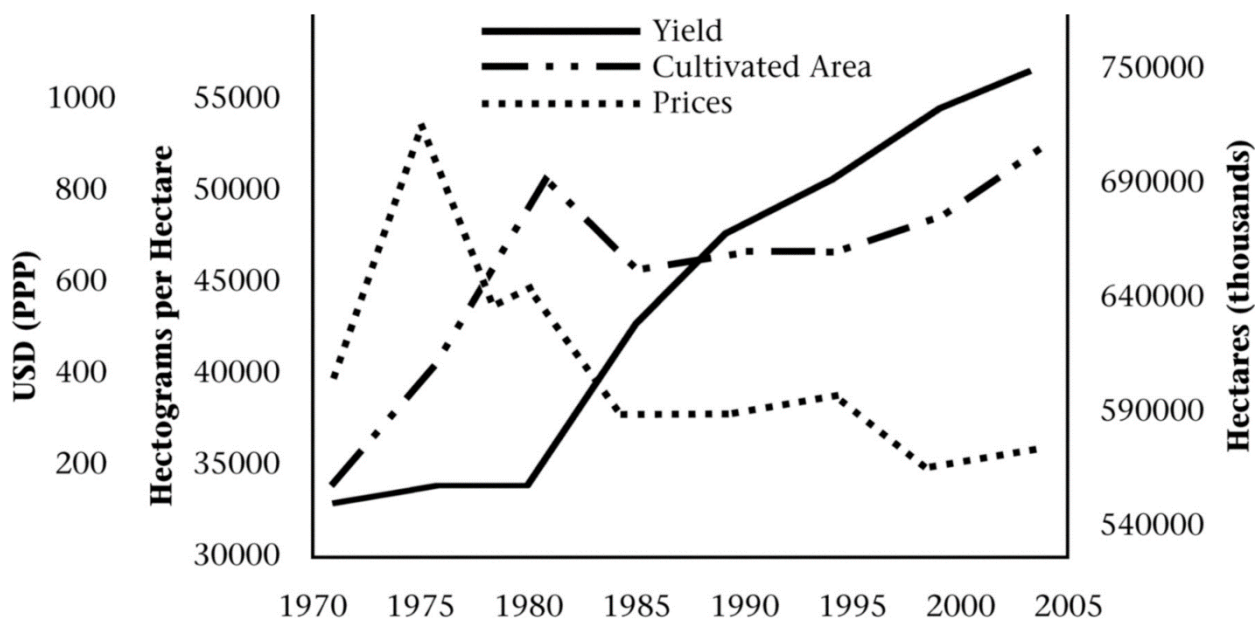
Источник: переведено из источника Rudel et al 2009 [88], который рассчитал это по данным ОЭСР [141]

Таблица 3 – Динамика изменения реальных цен производителей, урожайности и посевов по основным с/х культурам в мире за период 1990-2005.

Культура	Тренды реальных цен 1991-2004	Произв 1990 , урожайность / посевы	Произв 2005 , урожайность / посевы	% Изменений 2005 к 1990 урожайность / посевы	Наблюдаемые процессы сокращения возделываемых земель
Кукуруза	-32	3680 / 131 млн га	4899 / 145 млн га	33.1 / 10.8	нет
Рис	-24	3528 / 147 млн га	4088 / 154 млн га	15.9 / 5.1	нет
Соя	-34	1960 / 57 млн га	2301 / 93 млн га	21.4 / 63.3	нет
Пшеница	-15	2561 / 231 млн га	2839 / 221 млн га	10.9 / -4.3	да

Источник: Rudel et al 2009 [88] по данным ОЭСР (2008) [141]

Справочно- по картофелю цены упали на 22% за 1990-2005, а урожайность и посевы выросли на 12% и 7.6% соответственно (не вошел в рисунок).



Источник: Rudel et al 2009 [88] по данным ОЭСР (2008) [141]

Рисунок 4 – Глобальные тренды урожайности посевов и цен для 10 основных культур

На рисунке 4 видно, что в период 1970-1981 гг. заметно резкое увеличение посевных площадей с 570 млн га до 690 млн га. В этот период динамика цен была неоднозначной: резкий рост до 1975 года, а затем резкое снижение, которое продолжалось вплоть до 1985 года. Урожайность в этот период времени почти не менялась до 1980 года, когда начался рост, который продолжается и по сей день (на графике это 2005 год). Посевные площади уменьшались с 1981 по 1985 года, затем не росли до 1995 года, и небольшой рост в период 1995-2005 гг фактически вернул размер посевов по указанным выше 10 культурам на то же место в 690 млн га – т.е. на уровень 1981 года. За это же время урожайность выросла на 57%: с 35 ц /га до 55 ц /га. Грубо говоря, в период 1980-2005 гг можно говорить об эффекте замещения (или сохранения) потенциально пригодных для пашни земель за счет роста урожайности (как результат увеличения внесения удобрений и изменений в технологиях). В этих условиях ожидается снижение или, по крайней мере, неизменная динамика площадей в обрабатываемых районах после интенсификации, поскольку под давлением цен фермеры могут принять решение не возделывать менее продуктивные поля.

Глобальный рост посевных площадей был менее быстрым, чем прирост населения и доходов в период между 1970 и 2005 годами. За 35-летний период численность населения мира выросла на 74,3%, мировой доход на душу населения вырос на 87,2%, а общее производство продуктов питания увеличилось на 123%. Посевная

площадь для десяти основных культур увеличилась только на 25,7%. Увеличение посевных площадей по всем культурам в мире было чуть более скромным - 21,3% (FAO 2019, Maddison A (2006) [142, 143]). Несмотря на медленные темпы роста возделываемых земель, существует мало исторически наблюдаемых случаев, когда увеличение урожайности, по-видимому, приводило к снижению посевных площадей (тем не менее так было в Великобритании). Рисунок 4 иллюстрирует эту ситуацию. В нем изложены наблюдаемые взаимосвязи между урожайностью сельскохозяйственных культур (в гектограммах на гектар), ценами и посевными площадями в период между 1970 и 2005 годами для десяти культур. Только в период между 1980 и 1985 годами, после продолжительного снижения цен на сельскохозяйственную продукцию и резкого роста урожайности в 1970-х годах, интенсификация сельского хозяйства, по-видимому, вызывала снижение посевных площадей (после 85 года опять начался рост, который продолжался до 2005 года).

В период с 1990 по 2005 год наблюдалась аналогичная картина: значительный рост населения Земли (23%) и доходов на душу населения в мире (36%) сопровождался более медленным ростом посевных площадей (8,3%). Однако нет никакой связи ($r = 0,017$, $p = 0,606$) между изменениями урожайности и изменениями обрабатываемых площадей в 961 сельскохозяйственном секторе в 161 стране в течение 15-летнего периода. Увеличение урожайности и сокращение посевных площадей происходят лишь в некоторых странах. Тридцать четыре из ста шестидесяти одной страны продемонстрировали как увеличение урожайности, так и снижение урожайности в период с 1990 по 2005 год. Эти страны в некоторой степени географически объединены, причем большое их количество приходится на юго-восточную Европу (Австрия, Греция, Венгрия, Италия, Хорватия, Сербия, Швейцария и Турция). Связанное с ростом интенсификации снижение посевных площадей скромно коррелирует ($r = 0,187$, $P = 0,032$) с приростом лесного покрова за тот же период (по данным ФАО). Страны с растущей урожайностью и уменьшающимися посевными площадями увеличили импорт зерна на душу населения с 84,7 до 106 кг (увеличение на 25,1%) по сравнению с увеличением с 96,7 до 101,2 кг (увеличение на 4,7%) для других стран ($P > 0,001$) в период 1990–2004 годов.

Модель повышения урожайности и снижения посевных площадей произошла и в других обстоятельствах. Средняя Америка демонстрирует эту тенденцию в период между 1990 и 2005 годами (см. таблицу 3). За этот 15-летний период в этом регионе произошло чистое сокращение посевных площадей чуть менее чем на 1,7 млн.

га. Сокращение посевных площадей было сосредоточено только в четырех из 130 сельскохозяйственных секторов в 19 странах региона. Сахар на Кубе (-903 000 га) и кукуруза (-732 000 га), соя (-198 000 га) и пшеница в Мексике (-298 000 га) понесли потери в посевной площади в общей сложности более 2,1 млн. га в течение пятнадцати лет. Анализ изменений по культурам, а не по регионам, дает еще один способ оценить связь между повышением урожайности и снижением посевных площадей. Из десяти культур, рассматриваемых в период между 1990 и 2005 годами, только кофе и пшеница демонстрировали закономерность, согласующуюся с вызванным интенсификацией снижением в обрабатываемых районах (см. таблицу 2).

Многофакторный анализ показывает совпадение интенсификации сельского хозяйства со спадом или неизменном состоянии в площади посевов в обрабатываемых районах в 145 странах и отдельно в 927 секторах сельского хозяйства в этих странах.

В работе [88] можно найти, как измеряли эффект через изменения в соотношении урожайности к общей обрабатываемой площади. Когда урожайность увеличивается, а площадь возделывания уменьшается, это соотношение увеличивается. Это соотношение также увеличивается, когда урожайность увеличивается, а площадь обработки не изменяется. В национальном масштабе, в странах, где существуют программы по консервации земель, урожайность повышается, а площадь обрабатываемых площадей уменьшается. Эти страны также имеют тенденцию импортировать все большее количество зерновых на душу населения. Импорт уменьшил давление на возможное дополнительное возделывание местных земель и, таким образом, сократил посевные площади. Те же самые модели повторяются в более слабой форме при анализе отношения урожайности к площади по отдельным сельскохозяйственным продуктам. Характер роста урожайности и снижения или статичных посевных площадей чаще встречается в странах с программами по выводу земель из оборота и ростом импорта зерновых. Программы по консервации земель сохраняют эту модель с пшеницей и рисом, но не с другими культурами.

В течение последних двадцати лет многие аналитики утверждали, что интенсификация сельского хозяйства путем повышения урожайности с гектара и, следовательно, увеличения предложения продовольствия, приведет к снижению цен на сельскохозяйственные товары и побудит фермеров отказаться от использования земель или возделывать земли, которые они имели бы в противном случае. культивируется [130]. В период с 1970 по 2005 год посевные площади под указанными в ана-

лизе культурами росли медленнее, чем население мира. В этой связи отметим, что фактическое сокращение посевных площадей под пшеницей, соей и кукурузой (а также другими культурами) происходило нечасто, как в глобальном, так и в региональном и национальном масштабах. Наиболее распространенная модель включала одновременное увеличение урожайности сельскохозяйственных культур и посевных площадей. Эта модель напоминает парадокс Джевонса. Английский экономист Уильям Стенли Джевонса заметил, что в Англии 19-го века рост эффективности использования угля увеличился, а не уменьшился с расширением его использования [144]. Кроме того, исследования [88] показали, что за исключением начала 1980-х годов, спрос на сельскохозяйственные товары в эпоху глобализации продовольственных и энергетических рынков оставался достаточно эластичным. Следовательно, это побуждало фермеров обрабатывать значительные земельные участки, даже если они уже де факто производили растениеводческую продукцию с высокой урожайностью.

Исторические обстоятельства помогают прояснить связь между интенсификацией и изменениями посевных площадей. Изменения в международной политической экономии сыграли важную роль в сокращении посевных площадей в Средней Америке и Карибском бассейне в период между 1990 и 2005 годами. С распадом Советского Союза Куба потеряла защищенный рынок для продажи большей части своего урожая сахара. В ответ кубинское государство сократило выращивание сахарного тростника. Посевные площади для всех сельскохозяйственных культур сократились на 23% на Кубе в период с 1990 по 2005 год. С появлением Североамериканского соглашения о свободной торговле (НАФТА) в Мексику стали поступать недорогие субсидируемые американские культуры [145], а мексиканские фермеры сократили площадь земель, на которой ранее выращивалась кукуруза, соя и пшеница. Посевные площади тропических культур в Мексике, такие как кофе и бананы, не уменьшались в период с 1990 по 2005 год, вероятно, потому, что НАФТА не снижало цены на эти товары.

Политические события также фигурировали в центре мирового сокращения в посевах кофе и пшеницы. С крахом кофейного картеля в начале 1990-х производители потеряли защищенные рынки в богатых странах, и, по схеме, напоминающей советско-кубинский пример с сахарным тростником, производители кофе в крупных странах-производителях, таких как Бразилия, Колумбия и Кот'Д'Ивуар сократили посевную площадь. Эти сокращения способствовали производству кофея во Вьетнаме и Индонезии. Пшеница представляет несколько иную картину. Сокращение посев-

ных площадей произошло лишь в нескольких странах: Канаде, Китае и США. В период с 1990 по 2005 год площадь гектаров пшеницы в этих трех странах сократилась на 19,7 млн. га, тогда как в других странах мира она увеличилась на 9,9 млн. га. Новые государственные программы, которые платили фермерам наличными или натурой за выведенные из оборота с/х земли, начались в Китае и Соединенных Штатах Америки, двух странах с самым большим ареалом в выращивании пшеницы. В Китае программа «Зерно для зеленых» вывела производство пшеницы из горных районов [146]. В Соединенных Штатах Америки фермеры, выращивающие пшеницу на Великих равнинах, выводили из оборота земли с наименьшей урожайностью по программе консервации земель [147].

В некоторых случаях разработчики политики целенаправленно намеревались сократить посевные площади (например, Китай), тогда как в других случаях новая политика приводила к непреднамеренному сокращению посевных площадей (например, Мексика). Это сокращение посевных площадей, особенно в случае НАФТА, привело к значительным социальным издержкам для мелких фермеров, поскольку дешевый сельскохозяйственный импорт и потеря ценовой поддержки вытеснили многих из них из сельского хозяйства. Изменения в политике часто происходили в сочетании с увеличением импорта зерновых. Страны, которые ввели политику консервации земель в сторону сохранения текущего размера посевов, увеличили закупки зерновых культур (пшеница, ячмень и другие) в расчете на душу населения на более чем 42% в период с 1990 по 2004 год. Для сравнения – в странах, где не было введено никакой политики по выводу земель из оборота с целью консервации или любой другой природоохранной меры, импорт зерновых увеличился лишь на 3%. Следовательно, зерновые культуры являются важным драйвером распашки земель. А сейчас это становятся соя и кукуруза. Следовательно, если и нужны дальнейшие вмешательства аграрной политики, то они должны быть нацелены на выращивание конкретных культур.

Предполагаемая первая связь в гипотезе об интенсификации - щадящей земли между повышением урожайности и уменьшением посевных площадей, как правило, не характеризует в целом сельскохозяйственные сектора в период между 1990 и 2005 годами. Найдено всего лишь 34 сельскохозяйственных сектора из 161 страны с примером роста урожайности при сокращении посевов. Обстоятельства, связанные с увеличением урожайности и параллельным уменьшением посевных площадей в этих 34 странах должны что-то указывать на сочетание условий, способствующих интен-

сификации - уменьшению структуры обрабатываемых площадей. В этих местах зерно, импортируемое из-за рубежа, заменяет культуры, выращиваемые дома, и эта замена, в сочетании с программами по сохранению (консервации земель), способствовала в конечном счете на сокращение посевных площадей на внутреннем рынке. Даже когда цены на сельскохозяйственную продукцию упали на 15–35% в течение десятилетия, спад, связанный с интенсификацией, в обрабатываемых районах произошел только тогда, когда рыночная интеграция изгнала мелких фермеров и неэффективные формы возделывания из сельского хозяйства (например, случай Мексики) или, когда торговый сектор увеличил импорт продовольствия, и правительства предоставили стимулы фермерам для консервации земель.

Глобальные анализы масштаба, межнациональные кейсы, тематические исследования и межотраслевой анализ объясняют некоторые снижения в обрабатываемых районах, но упускают другие причины, в частности, сектор животноводства. Приблизительно треть всех мировых пахотных земель в настоящее время производят кормовое зерно для животных, и в этом секторе может наблюдаться значительная, но трудно измеряемая динамика интенсификации - обрабатываемой площади [148]. Кроме того, учитывая исторические пределы этого анализа, результаты, представленные здесь, не отражают самые последние воздействия увеличения производства биотоплива на посевных площадях. Кроме того, в данных ФАО по-прежнему плохо оценивается сплошное культивирование с использованием мобильных культиваторов в отдаленных сельских районах. Очевидное сокращение числа смещающихся культиваторов в Юго-Восточной Азии в течение последних трех десятилетий, вероятно, уменьшило величину этой погрешности измерения [149].

Другие потенциальные источники неопределенности не кажутся ограниченными. Анализ сельскохозяйственного сектора на более низком уровне агрегирования, чем анализ на страновом уровне, демонстрирует ту же структуру существенных выводов. Анализ подмножеств выборки на уровне страны, исключает страны с наихудшими данными и находит те же закономерности. Наконец, построение зависимой переменной и дополнительные анализы, показывают, что снижение посевных площадей наших десяти культур обычно не означает увеличения посевных площадей других неучтенных культур. На фоне этих неопределенностей представленные здесь анализы позволяют сделать некоторые первоначальные выводы о взаимосвязи интенсификации сельского хозяйства и посевных площадей: в большинстве стран урожайность увеличилась, но посевные площади не уменьшились. Эта модель поднимает

вопросы о способности сельскохозяйственной интенсификации сэкономить землю, по крайней мере, за счет сокращения посевных площадей. В 21% стран, в основном в регионах с умеренным климатом, политико-экономическая динамика, включающая разработку политики по сохранению земель в сочетании с более крупным импортом зерна, способствовала росту урожайности и падению посевных площадей (ЕС, Китай, США, Россия 1990х годов, но без отдельной сознательной программы по консервации земель). Подразумевается, что увеличение урожайности не может привести к увеличению вывода из оборота пахотных земель без политики, которая поощряет вывод из оборота земли с/х назначения. Эта связь между повышением урожайности и сокращением посевных площадей возникла в исторический период, отмеченный излишками сельского хозяйства и снижением цен на сельскохозяйственные товары. Изменения в этих базовых условиях могут нивелировать предпосылки, изложенные выше. Например, когда цены на сельскохозяйственные товары резко возросли в период между 2005 и 2008 годами, Европейский Союз отреагировал на это, отменив положения об охране природы в своей Общей сельскохозяйственной политике (Kanter J (2008) [150]). Другими словами, продолжение некоторых природоохранных программ, по-видимому, зависело в последние десятилетия от продолжающейся интенсификации сельского хозяйства с сопутствующими излишками сельскохозяйственной продукции.

В последнее время высказываются ряд инициатив по взаимосвязи между аграрной и экологической политикой с целью введения платежей за экосистемные услуги в тех случаях, когда под посевы переводятся естественно девственные леса или пастбища. Такая политика особенно часто обсуждается в странах с тропическим климатом, где существует опасность вырубки лесов, или эти процессы слишком сильно уже влияют на изменения локальных экосистем, и изменение климата. Но здесь необходимо учитывать тот факт, что борьба с эрозией почв и/или вырубкой лесов, введение экологических платежей в сельском хозяйстве может быть действенна только тогда, когда на используемых землях, которые не собираются выводить из оборота, вносятся достаточное количество удобрений и других средств, чтобы поддерживать высокий уровень урожайности наряду с доходами от производства и от расширения экспорта. Тем самым, мы сможем обеспечить дальнейший рост производства продуктов питания для растущего населения земли, и все это при относительно невысоких ценах на сельскохозяйственное сырье.

В последние годы повышенный спрос на биотопливо в сочетании с ростом торговли кормовым зерном [148] является критически для мировых продовольственных систем. В течение прошедших 10 лет – особенно в период 2007-2008 гг – рынки биотоплива забирали часть посевов и тем самым способствовали росту цен на сельскохозяйственную продукцию. Поэтому можно разумно заметить, что политические условия, которые способствуют наращиванию сельскохозяйственной интенсификации вместе с возможностью сокращения размера возделываемых площадей, кажутся сомнительными [151]. В этом контексте важность связи интенсификации сельского хозяйства с сохранением земель (или выводом их из оборота) должна возрасти. Мы считаем, что необходимо научно развивать понимание взаимосвязи интенсификации сельского хозяйства и сохранения сельскохозяйственных угодий важным приоритетом для науки об устойчивом развитии.

Американские фермерские субсидии были созданы для того, чтобы увеличить доход фермеров и обеспечить стабильные поставки недорогих продуктов питания в трудные времена. Положительное влияние сельскохозяйственных субсидий на расширение сельского хозяйства согласуется с предыдущими исследованиями, в которых сельскохозяйственные субсидии назывались основным фактором, стимулирующим преобразование пастбищ в пахотные земли ([162]). В работе [163] исследователи пришли к выводу, что в округах с высокими показателями конверсии земель в сельское хозяйство, как правило, более высокие государственные субсидии.

В статье [164] показано влияние различных государственных программ на развитие сельского хозяйства. Авторы в своей методологии показали на эмпирических данных, что прямые федеральные субсидии, идущие сельскохозяйственным производителям привели к увеличению земельных площадей под сельскохозяйственными культурами на целых 2% в 1997 году. Далее в 2006 году другой коллектив авторов [165] получили аналогичную оценку и пришли к выводу, что фермерские субсидии в Соединенных Штатах Америки воздействуют на классические экономические ограничения спроса и предложения. Это приводит к тому, что интенсификация сельского хозяйства в США все-таки стимулирует перепроизводство и, следовательно, расширению общей площади обрабатываемых земель.

Как предложено в работе Ewers et al. (2009) [87], субсидии фермерам могут исказить «щадящий эффект землепользования» (land sparing), стимулируя производство сельскохозяйственных культур для целей, отличных от производства продуктов питания для людей или кормов для животных. Таким образом, государственная

программа субсидирования фермерских хозяйств в США должна быть реформирована таким образом, чтобы она включала в себя больше возможностей для консервации земель в экономическом плане. Т.е. природоохранные выгоды должны понимать те фермеры, которые интенсифицируют производство и думают о расширении посевов. Но с экологической и климатической точки зрения лучше бы им этого не делать.

В других исследованиях оцениваются количество собранного урожая в эквиваленте азота N, сопоставляя с данными по применению азотных удобрений. Так, в статье в журнале *Nature* по теме управление азотом в целях устойчивого развития показано, как в разных странах используются азотные удобрения в растениеводстве по сравнению с урожайностью сельскохозяйственных культур, тоже выраженных в чистом азоте, содержащемся в полученной продукции и в пожнивных остатках (2015 Xin Zhang). Использовались данные 2010 года. Больше всех (наиболее продуктивные земли) оказались в Китае, где собирают урожай в 13 млрд тонн азота, и США и Канада – 14 млн тонн азота на выходе с урожайностью культур. Но в Китае при этом затрачивают 51 млн тонн эквивалента азотных удобрений, т.е. коэффициент 0.25, в то время как в США и Канаде – только 21 млн тонн азотных удобрений, т.е. коэффициент использования 0.68. По мнению авторов, практики США и Канады более устойчивы и экологически дружелюбны, нежели практики Китая. В будущем авторы прогнозируют увеличения у Китая соотношения выхода/использование азота с коэффициентом 0.60, что потребует оптимизации использования удобрений, с целью сохранения окружающей среды.

В исследовании отмечено, что ряд стран уже имеют коэффициент выхода/использования азота в сельском хозяйстве на уровне 0.5, что не плохо, но желательно увеличить до 0.7 ради целей устойчивого развития и лучшего азотного менеджмента. Так, в Европе при урожае в 7 млн тонн азота (по урожайности и содержанию азота в собранных культурах в растениеводстве), затраты азотных удобрений составляют 14 млн тонн. Авторы считают, что в будущем ЕС может увеличить выход продукции до 10 млн тонн, а использование удобрений сократить до 13 млн тонн эквивалента азота. В странах бывшего СССР в 2010 году общий урожай оценивался в 4 млн тонн азотного эквивалента при использовании 6 млн тонн азотных удобрений, т.е. коэффициент 0.56. В Бразилии собирают 6 млн тонн с коэффициентом 0.53. К 2050 году авторы статьи считают, что и ЕС, и Бразилия и Россия смогут достичь коэффициен-

тов использования азота в размере 0.75 и 0.7 соответственно, повысив при этом выход продукции до 10, 10 и 6 млн тонн азотного эквивалента урожая соответственно.

Интересно, что использование удобрений азотных в сельском хозяйстве очень сильно зависело от политических трендов в разных странах. В Евросоюзе улучшенный менеджмент по азотным удобрениям был связан с ограничением по использованию органических удобрений на полях (по директиве ЕС об использовании азотных удобрений), а так же за счет того, что в результате реформы Единой аграрной политике ЕС были отменены ряд субсидий на выращивание продукции растениеводства. В США не было жестких ограничений в использовании удобрений в 1990х годах, но можно проследить тенденцию увеличения урожайности с практически неизменным количеством внесения удобрений в растениеводстве. Это было связано с технологическими новшествами, улучшением сортов семян, которые больше поглощали чистого азотного вещества, увеличение орошаемых земель. Все это в совокупности позволило добиться того, что в США и Канаде один из самых лучших соотношений выход/использования азота в сельском хозяйстве. И это при том, что в те же 1990ые годы фермер мог заработать и за счет участия в программе консервации земель. Т.е. это хороший пример, когда государство стимулировало сохранение окружающей среды (100-500 долл давали фермеру за 1 га выведенных из оборота земель под залежь или луговые угодья), но при этом он мог продолжать использовать другие свои земли, применяя лучшие технологические практики, зная, что всегда в америке и хорошая ценовая поддержка в растениеводстве.

Zhang также проводят различия между государственными и региональными (на уровне штата) формами поддержки экологического благополучия пахотных земель в США. В ряде штатов обязали внедрить планы азотного (питательного для растений) менеджмента, ввели ограничения на применение доз удобрений и сроках их внесения, а также обязательные тесты для почв и растений прежде чем внедрить широкие практики использования химикатов. Кроме того, за рубежом часто развивались практики реклам шоу-кейсов и демонстраций положительных практик с хорошим коэффициентом выхода/использования азотных удобрений, чтобы фермеры сами могли выбрать, что им нужно.

3 Оценка уровня интенсификации сельского хозяйства РФ

3.1 Выделение отраслей и территорий, производство на которых ведется интенсивно

В настоящем разделе мы рассмотрим текущее состояние интенсификации сельского хозяйства России. Проанализируем сектор растениеводства. Сперва анализ использования удобрений в сельскохозяйственных организациях (СХО), а затем специфику развития хозяйств всех категорий.

Анализ статистики Росстата по использованию минеральных удобрений в сельском хозяйстве России показал, что с 2005 года по 2016 год внесение минеральных удобрений (всех в пересчете на 100% действующего вещества) выросло с 1.4 до 2.3 млн тонн (почти на 1 млн тонн). Так как минеральные удобрения вносятся не на всей посевной площади, то необходимо рассчитать динамику удобренной мин удобрениями посевной площади в СХО. По нашим расчетам (с использованием данных Росстата и Нацкадастра- 2016 о выбросах парниковых газов) посевная площадь в СХО (вся – удобренная и нет) в период 2005-2016 гг снизилась на 10 млн га и достигла уровня 46.9 млн га. При этом удельный вес удобренной площади (минеральными удобрениями) вырос с 32 до 53%. Следовательно, общий размер площади посевных площадей, под которую вносят удобрения в СХО вырос с 18.9 млн га в 2005 году до 24.9 млн га в 2016 году, т.е. на 6 млн га. Согласно данным Росстата и Нацкадастра почти половина удобрений химических минеральных вносится под зерновые и зернобобовые. Проанализируем их динамику и соотнесем данные по удобрениям с размерами посевов и урожайностью в разных регионах России. На рисунке 5 показана группировка регионов Российской Федерации по величине абсолютного роста посевов зерновых и зернобобовых в СХО в 2016 году, относительно 2005 г., тыс га.

	grain and pulses		in CXO										
region	posev_16	posev_growth	posev_1605	minfert_16	minfert_growth	minfert_1605	fertha_16	fertha_growth	fertha_1605	yield_16	yield_growth	yield_1605	
Ставропольский край	1 893	299	19	1 423	688	93.65442177	93	45	94.3035343	45.1	9.7	27.40112994	
Ростовская область	2 174	284	15	1 380	528	62.00938967	80	33	69.53389831	37.1	10	36.900369	
Тамбовская область	773	159	26	451	311	220.7746979	74	51	216.9527897	34.2	13.6	66.01941748	
Курская область	828	158	24	730	456	166.7202337	115	73	170.3051643	44.8	19.9	79.91967871	
Орловская область	716	138	24	522	167	47.16338028	89	28	44.81300813	37	13.3	56.11814346	
Краснодарский край	1 622	133	9	1 933	791	69.27745665	166	62	60.34816248	58.3	13.3	29.55555556	
Липецкая область	653	113	21	476	97	25.59746769	89	18	25.34361851	38.6	4.7	13.86430678	
Рязанская область	477	62	15	268	115	74.97389034	68	31	84.32432432	29.9	9.7	48.01980198	
Воронежская область	1 009	61	6	545	295	117.7418066	70	42	155.6410256	35.5	13.5	61.36363636	
Брянская область	284	42	17	166	67	66.89759036	97	55	129.4326241	41.4	23.8	135.2272727	
Амурская область	165	36	28	41	9	26.64615385	32	7	26.43137255	24.6	9.3	60.78431373	
Калининградская область	115	34	41	110	33	43.78768021	124	29	30.04197272	32.9	3.3	11.14864865	
Ульяновская область	422	32	8	107	27	33.2625	33	13	60.72815534	22.3	7.6	51.70068027	
Тульская область	426	28	7	332	163	95.80094229	97	54	127.3239437	31.5	12.8	68.44919786	
Республика Адыгея (Адыгея)	67	25	60	54	32	140.8444444	144	84	141.1204013	44.8	13.2	41.7721519	
Московская область	134	24	22	66	1	1.305683564	57	-3	-4.216666667	26.7	7.5	39.0625	
Ленинградская область	44	22	94	24	11	81.66666667	61	3	5.763888889	28.2	2.4	9.302325581	
Республика Северная Осетия-Алания	81	21	35	5	-1	-14.06779661	26	10	58.01204819	45.3	20.1	79.76190476	
Республика Мордовия	381	17	5	185	-46	-19.82691476	57	-6	-10.1572327	27.5	8	41.02564103	
Тюменская область	554	16	3	187	-32	-14.60201281	40	-1	-2.923832924	19.3	-2.4	-11.05990783	
Чеченская Республика*	91	15	20	17	14	619.5652174	26	23	707.8125	25.1	13.3	112.7118644	
Псковская область	43	15	53	35	28	383.0555556	100	75	291.6015625	26.5	16	152.3809524	
Новгородская область	19	12	174	19	15	357.804878	137	77	128.0166667	27.6	15.8	133.8983051	
Республика Ингушетия*	26	5	24	2	1	165.5555556	13	8	169.7916667	25.2	12.6	100	
Смоленская область	94	4	5	35	14	67.76190476	48	24	98.21576763	21.3	8.1	61.36363636	
Карачаево-Черкесская Республика	44	1	1	22	19	518.6111111	226	217	2356.630435	54.7	38	227.5449102	

Источник: расчеты авторов по данным Росстата

Рисунок 5 – Группировка регионов России по величине абсолютного роста посевов зерновых и зернобобовых в СХО в 2016 году, относит 2005 г., тыс га

Результаты показывают, что наибольший рост виден в регионах юга РФ.

Отметим, что внизу таблицы-рейтинга (здесь не виден весь рейтинг **и-за большого** количества регионов) находятся регионы с экстенсивным растениеводством (конкретно зерновым): Новосиб обл, Оренбург обл, Алтайский край. Т.е. в этих регионах размеры посевов зерн и зернобоб в СХО в 2016 году сопоставимы с южными областями, но там происходит наибольшее сокращение посевов. Можно предположить, что неэффективные сельхозпредприятия уходят с рынка или преобразуются в КФХ или продают свои земли КФХ. Так в Оренбургской области за этот период СХО сократили посевы всех культур на 0.7 млн га, а в КФХ рост посевов составил 1 млн га. Группировка по объему внесенных мин удобр на 1 га посевов зерновых и зернобобовых в СХО.

	grain and pulses		in CXO											
region	posev_16	posev_growth	posev_1605	minfert_16	minfert_growth	minfert_1605	fertha_16	fertha_growth	fertha_1605	yield_16	yield_growth	yield_1605		
Карачаево-Черкесская Р	44	1	1	22	19	518.6111111	226	217	2356.630435	54.7	38	227.5449102		
Краснодарский край	1 622	133	9	1 933	791	69.27745665	166	62	60.34816248	58.3	13.3	29.55555556		
Республика Адыгея (Ады	67	25	60	54	32	140.8444444	144	84	141.1204013	44.8	13.2	41.7721519		
Новгородская область	19	12	174	19	15	357.804878	137	77	128.0166667	27.6	15.8	133.8983051		
Калининградская область	115	34	41	110	33	43.78768021	124	29	30.04197272	32.9	3.3	11.14864865		
Курская область	828	158	24	730	456	166.7202337	115	73	170.3051643	44.8	19.9	79.91967871		
Псковская область	43	15	53	35	28	383.0555556	100	75	291.6015625	26.5	16	152.3809524		
Брянская область	284	42	17	166	67	66.89759036	97	55	129.4326241	41.4	23.8	135.2272727		
Тульская область	426	28	7	332	163	95.80094229	97	54	127.3239437	31.5	12.8	68.44919786		
Белгородская область	596	-26	-4	412	116	39.10593792	95	41	74.72527473	49.9	20.3	68.58108108		
Ставропольский край	1 893	299	19	1 423	688	93.65442177	93	45	94.3035343	45.1	9.7	27.40112994		
Липецкая область	653	113	21	476	97	25.59746769	89	18	25.34361851	38.6	4.7	13.86430678		
Орловская область	716	138	24	522	167	47.16338028	89	28	44.81300813	37	13.3	56.11814346		
Приморский край	76	-18	-19	17	-12	-41.90311419	88	56	175.3605016	34.7	23.3	204.3859649		
Ростовская область	2 174	284	15	1 380	528	62.00938967	80	33	69.53389831	37.1	10	36.900369		
Тамбовская область	773	159	26	451	311	220.7746979	74	51	216.9527897	34.2	13.6	66.01941748		
Вологодская область	105	-20	-16	72	-13	-14.91103203	71	3	4.888888889	20	3.4	20.48192771		
Воронежская область	1 009	61	6	545	295	117.7418066	70	42	155.6410256	35.5	13.5	61.36363636		
Рязанская область	477	62	15	268	115	74.97389034	68	31	84.32432432	29.9	9.7	48.01980198		
Ленинградская область	44	22	94	24	11	81.66666667	61	3	5.763888889	28.2	2.4	9.302325581		
Пензенская область	548	-87	-14	274	225	459.6326531	60	52	656.0759494	30.1	15.9	204.3859649		
Кабардино-Балкарская Р	84	-23	-22	25	15	156.1616162	59	47	374.24	44.3	22.7	105.0925926		
Московская область	134	24	22	66	1	1.305683564	57	-3	-4.216666667	26.7	7.5	39.0625		
Республика Мордовия	381	17	5	185	-46	-19.82691476	57	-6	-10.1572327	27.5	8	41.02564103		
Калужская область	68	-6	-8	26	9	52.47058824	54	31	132.6609442	20.4	4.4	27.5		
Республика Татарстан (Та	1 286	-47	-4	581	-504	-46.44694386	51	-31	-37.4754902	26.1	-0.9	-3.333333333		

Источник – расчеты авторов по данным Росстата

Рисунок 6 – руппировка регионов России по величине абсолютного роста посевов зерновых и зернобобовых в СХО в 2016 году, относит 2005 г., тыс га

Следующую группировку (см рис. 7) мы делаем по величине внесения мин удобр под зерновые и зернобоб в 2016 году. Здесь видно, что регионы с высоким ростом посевов (оранжевые) остались, но большинство из них сместилось в середину таблицы. В целом можно сказать, что наибольший объем внесенных мин удобр под 1 га посевов зерновых больше характерен для СХО сравнительно малых по территории кавказских республик (Карачаево-Черкессия, Адыгея), а также для Новгородской, Калинингр, Псковской, Брянской, Тульской и Белгор.областей. Внизу рейтинга (не попали в снимок) находятся Оренбург обл, Саратовская обл, Омская обл, Алт край, Новосиб обл – т.е. регионы экстенсивного развития со степными условиями и иногда засушливым климатом, где вносить большие дозы мин удобр бессмысленно, а также ряд регионов Крайнего Севера с плохо развитым зерновым производством: Забайкальский край, Челябинская обл, Бурятия.

Группировка по урожайности зерновых и зернобобовых в СХО 2016 представлена на рисунке 7.

	grain and pulses			in CXC								u/ra	u/ra	%
region	posev_16	posev_growth	posev_1605	minfert_16	minfert_growth	minfert_1605	fertha_16	fertha_growth	fertha_1605	yield_16	yield_growth	yield_1605		
Краснодарский край	1622	133	9	1933	791	69.27745665	166	62	60.34816248	58.3	13.30	29.6		
Карачаево-Черкесская Реп	44	1	1	22	19	518.6111111	226	217	2356.630435	54.7	38.00	227.5		
Белгородская область	596	-26	-4	412	116	39.10593792	95	41	74.72527473	49.9	20.30	68.6		
Республика Северная Осетия	81	21	35	5	-1	-14.06779661	26	10	58.01204819	45.3	20.10	79.8		
Ставропольский край	1893	299	19	1423	688	93.65442177	93	45	94.3035343	45.1	9.70	27.4		
Республика Адыгея (Адыгея)	67	25	60	54	32	140.8444444	144	84	141.1204013	44.8	13.20	41.8		
Курская область	828	158	24	730	456	166.7202337	115	73	170.3051643	44.8	19.90	79.9		
Кабардино-Балкарская Республика	84	-23	-22	25	15	156.1616162	59	47	374.24	44.3	22.70	105.1		
Брянская область	284	42	17	166	67	66.89759036	97	55	129.4326241	41.4	23.80	135.2		
Липецкая область	653	113	21	476	97	25.59746769	89	18	25.34361851	38.6	4.70	13.9		
Ростовская область	2174	284	15	1380	528	62.00938967	80	33	69.53389831	37.1	10.00	36.9		
Орловская область	716	138	24	522	167	47.16338028	89	28	44.81300813	37	13.30	56.1		
Воронежская область	1009	61	6	545	295	117.7418066	70	42	155.6410256	35.5	13.50	61.4		
Приморский край	76	-18	-19	17	-12	-41.90311419	88	56	175.3605016	34.7	23.30	204.4		
Тамбовская область	773	159	26	451	311	220.7746979	74	51	216.9527897	34.2	13.60	66.0		
Калининградская область	115	34	41	110	33	43.78768021	124	29	30.04197272	32.9	3.30	11.1		
Тульская область	426	28	7	332	163	95.80094229	97	54	127.3239437	31.5	12.80	68.4		
Пензенская область	548	-87	-14	274	225	459.6326531	60	52	656.0759494	30.1	15.90	112.0		
Рязанская область	477	62	15	268	115	74.97389034	68	31	84.32432432	29.9	9.70	48.0		
Ленинградская область	44	22	94	24	11	81.66666667	61	3	5.763888889	28.2	2.40	9.3		
Республика Калмыкия	88	-68	-44	11	4	54.36619718	17	12	271.7777778	27.7	9.30	50.5		
Новгородская область	19	12	174	19	15	357.804878	137	77	128.0166667	27.6	15.80	133.9		
Республика Мордовия	381	17	5	185	-46	-19.82691476	57	-6	-10.1572327	27.5	8.00	41.0		
Московская область	134	24	22	66	1	1.305683564	57	-3	-4.216666667	26.7	7.50	39.1		
Республика Дагестан	67	-17	-20	7	-2	-24.10526316	21	10	84.65517241	26.7	12.80	92.1		
Псковская область	43	15	53	35	28	383.0555556	100	75	291.6015625	26.5	16.00	152.4		

Источник – расчеты авторов по данным Росстата

Рисунок 7 – Группировка регионов России по урожайности зерновых и зернобобовых в 2016 году в СХО.

Немного про урожайность. Здесь видно, что в вершине списка есть регионы с высокой урожайностью зерновых, которые как увеличили свои посевы за период 2016/2005 (Южные регионы с оранжевым цветом – Ставропольский край, Краснодарский кр, Ростовская обл, Курская обл и т.д.), а есть регионы, которые уменьши-

ли посева (Белгородская обл, Кабардино-Балкария, Приморский край, Пензенская обл. В некоторых регионах (как правило Северо-Кавказские республики) посева выросли незначительно в абсолютных выражениях, но прилично относительно 2005 года: Карачаево-Черкесия, Северная Осетия, Адыгея.

Далее дадим характеристику рейтингов по условному поголовью (пересчитанные в 1 условную голову коровы). Рассчитывались по данным по всем категориям хозяйств по коровам, прочим КРС, свиньям, птице, овцам и козам с использованием соответствующих коэффициентов переводов в условное поголовье по данным источника: «Приказ Росстата от 25.09.2009 N 208 (ред. от 01.04.2014) "Об утверждении указаний по заполнению форм федерального статистического наблюдения N 21-СХ "Сведения о реализации сельскохозяйственной продукции", Приложения к форме N 21-СХ "Сведения о вывозе... Раздел 6. Среднегодовое поголовье скота и птицы.»: для определения условного поголовья скота и птицы необходимо перевести в условные головы и поголовье разных видов скота и птицы, затем пересчитать в условные головы крупного рогатого скота, т.е. КРС) по следующим коэффициентам: коровы, отдельно быки производители, затем рабочие вола имеют коэффициент 1,0; прочие виды крупного рогатого скота - 0,6; свиньи - 0.3; овцы и козы с коэффициентом 0.1, а прочие виды животных имеют следующие коэффициенты: лошади, верблюды, ослы, мулы – 1, птица всех возрастов видов и того меньше – 0.02.

На рисунке 8 представлен рейтинг регионов с высоким условным поголовьем скота.

расчетное условное поголовье (без лошадей и северных оленей)		данные по всего сельхозугодьям				расчет условного поголовья на 1 га с/х угодий (по данным переписи)								
регион	голусл_2005	голусл_2016	схуг_2006	схуг_2016	гол/зем_2005	гол/зем_2016	ростГОЛ/зем_16/05							
Белгородская область	785	2 519	1856.4	1 737	0.423078	1.45	3.43	резкий рост						
Республика Дагестан	1 183	1 459	2552.4	2 914	0.463552	0.50	1.08	рост						
Республика Татарстан (Тат)	1 281	1 275	4152.3	3 988	0.308598	0.32	1.04	рост						
Республика Башкортостан	1 736	1 237	5991.3	5 161	0.289795	0.24	0.83	уменьш поголовья						
Ростовская область	1 090	1 155	7659.8	7 617	0.142283	0.15	1.07							
Ставропольский край	788	1 083	5263.9	5 006	0.149756	0.22	1.44	рост						
Краснодарский край	1 306	1 057	4336.1	4 190	0.30108	0.25	0.84	уменьш поголовья						
Челябинская область	623	949	3767.3	2 538	0.165307	0.37	2.26	резкий рост						
Алтайский край	977	885	8597	7 501	0.113623	0.12	1.04							
Воронежская область	593	860	3744.6	3 537	0.158423	0.24	1.53							
Ленинградская область	521	785	604.8	384	0.861263	2.04	2.37	резкий рост						
Курская область	425	782	2146.3	2 026	0.198069	0.39	1.9479654							
Республика Калмыкия	403	730	4004.9	5 658	0.100547	0.13	1.282890349							
Брянская область	307	724	1559.4	1 160	0.196688	0.62	3.173788736	резкий рост						
Оренбургская область	763	717	9159.8	7 318	0.083326	0.10	1.175709333	резкий рост						
Новосибирская область	777	663	6324.9	4 872	0.122892	0.14	1.107682429							
Омская область	676	621	5054.1	4 106	0.13377	0.15	1.130101785							
Волгоградская область	681	615	6585.9	7 302	0.103452	0.08	0.813801306	уменьш поголовья						
Республика Мордовия	401	615	1410.7	1 349	0.284187	0.46	1.603873197	здесь почему-то с/х угодья резко снизились						
Свердловская область	540	595	1841.5	1 342	0.293341	0.44	1.512334387							
Саратовская область	657	590	7735.6	6 920	0.084929	0.09	1.00299868							
Тамбовская область	268	563	2424.3	2 277	0.110439	0.25	2.239466403							

Источник: расчеты авторов по данным Росстата

Рисунок 8 – Рейтинг регионов России с наиболее крупным поголовьем скота (усл голов)

Здесь видно, что наибольшее поголовье и наибольшая нагрузка на с/х угодья (скота усл поголовья) – в Белгородской области. Это связано с тем, что в Белгородской области высокое поголовье свиней и птицы на птицефабриках, что в пересчете на усл голову коровы дает показатель 2519 тыс усл голов в 2016 году - на 1000 тыс голов больше чем у ближайшего преследователя в республике Дагестан. Но если в Дагестане развитое пастбищное скотоводство (овцы и КРС) и нагрузка на пастбище составляет 0.5 усл_голов на 1 га с/х угодий в хозяйствах всех категорий, то в Белгородской области удельный показатель выше в 3 раза и достигает почти 1.5 усл голов на 1 гектар с/х угодий региона.

Среди других регионов выделим высокую нагрузку условного поголовья на 1 га с/х угодий в Ленинградской области – 2.04. Здесь нужно проверить данные, поскольку за анализируемый промежуток времени значительно сократилась площадь с/х угодий – с 604 до 384 тыс га (т.е. почти на 35% за 10 лет, что довольно значительно относительно других регионов европейской части России). Отметим, что в среднем по России нагрузка на с/х угодья составляет 0.25 головы условного поголовья (по коровам): такой уровень мы наблюдаем в Краснодарском крае и Тамбовской области, а также в Башкирии, Ставропольском крае, Воронежской области, Красноярском крае и Нижегородской области.

Довольно низкая нагрузка условного поголовья на 1 га с/х угодий наблюдается в Ростовской области и Алтайском крае – 0.15 и 0.12 соответственно – это если брать регионы с высоким уровнем общего условного поголовья. В Республике Калмыкия и Омской области – 0.13 и 0.15 соответственно.

Наиболее высокие скачки (рост) условного поголовья в расчете на 1 га с/х угодий наблюдается в Брянской области, где развивается мясное скотоводство: там за 10 лет нагрузка выросла более чем в 3 раза и достигла 0.62 усл голов на 1 га с/х угодий. В 4 раза выросло поголовье в расчете на 1 га в Новгородской области (до 0.77 усл гол на 1 га) – причины надо выяснять. В 3.7 раза выросла нагрузка усл поголовья на 1 га с/х земель в Псковской области (до 0.53 усл гол на 1 га), что также нуждается в анализе.

Таким образом, анализ данных в этом подразделе показал, что наибольшая концентрация производства продукции животноводства и растениеводства происходила в южных регионах страны (Красндр край, Ставро край, Ростов обл, Дагестан,

Калмыкия), а также в ряде областей черноземной зоны (Белг обл, Тамбов обл, Брянская обл, Липецкая и Курская обл). Среди регионов приволжского фо выделим Татарстан, Башкирию, Пензенскую обл, Мордовию. В остальных регионах растениеводство и животноводство развивалось менее интенсивно.

В следующем подразделе мы дадим характеристику изменений выбросов парниковых газов в зависимости от различных видов деятельности и уровня интенсивного и/или экстенсивного развития сельского хозяйства России.

3.2 Анализ размера и динамики выбросов парниковых газов в зависимости от экстенсивного и интенсивного путей развития сельского хозяйства

Для того, чтобы оценить размер и динамику выбросов парниковых газов от сельскохозяйственной деятельности России с учетом экстенсивного и интенсивного путей развития растениеводства был проведен эксперимент с помощью модели частичного равновесия GLOBIOM. Сперва в модели был настроен экстенсивный сценарий, где увеличивались посевы 6 основных культур (пшеница, соя, подсолнечник, ячмень, рапс, кукуруза) в период 2020-2050 гг.: суммарно по указанным 6 культурам посевы выросли с 42 до 58 млн га, т.е. почти на 36%. За этот период урожайность всех культур также увеличивалась, так, у пшеницы (50% посевов от суммы по 6 культурам) выросла почти на 35%. Для оценки общего выхода культур мы переводили данные об урожайности в величину кормовых единиц со следующими коэффициентами перевода (по Коренькову 1980): ячмень – 1.21, кукуруза – 1.34, рапс – 1.36, соя – 1.38, подсолнечник – 1.02, пшеница – 1.2. Перемножив показатель валовых сборов на величину коэффициента перевода в кормовые единицы, мы получили размер общего выхода кормовых единиц, который в 2020 году составил 142 млн тонн кормовых единиц, а в 2050 году – 237 млн тонн кормовых единиц.

Далее нам необходимо было сформировать запрос (условия) для расчета интенсивного сценария. Первым условием было замедлить рост посевов. Это получилось: в интенсивном сценарии посевы увеличились в период 2020-2050 гг с 42.5 до 43.5 млн га. При этом производство кормовых единиц было близкое к тому, что было в экстенсивном сценарии: 142 млн тонн к.ед. в 2020 и 246 млн тонн кормовых ед в 2050 году. Таким образом, если изначально (в 2020 году) экстенсивный и интенсивный сценарий были на уровне урожайность 3.3 тонны кормовых единиц (по 6 указанным выше основным культурам), то к 2050 году экстенсивный остановился на 4.1

тонн корм ед с 1 га, а интенсивный получился 5.6 тонн корм ед с 1 га. Т.е. интенсивный, как и следовало ожидать, имел большую урожайность: на 27% выше урожайность корм ед в 2050 году, чем у экстенсивного сценария.

Если говорить о выбросах парниковых газов с единицы пашни, то в модели GLOBIOM они выражаются показателем cropsoil emissions N20 – это показатель выбросов без учета внесенных удобрений, дается в пересчете на эквивалент CO₂; а также показатель soil emissions – это показатель с учетом вносимых органических удобрений, также рассчитывается автоматически в эквиваленте CO₂. В абсолютном выражении выбросы по экстенсивному сценарию в 2050 году получились на 4-5% меньше, чем по интенсивному: cropsoil 18.1 и 19.1 млн тонн CO₂ эквив. в 2050 соответственно (при том что в 2020 году уровень был 10.7 млн тонн эквив CO₂). Та же ситуация и по показателю soil emissions (с учетом удобрений): 76 против 79.1 млн тонн CO₂ эквив в 2050 году соответственно (при том, что в 2020 году уровень soil emis был на уровне 36.9 млн тонн CO₂ эквив в обоих сценариях).

Если говорить об интенсивности выбросов на 1 га посевной площади России в GLOBIOM, то cropsoil (без удобрений) в 2020 году был 0.24 тонны эквив CO₂ с 1 га, а по экстенсивному сценарию он к 2050 году вырос до 0.31 эквив CO₂ с 1 га и по интенсивному сценарию – до 0.42 эквив CO₂ с 1 га. Т.е. интенсивность проявилась в росте выбросов с 1 га на 35% в интенсивном сценарии в 2050 году относительно экстенсивного сценария.

Если говорить об показателе soil emissions (с учетом органических удобрений), то здесь нагрузка на 1 га пашни была на уровне 0.83 тонн эквив CO₂ в 2020 году. По экстенсивному сценарию она выросла в 2050 году до 1.30 т с 1га, а по интенсивному – до 1.74 тонн с 1 га. Т.е. при интенсивном сценарии с 1 га получилось на 34% выбросов больше.

Однако отметим, что есть один показатель, по которому выбросы от введение новых земель в оборот приводит к выбросам – это выбросы от распашки новых земель (здесь в модели они называются abandoned land). По экстенсивному сценарию их было 31087 гектар в 2020 год. Это те заброшенные земли, которые ранее возделывались до 1990 года, но были заброшены в результате реформ 1990х годов, когда из оборота выводились наименее плодородные земли и пашня районов нечерноземной зоны и севера России, а также некоторых районов Урала, Сибири, Дальнего Востока. Так вот, наши прогнозы по экстенсивному сценарию показывают, что в период 2020-2050 из этих 31 млн га почти 9 млн гектар будут распаханы вновь, что приведет в

общей сложности к дополнительным выбросам 10 млн тонн эквив CO₂ в целом за период 2020-2050 гг (по показателю 'AgrLUC_CO2'). Наибольшее количество выбросов будут наблюдаться в период 2020-2030: распашут 3.4 млн га, при выбросах 4.5 млн тонн эквив CO₂. В период 2030-2040 распашут еще 3 млн га при выбросах 3.6 млн га. Наконец в период 2040-2050 гг по экстенсивному сценарию ожидается распашка еще 2.4 млн га заброшенных земель, что вероятно приведет к выбросам дополнительных 2.3 млн тонн CO₂ эквивалента (показатель 'AgrLUC_CO2'). Соответственно у интенсивного сценария этих дополнительных выбросов не будет, поскольку новых (старых) земель не вводится в оборот.

Далее представлен материал об исторических трендах изменения землепользования России. По данным Нацкадастра 2016 (источник: институт глобального климата им академика Израэля). Лесные земли увеличили поглощение CO₂ более чем в 3 раза до -653 (округленно) млн тонн эквивалента CO₂. Выбросы парниковых газов с пахотных земель России уменьшились в 3 раза и в 2016 году округленно составили 90.1 миллионов тонн эквивалента CO₂ углекислого газа. Выбросы ПГ с кормовых угодий уменьшились до 28.1 миллион тонн эквивалента CO₂, поскольку продолжают накапливать углерод переведенные из пашни в луговые угодья земли.

Наиболее значительная динамика стока углерода наблюдается в почвах земель, которые были переведены из пашни в кормовые угодья (такие как луга, пастбища, сенокосы). Видно, что в 1990 году было почти 2500 тысяч тонн поглощения CO₂, а в 2016 году -104 млн и 300 тысяч тонн эквивалента вредного CO₂. Таким образом, исследования показали, что на данный момент выбросы с текущих используемых пахотных земель России значительно компенсируются поглощением эквивалента CO₂, за счет дыхания почв в заброшенных лугах и пастбищах России.

Теперь проанализируем выбросы парниковых газов от источников. Здесь будет приведен пример эмпирического исследования конкретно по видам сельскохозяйственной деятельности: в частности продемонстрируем отдельно по видам животноводческих практик (энтерическая ферментация и хранение навоза) и отдельно по видам растениеводческих практик (эмиссии от почв, от интенсификации и использования удобрений и от рисовых полей – метановые выбросы).

Согласно данным, полученным при анализе материалов из Национального доклада о кадастре выбросов в атмосферу парниковых газов (не регулируемых Монреальским протоколом) видно, что в 2016 году суммарные выбросы парниковых газов (ПГ) от аграрного и сельскохозяйственного сектора Российской Федерации состав-

вили 134 000 тысячи тонн эквивалента CO₂-экв., что почти достигнуло уровня 41.0% от значения эмиссий от сельского хозяйства в 1990 года,

В 1990 году были другие условия производства и технологий. Тогда выбросы ПГ от суммарно от практик животноводства и растениеводства в России (еще Советской России) достигали 324 000 тысяч тонн эквивалента углекислого газа. Спустя 36 лет в 2016 году вклад в общие аграрные эмиссии закиси азота (N₂O) в общехозяйственные сельскохозяйственные выбросы был выше (56,80%), чем вклада метанового газа (CH₄) – 41,50%. Далее отметим, что доля известкования и внесения мочевины в растениеводстве при возделывании почв в 2016 году составил немногим более 1,60%, что свидетельствует о о крайне низкой интенсификации земледелия в России в период после реформ.

Существенный источник эмиссий парниковых газов (эквивалент CO₂) в аграрном производстве России относятся следующие: прямой выброс закиси азота от сельскохозяйственных почв в размере 56.50 миллионов тонн эквивалента углекислого газа и выбросы метана (CH₄), полученные от развития животноводства от источника внутренней ферментации скота – в размере 49.30 миллион тонн эквивалента CO₂. В течение периода реформ, начиная с 1990 года прямой выброс такого газа, как закись азота (N₂O) от возделывания сельскохозяйственных земель сократился очень сильно – почти в два раза (!), что не было замачено ни в одной другой развитой и развивающейся стране за аналогичный период времени.

Причина довольно проста и связана с сокращением в России посевных на 31 (округленно) миллион гектар. Кроме того, свою роль в устойчивом развитии сыграло уменьшение доз внесения химических минеральных удобрений почти в 3 раза (с 9 до 3 млн тонн в год на все сельское хозяйство РФ). Интенсивность уменьшилась с 88 кг на 1 га посевной площади до 45. Но здесь также надо иметь в виду, что если в СССР вносили удобрения под почти вес посевы, то сейчас – только под половину пахотных угодий. Что также является символом низкого уровня интенсификации растениеводства в нашей стране.

В течение периода 1990-2016 гг. выброс метана (CH₄) в животноводстве от процессов внутренней ферментации скота для всех категорий хозяйств уменьшился почти на 61.0 процент. Анализ этих процессов показал, что когда уменьшается поголовье крупного рогатого скота в стране более чем в два раза относительно конца советских времен, т.е. 1990 года, то и выбросы ПГ, выраженные в эквиваленте CO₂, уменьшаются фактически пропорционально.

Важное последствие экономических реформ 1990х годов и периода нулевых и десятых 2000-2016 гг. стало - значительное сокращение выбросов парниковых газов (ПГ) в российском сельском хозяйстве. Это можно связать как с уменьшением посевных площадей отдельных культур при возделывании почв и небольшим ростом урожайности, так и с уменьшением поголовья скота в хозяйствах всех категорий.

Кроме того, изменились процессы интенсификации (сокращение использования химических и органических удобрений), что также внесло свой вклад в низкоуглеродное развитие сельского хозяйства России. Если до реформ в 1990 году внутренняя ферментация сельскохозяйственных животных вносило большую часть выбросов (за счет поголовья КРС 50 миллионов голов), то в 2016 году, когда поголовье КРС сократилось на первое место в аграрном рейтинге эмиссий вышли выбросы от возделывания сельскохозяйственных почв, что свидетельствует смещении специализации в сторону развития растениеводства в нашей стране. Это связано с возделыванием больших территорий пригодных угодий и пашни, хотя она и снизилась на 30 млн гектар по сравнению с девяностым годом (в 1990 году 120 млн га пашни, а в 2016 – 90 млн га пашни, т.е. посевы + площадь чистого пара в хозяйствах всех категорий).

Сделаем выводы по подразделу. За исследуемый период землепользование в аграрной сфере России в результате экономических реформ изменилось: посевы сельскохозяйственных культур уменьшились, и используемые в животноводстве пастбища и сенокосы – тоже уменьшились из-за сокращения поголовья скота. Выросла площадь заброшенных сельскохозяйственных земель, переведенные естественным путем в луга и кормовые угодья. А ведь раньше они были частью пашни, но в 1990ые годы оказались заброшенными.

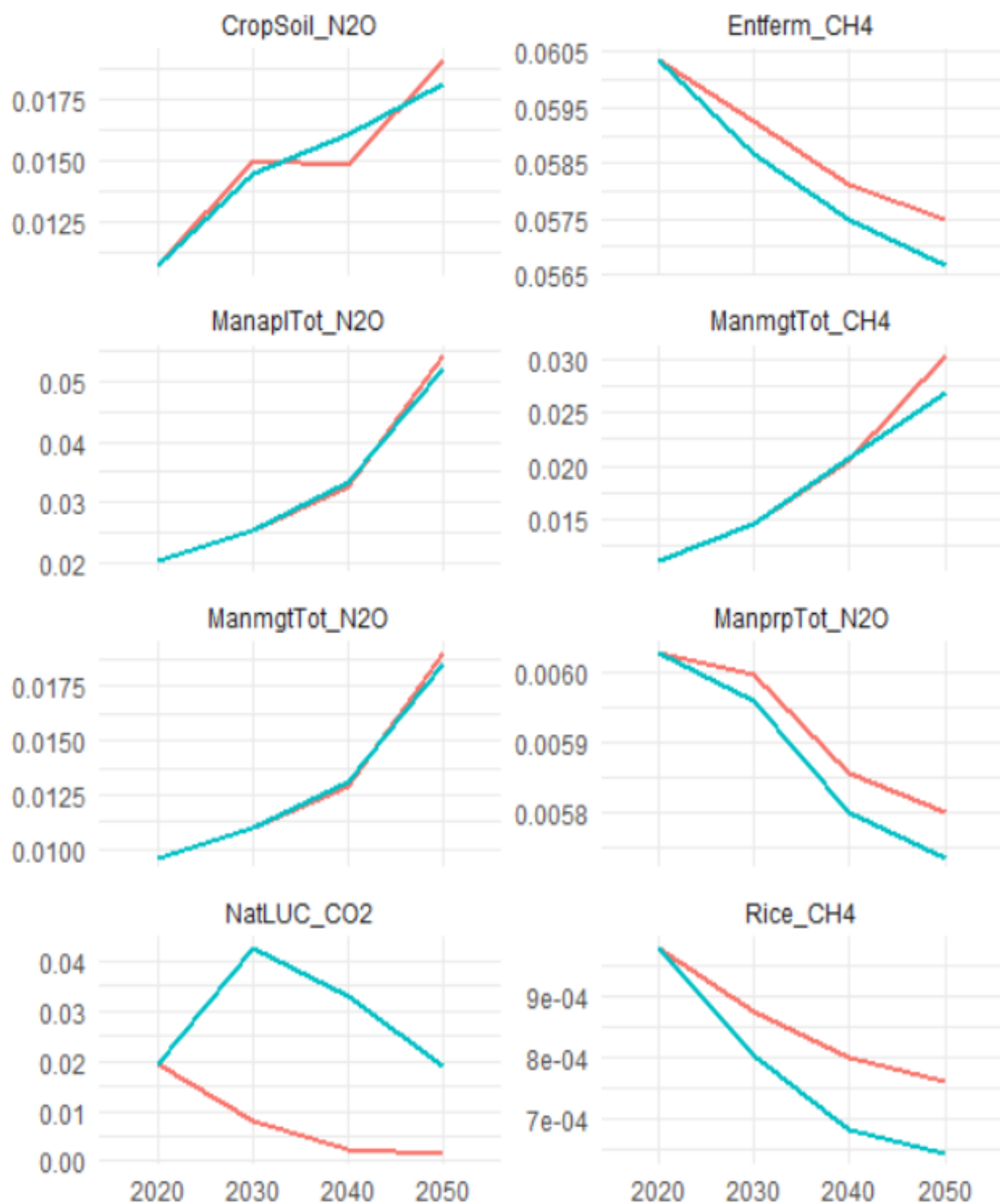
Выбросы парниковых газов (ПГ) с возделываемых земель сельских территорий уменьшились почти в 2 раза за период 1990-2016 гг.. Отметим, что из возделываемой пашни наибольшие выбросы N₂O приходятся на торфяные т.е. органогенные или осушенные почвы. Можно сказать, что территориально, это площади регионов России в Нечерноземной зоне и Северных округов России. Эти территории как правило специализируются на производстве непропашных культур, т.е. выращивании картофеля, овощей открытого и закрытого грунта, или выращивают кормовые культуры для скота. Объемы секвестрации углерода на заброшенных землях и на территории бывшей пашни, которая естественным путем за счет зарастания растительностью дикого типа трансформировалась в пастбища, выросли существенным образом до 2005 года и компенсировали выбросы ПГ от возделываемой пашни. После 2005

года процесс зарастания замедлился, из-за специфики роста растительности на таких землях. И следовательно, последние 11 лет (2005-2016 гг) мы уже находимся в фактически другом углеродном цикле, когда ежегодного увеличения поглощения ПГ на невозделываемых землях не происходит.

В этой связи интересно оценить возможность России соответствию принципам устойчивой интенсификации (выносливость, гибкость, автаркия, гармоничное соседство с окружающей средой). Главная идея устойчивой интенсификации выражена не только к увеличению эффективности используемых природных благ, но оценка возможности продуктивного роста с минимальным ущербом для окружающей среды. Ситуации, когда ущерб можно предотвратить или заделать (исправить) – здесь не нашли отражения.

Ряд исследователей предлагают несколько другое понятие, которое хоть и близко к сути устойчивой интенсификации, но со стороны окружающей среды – экологическая интенсификация. Это означает, что производство сельскохозяйственной продукции – это экосистемные сервисы природных ресурсов, которые использует человек в своей деятельности. Таким образом, поясним, что экологическая интенсификация – это процесс, в котором организмы и природные системы, производящие услуги, заперты в сельскохозяйственную систему, но при этом прирастают и увеличивают в продуктивности. И это также сопровождается уменьшением негативных воздействий на природную естественную окружающую среду.

На рисунке 9 показана эмиссия в интенсивном и экстенсивном сценарии. Эмиссия в интенсивном сценарии ниже практически для всех показателей за исключением NatLUC_CO2, что означает более активное использование удобрений в интенсивном сценарии для повышения урожайности, и компенсации отсутствия роста пашни.



Сценарий

— Интенсивный

— Экстенсивный

Рисунок 9 – Эмиссия ПГ в интенсивном и экстенсивном сценарии по отдельным источникам сельского хозяйства России (расчетные показатели по модели GLOBIOM)

На рисунке 10 показаны основные результаты экстенсивного и интенсивного сценария для пшеницы. Урожай пшеницы в интенсивном сценарии практически не изменился и составил 120579.50 тыс.т. по сравнению с экстенсивным. Урожайность пшеницы в интенсивном сценарии практически не изменилась и составила 120579.50 т/га. по сравнению с экстенсивным. Площадь пашни пшеницы в экстенсивном сценарии практически не изменилась и составила 29175.50 тыс.га.



Рисунок 10 – Урожай (валовой сбор) и урожайность пшеницы в интенсивном и экстенсивном сценарии (расчетные показатели по модели GLOBIOM)

Пшеница в России занимает более половины всех посевных площадей в модели GLOBIOM – около 25 млн гектар. Результаты расчетов показывают, что Россия может наращивать производство пшеницы в обоих сценариях, что выгодно как для обеспечения продовольственной безопасности, так и для развития экспорта. Оба сценария (и экстенсивный, и интенсивный) показывают возможности увеличения урожайности пшеницы с 3 т с 1 га в 2020 году (как примерно сейчас и есть в РФ по данным Росстата) до 4 тонн в экстенсивном сценарии в 2050 году и 5 тонн в интенсивном сценарии в 2050 году. Современные технологии позволяют нарастить такую урожайность. Фактические данные многих регионов России, как Краснодарский край, Ростовская область и Ставропольский край уже имеют среднюю урожайность

по региону на уровне 5 тонн с 1 гектара для пшеницы, следовательно, можно развивать районированные сорта и соответствующие комплексы удобрений и средств защиты растений для увеличения продуктивности пашни в других зерновых регионах. Основной вопрос территориального размещения пшеницы в рамках стратегии устойчивого развития (в низкоуглеродном аспекте) связан с экстенсивными регионам Урала и Сибири, где урожайность пшеницы в среднем колеблется от 1 до 2 тонн с 1 га и практически не меняется год от года.

На рисунке 11 показаны основные результаты экстенсивного и интенсивного сценария для кукурузы. Валовой сбор («урожай» – рисунок слева) кукурузы в интенсивном сценарии вырос на 2985.30 тыс.т. или на 18.77%. по сравнению с экстенсивным. Урожайность кукурузы в интенсивном сценарии выросла на 2985.30 т/га или на 18.77%. по сравнению с экстенсивным. Площадь пашни кукурузы в экстенсивном сценарии выросла на 2329.20 тыс.га или на 78.65%.



Рисунок 11 – Урожай (валовой сбор) и урожайность кукурузы в интенсивном и экстенсивном сценарии (расчетные показатели по модели GLOBIOM)

Таким образом, кукуруза является довольно неустойчивой культурой в плане урожайности, и мы продолжим исследовать причины колебаний продуктивности в 2040 году (по расчетным данным) на следующий период проведения работ. Здесь не-

обходимо изучить внешние факторы, влияющие на динамику производства кукурузы, поскольку спад заметен и в экстенсивном, и в интенсивном сценариях. Возможно, это связано с изменением спроса, который задается в модель GLOBIOM извне.

На рисунке 12 показаны основные результаты экстенсивного и интенсивного сценария по производству подсолнечника в России. Валовой сбор подсолнечника в интенсивном сценарии вырос на 859.70 тыс.т. или на 6.04%. по сравнению с экстенсивным. Урожайность подсолнечника в интенсивном сценарии выросла на 859.70 т/га или на 6.04%. по сравнению с экстенсивным. Площадь посевных площадей под подсолнечником на зерно в экстенсивном сценарии выросла на 617.80 тыс.га или на 8.84%. Как и в случае с кукурузой, нам необходимо разобраться, почему здесь такие сильные перепады производства в интенсивном сценарии, и что за этим стоит.



Рисунок 12– Урожай (валовой сбор) и урожайность подсолнечника в интенсивном и экстенсивном сценарии (расчетные показатели по модели GLOBIOM)

На рисунке 13 показаны основные результаты экстенсивного и интенсивного сценария по производству ячменя в России. Валовой сбор ячменя в интенсивном сценарии практически не изменился и составил 32716.40 тыс.т., по сравнению с экстенсивным. Урожайность ячменя в интенсивном сценарии практически не изме-

нилась и составила 32716.40 т/га. по сравнению с экстенсивным. Площадь пашни ячменя в экстенсивном сценарии выросла на 1949.00 тыс.га или на 29.41%.



Рисунок 13 – Урожай (валовой сбор) и урожайность ячменя в интенсивном и экстенсивном сценарии (расчетные показатели по модели GLOBIOM)

На рисунке 14 показаны основные результаты экстенсивного и интенсивного сценария для рапса. Валовой сбор рапса в интенсивном сценарии практически не изменился и составил 7866.60 тыс.т., по сравнению с экстенсивным. Урожайность рапса в интенсивном сценарии практически не изменилась и составила 7866.60 т/га. по сравнению с экстенсивным. Площадь пашни рапса в экстенсивном сценарии выросла на 3556.50 тыс.га или на 291.83%.



Рисунок 14 – Урожай (валовой сбор) и урожайность рапса в интенсивном и экстенсивном сценарии (расчетные показатели по модели GLOBIOM)

На рисунке 15 показаны основные результаты экстенсивного и интенсивного сценария для сои. Валовой сбор сои в России в интенсивном сценарии вырос на 790.80 тыс.т. или на 12.48%. по сравнению с экстенсивным. Урожайность сои в интенсивном сценарии выросла на 790.80 т/га или на 12.48%. по сравнению с экстенсивным. Площадь пашни сои в экстенсивном сценарии выросла на 549.00 тыс.га или на 28.44%.

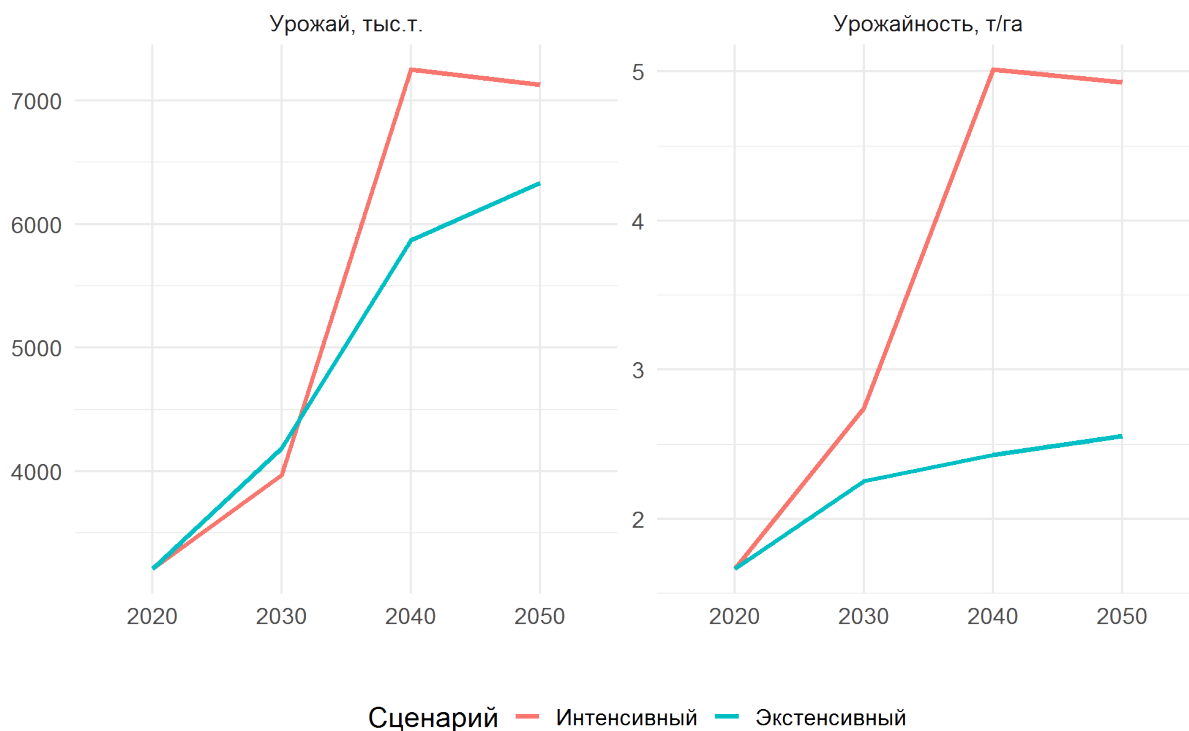


Рисунок 15 – Валовой сбор (урожай) и урожайность сои в интенсивном и экстенсивном сценарии (расчетные показатели по модели GLOBIOM)

Таким образом, наши расчеты по экстенсивному и интенсивному сценарию показали, что российское сельское хозяйство потенциально может развиваться и в том, и в другом направлении.

Ниже мы покажем исторические предпосылки для развития концепции устойчивой интенсификации.

4 Выявление сбалансированных путей развития и возможностей выхода на так называемый уровень устойчивой интенсификации

В данной главе необходимо выявить ограничители роста интенсификации: загрязнение окружающей среды, физические ограничители у растений и животных по получению и освоению питательных веществ и кормов, различная плотность населения в разных странах, что влияет на земельную политику и как следствие на перспективы интенсификации, научные достижения или проблемы, которые наука пока не может сама решить; проблема отходов производства; проблема потерь продовольствия на различных этапах продовольственной цепочки (как вначале – при сельхозпроизводстве, так и в конце на этапе личного потребления). И что в таком

случае нужно делать человечеству для обеспечения населения продуктами питания, чтобы при это не загрязнять окружающую среду, или давать ей больше возможности для восстановления.

Исследователи ввели новый термин «устойчивая интенсификация» в сельском хозяйстве, который нуждается в обосновании и поиске стран, которые ему соответствуют [171]. На данный момент считается, что сельское хозяйство слишком сильное наносит вред окружающей среде. Необходимость в будущем накормить более 9 миллиардов человек во второй половине этого столетия потребует серьезного изменения парадигмы в сельскохозяйственных системах. Сельское хозяйство использует приблизительно 40% земной поверхности, является основным потребителем ресурсов пресной воды и обеспечивает 17% выбросов парниковых газов. В свою очередь, сельское хозяйство будет пагубно затронуто изменением климата во многих климатических регионах. Воздействие сельского хозяйства на экосистемные услуги включает расчистку земель, потерю лесного покрова и биоразнообразия, существенную деградацию почв и снижение качества воды. Сельскохозяйственное производство придется увеличивать, даже если мы сможем снизить темпы роста спроса на продукты питания. Учитывая текущую нагрузку на природные ресурсы, это должно быть достигнуто за счет некоторой формы интенсификации сельского хозяйства, которая оказывает меньшее воздействие на окружающую среду. Следовательно, не только интенсификация сельского хозяйства, но и «устойчивая интенсификация» должна побить передний план смены парадигмы. Существует также необходимость целостной оценки ситуации с учетом роста численности населения и ресурсоемких моделей потребления, совершенствования систем управления, изменение рациона питания и сокращение отходов. Мы рассмотрим, как и где природные ресурсы находятся под растущим давлением, и исследуем экологический след сельского хозяйства. Предлагаемые решения включают применение существующих научных знаний, внедрение новых принципов устойчивого управления земельными и водными ресурсами и рекультивацию засоленных земель. Необходимо также поощрять действия сообщества и кодекс цепочки поставок и производства в частном секторе, подкрепленные улучшенным национальным и региональным управлением и регулированием, если мы хотим, чтобы сельскохозяйственное производство стало действительно устойчивым.

Сельское хозяйство не только является крупным потребителем природных ресурсов и ископаемого топлива, но также имеется множество примеров того, как сельскохозяйственная деятельность серьезно влияет на экосистемные услуги, от

которых мы зависим, в частности, в отношении питьевой воды, генетических ресурсов, опыления и формирования почвы. Rockstrom et al. (2009) [180] утверждают, что реакция системы Земли на растущее давление человека в антропоцене не будет происходить постепенно с ограниченными и предсказуемыми воздействиями. Вместо этого сложные и часто непредсказуемые взаимодействия и процессы обратной связи (которые служат буфером или ускоряют изменения) и существование множества устойчивых состояний для критических систем (таких как большие агроэкологические биомы - саванны, тропические леса), позволяют предположить, что длительные периоды медленных изменений могут быстро переходить в периоды резких, часто необратимых изменений с возможным сопутствующим коллапсом сельскохозяйственных систем (например, гибель тропических лесов; опустынивание; засоление). Этот элемент неопределенности трансформаций в сельском хозяйстве, с растущими рисками пересечения основных порогов экологической устойчивости, создает новые масштабы рисков и неопределенности в наших системах производства продуктов питания.

После Зеленой революции 1960-х годов урожайность в сельском хозяйстве в целом соответствовала спросу на продовольствие (Fischer et al. 2014 [181]). Это было замечательное достижение. Тем не менее потребности растущего и более богатого населения планеты в продовольствии, воде и услугах неумолимо растут. Мы сталкиваемся с дальнейшим давлением на наши системы производства продуктов питания, не только со стороны растущего населения, но также из-за изменения климата, производства биотоплива (которое конкурирует за землю и воду), производства хлопка и продолжающейся индустриализации и урбанизации. Однако с 1980 года доля зарубежной помощи в целях развития (ОПР) для сельского хозяйства сократилась с почти 12% до менее чем 5%, в то время как общая ОПР увеличилась примерно в пять раз (Chartres 2012 [182]). Среднегодовой темп роста урожайности зерновых также снизился с 3,2% в 1960 году до 1,5% в 2000 году.

Fisher et al. (2014) [181] анализирует мировую статистику ФАО. Мировые валовые сборы таких пропашных культур, как пшеницы, риса и сои линейно увеличивались в течение последних 20 лет. Однако, необходимо отметить, что в относительном выражении темпы роста урожайности начинают снижаться уже с 2010 года – 1% ежегодное замедление темпов роста. А для кукурузы это составляет 1.5 процентов. Необходимо понять, почему это происходит – технологические ограничения, вопросы аграрной политики и поддержки цен (а следовательно и доходности), а так-

же того факта, что с 2011 года цены на мировом рынке (по данным ФАО) имеют отрицательный тренд.

Для того, чтобы не дать ценам на зерно увеличиться на 30% и более к 2050 году (относительно уровней 2000-2006 годов), для того, чтобы обеспечить растущее население хлебом, необходимо наращивать урожайность как минимум на 1.1% ежегодно начиная с 2010 года. Более высокие темпы роста урожайности (например, 1,3% годовых) были бы разумнее. Цель всего человечества (ученых, бизнесменов, аграриев, политиков, обывателей – всех вместе) состоит в том, чтобы ускорить сокращение масштабов голода в мире и предотвратить непредвиденные непредвиденные обстоятельства.

В свете этих проблем международное сообщество обеспокоено тем, как мы можем повысить производительность сельского хозяйства, чтобы обеспечить продовольствием растущее население. Сокращение пищевых отходов в точке производства и в точке потребления рассматривается как дополнительный значимый способ достижения цели (Lundqvist et al. 2008; Lundqvist 2010 [183, 184]). Точно так же было предложено перенести модели потребления в развитых странах на рационы здорового питания, которые содержат меньшие доли животного белка и, следовательно, требуют меньше воды для их производства (McMichael et al. 2007 [185]). Кроме того, поощрение торговли товарами из высокопродуктивных сельскохозяйственных районов в регионы, менее обеспеченные производственной базой природных ресурсов для сельского хозяйства, также будет полезным, но в большей или меньшей степени зависит от устранения препятствий для торговли (Häberli 2012 [186]).

Тем не менее, также утверждается [181], что производительность сельского хозяйства должна быть повышена, особенно в большей части развивающегося мира, для достижения продовольственной цели на середину столетия. В то время как Зеленая революция прошлого века привела к значительному повышению производительности сельского хозяйства, можно утверждать, что это привело к значительным экологическим издержкам. Необходимо сместить акцент в развитии сельского хозяйства с повышения производительности труда на устойчивую интенсификацию, которая повышает производительность, способствует глобальной устойчивости и искоренению бедности, а также повышает устойчивость (Rockstrom [180]; Walker et al. 2009 [187]). Необходимость геополитического преобразования в глобальную устойчивость в настоящее время обсуждается мировым сообществом в соглашении после Рио + 20 по преобразованию Целей развития тысячелетия (ЦРТ) в Цели устойчивого развития

(ЦУР). Устойчивая интенсификация сельского хозяйства может внести значительный вклад в глобальную устойчивость.

Kaphengst (2014) [188] выдвинул элегантное определение глобального устойчивого землепользования: глобальное устойчивое землепользование отвечает потребностям всех людей, уважая границы и устойчивость экологических систем. В этом документе, в отношении этого принципа, мы утверждаем, что устойчивая интенсификация сельскохозяйственного производства с использованием методологий и технологий, которые находятся в гармонии, а не в конкуренции с окружающей средой, внесет важный вклад в глобальную устойчивость. Устойчивая интенсификация, однако, является термином, который означает разные вещи для разных аудиторий, и некоторые участники экологического движения описывают его как «промывку в сельском хозяйстве (greenwash in agriculture)» (Collins and Chandrasekeran 2012 [189]).

Хотя ограничение ресурсов неизбежно приведет к ограничению сельскохозяйственного производства, Fischer et al. (2014) [181] демонстрируют, что разрывы между текущими урожайностями фермерских хозяйств и урожайностью биологического потенциала все еще значительны во многих сельскохозяйственных системах, и они убедительно доказывают, что единственным путем для сельского хозяйства является устойчивая интенсификация. Чтобы продемонстрировать, как устойчивая интенсификация может лежать в основе производства достаточного количества питательной пищи, чтобы прокормить 9 миллиардов, мы представляем серию принципов устойчивой интенсификации, разработанных на основе успешных движений и практики сообщества, правительства и частного сектора. Первоначально мы рассмотрим все больше свидетельств того, как природные ресурсы накладывают ограничения на сельскохозяйственное производство, и, в свою очередь, растущее влияние, которое сельское хозяйство оказывает на эти ресурсы и экосистемные услуги. Мы конкретно не занимаемся энергопотреблением в сельском хозяйстве, но отмечаем, что в конечном итоге это должно стать ключевой частью любого уравнения устойчивой интенсификации как с точки зрения движения воды, работы на приусадебном участке, так и транспортировки продукта.

Принципы устойчивой интенсификации. Общие принципы, которые могут быть применены к устойчивой интенсификации, могут быть получены из предыдущих примеров. Они не являются ни сложными, ни удивительными, но основаны на том, что является довольно давним знанием управления природными ресурсами.

Garnett et al. (2013) [237] утверждали, что устойчивая интенсификация должна основываться на четырех ключевых моментах: 1.) необходимость увеличения производства. 2.) Увеличение производства должно быть достигнуто за счет более высокой урожайности, поскольку увеличение площади земель в сельском хозяйстве влечет за собой серьезные экологические издержки. 3.) Продовольственная безопасность требует столько же внимания повышению экологической устойчивости, сколько и повышению производительности. 4.) Устойчивая интенсификация обозначает цель, но не указывает априори, как ее следует достигать или какие методы ведения сельского хозяйства использовать.

Мы также утверждаем, что устойчивая интенсификация должна учитывать потенциальное воздействие изменения климата и включать решения, которые учитывают климат.

Принципы управления почвой и земельными ресурсами

- Скорость эрозии смогла быть меньше скорости почвообразования благодаря управлению растительным покровом и структурой почвы.
- Уровни углерода в почве должны поддерживаться или увеличиваться
- Нет чистой соли или накопления содовой
- Биологическое здоровье почвы должно поддерживаться
- Уровни нитратов удалось предотвратить утечку за пределы площадки в подземные воды и потоки и любое последующее закисление на месте должны быть устранены
- Торфяные почвы не должны очищаться, а существующие очищенные почвы должны обрабатываться для предотвращения высоких выбросов парниковых газов и усадки.
- Потенциальные кислотнo-сульфатные среды должны регулироваться для предотвращения попадания кислоты и алюминия в окружающую среду.

По данным Chartres & Noble 2015 [171] учитывая рост населения, изменение климата, изменение рациона питания, расточительство продуктов питания, существующие ограничения природных ресурсов для производства и несправедливость в распределении продуктов питания и их торговле, кажется неизбежным, что к 2050 году нам придется выращивать на 60–70% больше продуктов питания. Бумага продемонстрировала, что существуют физические ограничения для расширения области производства в большинстве регионов мира. Поэтому представляется логичным, что интенсификация, направленная на устранение разрыва в урожайности, станет ключе-

вым способом, с помощью которого мы можем увеличить производство продуктов питания, чтобы прокормить 9 миллиардов к 2050 году. Однако очевидно, что база природных ресурсов, лежащая в основе производства продуктов питания, уже серьезно деградировала, и поэтому методологии интенсификации должны быть устойчивыми и экологически благоприятными. Признание экономических последствий сельскохозяйственного производства с точки зрения затрат на окружающую среду будет важным инструментом с точки зрения защиты окружающей среды, но необходимы инновационные методы для инвестирования как в предотвращение деградации земли и воды, так и в мелиорацию. Точно так же участие частного сектора в стремлении к устойчивому производству также будет важным фактором, учитывая стремление рынка чистых и экологически чистых продуктов питания. Кроме того, требуется гораздо больше усилий и инвестиций для устранения ущерба, нанесенного окружающей среде в прошлом, будь то засоленные земли или загрязненные водооток.

Хотя этот обзор предполагает, что уже существуют доступные методы и коды, которые можно использовать для определения физических, химических и биологических аспектов устойчивых методов ведения сельского хозяйства, мы глубоко обеспокоены тем фактом, что их необходимо подкрепить более эффективными и хорошо отрегулированными и политическая политика во многих странах. В дополнение к устойчивой интенсификации мы также должны серьезно рассмотреть альтернативные способы достижения целей производства продуктов питания. Сокращение пищевых отходов и сокращение потребления мяса и молочных продуктов может значительно уравновесить необходимость увеличения производства на 60–70%.

Цель простого увеличения производства без учета экологических издержек не должна доминировать в повестке дня поставок продовольствия, как это было в прошлом в результате «зеленой революции», которая имела значительные положительные результаты в производстве продуктов питания, но имела негативные последствия для окружающей среды.

Ниже приведем сравнение России со странами США, Канады и Китая, а также Бразилии по показателям выбросов парниковых газов (ПГ) со стороны растениеводства (таблица 4).

Таблица 4 – Сопоставление интенсивности по видам сельскохозяйственной деятельности, *и соотн. 2015/1990*

Показатели	США			Канада			Китай			Бразилия			Россия		
	1990	2015	2015/1990	1990	2015	2015/1990	1990	2015	2015/1990	1990	2015	2015/1990	1990	2015	2015/1990
Сумма посевов по основным культурам млн га	96	98	1.02	25	28	1.12	140	183	1.31	51	75	1.47	73	57	0.78
Хим удобрения в сх, млн тонн	18.5	20.8	1.12	2.0	3.9	1.95	27	60	2.22	3.2	13.0	4.06	9.9	2.0	0.20
Удобр/га	193	212	1.10	80	143	1.79	193	330	1.71	63	173	2.75	88	42	0.48
Выбросы от почв (млн тонн CO2 эквив)	151	171	1.13	22	36	1.64	231	342	1.48	91	155	1.70	63	36	0.57
Выбросы/га (тонн CO2 эквив /га)	1.58	1.73	1.09	0.88	1.30	1.48	1.63	1.86	1.14	1.79	2.05	1.15	0.87	0.63	0.72

Источник: расчеты авторов по данным ФАО ООН

В таблице 4 представлены данные ФАО по посевным площадям, используемым удобрениям и выбросам парниковых газов (soil emis) от почв по выбранным странам. Данные представлены в единицах выбросов эквивалента Co_2 . Результаты показаны сопоставляя 1990 год и 2015. Мы также покажем сопоставление этих временных промежутков по ведущим экспортерам, импортерам и в целом сельскохозяйственным регионам планеты: Канада, США Китай, Бразилия и Россия.

Данные расчетов с использованием данных ФАО показывают, что растениеводство России в 1990 году выбрасывало почти в 2.4 раза меньше, чем выбросы от почв в США, в 3.67 раз меньше, чем выбросы от почв Китая, почти в 1.5 раза меньше, чем выбросы от почв Бразилии и почти в 3 раза больше, чем выбросы от почв в Канаде. За период в 25 лет многое изменилось и уровень интенсивности российского растениеводства снизился, в 2015 году эмиссии от почв в России почти в 5 раз меньше, чем в Соединенных Штатах Америки, в 10 раз меньше, чем в Китае, в 4.3 раза меньше чем в Бразилии, и сравнялись по объему выбросов с Канадой.

Одним из драйверов выбросов является применение минеральных удобрений в растениеводстве. В 2015 году Россия применяла минеральных удобрений в 10 раз меньше, чем в США, в 30 раз меньше, чем в Китае, в 7 раз меньше, чем в Бразилии и почти в 2 раза меньше, чем в Канаде. Если мы пересчитаем, использование удобрений на единицу посевной площади, то увидим, что в РФ она снизилась с 88 до 42 кг на 1 га посевов в период 1990-2015 гг. В 2015 году в России очень низкий уровень использования минеральных удобрений (в пересчете на 1 га посевов): в 5 раз меньше, чем в Соединенных Штатах Америки, почти в 8 раз меньше, чем в Китайской народной республике (КНР), а также в 4 раза меньше, чем в Бразилии, в 3.4 раза меньше, чем в Канаде.

Таким образом, если в 1990 году выбросы от почв с 1 га возделываемых земель в России были почти в 2 раза меньше, чем в указанных странах, в 2015 году выбросы в России от почв (в пересчете на 1 га возделываемых земель) были в 2.75 раза меньше, чем в США, в 3.25 меньше, чем в Бразилии, в 2.95 раз меньше, чем в Китае и в 2 раза меньше, чем в Канаде.

Указанные в работе страны отличаются не только в своем развитии в сельскохозяйственной отрасли, а также по объемам общих эмиссий ПГ. Кроме того, выявлено, что интенсивность эмиссий ПГ с единицы сельскохозяйственных угодий в

данных странах очень разная. Это связано с разной специализацией сельхозпредприятий таких разных государств, находящихся в разных климатических зонах

Таблица 5 – Эмиссии выбросов эквивалента CO₂ от аграрных источников деятельности на единицу посевных площадей и единицу используемых сельскохозяйственных угодий в 2000 г., тонн эквивалента CO₂ в пересчете на 1 га

Страна	Эмиссии ПГ от возделывания культур (crop emis) с 1 га посевных площадей	Все эмиссии (почвы и животноводство) с 1 га посевов	Все эмиссии (почвы+живн) с 1 га сельхозугодий (посевы+пастбища)
Бразил.	0.25	8.96	1.75
Китай	1.16	5.17	3.82
Российская Федерация	0.14	2.42	0.90
США	0.73	3.60	1.64

Источник - рассчитано авторами по сценариям с использованием модели GLOBIOM

В таблице 5 видно, насколько сильно эмиссии в российском сельском хозяйстве меньше, чем в Бразилии, Китае и США. Если брать самый первый показатель – эмиссии от возделывания почв в растениеводстве (в пересчете и расчете на 1 га посевов), то видно, что здесь в Российской Федерации эмиссии ПГ меньше, чем у Бразилии на 40.0 процентов и составляют всего лишь 0.14 тонн эквивалента углекислого газа в пересчете на 1 гектар посевной площади. Эмиссии ПГ в растениеводстве России в 7 раз меньше чем Китае, и в 5 раз менее, чем в США. Следовательно, интенсивность земледелия в этих странах, выше, чем в России за счет большего количества используемых в сельском хозяйстве удобрений.

Итак, мы увидели, что в России могут быть развиты концепции устойчивой интенсификации, когда рост сельскохозяйственного производства не приводит к росту выбросов парниковых с единицы произведенной продукции. Если в 1990 году Россия производила 433 млрд тонн килокалорий продукции животноводства и растениеводства при выбросах 277 млн тонн эквивалента CO₂, то в 2016 году было произведено 454 млрд тонн килокалорий соответствующей сопоставимой продукции при выбросах почти в 2 раза меньше, чем в 1990 – а именно 124 млн тонн эквивалента CO₂ совокупно от растениеводства и животноводства (без сектора изменение землепользования). Если же сравнивать последние 12 лет период 2005-2017 гг, то интенсивность выбросов в животноводстве и растениеводстве снизилась на 30% (это по показателю выбросов ПГ с 1 тонн производимой продукции), при том что общее

производство ккал выросло с 117 млрд до 127 млрд тонн ккалорий (раст+живн), т.е. на 9% за 12 лет. Необходимо и дальше изучать соотношение роста производства продукции в сельском хозяйстве и сопровождающиеся выбросы парниковых газов. Также необходимо изучать расходы электроэнергии, воды, качество продукции, качество почвы и близлежащих к полям вод и рек, чтобы анализ устойчивости (экологичности) производства сельскохозяйственной продукции был полноценным.

5 Варианты масштабов производства и потребления продовольствия, а также выбросы парниковых газов при разных уровнях интенсификации производства

5.1 Оценка сценариев развития различных путей экстенсивного и интенсивного развития сельского хозяйства России

Здесь проанализируем результаты прогнозных (сценарных) расчетов по интенсивному и экстенсивному сценариям, выполненные с помощью модели частичного равновесия GLOBIOM.

С помощью данных ФАО ООН можно оценить эмиссии парниковых газов (ПГ) в целом от сельскохозяйственной деятельности (выбросы от возделывания почв + животноводство), размер всех используемых сельскохозяйственных угодий (пашня, пастбища, многолетние насаждения), а также отдельно изучить динамику выбросов ПГ от изменения землепользования (вырубка лесов, распашка пастбищ под пашню). Таблица 6 показывает, как сильно отличаются страны со значительными земельными и сельскохозяйственными угодьями, и какие изменения происходили в этих странах за период 1992-2010 гг по выбранным показателям¹. Как правило, чем больше население, тем больше используемых в сельском хозяйстве земель, и тем больше выбросов парниковых газов.

Бразилия является страной, где рост населения сопровождался введением в оборот новых сельскохозяйственных земель за счет вырубки лесов (именно поэтому у этой страны наибольший показатель выбросов в последнем столбце). Даже без изменения землепользования эмиссии в этой стране на единицу используемых сельскохозяйственных угодий превышают 1.6 тонн CO₂ эквивалента с 1 гектара в

¹ Мы остановились на 2010 году, поскольку в базе данных ФАО нет более свежих показателей по оценке эмиссий от изменения землепользования.

год. Эмиссии от изменения землепользования в 2010 году снизились, но при этом почти в 2 раза превышают эмиссии.

В Китае население также увеличивается. Эмиссии на единицу площади в этой стране растут примерно теми же темпами, что и в Бразилии, однако, в Китае практически отсутствуют эмиссии от изменения землепользования, т.е. в этой стране ввиду густонаселенности и отсутствия дополнительных доступных территорий, не происходит изменения категорий земель под сельскохозяйственные нужды.

Таблица 6 – Динамика численности населения, используемых сельскохозяйственных угодий и выбросов парниковых газов по выбранным странам за период 1992-2010

Страна	Год	Население, млн человек	Вся площадь сх угодий, млн га	Все эмиссии от сх, без изменения зем- лепользования, млн тонн эквив CO2	Соотношение эмиссий к пл сх угодий, тонн эк- вив CO2 на 1 га	Эмиссии от изменения землепользования, млн тонн эквив CO2
Бразилия	1992	155	247	318	1.29	1 117
Бразилия	2000	175	261	341	1.30	1 116
Бразилия	2010	197	273	441	1.61	878
Канада	1992	28	68	50	0.74	154
Канада	2000	31	68	54	0.80	113
Канада	2010	34	63	56	0.89	176
Китай	1992	1 231	515	559	1.08	3
Китай	2000	1 312	523	613	1.17	3
Китай	2010	1 390	515	710	1.38	2
Россия	1992	148	222	195	0.88	154
Россия	2000	146	217	106	0.49	132
Россия	2010	143	214	92	0.43	92
США	1992	257	425	342	0.80	209
США	2000	282	414	344	0.83	196
США	2010	309	408	350	0.86	139

Источник: ФАО ООН

Примечание: В столбце 5 и 6 учитываются эмиссии от сельскохозяйственной деятельности (производство продукции растениеводства и животноводства). В последнем столбце (7) отдельно даны эмиссии от смены землепользования (перевод земель из лесной категории в сельскохозяйственную и т.п.).

США и Канада отличаются по размеру сельскохозяйственных угодий и по количеству населения, но близки по показателю соотношения выбросов ПГ от сельхозпроизводства к площади сельскохозяйственных угодий, однако, в Канаде рост на единицу угодий растет большими темпами на исследуемом промежутке времени.

Россия является особым примером среди этих стран, поскольку за отчетный период произошло сокращение населения, уменьшение используемых площадей, а также уменьшение выбросов ПГ в сельском хозяйстве и уменьшение выбросов на единицу используемых сельскохозяйственных угодий. Последнее связано с продолжающимся уменьшением поголовья крупного рогатого скота, который в прежние времена (сразу после развала СССР в начале 1990х) давал более 70% выбросов, когда поголовье КРС было более чем в 2 раза больше нынешнего. И также низкий уровень выбросов связан с незначительным использованием удобрений в сельском хозяйстве (примерно в 2-3 раза меньше, чем в странах-аналогах).

Теперь нам нужно понять, каковы были тренды последних лет по производству продукции растениеводства в России, использования сельскохозяйственных земель и основные источники выбросов ПГ в секторе сельского хозяйства и изменения землепользования. И понять, какие проблемы существуют при измерении выбросов в сельском хозяйстве.

По данным Нацдоклада о кадастре антропогенных выбросов [2019] выбросы в сельском хозяйстве можно разделить на несколько категорий. Выбросы от сельскохозяйственной деятельности указаны в разделе 3 и разбиваются выбросы от животноводства и использования навоза, выбросы от возделывания почв, и выбросы от использования удобрений, и производство риса. Последние два источника занимают в России незначительную долю в общих объемах выбросов от сельского хозяйства; в целом по России выбросы от сельского хозяйства составляют около 120 млн тонн CO₂ эквивалента в год, где соотношение выбросов от растениеводства и животноводства примерно 50/50.

Также значительные объемы выбросов от использования сельскохозяйственных земель вынесены в раздел 4 – сектор изменения землепользования, где по данным за 2015 год основные объемы выбросов по источникам выглядят так: неизменные пахотные земли 50.7 млн тонн CO₂ эквивалента, пастбища, переведенные в пашню 14.5 млн тонн, а текущие пастбища 37.5 млн тонн ПГ. Основным резервуаром поглощения ПГ в России среди сельскохозяйственных земель являются категория

пашни, переведенная в пастбища, с объемом поглощения около 82 млн тонн эквивалента CO₂ в год.

Если сумму всех выбросов от разделов 3 и 4 (только от сельского хозяйства) составляет около 220 млн тонн эквивалента CO₂, то поглотительная способность пашни, переведенной в пастбища может покрыть на данный момент около 40% эмиссий в сельском хозяйстве. Однако, нужно иметь ввиду, что в России не увеличивается размер пашни, переведенной в пастбища, и поэтому объемы поглощения сокращаются: в период 2005 (пик поглощений) с 2015 гг они уменьшились с 116 до 82 млн тонн эквивалента CO₂, т.е. этот нисходящий тренд вероятно будет продолжаться и в будущем. Следовательно, при текущих технологиях и темпах развития российского сельского хозяйства можно ожидать, что объемы выбросов будут расти, а возможности поглощения – сокращаться.

Нам необходимо оценить источники дополнительных выбросов и оценить возможности их снижения.

Таблица 7 – Использование пахотных угодий в России и выбросы парниковых газов в секторе изменения землепользования

Год	Использование текущих пахотных угодий, млн га	Объем выбросов от использования текущих пахотных угодий, млн тонн CO ₂ эквив	Вновь введенные в оборот пахотные угодья (за счет пастбищ), млн га	Выбросы от введения в оборот новые пахотные угодья, млн тонн CO ₂ эквив
2010	90.4	53.6	0.0	0.0
2011	91.2	50.8	0.8	27.6
2017	93.2	49.9	2.6	28.7

Источник - По данным Нацкадстр антропогенных выбросов, 2019

В таблице 7 видно, что важным источником дополнительных выбросов от сельскохозяйственной деятельности – это распашка новых земель (пастбищ или заброшенных земель) под посевные площади. По данным Нацкадастра эти процессы начались сразу после 2010 года. Если на текущих пахотных угодьях размер выбросов уменьшился с 53.6 млн тонн до 50 млн тонн CO₂ эквив в год при восходящем тренде размера угодий, то выбросы от вновь введенных в оборот земель являются значительными: в 2011 году – 27.6 млн тонн эквивалента CO₂ в год при совсем маленьком размере распаханых пастбищ 0.8 млн га. Т.е. если в обычном случае выбросы от использования 1 га пахотных угодий составляют 0.5 тонн эквивалента CO₂ в год, то в случае распашки новых земель (пастбищ или заброшенных пашни), выбросы увели-

чиваются в разы – до 34 тонн CO₂ в год. Это связано с особенностью методологии МГЭИК. Выбросы CO₂ рассчитываются по разности запасов углерода в 3х разных пулах до и после конверсии: пул углерода почвы, пул углерода биомассы и пул углерода мортмассы. Величина запасов углерода луговых земель во всех 3х пулах больше, чем у возделываемых земель, в результате распашки происходит окисление органического вещества почв, а также потери углерода биомассы и мортмассы. Для оценки эмиссии мы использовали средние по стране запасы углерода (ссылки на источник этих данных есть в главе 6 Национального доклада о кадастре):

-для луговых угодий (пастбища): Почва 88,41 тС/га, Мортмасса 5,92 тС/га, Биомасса 7,15 тС/га;

-для возделываемых земель (пашня): Почва 55,65 тС/га, Мортмасса 1,2 тС/га, Биомасса 4,2 тС/га.

По методологии МГЭИК и Нацкадастра считается, что в первый год после распашки происходит полное окисление углерода биомассы и мортмассы, а почвенный углерод окисляется в течении 20 лет. Поэтому в 2011 потери углерода включают полные потери углерода биомассы плюс полные потери углерода мортмассы, а также 1\20 потерь почвенного углерода. В следующем, 2012 году, на этой площади остаются только 1\20 потерь почвенного углерода (и так в течение следующих 18 лет эти потери будут показываться в кадастре). Поэтому в последующие годы эмиссия сохраняется, но происходит уменьшение ее объемов.

Далее в таблице 7 (выше по тексту) мы видим, что в последние годы (2016 и 2017) происходит увеличения ввода в оборот новых земель (еще 1 дополнительный млн га) и поэтому выбросы от распашки луговых угодий вновь растут. Не сложно предположить, что распашка дополнительных 2-3 млн га может привести к резким всплескам эмиссии, которые будут превышать все текущие выбросы на текущих используемых пахотных угодий. Соответственно, нам интересно, можно ли развивать сельское хозяйство в России, в частности, растениеводство, без распашки новых земель, путем интенсификации текущих площадей.

Необходимо отметить, что есть и другие оценки ввода посевов в оборот. Более ранние оценки за период 2000-2010 гг, представленные в докладе почвенного института им В.В. Докучаева на стр 346: «Согласно глобальным оценкам, основные потери запасов органического углерода за период с 2000 по 2010 год в РФ связаны с сокращением лесопокрытых площадей и составляют 6 411 861 тонн или около 6,8

тонн/га в год. Как отмечалось выше, лесные территории площадью 2522 км² в период с 2000 по 2010 год перешли в категорию пахотных земель. Это привело к потере запасов органического углерода на 18,7 т/га или 4 723 317 т. углерода за десятилетие. 1 688 544 тонн органического углерода было потеряно на территории площадью 342 км² за 10 лет за счет сведения лесной растительности и образования вследствие этого участков с оголенной поверхностью. В тоже время, при изменении характера землепользования и переводе земель из категории «лес» в категорию «кустарники, лугопастбищные угодья и участки с редкой растительностью», что отмечено на площади 10 328 км², уровень запасов органического углерода не изменяется.»

Таким образом, мы видим, что есть сильные различия между методами оценки ввода в оборот пахотных угодий в России. Если в первом случае (таблица 7) оценка посевов происходит с помощью методов и данных Россреестра о категориях земель. То здесь в Докладе Почвенного института ввод земель в размере 2.5 млн кв километров пашни происходил раньше – в период 2000-2010 гг и связан с вырубкой и выкорчевкой лесов. И получается нужны дополнительные исследования по оценке масштабов выявленных случаев, экологических последствий и экономических причин, почему это происходило, вместо того, чтобы интенсивнее возделывать имеющиеся площади. Следовательно, необходимо уметь правильно рассчитывать последствия экстенсивного и интенсивного земледелия.

Чтобы оценить возможности развития сельского хозяйства России при различных сценариях использования сельскохозяйственных земель, мы использовали модель частичного равновесия GLOBIOM.

Для оценки поставленной задачи использовалась модель частичного равновесия GLOBIOM (Global Biosphere Management Model — Глобальная Модель Управления Биосферой) [Naylik et. al, 2011], разработанная в Международном институте прикладного и системного анализа IIASA (Лаксенбург, Австрия). С помощью GLOBIOM можно прогнозировать развитие сельскохозяйственного производства и торговли продукцией между странами, и оценивать экологические последствия от вырубки лесов и/или введения в оборот новых сельскохозяйственных земель.

Модель GLOBIOM решает задачу центрального планировщика максимизации общественного благосостояния, при условии технологических, ресурсных и политических ограничений, при помощи методов линейной оптимизации. Конечный спрос моделируется кусочно-линейной аппроксимацией функции спроса с постоянной

эластичность, с ограничением на минимальный уровень потребления килокалорий.

Модель содержит три типа земель: сельскохозяйственные земли, управляемые леса и земля пригодная для быстрого выращивания лесов. Пастбища не моделируются. При моделировании земля разбита на ячейки, 927 из которых моделирует Россию, со средней площадью 1.7 млрд. га, что соответствует фактической площади страны. Производство продукции животноводства, растениеводства и лесного хозяйства моделируется производственными функциями Леонтьева. Издержки производителя складываются из издержек на орошение, использования земли, стоимости землепользования, за исключением воды, стоимости выращивания растений и животных, издержек производства и потенциальных налогов на парниковые газы с помощью линейной функции издержек, а также издержек замещения типа земель и издержки международной торговли, которые моделируются функцией с постоянной эластичностью (линеаризацией). Помимо издержек на производство, урожайности и прочих факторов, которые учитывает модель, существует множество дополнительных факторов, влияющих на решение, где выращивать продукцию, например, наличие транспортной инфраструктуры. Эти неявные факторы учитываются в модели введением shadow price (теневые цены), которые рассчитываются при калибровке в базовый период, так чтобы результаты GLOBIOM наиболее точно отражали пространственное распределение.

Модель содержит информацию о производстве и технологиях более 30 видов сельскохозяйственной продукции. Средняя урожайность по регионам и странам мира взята из статистики ФАО ООН. Показатель валовых сборов и урожайности сельскохозяйственных культур в модели Глобиум рассчитывается по данным статистики для 17 наиболее возделываемых (по совокупной площади): ячмень, маниока, бобовые культуры, картофель, нут, кукуруза, хлопок, сорго, молотые орехи, просо, соя, рис, рапс, сахарный тростник, подсолнечник, батат и пшеница), которые покрывают более 80% урожая 2007 года (по данным ФАО ООН). Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от системы ирригации и использования удобрений рассчитывается по данным методологии EPIC [Izaurralde et al 2006; Williams 1995], которая имплементирована в GLOBIOM. EPIC – это так называемая crop model – модель симуляции роста растения (роста урожайности сельскохозяйственной культуры), где введены основные факторы роста растения – почва, свет, тепло, вода,

и где можно моделировать фактически каждый день роста в течение вегетационного периода. В модель Эпик нельзя «залезть» из глобиума, и соответственно, это некий черный ящик. Но мы можем оценивать адекватность рассчитанных показателей урожайности на основании сопоставления рассчитанных в Глобиум оценочных и прогнозных показателей вместе с официальными (фактическими) данными Росстата за соответствующие промежутки времени.

Ранее эмпирической и прогнозное исследование Deppermann et al [2018] позволило глубже понять, как заброшенные земли могут быть введены в оборот на примере России и Укoraины. Авторы ввели в модель GLOBIOM понятие и переменную заброшенных земель (количество и площадь земель взяли из предыдущих исследований), которые можно вводить в сельскохозяйственный оборот. Мы использовали результаты этой работы в плане кода в модели глобиум, который позволял автоматически рассчитывать экологические последствия от распашки этих заброшенных территорий. Справочно отметим, что в Нацкадастре нет понятия «заброшенных земель», вместо этого вводится термин посевные площади, превратившиеся естественным путем в луговые угодья (или бесхозные пастбища), которые смогли за период стагнации российского сельского хозяйства аккумулировать углерод в своем надпочвенном покрове и в самой почве. Важное отличие наших изменений в модель состоит в настройке исторических данных и трендов показателей по России в соответствии с историческими данными за период 2000-2020 гг, где за 2020 год мы брали статистику по производству основных видов продукции за 2017 год по данным Росстата. Это было необходимо, чтобы более ярко заложить в модель растущие тренды последних лет по пшенице, рапсу, кукурузе, сое, подсолнечнику, а также по мясу птицы и свинине; и нисходящие тренды по говядине, картофелю, сорго и просо.

Модель была откалибрована чтобы урожайность, площадь пашни, сбор урожая по культурам, потребления азотных и фосфорных удобрений, потребление корма животных в России были близки к данным за 2017 год, также как, и основные торговые потоки между России и другими странами. Для того чтобы модель лучше описывала исторические данные России были уточнены коэффициенты урожайности для кукурузы, ячменя, картофеля, пшеницей, снижены коэффициенты потребления азотных и фосфорных удобрений, снижены издержки производства, и увеличены субсидии сои, рапса, ячменя, пшеницы, и повышена стоимость выращивания картофеля. Увеличено потребление корма для говядины, курятины, свинины и говядины.

Международная торговля была скорректирована к данным ФАО, которые лучше отражают исторические тренды 2000-2016 гг. для сои, пшеницы, подсолнечника, ячменя, риса, и кукурузы, и пиломатериалов. Увеличен спрос на свинину, говядину, ячмень, пшеницу и говядину, и снижения спроса на картофель.

Таким образом, с помощью модели GLOBIOM мы рассчитали два сценария развития сельского хозяйства России в 2030, 2040 и 2050 годах. Первый сценарий является экстенсивным и предполагает увеличение посевов с 44 млн га в 2020 году до 50 млн га в 2030 году при незначительном росте урожайности представленных в модели культур¹. Этот сценарий довольно близок к текущей политике России по наращиванию экспорта и введению в оборот заброшенных сельскохозяйственных земель². Второй сценарий является экспериментальным и предполагает увеличение интенсификации в растениеводстве на текущих посевных площадях. Тем самым, мы хотим сравнить объемы производства, урожайности, стоимости продукции и выбросы парниковых газов при реализации этих сценариев.

По данным исследования [Meufroidt et al 2016] Россия может ввести в оборот около 5 млн гектар сельскохозяйственных земель за счет распахки залежных земель (или пастбищ и неиспользуемых пашни) относительно безболезненно для окружающей среды. Для нас это было ориентиром, поскольку других трудов, обосновывающих размер возможных введенных посевов мы не нашли. Поскольку в период с 2010 по 2017 гг Россия ввела де факто в оборот около 2 млн гектар, то для нашей модели (экстенсивный сценарий) в период 2020-2030 мы заложили возможность расширения посевов еще на 6 млн гектар при небольшом росте урожайности сельскохозяйственных культур. В таблице 8 мы покажем, как в результате прогона модели изменились показатели посевных площадей, производства основных сельскохозяйственных культур, и как изменилась урожайность. Тем самым, мы можем сопоставить, как модель отреагировала на те изменения, которые мы ввели в модель, чтобы отразить возможность экстенсивного способа ведения растениеводства с незначительным ростом урожайности, и интенсивного – где мы ограничиваем

1 Для России это пшеница, ячмень, кукуруза, соя, подсолнечник, картофель, рапс, сорго, просо и рис. Так как в модели нет данных по сахарной свекле, овощам, кормовым культурам и некоторым видам зерновых, то в абсолютных значениях размер всей пашни отличается от официальных данных Росстата. Однако по тем, культурам, которые присутствуют в анализе, мы смоделировали значения фактических посевов 2017 года для отправной точки расчетов по модели в 2020 году.

2 По данным Стратегии развития сельских территорий 2030 расширение посевных площадей является одним из средств достижения целевых показателей Стратегии, однако, сколько будет введено в оборот земель не указывается.

возможность наращивания посевных площадей, но разрешаем увеличить урожайность.

Таблица 8 – Сравнение результатов экстенсивного и интенсивного сценариев по показателям величины посевов и производства растениеводческой продукции в России

Год	Посевы, млн га		Производство сельскохозяйственных культур, млн корм ед		Продуктивность пашни, т/га	
	Экстенс. сценарий	Интенс. сценарий	Экстенс. сценарий	Интенс. сценарий	Экстенс. сценарий	Интенс. сценарий
2010	38.6	38.6	75 071	75 071	1.95	1.95
2020	42.6	42.6	142 353	142 353	3.34	3.34
2030	49.0	43.6	182 138	187 968	3.72	4.31
2040	54.6	43.6	204 048	192 298	3.74	4.41

Источник - расчеты авторов по данным модели GLOBIOM по двум сценариям: «экстенс» – экстенсивный сценарий, предполагающий рост посевов на 6 млн гектар, и «интенс» – интенсивный сценарий, предполагающий текущие размеры посевов без увеличения, но с ростом производительности (урожайности) на 30% к 2030 году

Примечание- в этой таблице учтены данные по 6 культурам (пшеница, ячмень, кукуруза, рапс, соя, подсолнечник). В приложении мы даем показатели производства по всем культурам, мясу и молоку за 2000, 2010, 2020 и 2030 по обоим сценариям.

В таблице 8 показано, что посевы тех культур, что мы включили в анализ, растут быстрее в экстенсивном сценарии, нежели в интенсивном. Но при этом в интенсивном сценарии совокупная урожайность 6 выбранных культур примерно на 0.6 тонны кормовых единиц выше. В 2030 году можно производить больше кормовых единиц (по указанным 6 культурам) при незначительном увеличении посевных площадей и росте урожайности на 32% (имеется в виду интенсивный сценарий 2030 год к 2020 году). В экстенсивном сценарии выход кормовых единиц будет на 27% больше, чем в 2020 году. Урожайность кормовых единиц (по данным 6 культурам) прогнозируется на 15% меньше, чем в интенсивном сценарии. Однако, в 2040 году в экстенсивном сценарии выход продукции больше на 6 процентов, чем в интенсивном – из-за того, что Россия может продолжать наращивать посевы под указанными культурами.

В таблице 9 показано, как изменятся эмиссии ПГ, выраженных в эквиваленте CO₂ в зависимости от используемых сценариев. Результаты расчетов модели

ГЛОБИУМ, показывают, что в период 2010-2020 и 2020-2030 темпы роста эмиссии снизятся с 29% до 25%. В интенсивном сценарии выбросов ожидается на 1% больше, чем в экстенсивном в 2030 году. Это интересно, поскольку в растениеводстве ранее мы видели рост продукции 2010-2020 гг почти на 90%, а затем в 2020-2030 гг (прогнозный период) на 30%, т.е. непонятно, почему эмиссии (точнее темпы роста эмиссий) так непропорционально меняются, несмотря на сокращение темпов роста производства.

Расчеты показывают, что экстенсивный сценарий сохраняет высокие выбросы от распашки новых земель и в 2030 году они сравниваются с выбросами от возделывания почв (эмиссии N20) – см таблицу 9. В интенсивном сценарии эмиссии от введения в оборот новых земель резко снижаются в 2030 году, поскольку мы поставили ограничения в этом сценарии на распашку новых земель, с помощью введение дополнительных уравнений в модель. С экономической точки зрения это ограничение может быть имплементировано изменением системы субсидирования, для стимулирования интенсификации сельского хозяйства, и усложнением процедуры перевода земли под сельскохозяйственные нужды.

Увеличение выбросов в абсолютном выражении год к году увеличивается в обоих сценариях, поскольку мы заложили рост производства продукции растениеводства и животноводства. В интенсивном сценарии выбросы от возделывания почв растут немного быстрее в 2030 году, поскольку больше применяется минеральных удобрений. Результаты модели показывают, что интенсивный сценарий позволяет России наращивать производство сельскохозяйственной продукции с меньшими выбросами. В экстенсивном сценарии в 2030 году объем выбросов за счет распашки новых земель в целом на 30% превышает совокупный объем выбросов ПГ в интенсивном сценарии. При этом если в экстенсивном сценарии общий объем выбросов увеличится на 12% за 10 лет (относительно 2020 года), то при интенсивном развитии (с ростом урожайности) размер выбросов снизится на 15% относительно 2020 года. Таким образом, один из возможных вариантов развития сельского хозяйства России может быть связан с дальнейшей интенсификацией на уже используемых землях.

Таблица 9 – Расчетные ежегодные эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России и кумулятивные за 10 лет от распашки земель - в зависимости от сценария и источника выбросов, млн тонн CO₂ эквивалента

Год	Эмиссии от возделывания почв с/х земель (пашни)		Эмиссии от животноводства (внутренняя ферментация+ управление навозом)		Кумулятивные (т.е. за 10 лет) выбросы эквив СО2 от введения в сельскохозяйственный оборот новых земель (под пашню)	
	Экстенс. сценарий	Интенс. сценарий	Экстенс. сценарий	Интенс. сценарий	Экстенс. сценарий	Интенс. сценарий
2010	28.6	28.6	79.3	79.3	23.5	23.5
2020	36.9	36.9	87.3	87.3	39.7	39.7
2030	45.9	46.4	93.2	86.6	44.7	6.9
2040	55.2	53.4	98.4	91.6	35.7	0.0

Источник: расчеты авторов по данным модели GLOBIOM по двум сценариям: «экстенс» – экстенсивный сценарий, предполагающий рост посевов на 6 млн гектар, и «интенс» – интенсивный сценарий, предполагающий текущие размеры посевов без увеличения, но с ростом производительности (урожайности) на 30% к 2030 году

Таким образом, мы показали, что при интенсивном сценарии Россия может производить почти такой же объем продукции растениеводства, но при этом снизить выбросы от распашки новых земель (пастбищ или заброшенных после 1990х пахотных угодий).

5.2 Рекомендации органам управления Российской Федерации в сфере политики устойчивого развития сельского хозяйства

В предыдущих разделах мы показали, что Россия – это единственная страна с крупными земельными ресурсами, которая в период 1990 по наши дни де факто снизила выбросы ПГ за счет растениеводства и животноводства. Но при этом у нас выросло производство этих видов продукции, и страна обеспечивает себя продовольствием почти на 90 процентов по мясу, зерну, сахару, картофелю, масличным.

В период экономического роста и агропромышленного роста (2007-2017 гг.) выбросы со стороны сельского хозяйства России принципиально не увеличиваются, а имеют даже нисходящий тренд, об этом говорится в Национальном кадастре выбросов. Мы считаем, что это безусловно позитивный момент с точки зрения устойчивого развития и может быть использован Россией как аргумент на переговорах по противодействию изменению климата. Следовательно, необходимо проанализировать различные критерии и методы аграрной политики, которые могут быть актуальны при таком раскладе.

Рекомендации для дальнейших исследований и улучшению статистики Российской Федерации в сфере эмиссий парниковых газов. Существуют проблемы статистических наблюдений и экономической оценки перехода на новые технологии в сельском хозяйстве. Сложно оценить распространенность в российском сельском хозяйстве использование почвосберегающих технологий, их стоимость, экономическую эффективность и последствия от их использования для окружающей среды;

- проблемы оценки севооборотов и монокультур и их влияния на ежегодные совокупные выбросы от с/х;
- оценка последствий выбросов от применения разных кормов у сельскохозяйственных животных, а также размера выбросов от использования и утилизации навоза;
- в Нацкадастре также отмечается, что по некоторым направлениям (статьям) оценок выбросов, например, выбросы от органогенных (торфяных) почв могут достигать 90% отклонений модельных данных от наблюдений. В среднем оценки выбросов достигают 20%. Наилучший результат – оценки выбросов у энтерической ферментации: отклонение 1%.

Улучшение отчетности по выбросам и увеличение финансирования научных исследований по оценке выбросов от использования различных типов земель с различными видами технологий, позволит получать более точные данные, а также лучше разрабатывать рекомендации и меры государственной политики по снижению выбросов в с/х и по поддержанию плодородия почв, что является взаимосвязанными процессами.

Современная аграрная политика России отличается тем, что Россельхознадзор имеет право штрафовать производителей, если они не используют сельскохозяйственные земли, или используют их не по назначению (см Кодекс АП статья 8.8., пункт 2). В частности, ведомство может штрафовать сельхозпроизводителя, если пашня заросла бурьяном и не возделывается. На наш взгляд, это не совсем эффективная мера, поскольку тем самым государство вмешивается в те решения фермера, который он принимает по экономическим причинам. Отметим, что в зарубежных странах, как ЕС и США есть наоборот отдельные программы поддержки фермеров, когда он получает деньги, чтобы не распахивать дополнительные угодья, и позволяет земле накапливать углерод, что разумно с точки зрения противодействию климатическим изменениям. Сейчас мы не можем сказать, будет ли такая мера эффективна и в

России, но отменить штрафование фермеров за неправильное использование сельскохозяйственных угодий – гораздо важнее. Это можно сделать путем внесения поправок в Кодекс АП статья 8.8., пункт 2, и отменить штрафы за выявленное «неиспользование земельного участка из земель сельскохозяйственного назначения». Таким образом, если фермер, или любой другой сельхозпроизводитель имеет землю из категории сельскохозяйственных угодий, то он сам вправе решать, возделывать эту землю, зарастать ли ей или перевести под пастбища и залежь. Что касается распашки новых земель, то здесь нужен лучший учет того, где такие процессы происходят, и каковы экологические последствия для углеродного баланса и флоры и фауны, т.е. можно перевести рассмотрение и решения о распашке новых земель на уровень региональных научных конференций (круглых столов) с представителями фермеров, власти и науки, чтобы решение принималось коллективно с учетом комплексного анализа выгод и издержек.

Следовательно здесь мы можем рекомендовать вести лучший учет земель заброшенных и неиспользуемых в сельском хозяйстве, поскольку правильный учет в региональном разрезе и на федеральном уровне позволит не только правильно оценить площадь и качество землепользования, но и улучшить расчетные значения выбросов и поглощений парниковых газов. Отметим, что в каждом отчете о нацкадастре указываются не только данные о размере и использовании сельскохозяйственных угодий и выбросов с них, но еще и отклонения модельных расчетов от экспериментальных. И если в среднем по аграрному сектору этот разброс составляет 15-20 процентов, отдельные позиции (источники эмиссией) сильно отклоняются от среднего показателя. Так наименьшие отклонение от фактических (т.е. экспериментальных – полученных в результате проведения полевых исследований) данных относительно модельных расчетов – это выбросы от внутренней ферментации сельскохозяйственных животных. Они равны 1%, а сам объем выбросов – около 50 млн тонн эквивалента CO_2 в год. Это фактически один из немногих оценок в нацкадастре с таким низким значением девиации факта от модели. Другие позиции аграрного сектора в плане отклонений значений от факта и модельного выброса составляют 20, 40 и даже 90%. Т.е. точность оценок уменьшается. Оценка поглощений и выбросов с пастбищ составляет почти 40%, т.е. возможно на пастбищах выбросы не 37 млн тонн в год, а 19 или наоборот в сторону увеличения – это уже 74 млн тонн. Очень существенные значения, которые могут серьезно отразиться на балансе углерода в Рос-

сии. Это обуславливает их более точное измерение. Необходимо в первую очередь проводить больше полевых исследований по данной тематике, и улучшать модели, которые их рассчитывают в кабинетных условиях. Это в равной степени нужно делать как на заброшенных землях, так и на тех, которые ежегодно культивируются, или используются для выпаса скота.

Теперь опять вернемся к оценке выбросов от возделываемых земель. Таких земель около 90 млн гектар в России (80 млн га посевов + 10 млн га чистого пара). И от них выбросы достигают почти 50 млн тонн эквивалента CO₂ – это по данным сектора 4 (землепользования) нацкадастра (т.е. это не входит в те 134 млн тонн от сельскохозяйственной деятельности – из третьего раздела кадастра). В 2011 году было впервые зафиксировано, что к показателю cropland remaining cropland (т.е. немечающиеся посевы) добавили grassland converted into cropland (т.е. пастбища переведенные в пашню) – таких стало за 1 год всего лишь 807 тыс га, но это привело к выбросам эквивалента 34 тонн CO₂ эквивалента, или 27 млн тонн выбросов – т.е. половина того, что выбрасывается ежегодно с 90 млн гектар. К 2017 году площадь распаханых земель достигла 2 млн гектар, а выбросы от них почти 45 млн тонн эквивалента CO₂. Т.е. Россия сейчас вступила в такой период, когда поглощения заброшенных угодий сокращаются довольно быстро из-за специфики зарастания и пределов. Но выбросы от распашки небольших новых площадей (или пастбищ или заросших пашни) – становятся очень значительными, и могут в дальнейшем ухудшить баланс парниковых газов. Т.е. здесь как раз и возникает вопрос, почему распахиваются новые земли (и/или заброшенные земли), почему не интенсифицируются уже используемые пахотные угодья.

Здесь мы вновь видим статистический казус, который вынуждает нас обратить внимание на точность размеров землепользования и соответствующих эмиссий. Нацкадастр использует данные Росреестра об определении категорий земель и их трансформации. И только 2011 году у Росреестра были показания, что часть пастбищ сократилась и было переведено в пашню – те самые 807 тыс гектар, которые привели к значительному всплеску эмиссий – на 27 млн тонн эквивалента CO₂ только в 2011 году. Если же мы смотрим данные Росстата, то видим, что рост посевов начался в нашей стране раньше – в 2008 году, тогда посевы впервые после длительного нисходящего тренда увеличились за 1 год почти на 2 млн гектара. Но Росреестр и Нацкадастр этого никак не зафиксировал. Т.е. мы пока не знаем точно, за счет чего увеличились

посевы в 2008 году, то ли за счет площадей чистого пара предыдущего года, и тогда не происходила замена луговых (пастбищных) угодий на посевы, т.е. изменения происходили в рамках площади пашни и следовательно не считаются кейсом изменения землепользования, т.е. не ведут к дополнительным выбросам, как есть сейчас в Нацкадстаре. Или второй вариант, что все-таки пастбища или залежь были распаханы в 2008 году и выбросы от распашки земель начались раньше, а не в 2011 году. Можно добавить, что в некоторых регионах по данным Росстата небольшие однолетние периоды роста посевов были фрагментарны в период 2001-2007 гг – Ростовская, Волгоградская и Оренбургская области. Т.е. не исключено, что что распашка луговых угодий началась в этих регионах раньше и тоже приводила к всплеску выбросов парниковых газов, но это до сих пор не отражено нигде. Сейчас на этот ответ могут ответить только спутниковые снимки, которые бы показали, что распахивали, а что нет. Т.е. это опять же нужны дополнительные исследования. Отсюда следует наша рекомендация, см абзац ниже.

Чтобы в будущем данные Росстата и Росреестра, а, следовательно, и данные Нацкадастра по землепользованию в России были лучше синхронизированы необходимо лучше понимать и фиксировать, какие площади возделываются и какие вновь вводятся в оборот. Т.е. предприятие или фермер, который планирует весной распахать дополнительное поле (залежь, пастбище или луговое угодье) должен подать уведомление в местный офис администрации района или сельского поселения, где написано будет что такой-то фермер имеет используемую площадью пашни и посевов такую-то, но в будущем сельскохозяйственном году планирует расширить пашню за счет собственной, купленной или арендованной земли и распахать некоторого вида (указать конкретно какие – чистый пар, или уже посев, но не его, или залежь, или территорию пастбищ и/или сенокосов, или засаженные сады, т.е. многолетние насаждения, или даже за счет лесов или лесополос) угодья в размере такой-то площади. Подача такого заявления должна быть в добровольном порядке, или за нее государство будет платить фермеру или на счет сельскохозяйственного предприятия, допустим 1 тыс рублей за такую справку. Тем самым, фермер будет материально заинтересован подаче такого заявления. Сумму компенсации за подачи такого заявления можно обсудить с заинтересованными лицами. Потом администрация сельского поселения будет вносить эти данные в компьютер, и сканировать само заявление. И все это вместе будет отправляться в земельный отдел регионального министерства

сельского хозяйства, где будет вестись реестр подобных факто увеличения площади возделываемых земель. Потом из регионального минсельхоза данные будут переходить в федеральное министерство сельского хозяйства, где будет формироваться общая региональная база данных по случаям расширения посевов. И в этой базе данных будут указаны площадь текущих земель (конкретно посевов) у фермера, который передал информацию о расширении своих посевов, а также его ожидаемая распашка новых земель и за счет каких земель это будет происходить – или тоже пашня, или чистый пар, или за счет сенокосов, пастбищ, залежных земель и/или распаханые площади бывших многолетних насаждений. Точно также можно ввести систему заявлений фермера о сокращении посевов и переводе земель в другую категорию. За это можно фермеру давать 5 тысяч рублей, допустим, большую сумму – т.е. обязательно, чтобы она была больше, чем если бы он получил за справку о распашке новых земель. % тысяч рублей это чуть меньше 100 долларов – такую сумму на 1 гектар минимально получает фермер в США, если входит в программу CRP – консервация сельскохозяйственных земель за счет государства. Но в России мы пока будем предлагать привязывать это к самому факту подачи справки(заявления) о факте сокращения посевов, без привязке к площади отчужденных (или выводимых из оборота земель).

Другим вариантом решения проблемы – ежегодная (или даже ежемесячная) масштабная фиксация спутником данных о землепользовании. Такое должно происходить в каждом сельском поселении или каждом муниципалитете России. Т.е. те исследователи или работники местной администрации должны ежегодно (или ежемесячно) фиксировать факты расширения землепользования в сельском хозяйстве и конкретно в фактах распашки новых земель. Особенно это актуально для земель Дальнего востока, где по данным Росстата происходит почти ежегодное увеличение площади посевов, начиная с 2014 года, особенно в Амурской области. И до сих пор непонятно, за счет каких земель вводятся пашня в оборот.

Для разработки этого метода необходима консультации с научным миром. Здесь в ходе разработки этого законопроекта нужно выяснить у специалистов, насколько это трудоемко и насколько качественно можно оценить факт распашки пастбищ или залежи под посевную площадь. Вполне возможно, что государству стоит подумать о совмещении первой методики (поощрительных заявлений) и второй – масштабной фиксации землепользования через методы дистанционного зондирования. Если государство сможет найти средства и на то, и на другое, и первый (моти-

вационный) метод сработает, т.е. люди (руководители сельхозпредприятий и фермеры) будут приходить и приносить справки и/или заявления за отдельную плату со стороны государства, что они хотят расширить посевы за счет таких то земель (обязательно указывать нужно за счет каких), то эти данные (сводные по регионам и по всем муниципалитетам страны) можно будет потом выкладывать в открытый доступ на сайте Росстата и сопоставлять с данными спутникового зондирования (т.е. результаты второго метода), которые также должны быть открытыми для доступа ученых и жителей нашей страны. Таким образом, получать правильные (правдивые) данные о состоянии и изменении землепользования в сельском хозяйстве можно только с помощью разных методов. Метод мотивационный позволит понять, насколько фермерам интересно раскрытие своих планов о распашке земель, в контексте стратегии устойчивого развития и адаптации к условиям ратификации парижского соглашения. Метод дистанционного зондирования (второй) изменения землепользования позволит улучшить технологии и оценку снимков с фактическими данными о растительном покрове в сельских поселениях, а также лучше оценить качество и состояние земного покрова в России, перевести это на регулярную (хотя бы раз в год) основу, а также проверить точность данных, полученных с помощью первого метода. И при этом никто не отменял текущей работы и сбор данных Росреестра и Росстата о посевах. Т.е. многообразие методов и их синхронизация позволит в будущем построить более точную систему учета земельных угодий и конкретно факта распашки новых земель для расширения посевов у сельскохозяйственных производителей. Такие данные позволят более точно и правильно оценить выбросы от возделываемых угодий и пастбищ не только на федеральном уровне, но и на региональном и даже муниципальном. Это позволит более точно учитывать и выбросы и площади в секторе изменения землепользования национального кадастра России.

В 2018 году в Почвенном институте Докучаева был подготовлен доклад под редакцией Бедрицкого, где анализировались изменения в почвах России в результате изменения климата последних 50 лет. В исследовании показано, что климат на территории России становится не только более теплым, но и более влажным, что в целом способствует формированию пожнивных остатков, которые хорошо усваиваются почвами и благоприятно влияют на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. Этот фактор нельзя недооценивать сейчас при анализе последних трендов урожайности, ни в будущем, поскольку данный сценарий увлажнения

климата может быть актуальнее, чем засушливый сценарий. В период 1976-2006 гг в России каждые 10 лет количество осадков увеличивалось на 7.2 мм, что способствует накоплению органического вещества в почве. Если эти тренды будут и дальше продолжаться, то такой сценарий соответствует положительному балансу углерода в почвах. Вместе с тем, нужно знать, что температура и осадки объясняют лишь 20-30 процентов изменения дисперсии углерода в почвах. И человеческую деятельность, и способы механизации и возделывания земель и почв тоже дают свой вклад, порою более значительный, чем климат. Более того, почвы обладают великой инерционностью, т.е. держат в себе совокупность информации предыдущих лет и не так быстро меняются даже с учетом человеческой деятельностью, например, когда урожайность растет, а удобрений применяется мало. Исторически сложившееся многообразие почв создает разнообразие траекторий их эволюции при изменении одного (климата) или нескольких факторов почвообразования. Тем самым в природе поддерживается/модифицируется дивергенция почв и почвенного покрова.

Для того, чтобы российское сельское хозяйство и дальше адаптировалось к изменению климата, но при этом продолжало бы быть устойчивым в производстве сельскохозяйственной продукции с низким выбросом эквивалента CO₂, можно предложить ряд практик, способствующих устойчивому типу возделывания почв. Углеродный баланс можно регулировать с помощью 8 типов практик: окультуривание подзолистых, дерново-подзолистых почв и светло-серых лесных почв, оптимизация (сокращение) доли чистого пара (поскольку при последнем земля находится без травы, т.е. верхний слой почвы быстрее реагирует с воздухом, следовательно, быстрее окисляется органический углерод), минимизация систем обработки почвы и оптимизация применения удобрений (последнее отчасти выполнено уже, поскольку дозы внесения в России в среднем в 2 раза меньше научно обоснованных), контроль за осушением болот, их частичное восстановление, предотвращение пожаров (это задача скорее государственного регулирования с необходимостью работы на местах), упорядочивание лесопользования и лесоразведения (это тоже вопрос господдержки и региональной политики, фермеру одному это не под силу), гармонизация земледелия и животноводства (это необходимо для увеличения внесения органических удобрений под посевы – чисто экономический аспект внутрихозяйственного характера), оптимизация использования отходов животноводства (см предыдущий), развитие “микробных” технологий - получение полезных микроорганизмов “в нужном месте в

нужное время” – последнее относится к сфере биотехнологий, и фактически идет на усмотрение хозяйства отдельно взятого, поскольку мы не видим, как государство в целом может способствовать развитию таких технологий, кроме как усиления научных исследований, рекламу и распространению.

Про моделирование можно сказать, что в модель GLOBIOM при постановке интенсивного сценария развития растениеводства до 2030 года были введены серьезные ограничения на рост посевов, и только тогда он задержался и погнал урожайность вверх на текущих посевах. Это привело к производству большего количества продукции в России, и к меньшим выбросам со стороны изменения землепользования (примерно на 30 млн тонн меньше выбросов чем в экстенсивном сценарии). Т.е. по сути только наложением штрафов, законодательных ограничений можно остановить рост посевов, когда это как правило экономически выгодно, ведь земля – достаточно дешевый ресурс, особенно в России

Почему Россельхознадзор штрафует фермеров из-за того, что земля, которая у них в собственности, допустим, пашня, зарастает сорной растительностью. В зарубежной литературе мы не нашли таких примеров, где за это бы штрафовали. Как правило в Европе или США если земле (бывшей пашне) дают зарастать, то или земля продана, или переведена в программу консервации земель, т.е. фермер, как правило получает деньги за каждый гектар такой земли. А в России за то что земля зарастает естественным путем (назовем ее естественная консервация) фермер ничего не получает, и даже может получить штраф, пускай и не большой – в размере 10-50 тысяч рублей по административному кодексу. Наше предложение внести поправки административный кодекс и убрать фразу о наложении штрафа за такой вид нарушения и перестать признавать это нарушением. Россельхознадзор не должен вмешиваться в экономические решения фермеров (или руководителей сельхозорганизаций), если фермер принял решение не возделывать землю, значит, это экономически не выгодно – зачем его еще и штрафовать за это? Консервация (выведение из оборота) таких земель способствует восстановлению плодородия земель естественным путем, что способствует накоплению углерода за период 5 лет с момента консервации. Это способствует выполнению Россией своих обязательств перед мировым сообществом в рамках Парижского соглашения по Климату 2015 года.

Другое дело, что если он через пять лет захочет вновь ввести эту землю в оборот из-за того что она улучшила свои свойства, накопила углерод и т.п. Это нужно

изучать, стоит ли это делать. Или лучше стимулировать у фермера возделывание текущих площадей с более высокой урожайностью. Т.е. возможно нужно ввести какой-то механизм компенсации затрат на интенсификацию без расширения посевов.

Проблема введения углеродного налога в сельском хозяйстве слабо изучена даже в мировой литературе. Таких практик в принципе нет. В основном государственное регулирование в экологических аспектах сельского хозяйства касается ограничений на использование удобрений (всего, или на единицу возделываемой площади), или условий содержания скота, хранения навоза. В публикациях, которые мы изучали, углеродные схемы предлагались вводить для крупных промышленных и/или теплогенерирующих предприятий, которые регулярно отчитываются не только о производстве своей продукции, но и выбросах вредных веществ в атмосферу. На основании этого, контролирующие и/или собирающие статистику органы могут делать выводы об интенсивности выбросов вредных веществ, и о том, как стоит ограничивать эти выбросы, какими методами, и к чему это приведет. В Австралии так было сделано. Фактически углеродный налог был введен для нескольких предприятий (не-сельскохозяйственных) крупных эмитентов. Но уже спустя пол-года его отменили, когда к власти пришел другой премьер-министр. В США до 2008 года работала биржа по продаже и покупке квот на эмиссию, и там были сельскохозяйственные организации, но они действовали не по отдельности, а их представляла регулирующая организация, как например, союз (ассоциация) фермеров Айовы. Их участие состояло в том, что они выводили часть земель из оборота, где углерод секвестрировался, и они как бы продавали свою возможность продолжать накапливать углерод, и/или расширять площадь консервируемых земель, если был спрос на рынке по закупке таких квот. Соответственно, со стороны спроса действовали крупные промышленные предприятия, или предприятия перерабатывающей промышленности, которые покупали право на дополнительные выбросы за счет таких инвестиций в фермерские земли. После 2008 года, когда международные рынки перешли в нисходящий тренд, цены обвалились и на этой углеродной бирже. И фактически проект перестал работать.

Мы сделали это перечисление, чтобы показать, что за рубежом есть небольшой опыт рынка углеродных тел, и цен на них. Но в России – нет. И неясно, как он будет работать. Нам кажется очень сложным администрирование рынка сельскохозяйственной земли, когда очень много собственников, но еще не вся земля поделена

на участки. Сперва нужно закончить проект реализации паспортов на земли сельхозназначения (он обсуждается в Правительстве). По его результатам можно будет оценить, какие земли де факто возделываются, и где находятся наиболее плодородные сельскохозяйственные земли, которые имеют хотя бы биологический потенциал для культивации. Если это заработает, то это позволит развиваться земельному рынку России.

Мы уже писали, что наши расчеты и данные Нацкадастра показывают, что в случае распашки девственных угодий (пастбища, луга, территории с кустарной растительностью) для возделывания пропашных культур (как в прочем и любых других), происходят в первый год значительные выбросы парниковых газов (в 10-20 раз больше чем в среднем за год с обычной ежегодновозделываемой пашни). Но мы это видим по сути, спустя 2 года, как произошло – в кадастре 2019 года опубликованы данные только за 2017 год. Т.е. мы не можем наблюдать за распашкой в режиме реального времени. С одной стороны, технически это возможно, поскольку спутник делает снимки поверхности земли каждую минуту, но как проводить сбор и анализ информации в таком случае – кто будет за этим следить, за использованием 80 млн гектар посевов и 40-80 млн гектар других угодий (пастбища+залежь+многолетние насаждение)? Для этого нужен большой человеческий ресурс и методология по оценке результатов снимков.

Сейчас российские сельхозпроизводители обязаны передавать в статистические и/или налоговые органы информацию о своей деятельности. И в принципе они могли бы передавать данные о выбросах ПГ от своей деятельности. Но это – только теоретически. Потому что нужно объяснить им, что такое эмиссии ПГ от сельскохозяйственных практик, как и чем это дело замерять, с какой регулярностью. Т.е. для них это будет дополнительное время и затраты, которые отразятся на стоимости издержек и соответственно реализуемой продукции. Т.е. чтобы внедрить такой механизм, нужно все хорошо рассчитать. Или другой вариант, они могут передавать данные о своем землепользовании и/или технологиях, которые приводят к тем или иным выбросам в региональный институт (или орган власти), или в некий федеральный центр (опять же можно осбудить научный или орган власти), который будет оценивать эти данные по методологии, допустим, Росгидромета, по которой делается Кадастр Выбросов (Национальный кадастр выбросов...). Но в этом случае будет справедливо, если отдав данные, фермер или СХО будет получать feedback (ответ) от

этого института с результатами расчетов, где он будет видеть, что изменение его практик и/или изменение землепользования (в частности распашка территорий, и/или наоборот вывод земель в другую категорию), повлияли на общие выбросы от его хозяйства, или объемы поглощений углерода за счет консервации земель.

Таким образом, кроме научных данных об устойчивости и экологической ценности тех или иных сельскохозяйственных практик, нужно отдельное исследование по законодательному обеспечению интенсивного и экстенсивного способов ведения сельского хозяйства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Российское сельское хозяйство развивается быстро в последние годы. Удовлетворив внутренние потребности рынка, страна стала активно экспортировать продовольственные товары в страны, которые нуждаются в решении проблем продовольственной безопасности. Современное развитие общества предполагает изучение различных аспектов наращивания производства и изменений человеческой деятельности, что вынуждает нас исследовать вопросы, какими средствами достигается тот или иной рост отрасли экономики, и что будет в будущем.

В 2015 году ООН разработало Цели устойчивого развития (ЦУР) и изучает подходы по изменению взаимодействия между человеком и природой в целях более ресурсосберегающих и меняя загрязняющих технологий, а также исследует возможные меры государственной политики по воздействию на эти процессы.

Для России, как ведущего производителя продовольствия и экспортера сельскохозяйственной продукции, является важным вопрос развития производства при возможном уменьшении негативного эффекта на окружающую среду. Последние данные Нацкадастра свидетельствуют о том, что рост производства сельхозпродукции в последние 10 лет сопровождался не только ростом выбросов от сельскохозяйственной деятельности, но и ростом выбросов за счет распашки новых земель, которые можно было бы и не трогать, если бы увеличить интенсификацию в уже используемые земли. Данные Нацкадастра говорят о том, что при распашке 2-3 млн гектар земель Россия получает выбросы сопоставимые с текущими выбросами с 90 млн гектар ежегодно используемых пахотных угодий. Такое соотношение вряд ли допустимо, если страна пытается ратифицировать Парижское соглашение по климату и сдерживать выбросы в ближайшие годы. Отсюда возникает вопрос, а можно ли

более интенсивно возделывать имеющиеся земли для получения того же (или большего) объема продовольствия.

Чтобы оценить это мы использовали модель частичного равновесия GLOBIOM. В модель были внесены изменения, чтобы более правильно показать тренды развития последних 20 лет для сельского хозяйства России. После этого мы рассчитывали 2 сценария: экстенсивный – с возможностью увеличения посевов на 6 млн гектар в 2030 году и небольшим ростом урожайности, и интенсивный – с незначительным ростом посевов и ростом урожайности на 30% в 2030 году. Результаты модели показывают, что интенсивный сценарий позволяет России наращивать производство сельскохозяйственной продукции с меньшими выбросами. В экстенсивном сценарии в 2030 году объем выбросов за счет распашки новых земель в целом на 30% превышает совокупный объем выбросов ПГ в интенсивном сценарии. При этом если в экстенсивном сценарии общий объем выбросов увеличится на 12% за 10 лет (относительно 2020 года), то при интенсивном развитии (с ростом урожайности) размер выбросов снизится на 15% относительно 2020 года. Таким образом, один из возможных вариантов развития сельского хозяйства России может быть связан с дальнейшей интенсификацией на уже используемых землях.

Наше исследование показало, что в странах со значительными земельными ресурсами, благоприятными климатическими условиями, а также с большим количеством населения (как городского, так и сельского), как Бразилия и Китай, сельское хозяйство развивалось в последние 20 лет, как за счет экспансии (вовлечение в оборот дополнительных сельхозугодий, в том числе и за счет вырубки лесов) в естественные природные ландшафты, так и за счет чрезмерной интенсификации сельхозпроизводства (так в Китае уровень внесения минеральных удобрений почти в 4 раза выше, чем в России): что в совокупности, хоть и позволяет странам решать проблемы продовольственной безопасности, но при этом сильно оказывая негативное влияние на окружающую среду (загрязнение почв и близлежащих водоемов химикатами, выбросы парниковых газов за счет распашки новых земель). Другие страны, как США и Евросоюз, использовали другие механизмы землепользования, премируя (выдавая субсидии) тем фермерам, которые выводили земли из оборота; соответственно на землях текущего использования интенсификация земледелия в США и странах ЕС повышалась. Россия в явном виде не принадлежит ни к первому кейсу (экспансия и интенсификация), ни ко второму кейсу (интенсификация).

Современное развитие сельского хозяйства России (последние 20 лет), конкретно растениеводства, характеризуется сравнительно небольшой интенсификацией (удобрения вносятся менее чем на половине распаханых площадей и уровень внесения удобрений на 1 га в 2-3 раза меньше, чем по зерновым культурам в США и ЕС) и незначительным расширением посевных площадей (75 млн га в 2007 году и 80 млн га в 2018 году). Так как согласно Стратегии устойчивого развития сельских территорий до 2030 года в России предполагается частичное вовлечение в оборот заброшенных после распада СССР земель, то мы хотели оценить последствия этого расширения как в терминах выхода продукции, так и по выбросам парниковых газов.

С помощью модели частичного равновесия GLOBIOM мы хотели оценить возможные пути развития России в рамках сценариев экстенсификации или интенсификации растениеводства до 2030 года и до 2050 года. Преимущество данной модели заключается в том, что учитывая цены и спрос и предложение она способна найти решение для конкретной страны, выбрать наиболее рентабельные культуры, направить туда производство, а также по итогам расчетов посчитать и выбросы парниковых газов от сельскохозяйственной деятельности. Для чистоты эксперимента мы отобрали 6 основных культур, которые составляют больше половины посевных площадей России и по которым наблюдается расширение посевов и наращивание интенсификации: ячмень, кукуруза, рапс, подсолнечник, соя и пшеница. На сегодняшний день эти культуры занимают в России площадь около 42 млн гектар и совокупно дают около 142 млн тонн кормовых единиц. В рамках экстенсивного сценария до 2030 года мы прогнозируем увеличение посевов по данным культурам на 7 млн гектар (до 49 млн га посевов) и увеличение производства на 30% (т.е. до 182 млн тонн кормовых единиц). По интенсивному сценарию расчеты показывают, что при сохранении текущих площадей можно увеличить производство до 188 млн тонн кормовых единиц (совокупно по 6 указанным культурам), т.е. урожайность составит 4.3 тонны корм ед с 1 га против 3.7 тонн корм ед с 1 га (по экстенсивному сценарию). Разница в выбросах парниковых газов (эквивалент CO₂) по двум сценариям составляет 10%, т.е. при интенсивном сценарии выбросы с 1 га возделываемой площади в 2030 году достигнут 1.02 тонн CO₂ эквивалента, а в экстенсивном – 0.92 тонн CO₂ эквивалента. И тот, и другой результаты по-прежнему свидетельствуют о низком уровне выбросов в растениеводстве России по сравнению с другими странами. Совокупные выбросы от сельского хозяйства в 2030 году в интенсивном сценарии на 20% мень-

ше, чем в экстенсивном. Т.е. модель показывает, что Россия может нарастить продуктивность пашни (урожайность) на 30% до 2030 года без значительного увеличения выбросов, и с глобальной точки зрения это будет устойчивым путем, поскольку здесь меньше выбросов, чем в экстенсивном сценарии.

Отдельно стоит сказать о возможностях и экологических последствиях расширения производства пшеницы в России, поскольку под данной культурой находятся почти треть всех посевов в России. По экстенсивному сценарию возможно расширение посевов пшеницы с нынешних 24 млн га до 29 млн га, достигнув производства 117 млн тонн пшеницы в год (урожайность 40 ц/га). По интенсивному сценарию посевы не меняются, а производство вырастет до 120 млн тонн в год, т.е. урожайность в среднем по стране составит 48 ц/га. В этих случаях экстенсивный сценарий дает 1.30 тонны выбросов эквивалента CO₂ с 1 га возделываемой площади, а интенсивный – 1.74 тонны выбросов эквивалента CO₂ с 1 га возделываемой площади. И даже в этом случае эмиссии в растениеводстве России будут на 50-75% меньше, чем в таких странах, как США, ЕС или даже Бразилия.

Таким образом, Россия остается одной из немногих стран, у которых есть выбор, как развиваться – за счет экстенсивных или интенсивных факторов. И при этом наращивать не только производство продукции для внутреннего потребления, но и наращивать экспорт, способствуя поддержке продовольственной безопасности других стран, при этом не нанося такого вреда окружающей среде, как это происходит во многих развитых странах с более высокой плотностью населения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Macdonald A. An introduction to the Rothamsted long-term experiments/Презентация на конференции, 2018. - URL: <https://www.rothamsted.ac.uk/sites/default/files/1015-1045%20The%20Rothamsted%20LTes%20AMacdonald%202018-05-21.pdf> (дата обращения 11 Марта 2019).
2. Fulginiti L., Perrin R. Prices and productivity in agriculture//The Review of Economics and Statistics. – 1993. – Vol. 75, No 3. P. 471 - 482. DOI: 10.2307/2109461. <https://www.jstor.org/stable/2109461>
3. Schultz T.W. Reflections on agricultural production, output and supply//Journal of Farm Economics. – 1956. – Vol. 38, Issue 3. P. 613 – 631.
4. Applications of Modern Production Theory: Efficiency and Productivity/ R. Fare, A. Dogramaci A. - Boston: Kluwer Academic Publishers, 1988.
5. Evenson R.E. Human capital and agricultural productivity change/in A. Maunier and A. Valdes (eds.), Agriculture and Governments in an Interdependent World, Proceedings of the Twentieth International Conference of Agricultural Economists, 1989.
6. Binswanger H.P. How agricultural producers respond to prices and government investments/Induced Innovation Technology, Institutions, Development. - Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1978.
7. Mundlak Y. Endogenous technology and the measurement of productivity/Agricultural Productivity: Measurement and Explanation .Washington, D.C.: Resources for the Future, 1988.
8. Hicks J. Annual survey of economic theory: monopoly//Econometrica. - 1935. – No 3. P. 1 - 20.
9. Leibenstein H. Competition and x-efficiency: reply//Journal of Political Economy – 1973. – No 81. P. 765 – 777.
10. Kalaitzandonakes N., Taylor T. Competitive pressure and productivity growth: the case of Florida vegetable industry//Southern Journal of Agricultural Economics. – 1990. - No 22. P. 13 - 22.
11. Schuh G. Exchange rate and U.S. agriculture//American Journal of Agricultural Economics. – 1974. - No 56. P. 1 - 13.
12. Lewandowski J., Tobey J., Cook Z. The interface between agricultural assistance and the environment: chemical fertilizer consumption and area expansion//Land Economics. – 1997. - Vol 73, No 3. P. 404 - 427. URL: <http://www.jstor.org/stable/3147176>
13. Pender J.L. Population growth, agricultural intensification, induced innovation and natural resource sustainability: An application of neoclassical growth theory//Agricultural Economics. – 1998. – Vol. 19. P. 99 - 112.
14. Club of Rome. The Limits to Growth. – New York: Universe Books, 1972.
15. Brown L.R. In the Human Interest: A Strategy to Stabilize World Population. – New York: Norton, 1974.
16. Ehrlich P., Ehrlich A. The Population Explosion. – New York: Simon and Schuster, 1990.
17. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. – Oxford: Oxford University Press, 1987.
18. Boserup E. The Conditions of Agricultural Growth. - Chicago, Illinois (USA): Aldine, 1965.
19. Ruthenberg H. Farming Systems in the Tropics. – Oxford: Clarendon Press, 1980.
20. Darity W.A. The Boserup theory of agricultural growth: A model for anthropological economists//Journal of Development Economics. – 1980 – Vol. 7. P. 137 - 157.
21. Pryor F., Maurer S. On induced economic change in precapitalist societies//Journal of Development Economics. – 1982. - Vol. 10. P. 325 - 353.
22. Robinson W., Schutjer W. Agricultural development and demographic change: A generalization of the Boserup model//Economic and Developing Cultural Change. – 1984. – Vol. 32, N 2. P. 355 - 366.
23. Hayami Y., Ruttan V. Agricultural Development: An International Perspective, 2nd ed. - Baltimore: Johns Hopkins, 1985.
24. Binswanger H., McIntire J. Behavioral and material determinants of production relations in land abundant tropical agriculture//Economic and Developing Cultural Change. – 1987. Vol. 36, N 1. P. 73 - 99.
25. Salehi-Isfahani D. Technology and preferences in the Boserup model of agricultural Growth//Journal of Development Economics. – 1988 – Vol. 28, N2. P. 175 - 191.
26. Lele U., Stone S. Population pressure, the environment and agricultural intensification in Sub-Saharan Africa: Variations on the Boserup hypothesis/MADIA Discussion Paper No. 4. - Washington, D.C. (USA): The World Bank, 1989.

27. Panayotou T. Population, environment, and development nexus/In: Cassen, R. (Ed.), *Population and Development: Old Debates, New Conclusions*. - New Brunswick: Transaction Publishers, 1993.
28. Stern D., Common M., Barbier E. Economic growth and environmental degradation: The environmental Kuznets curve and sustainable development//*World Development*. – 1996 – Vol. 24, N 7. P. 1151 - 1160.
29. Templeton S., Scherr S. Population pressure and the microeconomy of land management in hills and mountains of developing countries/Environment and Production Technology Division Discussion Paper No. 26. – Washington D.C. (USA): International Food Policy Research Institute, 1997.
30. Tiffen M., Mortimore M., Gichuki F. *More People, Less Erosion: Environmental Recovery in Kenya*. - Chichester (England): Wiley, 1994.
31. Scherr S., Hazell P. Sustainable agricultural development strategies in fragile lands/Environment and Production Technology Division Discussion Paper No. 1. – Washington D.C. (USA): International Food Policy Research Institute, 1994.
32. *World Development Report*. - Washington, D.C.: World Bank, 1992.
33. Arrow K., Bolin B., Costanza R., Dasgupta P., Folke C., Holling C., Jansson B., Levin S., Mañler K., Perrings C., Pimental D. Economic growth, carrying capacity, and the environment//*Science*. – 1995. – Vol. 268. P. 520 - 521.
34. Kristroëm B., Riera P. Is the income elasticity of environmental improvements less than one//*Environmental Resource Economics*. – 1996. – Vol. 7, N 1. P. 45 - 55.
35. Hamilton K. Sustainable development, the Hartwick rule and optimal growth//*Environmental Resource Economics*. – 1995. – Vol. 5, N 4. P. 393 - 411.
36. Lambin E., Rounsevell M., Geist H. Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity//*Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 2000. – Vol. 82. P. 321 – 331.
37. Matson P., Parton W., Power A., Swift M. Agricultural intensification and ecosystem properties//*Science*. – 1997. – Vol. 277 (5325). P. 504 – 509.
38. Tilman D. Global environmental impacts of agricultural expansion: the need for sustainable and efficient practices//*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 1999. - Vol. 96, N 11. P. 5995 – 6000.
39. Socolow R. Nitrogen management and the future of food: lessons from the management of energy and carbon//*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 1999. - Vol. 96, N 11. P. 6001 – 6008.
40. Lambin E. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions//*Progress in Physical Geography*. – 1997. – Vol. 21, N 3. P. 375 – 393.
41. Kaimowitz D., Angelsen A. *Economic Models of Tropical Deforestation: a Review*. – Jakarta (Indonesia): Centre for International Forestry Research, 1998. - 139 pp.
42. Turner B., Moss R., Skole D. Relating land use and global land-cover change: a proposal for IGBP-HDP core project/IGBP Report 24, HDP Report 5. – Stockholm (Sweden): IGBP, 1993.
43. Brookfield H. Intensification and disintensification in Pacific agriculture//*Pacific Viewpoint*. – 1972. – Vol. 13. P. 30–48.
44. Turner B., Doolittle W. The concept and measure of agricultural intensity//*Professional Geographer*. – 1978. – Vol. 30, N 3. P. 297–301.
45. Dorsey B. Agricultural intensification, diversification, and commercial production among smallholder coffee growers in Central Kenya//*Economical Geography*. – 1999. – Vol. 75, N 2. P. 178 – 195.
46. Turner B., Hanham R., Portararo A. Population pressure and agricultural intensity//*Annals of Association of American Geographers*. – 1977. – Vol. 67, N 3. P. 384 – 396.
47. Kates R., Hyden G., Turner B. Theory, evidence, study design/ *Population Growth and Agricultural Change in Africa*. Turner, B.L., Hyden, G., Kates, R.W. (Eds.) - Gainesville (Florida), University Press of Florida 1993. - pp. 1–40
48. Mortimore M. Population growth and land degradation//*GeoJournal*. – 1993. - Vol 31, N 1. P. 15 – 21.
49. Hägerstrand T. *Innovation Diffusion as a Spatial Process*. - Chicago (Illinois, USA): University of Chicago Press, 1968.
50. Riebsame W., Meyer W., Turner B. Modeling land-use and cover as part of global environmental change//*Climate Change*. – 1994. – Vol. 28, N ½. P. 45 – 64.
51. Thünen J. von. *Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*. Neudruck nach der Ausgabe letzter Hand (1842/1850). - Stuttgart: Fischer, 1966. - 687 pp.
52. Jones D., O'Neill R. Human-environmental influences and interactions in agriculture/*Structure and Change in the Space Economy*. Lakshmanan, T.R., Nijkamp, P.N. (Eds.). – Berlin: Springer, 1993. – P. 297 – 309.

53. Jones D., O'Neill R. Development policies, rural land use, and tropical deforestation//Regional Science Of Urban Economics – 1994. – Vol. 24, N 6. P. 753 – 771.
54. Alonso W. Location and Land-use: Towards a General Theory of Land Rent. – Cambridge (UK): Harvard University Press, 1964. – 204 p.
55. Peet R. The spatial expansion of commercial agriculture in the nineteenth century: a von Thunen interpretation//Economic Geography. 1969. – Vol. 45, N 4. P. 283 – 301.
56. Guyer J., Lambin E. Land-use in an urban hinterland: ethnography and remote sensing in the study of African intensification//American Anthropologist. – 1993. – Vol. 9, N 4. - P. 839 – 859.
57. Boserup E. The Impact of population growth on agricultural output//Quarterly Journal of Economics. – 1975. – Vol. 89. – P. 257 – 270.
58. Boserup E. Population and Technological Change. – Chicago (Illinois, USA): University of Chicago Press, 1981.
59. Chayanov A. Peasant farm organization/A.V. Chayanov on the Theory of Peasant Economy. Thorner D., Kerblay B., Smith R. (Eds.).- Homewood (USA): Irwin, 1966. - pp. 21–57.
60. Lambin E. Modelling Deforestation Processes: a Review/TREES Series B. Research Report 1. - Luxembourg: Office of Official Publications of the European Community, 1994. - 113 pp.
61. Angelsen A. Agricultural expansion and deforestation: modelling the impact of population, marked forces and property rights//Journal of Development Economics. – 1999. – Vol. 58, N 1. – P. 185 – 218.
62. Binswanger H., Ruttan V. Induced Innovation: Technology, Institutions and Development. - Baltimore (MD, USA): Johns Hopkins University Press, 1978.
63. Hayami Y., Ruttan V. Agricultural Development: an International Perspective. - Baltimore (MD, USA): Johns Hopkins University Press, 1985.
64. Goldman A. Agricultural innovation in three areas of Kenya: neo-Boserupian theories and regional characterization//Economic Geography. – 1993. – Vol. 69. P. 44 – 71.
65. Tiffen M., Mortimore M. Malthus controverted: the role of capital and technology in growth and environment recovery in Kenya//World Development. – 1994. – Vol. 22. - P. 997–1010.
66. Tiffen M., Mortimore M., Gichuki F. More people, less erosion: environmental recovery in Kenya. - Chichester: Wiley - 1994. - 311 pp.
67. Stephenne N., Lambin E. A process-based, dynamic simulation model of land-use changes in the African Sahel//Agriculture Ecosystems and Environment. – 2001. – Vol. 85, N 1-3. – P. 145 - 161.
68. Ahn T., Ostrom E., Gibson C. Scaling issues in the social sciences/IHDP Working Paper No.1, Bonn, 85 pp. Alcamo, J., Leemans, R., Kreileman, E./Global Change Scenarios of the 21st Century. - Oxford: Pergamon, - 1998. - 296 pp.
69. Wassenaar T., Lagacherie P., Legros J.-P., Rounsevell M. Modelling wheat yield responses to soil and climate variability at the regional scale//Climate Resilience. – 1999. – Vol. 11. – P. 209 – 220.
70. White R., Engelen D., Uljee I. The use of constrained cellular automata for high-resolution modelling of urban land-use dynamics//Environmental Planning. - 1997. – Vol. B 24, N 3. – P. 323 – 343.
71. Rounsevell M., Evans S., Mayr T., Audsley E. Integrating biophysical and socio-economic models for land use studies/Proceedings of the ITC-ISSS Conference on Geo-information for Sustainable Land Management, Enschede, 17–21 August 1997. – Enschede, - 1998. - 368 pp.
72. Alcamo J., Leemans, R., Kreileman E. Global change scenarios of the 21st century, results from the IMAGE 2.1 model. - Kidlington (UK): Pergamon. - 1998.
73. Angelsen A. Shifting cultivation expansion and intensity of production: the open economy case. Working Paper 3. - Fantoft, Bergen: Christian Michelsen Institute, - 1994.
74. Walker R. The structure of uncultivated wilderness: land use beyond the extensive margin//Journal of Regional Science. – 1999. – Vol. 39, N 2. – P. 387 – 409.
75. Turner B., Ali A. Induced intensification: agricultural change in Bangladesh with implications for Malthus and Boserup//Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 1996. - Vol. 93, N 25. - p. 14984 – 14991.
76. Geertz C. Agricultural Involution: the Process of Ecological Change in Indonesia. - Berkeley, CA (USA): University of California Press. - 1963.
77. Meertens H., Fresco L., Stoop W. Farming systems dynamics: impact of increasing population density and the availability of land resources on changes in agricultural systems. The case of Sukuma-land, Tanzania//Agriculture, Ecosystems and Environment. – 1996. – Vol. 56, N 3. – p. 203 – 215.
78. Dorsey B. Agricultural Intensification, Diversification and Commercial Production among Small Holder Coffee Growers in Central Kenya//Economic Geography, - 1999. – Vol. 75, issue 2, - p. 175-195

79. Netting R. Smallholders, householders: farm families and the ecology of intensive, sustainable agriculture. - Stanford: Stanford University Press, 1993.
80. Brush S., Turner B. The nature of farming systems and views of their change/Comparative Farming Systems; Turner B., Brush S. (Eds.) - Guilford Press, New York (USA): Guilford Press, - 1987. - pp. 11–48.
81. Barretto A., Berndes G., Sparovek G., Wirsenius S. Agricultural intensification in Brazil and its effects on land-use patterns: an analysis of the 1975–2006 period//Global Change Biology. - 2013. - Vol. 19. - P. 1804 – 1815, doi: 10.1111/gcb.12174
82. Lambin E., Meyfroidt P. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity//Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, - 2011. - Vol. 108. - P. 3465 – 3472.
83. Defries R., Rudel T., Uriarte M., Hansen M. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century//Nature Geoscience, - 2010. - Vol 3. - P. 178 – 181.
84. Balmford A., Green R., Scharlemann J. Sparing land for nature: exploring the potential impact of changes in agricultural yield on the area needed for crop production//Global Change Biology, - 2005. - Vol. 11. - P. 1594 – 1605.
85. Borlaug N. Feeding a hungry world. - Science, - 2007. - Vol. 318. P. 359 –359.
86. Burney J., Davis S., Lobell D. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification//Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, - 2010. - Vol. 107. P. – 12052 – 12057.
87. Ewers R., Scharlemann J., Balmford A., Green R. Do increases in agricultural yield spare land for nature?//Global Change Biology, - 2009. - Vol. 15. - P. 1716 – 1726.
88. Rudel T., Schneider L., Uriarte M. et al. Agricultural intensification and changes in cultivated areas, 1970–2005//Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, - 2009. - Vol. 106. P. 20675 – 20680. <https://doi.org/10.1073/pnas.0812540106>
89. Fearnside P. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates, and consequences// Conservation Biology, - 2005. - Vol 19. - P. 680 – 688.
90. Nepstad D., Soares B., Merry F. et al. The End of Deforestation in the Brazilian Amazon//Science, - 2009. - Vol. 326. - P. 1350 – 1351.
91. Morton D., Defries R., Shimabukuro Y. et al. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon//Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, - 2006. - Vol. 103. - P. 14637 – 14641.
92. Morton D., Defries R., Randerson J., Giglio L., Schroeder W., Van Der Werf G. Agricultural intensification increases deforestation fire activity in Amazonia//Global Change Biology, - 2008. - Vol.14. - P. 2262 – 2275.
93. Barona E., Ramankutty N., Hyman G., Coomes O. The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon//Environmental Research Letters, - 2010. - Vol. 5. - P. 1 – 9.
94. Arima E., Richards P., Walker R., Caldas M. Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon//Environmental Research Letters, - 2010. - Vol. 6. - P. 1 – 7.
95. Bowman M., Soares-Filho B., Merry F., Nepstad D., Rodrigues H., Almeida O. Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: a spatial analysis of the rationale for beef production//Land Use Policy, - 2012. - Vol. 29, - P. 558–568.
96. Martha G., Alves E., Contini E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil//Agricultural Systems, - 2012. - Vol. 110, - P. 173–177.
97. IBGE. Censo Agropecuario - 2006. - URL: <http://www.ibge.gov.br/> (доступ 30 Октября 2019).
98. Wirsenius S. Human Use of Land and Organic Materials: Modeling the Turnover of Biomass in the Global Food System. - Goteborg (Sweden): Chalmers University of Technology and Goteborg University. - 2000. - URL: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/827.pdf> (доступ от 17 апреля 2019)
99. Von Thunen J. Der Isolierte Staat. - Oxford and New York: Pergamon Press, - 1826. (Перевод с немецкого на англ. Carla M. Wartenberg, 1966).
100. Angelsen A., Kaimowitz D. Rethinking the causes of deforestation: Lessons from economic models//World Bank Research Observer, - 1999. - Vol. 14. P. 73 – 98. doi: 10.1093/ wbro/14.1.73.
101. Kaimowitz D., Angelsen A. Will Livestock Intensification Help Save Latin America's Tropical Forest?//Journal of Sustainable Forestry, - 2008. - Vol. 27, - P. 6 – 24.
102. Angelsen A. Policies for reduced deforestation and their impact on agricultural production//Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, - 2010. - Vol. 107, - P. 19639 – 19644.

103. Fearnside P. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil//Environmental Conservation, - 2001. – Vol. 28, - P. 23 – 38.
104. Kaimowitz D., Smith J. Soybean technology and the loss of natural vegetation in Brazil and Bolivia/Agricultural Technologies and Tropical Deforestation; Angelsen A., Kaimowitz D. (eds.) - Wallingford (Oxon, UK): CABI Publishing. – 2001. – pp 195 – 211.
105. Landers J. How and why the Brazilian zero tillage explosion occurred/International Soil Conservation Meeting, 10^o, Sustaining The Global farm: Selected papers; Stott D., Mohtar R., Steinhardt G. (eds.). - Purdue (USA): Purdue University Press. – 1999. - pp. 29-39.
106. Fearnside P. Brazil's Cuiaba-Santarem (BR-163) highway: the environmental cost of paving a soybean corridor through the Amazon//Environmental Management, - 2007. – Vol. 39, - P. 601 – 614.
107. Rindfuss R., Entwisle B., Walsh S., Mena C., Erlien C., Gray C. Frontier land use change: synthesis, challenges, and next steps//Annals of the Association of American Geographers, - 2007. – Vol.97. – P. 739–754.
108. Lapola D., Schaldach R., Alcamo J., Bondeau A., Koch J., Koelking C., Priess J. Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil//Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, - 2010. – Vol. 107,- P. 3388 – 3393.
109. Berndes G., Ahlgren S., Borjesson P., Cowie A. Bioenergy and land use change —state of the art/Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment. – 2012. - doi: 10.1002/wene.41
110. Sparovek G., Barretto A., Berndes G., Martins S., Maule R. Environmental, landuse and economic implications of Brazilian sugarcane expansion 1996–2006//Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, - 2009. – Vol. 14, - P. 285 – 298.
111. Margulis S. Causes of deforestation of the Brazilian Amazon. - Washington D.C. (USA): The World Bank. – 2004.
112. MDA. Environmental monitoring technical reports Sipam. - Ministry of Rural Development. - Brasilia. – 2010. - URL: <http://www.mda.gov.br/terralegal/pages/publica%C3%A7%C3%B5es> (доступ от 29 Mapra 2019).
113. MDA/Serfal. Terra Amazonia Legal. Ministerio do Desenvolvimento Agrario/Secretaria Extraordinaria de Regularizacao Fundiaria da Amazonia Legal (MDA/Serfal). – 2012. - URL: <http://www.mda.gov.br/terralegal> (доступ от 29 Mapra 2019).
114. INPE. PRODES Project - Program for Deforestation Assessment in the Brazilian Legal Amazonia. - Brazilian National Institute for Space Research. - 2012. - URL: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index>. (доступ от 19 Октября 2019 г.).
115. MMA/Ibama. Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satelite – PMDBBS. - Ministerio do Meio Ambiente/Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renovaveis (MMA/IBAMA), Brasilia. – 2012. - URL: <http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/cerrado/index.htm> (доступ 29 Vfhmf 2019).
116. Barrientos M. IndexMundi Data Portal. – URL: <http://www.indexmundi.com/> - 2013. - (доступ от 20 January 2019).
117. Neves E. Politica ambiental, municipios e cooperacao intergovernamental no Brasil//Estudos Avancados, - 2012. – Vol. 26. – P. 137 – 150.
118. Brannstrom C., Rausch L., Brown J., De Andrade R., Miccolis A. Compliance and market exclusion in Brazilian agriculture: analysis and implications for “soft” governance//Land Use Policy, - 2012. – Vol. 29. – P. 357–366.
119. IBGE. Sistema IBGE de Recuperac~ao Automatica: Banco de dados agregados 1990-2010/Pesquisa Trimestral do Leite e da Carne. - Brazilian Institute of Geography and Statistics. – 2010. - URL: <http://www.ibge.gov.br/> (доступ от 20 Сентября 2019).
120. CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: gr~aos (series historicas). Com- panhia Nacional de Abastecimento (National Company for Food Supply). – 2012. - URL: <http://www.conab.gov.br/> (доступ 20 Сентября 2019 г.).
121. Mather A. The forest transition//Area, - 1992. – Vol. 24. – P. 367 – 379.
122. Mather A., Needle C. The forest transition: a theoretical basis//Area, - 1998. – Vol. 30, - P. 117 – 124.
123. Perz S., Skole D. Secondary forest expansion in the Brazilian Amazon and the refinement of forest transition theory//Society and Natural Resources, -2003. – Vol. 16. – p. 277 – 294.
124. Baptista S., Rudel T. A re-emerging Atlantic forest? Urbanization, industrialization and the forest transition in Santa Catarina, southern Brazil//Environmental Conservation, - 2006. – vol.33. – P. 195 – 202.
125. Walker R.The scale of forest transition: Amazonia and the Atlantic forests of Brazil//Applied Geography, - 2012. - Vol 32, - P. 12 – 20.

126. Pfaff A., Walker R. Regional interdependence and forest “transitions”: substitute deforestation limits the relevance of local reversals//Land Use Policy, - 2012. – Vol. 27. – P. 119 – 129.
127. Millenium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. - Washington, DC (USA): Island Press, 2005.
128. Ellis E., Ramankutty N. Putting people in the map: Anthropogenic biomes of the world//Frontiers in Ecology and Environment. – 2008. - Vol 6. - P. 439 – 447.
129. Waggoner P., Ausubel J. How much will feeding more and wealthier people encroach on forests?//Population Development Review. – 2001. – Vol. 27. – P. 239 – 257.
130. Dube Y., Schmithusen F., Wunder S., Dermawan A. (2007) Cross-sectoral tropical forest cover impacts: What matters?/Cross-Sectoral Policy Developments in Forestry; Dube Y., Schmithusen F. (eds.). - Wallingford, United Kingdom: CABI, - 2007. - P. 1–14.
131. Mather A., Needle C. The forest transition: A theoretical basis//Area, - 1998. – Vol. 30, - p. 117 – 124.
132. Waggoner P. How much land can ten billion people spare for nature? Does technology make a difference?//Technological Society. – 1995. – Vol. 17. – P. 17 – 34.
133. Matson P., Vitousek P. Agricultural intensification: Will land spared from farming be land spared for nature?//Conserv Biology. – 2006. – Vol. 20. – P. 709 – 710.
134. Green R., Cornell S., Scharlemann J., Balmford A. Farming and the fate of wild nature//Science. – 2005. – Vol. 307 – P. 550–555.
135. Ausubel J., Waggoner P. Dematerialization: Variety, caution, and persistence//Proceedings of National Academy of Science United States of America. – 2008. – Vol. 105. – P. 12774 – 12779.
136. Walker R. Deforestation and economic development//Canadian Journal of Regional Science. – 1993 – Vol. 16. – P. 481 – 497.
137. Lee D., Barrett C., Angelsen A., Kaimowitz D. When does technological change in agriculture promote deforestation?/Tradeoffs or Synergies?: Agricultural Intensification, Economic Development, and the Environment. Lee D., Barrett C. (eds.). – Wallingford (United Kingdom): CABI, - 2001. - P. 89–114.
138. Angelsen A., Kaimowitz D., Angelsen A., Kaimowitz D. Introduction: The role of agricultural technologies in tropical deforestation/Agricultural Technologies and Tropical Deforestation; Angelsen A., Kaimowitz D. (eds.). - Wallingford (United Kingdom): CABI, - 2001. -P. 1–19.
139. Angelsen A., Kaimowitz D., Vosti S., Carpentier C., Witcover J., Valentim J. Intensified small-scale livestock systems in the western Brazilian Amazon/Agricultural Technologies and Tropical Deforestation; Angelsen A., Kaimowitz D. (eds.). - Wallingford, United Kingdom: CABI. – 2001. – P. 113 – 134.
140. Napier T., Napier S., Tvrdon J. Soil and Water Conservation Policies and Programs: Successes and Failures. - Boca Raton (FL, USA): CRC Press. – 2000.
141. Organization for Economic Cooperation and Development. OECD-FAO Agricultural Outlook, 2008–2017. - Paris (France): OECD, – 2008.
142. FAO. Food and Agricultural Organization of the United Nations FAOSTAT. – открытая онлайн база данных. - Rome (Italy): FAO. – 2019. - URL: www.faostat.fao.org. Доступ многократный 2018-2019 гг.
143. Maddison A. Statistics on World Population, GDP and Per Capita GDP. - Groningen (The Netherlands): Groningen Growth and Development Center. – 2006.
144. Alcott B. Jevons' Paradox//Ecological Economics. – 2005. – Vol. 54. P. 9 – 21.
145. Tobar H. Mexican farmers protest NAFTA/Los Angeles Times. – 2008. - URL: <http://www.commondreams.org/archive/2008/01/03/6144>. Доступ от 30 Марта, 2019.
146. Xu Z, et al. Grain for green versus grain: Conflict between food security and conservation set aside in China//World Development. – 2006. – Vol. 34. – P. 130 – 148.
147. Osborn C. Wheat and the Conservation Reserve Program: Past, Present, and Future. - Washington, DC (USA): U.S. Department Agriculture, - 1997.
148. Naylor R., et al. Losing the links between livestock and the land//Science. – 2005. – Vol. 310. – P. 1621 – 1622.
149. Padoch C, et al. The demise of swidden in Southeast Asia?: Local realities and regional ambiguities//Danish Journal of Geography. – 2007. – Vol. 107. – P. 29 – 41.
150. Kanter J. Europe refinements to a subsidy system often faulted for big problems//New York Times, - 2008. - N 5, Section B (published 21st of November 2008).
151. OECD. Rising Food Prices: Causes and Consequences. - Paris (France): OECD, - 2008.
152. Gurkan A. Commodity Price Developments since the 1970s: Appendices. - Rome (Italy): Food and Agricultural Organization of the United Nations, - 2002.

153. Grainger A. Difficulties in tracking the long-term global trend in tropical forest area//Proceedings of National Academy of Science United States of America. – 2008. - Vol 105. P. 818 – 823.
154. Lina M., Huangb Q. Exploring the relationship between agricultural intensification and changes in cropland areas in the US//Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2019. - Volume 274, N 15. - Pages 33-40. - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880918305164?via%3Dihub> (доступ от 18.04.2019).
155. Burney J., Davis S., Lobell D. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification//Proceedings of National Academy of Science. – 2010. – Vol. 107. - P. 12052 – 12057.
156. Phalan B., Green R., Dicks L., Dotta G., Feniuk C., Lamb A., Strassburg B., Williams D., Ermgassen E., Balmford A. How can higher-yield farming help to spare nature?//Science, - 2016. – Vol. 351, N 80. – P. 450 - 451, - doi:10.1126/science.aad0055
157. Ausubel J. Can technology spare the earth?//Am. Sci. Mag. – 1996. – Vol. 84. - p. 166 – 178.
158. Borlaug N. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead//Vitr. Cell. Development Biology – Plant. – 2002. – Vol. 38. - P. 221 – 228. – doi: 10.1079/IVP2001279.
159. Johnston C. Agricultural expansion: land use shell game in the U.S.//Northern Plains. Landscape Ecology. – 2014. – Vol. 29 - P. 81-95
160. Lin M., Henry M. Grassland and wheat loss affected by corn and soybean expansion in the Midwest Corn Belt Region, 2006-2013//Sustainability. – 2016. – Vol. 8. - P. 2006 – 2013.
161. Wright C., Wimberly M. Recent land use change in the Western Corn Belt threatens grasslands and wetlands//Proceedings of National Academy of Science. – 2013. – Vol. 110, - P. 4134 – 4139.
162. Agricultural Conservation: Farm Program Payments Pre an Important Factor in Landowner's Decisions to Convert Grassland to Cropland, - Washington, DC (USA): US Government Accountability Office. - 2007.
163. Claassen R., Carriazo F., Cooper J.C., Hellerstein D., Ueda K. Grassland to cropland conversion in the Northern Plains: the role of crop insurance, commodity, and disaster programs/USDA Report no. ERR-120, - Washington D.C. (USA): US Department of Agriculture, Economic Research Service. - 2011.
164. Lubowski R., Plantinga A., Stavins R. What drives land-use change in the United States? A national analysis of landowner decisions//Land Economics. – 2008. – Vol. 84. - P. 529-550.
165. Koo W., Kennedy P. The impact of agricultural subsidies on global welfare//American Journal of Agricultural Economics. – 2006. – Vol. 88. - P. 1219 – 1226.
166. West P., Gibbs H., Monfreda C., Wagner J., Barford C., Carpenter S., Foley J. Trading carbon for food: global comparison of carbon stocks vs crop yields on agricultural land//Proceedings of National Academy of Science. – 2010. – Vol. 107. - P. 19645 – 19648.
167. Foley J., et al. Global consequences of land use//Science. – 2005. – Vol. 309. – P. 570–574.
168. van der Werf GR, et al. CO2 emissions from forest loss//National Geoscience. – 2009. – Vol. 2. – P. 737–738.
169. Ramankutty N., Evan A., Monfreda C., Foley J. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000//Global Biogeochemical Cycles. – 2008. – Vol. 22. – P. 1000 - 1003.
170. Monfreda C., Ramankutty N., Foley J. Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000//Global Biogeochemical Cycles. – 2008. – Vol. 22. – P. 10 - 22.
171. Chartres C., Noble A. Sustainable intensification: overcoming land and water constraints on food production//Food Security. – 2015. - Vol 7. – P. 235 – 245. DOI 10.1007/s12571-015-0425-1