

А.С. Строков

Центр агропродовольственной политики ИПЭИ РАНХиГС, Москва

Д.С. Терновский

Центр агропродовольственной политики ИПЭИ РАНХиГС, Москва

В.Ю. Поташников

Центр экономического моделирования энергетики и экологии ИПЭИ РАНХиГС, Москва

А.А. Потапова

Центр агропродовольственной политики ИПЭИ РАНХиГС, Москва

Оценка экологических экстерналий как последствий расширения внешнеторговой деятельности¹

Аннотация. Настоящее исследование показывает, как может развиваться экономика природных ресурсов с учетом экстерналий. В нашем случае анализировался экспорт сельскохозяйственных и лесных товаров из России в Китай, а экстерналии оценивались через выбросы парниковых газов от указанных видов деятельности. Мы разработали пять сценариев развития России до 2030-х и 2050-х годов с учетом возможности развития отечественного производства сои, рапса и кукурузы, а также деревообрабатывающей промышленности, расширения торговли с Китаем. После расчетов по модели частичного равновесия мы ввели корректировку размера возможной прибыли от расширения торговли с учетом монетарной оценки общественной стоимости выбросов парниковых газов в размере 68 долл. за 1 т выбросов CO₂. Данный метод позволяет более точно оценить экономические потери от экстенсивного развития, с учетом монетарно рассчитанных экстерналий. Наши расчеты показали, что использование природных ресурсов должно быть связано с экологическими программами, в том числе с возможностью выведения из оборота части территорий, что позволит снизить выбросы парниковых газов или способствовать достижению баланса эмиссий и поглощений эквивалента CO₂, что в данном случае является показателем снижения отрицательных экстерналий.

Ключевые слова: устойчивое развитие, экспорт продовольствия, экспорт древесины, парниковые газы, общественное благосостояние.

Классификация JEL: Q51, Q17.

DOI: 10.31737/2221-2264-2020-48-45

1. Введение

Развитие сельскохозяйственного и лесопромышленного производства неизбежно затрагивает экономические интересы широкого круга лиц, в том числе и не связанных непосредственно с аграрной сферой, что обусловлено активным использованием общих природных ресурсов (вода, воздух) и двусторонним переводом земельных ресурсов из общих (леса, луга и т.п.) в частные (пашни и т.п.), и наоборот.

Проблему изменения объема блага для экономических агентов, не участвующих в его производстве, отражает категория внешних эффектов (экстерналий), введенная в научный оборот А. Пигу (Pigou, 1920).

¹ Работа над калибровкой и совершенствованием российского модуля модели GLOBIOM производилась в рамках государственного задания РАНХиГС. Выражаем признательность научным сотрудникам Центра исследования сельскохозяйственных ресурсов (Пекин, Китай) Бай Жаохай и Хао Зао за советы по обоснованию сценариев, а также научному директору проекта FABLE Сети устойчивого развития ООН (SDSN) Алин Мосниер – за общие идеи и советы, как адаптировать модель GLOBIOM.

Внешние эффекты являются одним из проявлений провалов рынка, не позволяя рыночному равновесию достигнуть Парето-эффективности, что проявляется в пере- (отрицательные экстерналии) или недопроизводстве (положительные экстерналии) экономических благ.

Очевидно, что в случае расширения сельскохозяйственного и лесопромышленного производства необходимо преимущественно говорить об отрицательных потребительских предельных внешних эффектах для населения территорий, другими словами, эффекты, которые сразу экономически оценить сложно, но в будущем они увеличат издержки. Причиной возникновения внешних эффектов при этом станет отсутствие закрепленных прав собственности на ресурсы, выступающие в этом случае свободными неэкономическими благами. В свою очередь, устранение экстерналий связано с трансформацией свободных благ в естественные ресурсы совместного потребления (*common pool resources, CPR*), а также с возникновением конкуренции за их качество.

Снижение производства отрицательных внешних эффектов осуществляется на основе их интернализации – включения их оценочного размера в затраты участников рыночной транзакции через налоговую нагрузку (пигуанский налог) (Baumol, 1972), закрепление прав собственности (теорема Коуза), объединения производителей и потребителей экстерналий (интеграция и кооперация). Проблема использования пигуанского налога включает несколько теоретических аспектов, характеризующих его эффективность: объект обложения и его влияние на объем производства, направления распределения полученных ресурсов, вклад пигуанского налога в совокупную налоговую нагрузку и замещение искажающих налогов (Carlton, Loury, 1980; Kohn, 1986).

Практическая значимость введения углеродного налога в размере 5–15 долл. за 1 т выбросов CO_2 (налог на выбросы от сжигания топлива) вместе с разного рода изменениями в природоохранном законодательстве демонстрировали последствия на протяжении последних 20 лет в странах Латинской Америки (примеры Колумбии и Коста-Рики), что к настоящему времени привело к сокращению площади вырубки лесов и/или увеличению площади посадок лесных насаждений и сохранения естественных природных ландшафтов (Barbier, Lozano et al., 2020). Есть исследования, где оцениваются последствия от внедрения углеродного налога в 20 долл. за 1 т эмиссии CO_2 непосредственно в сельском хозяйстве (Frank, Havlik, Stehfest et al., 2019). Однако мы предлагаем иной метод – оценка социальной стоимости углерода, поскольку более высокая общественная стоимость (относительно углеродного налога) позволяет лучше увидеть, насколько уязвимы природные экосистемы без должных мер государственного регулирования. Забегая вперед, скажем, что в наших расчетах социальная стоимость углерода предлагается в размере 68 долл. за 1 т эквивалента CO_2 в ценах 2018 г. (см. раздел 4).

Р. Коуз доказал незначимость внешних эффектов в ситуации, когда права собственности хорошо описаны и работают; поведение субъектов рынка рационально, а трансакционные издержки минимальны (Coase, 1960). Применительно к экономике, сосредоточенной на добыче природных ресурсов, можно утверждать, что такой подход будет действенным только в двух случаях. Во-первых, при закреплении права собственности на негативные воздействия на окружающую среду и формирование рынка таких прав с минимизацией трансакционных издержек на их переход. Во-вторых, при спецификации права собственности и включения в цену перехода общественного в частное благо (например, перевода земель поселений в сельскохозяйственные) всех возможных издержек населения через механизм общественного выбора. Ранее на примере увеличения спроса на молоко в Китае исследовано его косвенное влияние на изменение землепользования (трансформацию угодий с последующим увеличением эмиссии парниковых газов (ПГ) от роста поголовья скота) в Новой Зеландии – как ведущего экспортера молочных продуктов в Китай (Bai, Fee, Ma et al., 2018). Оценка переноса Китаем части эмиссий на продовольственный и лесной сектор России еще не проводилась. Кроме того, мы провели дополнительные расчеты по оценке социальной стоимости эмиссий ПГ, поскольку учитываем последствия эксплуатации природных ресурсов (поля, луга, леса), которые могут иметь высокую общественную стоимость – как отражение высокой рекреационной ценности этих ресурсов.

В настоящем исследовании мы использовали вариант оценки отрицательных экстерналий через спецификацию и оценку прав собственности на негативные изменения окружающей среды – общественная стоимость эмиссий парниковых газов. Это показано на примере расширяющегося экспорта сельскохозяйственных и лесных товаров из России в Китай. Кроме того, нами сделана оценка возможных изменений площади используемых земель (только для сельскохозяйственных и лесопромышленных целей), отрицательные эффекты для которых не могут быть измерены в существующих системах учета экологических последствий, но должны быть учтены на основе динамики общественного мнения в соответствии с последствиями принимаемых экономических решений. Проведенное нами исследование позволит ответить на вопрос, насколько можно увеличивать производство и есть ли возможность выйти на путь устойчивой интенсификации сельского хозяйства и гармоничного развития (рост производства с минимальными негативными последствиями для окружающей среды).

2. Анализ текущих трендов экспорта из России в Китай

В последние годы политические отношения между Россией и Китаем укрепляются, расширяются экономическое и торговое сотрудничество (Lukin, 2018; Malle, 2017). Китай рассматривается

как одно из направлений развития экспорта России; Дальний Восток и Байкальский регион играют ключевую роль в обеспечении торговых потоков. Страны заинтересованы в реализации новых проектов, включая экспорт в Китай российской сои и развитие транспортно-логистических возможностей (Дятловская, 2019). Для этого разработана «Программа развития российско-китайского сотрудничества в торгово-экономической и инвестиционной сферах на Дальнем Востоке Российской Федерации на 2018–2024 годы». Кроме того, приграничное положение Дальнего Востока России способствует масштабной трудовой миграции из Китая для занятости в аграрном бизнесе (Зуенко, 2015; Jiaui, 2018), в том числе граждане Китая выступают как арендаторы сельскохозяйственных земель. Стремясь к получению максимальной прибыли и увеличению урожайности, они используют различные химикаты и пестициды, что приводит к тяжелым экологическим последствиям (Муратшина, 2015). Лесные пожары летом 2019 г. также получили широкий резонанс и могут быть связаны с расширением экспорта лесоматериалов из России в Китай². Все это обуславливает злободневность нашей темы и необходимость комплексного исследования экономических и экологических последствий сотрудничества двух стран.

Экспорт сельскохозяйственной и пищевой продукции из России в Китай ежегодно увеличивается, особенно значительный рост отмечается после 2014 г. (рис. 1). Если в 2008 г. стоимость товаров всего аграрного сектора, направленных в Китай, составляла 0,2 млрд долл., то в 2018 г. она достигла уже 2,5 млрд долл. (суммарно, по кодам ТН ВЭД, 1–24 группы). Поставки лесоматериалов из России в Китай в период с 2008 по 2015 г. находились на стабильном уровне и составляли около 2–2,5 млрд долл. США (только 44-я группа ТН ВЭД). Однако в последние годы отмечается резкое увеличение экспорта данной продукции, в 2018 г. он составил 3,5 млрд долл.



Рис. 1

Экспорт сельскохозяйственной и пищевой продукции, древесины и лесоматериалов из России в Китай, млрд долл. США (текущие цены)

Источник: составлено по данным International Trade Center (ИТС).

В настоящей статье мы более подробно рассмотрим экологические последствия от увеличения экспорта сои, рапса и кукурузы, а также лесоматериалов, поскольку данная деятельность приводит к прямым изменениям в ландшафте территорий, особенно вблизи границ с Китаем, увеличивает площадь разработки природных ресурсов за счет введения в оборот или новой пашни, или новых территорий для лесозаготовок. Это приводит к эрозии почв, увеличению площади вырубок (не увеличивая при этом пло-

² Интервью министра природных ресурсов и экологии Дмитрия Кобылкина «Ведомостям» от 14 августа 2019 г. (<https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2019/08/14/808841-intervyu-ministra-prirodnih-resursov>).

щади искусственных лесонасаждений), что увеличивает эмиссию ПГ и сокращает площадь естественных территорий поглотителей (абсорбентов) CO_2 . В будущем эти факторы могут помешать России выполнить свои обязательства по сокращению (или неувеличению) выбросов CO_2 в рамках Парижского соглашения по климату³.

Россия экспортирует в Китай масличные культуры в виде растительного масла, шрота (или жмыха), а также в целом виде. Большую часть составляют соевые бобы, экспорт которых за последние годы увеличился более чем в два раза и в 2018 г. достиг 865 тыс. т⁴. Более скромные значения отмечаются в отношении семян рапса, в 2018 г. их экспорт в Китай составил около 150 тыс. т. Китай является главным импортером российских соевых бобов, на него приходится 90% экспорта данной культуры России, а также семян рапса, более трети из которых отправляется в Китай.

Рост экспорта масличных культур в последние годы вносит изменения в посевные площади России. В Центральном федеральном округе (ФО) соя занимает всего 6% пахотных земель региона. В то время как в Дальневосточном ФО данная культура покрывает более 70% пахотных земель. Данная ситуация не типична для России, так как большая часть посевных площадей страны занята зерновыми, особенно пшеницей. Но тенденции последних лет вносят корректировки в процесс расширения посевных площадей под масличными культурами, что выгодно с экономической точки зрения, но не всегда оправдано с точки зрения экологии, чем зачастую пренебрегают производители сельхозпродукции, поскольку экологические экстерналии не всегда заметны при коротком горизонте планирования бизнеса. Ежегодно происходит рост рентабельности масличных культур (от 60 до 80% по сравнению с 20–40% для пшеницы). Более стабильный и высокий доход привел к увеличению доли масличных культур в пахотных землях России с 8% (в 2008 г.) до 16% (в 2018 г.). В погоне за увеличением дохода не учитываются экологические последствия возделывания масличных монокультур, которое часто приводит к нарушению севооборота и снижению плодородия почвы (Шелепа, Глаз, Узловенко и др., 2013, с. 16). Следовательно, необходимо разрабатывать научно обоснованные методы оценки, включающие экономическую и экологическую компоненту, т.е. последствия для окружающей среды.

Таким образом, мы предлагаем интегрированно рассмотреть экономический и экологический аспекты торгового сотрудничества между Россией и Китаем. В статье дается оценка последствиям изменений в землепользовании и выбросов парниковых газов, которые могут произойти, если Россия продолжит увеличивать экспорт продукции сельского и лесного хозяйства в Китай. Для решения этой задачи использовалась модель частичного равновесия GLOBIOM.

³ «Парижское соглашение согласно Рамочной конвенции об изменении климата» (Paris Agreement under the United Nations Framework Convention on Climate Change). Принято в Париже 12 декабря 2015 г.

⁴ В России производство соевых бобов также ежегодно увеличивается. В 2014 г. оно составляло 2,6 млн т, в 2018 г. — 4,3 млн т, причем около 2 млн т Россия экспортирует в чистом виде, а 1,1 млн т из них — бобы, переработанные в соевое масло.

3. Модель GLOBIOM и сценарии расширения экспорта российской агропродовольственной продукции в Китай

Разработка GLOBIOM⁵ представляет собой глобальную рекурсивную динамическую модель частичного равновесия, объединяющую сельскохозяйственный, биоэнергетический и лесной сектора экономики (Havlik, Valin, Mosnier et al., 2014). В этой модели производители конкурируют между собой за ресурсы для производства продукции сельского и лесного хозяйства, а также биотоплива. С помощью этой модели решается задача максимизации общественного благосостояния при условии технологических и ресурсных ограничений. Одновременно общественное благосостояние складывается из излишка потребителя и излишка производителя. В модели функция производства продукции представлена в виде функции Леонтьева; спрос задается экзогенно — через функцию спроса с постоянной эластичностью, линеаризуемой с помощью кусочно-линейной функции.

В модели GLOBIOM максимизируемое общественное благосостояние определяется как разность интеграла резервной цены потребителя и издержек производителя:

$$\max Welfare_t = \sum_{r,y} \int_{D_{r,t,y}^{min}}^{D_{r,t,y}} a_{r,y} D_{r,t,y}^{1/\varepsilon_{r,y}} d D_{r,t,y} - (WaterIrr_t^{cost} + LandUse_t^{cost} + Process_t^{cost} + TradeMargin_t^{cost} + GHG_t^{Tax}), \quad (1)$$

где r — регион; y — продукция (для конечного и промежуточного потребления), включая более 30 видов продукции животноводства и растениеводства, лесоматериалы и продукты их переработки, биотопливо первого и второго поколения; $D_{r,t,y}$ — конечное потребление; $a_{r,y}$ — константа интегрирования; $\varepsilon_{r,y}$ — эластичность конечного спроса по цене; $D_{r,t,y}^{min}$ — минимальный предел интегрирования, необходимый для решения проблемы существования несобственного интеграла при неэластичном спросе в районе нуля; $WaterIrr_t^{cost}$ — издержки на орошение в растениеводстве; $LandUse_t^{cost}$ — издержки на обработку земельных ресурсов; $TradeMargin_t^{cost}$ — издержки на международную торговлю; $Process_t^{cost}$ — издержки на производство и GHG_t^{Tax} — выплата налогов на эмиссию CO₂⁶.

Необходимо отметить, что разработка GLOBIOM в виду междисциплинарности использует данные других моделей. Входные данные по лесному хозяйству, включая издержки производства, формируются в Глобальной модели лесного хозяйства G4M (Kindermann et al., 2006), результаты решения которой включены в GLOBIOM. Выбор производителя — сажать и/или вырубать леса — рассчитывается путем

⁵ Модель GLOBIOM в настоящее время является открытым ресурсом (описание структуры модели, коды и скрипты модели GLOBIOM доступны по адресу: https://iiasa.github.io/GLOBIOM_FABLE/). Отметим, что перед тем, как использовать модель для четырех сценариев этой статьи, авторы внесли дополнения в код модели, чтобы темпы роста сельского и лесного хозяйства России в модельных расчетах соответствовали историческому тренду 2000–2017 гг. Изменения касались характера землепользования, продуктивности пашни и земель для ведения лесоводства, объемов валовых сборов основных растениеводческих культур и расходов на корма и продовольственного потребления (статистическая база модели построена по принципу народнохозяйственных балансов товарной продукции), а также уточнения оценок торговых потоков.

⁶ В модели есть возможность введения углеродного налога и оценки экономических и экологических последствий от его введения, но в настоящей статье мы этот метод не использовали. В разд. 4 мы покажем, что вводили общественную стоимость CO₂ уже после вычислений по рассчитанным в модели сценариям.

сравнения рассчитанной в модели чистой прибыли от ведения лесохозяйственного или сельскохозяйственного производства. Расширение площади лесов происходит, когда лесоводство становится выгоднее сельского хозяйства (на определенной территории), и этому соответствуют природно-климатические условия. Вырубка лесов происходит в тех случаях, когда прибыль от сельского хозяйства, суммированная с прибылью сваленного леса (или произведенных лесных продуктов), превосходит монетарно выраженную стоимость девственных (нетронутых) лесов.

Изменение землепользования в модели G4M гармонизировано с земельным спросом в GLOBIOM на ведение сельскохозяйственной деятельности. G4M стимулирует развитие устойчивого управления лесным хозяйством с учетом спроса на древесину со стороны GLOBIOM на уровне отдельных регионов (стран). Введение цены на углерод создает альтернативу для владельцев леса, чтобы получать прибыль не только от вырубки лесов для производства древесины, но и для того чтобы генерировать доход от поддержания естественных лесов и соблюдать определенную ротацию с эксплуатируемыми лесами, чтобы в конечном итоге гармонизировать площадь вырубленного леса с площадями под прирост новых лесных территорий или восстановление уже вырубленных плантаций.

Издержки производства продукции определяются, согласно модели Леонтьева, как потребление факторов производства, пропорциональное производству конечной продукции. В свою очередь, учитываемые в модели издержки международной торговли являются функцией от внешнеторгового оборота по всем видам продукции с учетом постоянной эластичности объема международной торговли по издержкам, а выплаты налогов на эмиссию CO₂ пропорциональны эмиссии парниковых газов с учетом действующих ставок налогов.

Структура источников парниковых газов в сельском хозяйстве в модели GLOBIOM соответствует методологии Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК)⁷. В сельском хозяйстве модель представляет решения и последствия, выраженные в выбросах парниковых газов, за счет изменения систем управления и/или характера землепользования (интенсивный путь против экстенсивного). В лесном секторе модель дает информацию о потенциалах вырубки лесов (или увеличения площади посадки лесов), интенсивности лесной промышленности и темпов роста площади, свободной от лесных посадок. Таким образом, модель GLOBIOM позволяет исследовать различные сценарии развития сельского хозяйства и изменения землепользования, а также просчитывать сценарии экстенсивного и интенсивного развития сельского и лесного хозяйства.

Ранее модель GLOBIOM использовалась для оценок реалистичности достижения различных целей устойчивого развития мирового сельского и лесного хозяйства, включая возможности противодей-

⁷ См. материалы сайта <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

ствия глобальному потеплению (Van Meijl et al., 2018) и изменения землепользования (ранняя версия модели приведена в (Havlik et al., 2013)). Отдельные страновые расчеты с использованием этой модели показали возможности улучшения аграрной политики во Франции с целью снижения выбросов ПГ конкретно от выращивания молочного скота (Mosnier et al., 2019), а также возможности России и Украины повышать интенсификацию сельского хозяйства и вывод части земель из оборота с целью снижения эмиссии ПГ (Deppermann et al., 2018). Отличие нашей работы от последней состоит в улучшении калибровки модели относительно моделирования ретроспективного периода 2000–2017 гг., а также изменение торговых потоков для увеличения экспортных поставок из России в Китай при различных экстенсивных и/или интенсивных сценариях развития растениеводства.

При оценке экологических последствий расширения экспорта российской агропродовольственной продукции в Китай мы использовали пять сценариев развития, различающихся между собой как содержанием торговой политики, стоящей за их формированием, так и характером развития отечественного сельскохозяйственного производства. Количественные характеристики выделенных сценариев представлены в Приложении, табл. П1.

Первый сценарий предусматривает объем торговых отношений, максимально запрашиваемый страной-импортером (в частности, предполагается довольно смелое утверждение, что Россия может экспортировать в Китай около 10 млн т эквивалента соевых бобов⁸). Второй сценарий предполагает расширение объемов экспорта в максимально возможном объеме с учетом ресурсных ограничений (отличия от первого сценария – в объемах торговли соей и лесом).

Третий и четвертый сценарии содержат незначительные изменения объемов экспорта и более сбалансированный рост производства соответственно интенсивного (без расширения посевов) и экстенсивного типа (с учетом расширения посевов). Данные сценарии интересны тем, что, согласно Национальному кадастру о выбросах парниковых газов⁹ (далее Нацкадастр), распашка новых земель приводит к значительному выбросу эквивалента CO₂, что сильно нарушает сложившийся баланс углерода в почве. Так, в среднем в России эмиссия с ежегодно возделываемой пашни оценивается в 1,5–2 т эквивалента CO₂ с 1 га пашни в целом за 1 год, а распашка новых земель (залежь, заброшенная пашня или любой другой вид земель с травяным естественным покрытием) приводит к выбросам 34 т эквивалента CO₂ с 1 га пашни. В России подобные случаи зафиксированы в Нацкадастре начиная с 2011 г. и являются самыми крупными всплесками эмиссий только в сельском хозяйстве и секторе землепользования за последние 10 лет. Подобных практик рекомендуется избегать, чтобы Россия могла достичь запланированных договоренностей по Парижскому климатическому соглаше-

⁸ Справка: в настоящее время около 2 млн т, с учетом переработанных в масло семян.

⁹ «Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом (1990–2017 гг.)». Институт глобального климата и экологии им. Ю.А. Израэля.

нию 2015 г. Отсюда — и интерес к подобным сценариям, где нет распахки новых земель и, соответственно, выбросы ПГ меньше, и оценке их взаимосвязи с идеями увеличения экспорта.

Пятый сценарий учитывает, что с 2030 г. Россия начинает экспортировать в Китай кукурузу. Это связано с тем, что с 2030 г. в модели есть глобальный тренд сокращения эмиссий от наиболее значительных аграрных источников, в нашем случае это — крупный рогатый скот. И, соответственно, страны наращивают поголовье свиней и птицы для замещения говядины мясом свиней и птицы, что в конечном счете приводит к меньшим выбросам. Для стран-экспортеров это становится возможностью наращивать экспорт не только сои, но и кукурузы, которая входит в состав соответствующих комбикормов. Отсюда — такой возможный сценарий диверсификации экспорта из России в Китай.

Для расчета стоимости произведенной и экспортируемой продукции использовались средние цены экспортных поставок в Китай в 2018 г. для соевых бобов, семян рапса, кукурузы и необработанной древесины. Структура среднегодовой стоимости производства и экспорта за 2020–2050 гг. по предложенным сценариям представлена на рис. 2.

На рис. 2 видно, что стоимость произведенной древесины примерно в два раза больше, чем совокупная стоимость сои, рапса и кукурузы. В то же время все четыре вида продукции экспортируются в значительном количестве, в том числе в Китай, т.е. результаты расчетов по модели адекватны современным трендам и показателям внешней торговли России с Китаем.

Сценарий максимального экспорта (сценарий 1) предусматривает наибольшие объемы как производства, так и экспорта сельскохо-

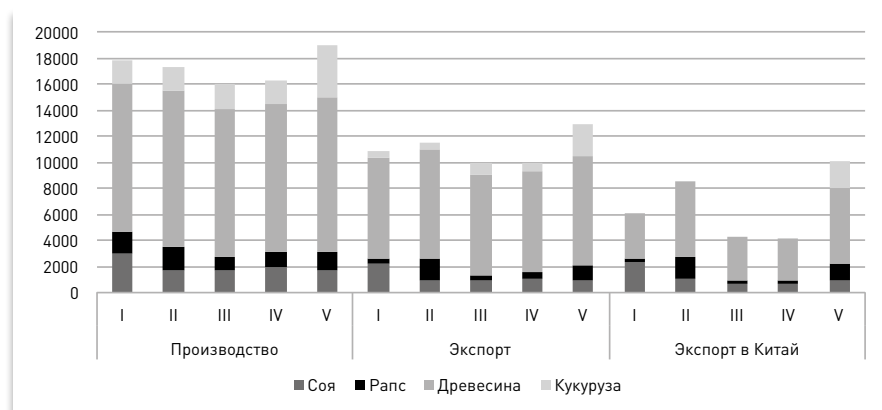


Рис. 2

Среднегодовые объемы производства в России и экспорта продукции: соевые бобы, рапс, древесина, кукуруза за период 2020–2050 гг. (в сопоставимых ценах 2018 г., тыс. долл. США)

Источник: расчеты авторов с использованием модели GLOBIOM.

зяйственной продукции. Сценарий поддержки экспорта (сценарий 2) позволяет повысить стоимость сельскохозяйственной продукции, экспортируемой в Китай, сохранив общий объем экспорта при сокращении объема производства. При этом структура экспорта существенно меняется в пользу рапса при сокращении стоимости произведенной и экспортированной сои.

Сценарии интенсивного и экстенсивного роста (сценарии 3 и 4) предусматривают значительное сокращение экспорта сельскохозяйственной продукции при преобладании сои в его структуре. Следует отметить, что более низкий объем производства при интенсивном росте не влияет на объем экспорта сельскохозяйственной продукции в Китай. Сценарий диверсификации (сценарий 5) по объемам производства и торговли похож на сценарий 2, но здесь добавляется экспорт кукурузы.

Производство и экспорт древесины, в том числе в Китай, эквивалентны во всех сценариях, за исключением сценария поддержки экспорта (сценарий 2), который предполагает рост указанных показателей.

4. Анализ результатов сценарного моделирования

Экологические последствия расширения экспорта российской агропродовольственной продукции в Китай, оцененные в ходе моделирования по выделенным сценариям, мы сгруппировали в два блока: изменения режима землепользования и изменения эмиссии парниковых газов.

Как было указано выше, общественные издержки при изменении режима землепользования не имеют стоимостной оценки, но общественная реакция на них должна учитываться при разработке мер экономической политики. Наши расчеты показывают значительное различие между выделенными сценариями, которое охватывает не только земли сельскохозяйственного назначения и эксплуатируемые леса, но и прочие земли, используемые в том числе в рекреационных целях (табл. 1).

Сценарий максимального экспорта (сценарий 1) предполагает наиболее существенные изменения в режиме землепользования – рост площади пахотных земель и эксплуатируемых лесов на 41,3 и 20,2% соответственно. Подобный рост имеет существенные экономические (связанные с сокращением пастбищ) и социальные (связанные с сокращением прочих земель) последствия. Так, площадь лесов, не используемых для производства древесины, сокращается на 3,0%, а площадь земель с естественным покровом – на 1,3%. Положительной (с экономической точки зрения) стороной подобного сценария выступает возвращение в оборот неиспользуемых земель – 10 млн га, или 49% прироста пашни. Однако именно здесь и происходят максимальные выбросы ПГ – за счет распашки новых земель, что с экологической точки зрения является негативным моментом. В нашем исследовании он трактуется

как отрицательная экстерналия, поскольку рост выбросов ПГ вносит существенный вклад в изменение климата, последствия которого трудно прогнозировать, в том числе и экономически, следовательно, это – некий риск развития системы.

Таблица 1

Результаты моделирования изменения режима землепользования в России в 2050 г. по сравнению с 2020 г.

Сценарий	Пашни	Пастбища	Эксплуатируемые леса	Прочие земли (лес)	Прочие земли
Абсолютный прирост, тыс. га					
1	20 373	-4020	18 946	-18 946	-6434
2	13 676	-2267	18 860	-18 860	-3155
3	3651	-11 954	18 860	-18 860	11 096
4	10 363	-1889	18 860	-18 860	-1452
5	9392	-2500	18 860	-18 860	1987
Темп прироста, %					
1	41,3	-6,3	20,2	-3,0	-1,3
2	27,8	-3,6	20,1	-2,9	-0,6
3	7,5	-18,7	20,1	-2,9	2,3
4	21,3	-3,0	20,1	-2,9	-0,3
5	19,0	-3,9	20,1	-2,9	0,4

Источник: расчеты авторов с использованием модели GLOBIOM.

Таким образом, можно говорить, что предложенные сценарии существенно различаются своими последствиями, связанными с изменением режима землепользования, однако только сценарий роста экспорта на основе интенсификации производства позволяет получить положительный внешний эффект, связанный с возрастанием площади земель с естественным покровом (сценарий 3). Таким образом, в сценарии 3 (с отличающейся интенсификацией) производство меньше на 11%, чем в самом крупном сценарии (сценарий 1), а эмиссии ПГ меньше на 27%.

Последствия расширения экспорта в Китай, выражающиеся в росте эмиссии парниковых газов, в соответствии с выделенными сценариями представлены на рис. 3.

Сопоставим данные на рис. 3 (эмиссии ПГ) с данными на рис. 2, где мы указывали денежную выручку от производства и экспорта. Мы увидим, что сценарий 3 характеризуется уменьшением как производства, так и объемов выбросов ПГ, т.е. этот сценарий выглядит наиболее устойчивым с точки зрения сочетания экономических и экологических последствий. Попробуем обосновать этот вывод более детально.

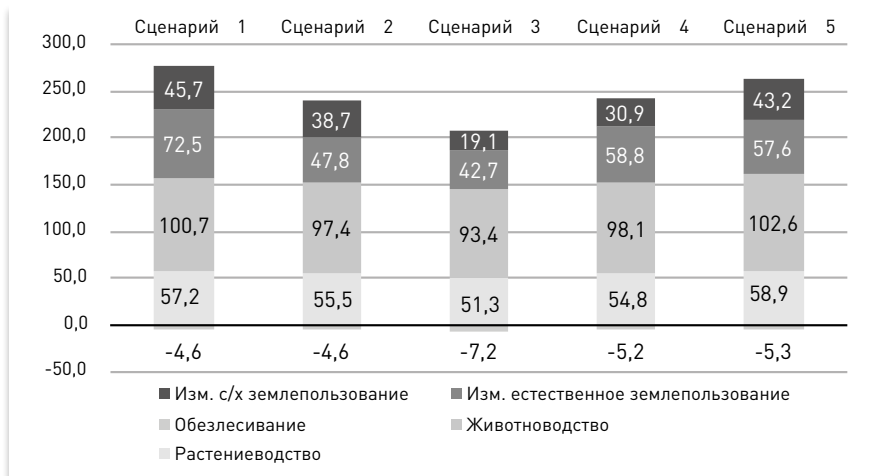


Рис. 3

Среднегодовые выбросы ПГ в сельском хозяйстве России по видам источников эмиссий в зависимости от различных сценариев в 2020–2050 гг., млн т CO₂ эквивалента

Примечание. Модель GLOBIOM в части выбросов ПГ сформирована по тем же принципам, что отчеты МГЭИК и Национальный кадастр выбросов из антропогенных источников. Это означает, что со знаком «плюс» показан нетто-эмитент источник, а со знаком «минус» — нетто-поглотитель. В нашем случае все источники являются эмитентами, кроме источника «обезлесивание», который дан со знаком «минус», т.е. поглощает некоторый объем эквивалента CO₂. Это естественное состояние тех экосистем, которые остаются не используемыми в хозяйственной деятельности и, по сути, означают прирост биомассы, что прямым образом увеличивают поглотительную способность. В нашем случае это лучшим образом выражено в сценарии 3, где — наименьший объем производства и наименьшая площадь введенных в оборот земель.

Источник: расчеты авторов с использованием модели GLOBIOM.

Наименьший объем выбросов предусматривает сценарий 3 — 199,4 млн т углекислого газа в год. Следовательно, он выглядит наиболее привлекательным с экологической точки зрения, поэтому сопоставляем с ним другие сценарии. Выбросы по сценарию 1 — наибольшие и составляют 136% от сценария 3. Размеры выбросов по сценариям 2 и 4 меньше — они составляют соответственно 118 и 119% от сценария 3.

Далее нам необходимо связать наши расчеты по модели частичного равновесия с концепцией экстерналий. Это позволит дать адекватную стоимостную оценку экономического развития при разных сценариях при учете экологической составляющей. Экстерналии, связанные с эмиссией парниковых газов, при росте производства могут быть оценены на основе информации об общественной стоимости углерода (Social cost of carbon, SCC). Для количественной оценки мы брали усредненную по десятилетиям 2020–2050 гг. стоимость при ставке дисконтирования (PRTF) в 3%, используемую в докладе¹⁰ Межведомственной рабочей группы по общественной стоимости углерода США, приведенную к ценам 2018 г. на основании данных об инфляции Бюро ста-

¹⁰ Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866 (September 2016 Revision). Washington: Interagency Working Group on the Social Cost of Carbon.

тики департамента труда США. Таким образом, среднегодовая стоимость эмиссии (общественная стоимость) составила 68 долл. США за 1 т CO₂ (в среднем за период 2020–2050 гг.). Норма прибыли (отношение прибыли к выручке) была нами принята на уровне 15% на основании оптимистичных экспертных оценок¹¹.

Таблица 2

Оценка стоимости эмиссии ПГ и производства сельскохозяйственной и лесной продукции в России, в постоянных ценах 2018 г. в тыс. долл. США

Номер сценария	Общественная стоимость эмиссии ПГ	Прирост (относительно сценария 3 как наименее прибыльного)	Прибыль от производства	Прибыль от экспорта	Прибыль от производства за вычетом стоимости эмиссии (3 – 2)	Прибыль от экспорта за вычетом стоимости эмиссии (4 – 2)
	1	2	3	4	5	6
1	18 532	5199	2681	2570	-2519	-2629
2	15 892	2559	2594	2748	35	189
3	13 333	0	2399	2268	2399	2268
4	16 057	2724	2440	2337	-285	-387
5	17 400	4068	2837	3239	-1231	-829

Источник: расчеты авторов.

Примечание. Данные таблицы рассчитаны только по объемам и ценам на продукцию – сои, рапса, лесоматериалов, кукурузы. Стоимость эмиссии (столбец 1) рассчитывался как среднее из произведений средней общественной стоимости углерода в ценах 2018 г. и среднего объема эмиссий за соответствующее десятилетие 2020–2050 гг. Столбец 3 (прибыль от производства) рассчитывался путем умножения стоимости произведенной продукции на 0,15 (ожидаемую норму прибыли). Стоимость производства была взята из соответствующих прогнозов по сценариям за 2020, 2030, 2040 и 2050 г., а затем (для простоты) рассчитывалась как средняя по России за 2020–2050 гг. Прибыль от экспорта рассчитывалась с помощью экспортной цены конкретного вида продукции в Китай в 2018 г. и нормы прибыли в 25% (установили экспертно).

Проведенные расчеты (табл. 2) показывают, что с учетом отрицательных экстерналий, оцениваемых как общественная стоимость эмиссии парниковых газов, значительная положительная прибыль как от производства, так и от экспорта наблюдается только в сценарии интенсивного роста. В сценариях расширения экспорта она или близка к нулю, или отрицательна.

Наибольшая прибыль от производства за вычетом эмиссий (столбец 5) получается в сценарии 3, поскольку в этом сценарии производство и экспорт сопровождаются минимальной распашкой новых земель (со стороны сельского хозяйства) и максимальной поглотительной способностью ПГ лесных насаждений (со стороны лесного хозяйства). Следовательно, с монетарной точки зрения здесь достигнуто наи-

¹¹ Справка: в период 2016–2018 гг. среднегодовая рентабельность в отрасли лесоводства и лесозаготовок России была на уровне 6–11%, а в сельском хозяйстве – на уровне 12–16%. Данные о продажах организаций (Росстат, 2020) по соответствующим отраслям.

лучшее сочетание экономического роста и стоимости эмиссий. Вместе с тем сценарий 3 нам также кажется привлекательным с точки зрения экономического и экологического баланса, поскольку здесь выводятся из оборота почти 11 млн га земель (см. табл. 1, показатель «Прочие земли»), что, вероятно, приведет к секвестру углерода, как уже было на постсоветском пространстве, когда было выведено из оборота почти 40 млн га пашни (за период 1990–2007 гг., по данным Росстата)¹². Последний аспект также важен для углеродного баланса в будущем периоде, поскольку Россия подписала Парижское соглашение по климату 2015 г., в настоящий момент обсуждается проект ФЗ «О государственном регулировании выбросов парниковых газов», где источникам поглощения (абсорбции или секвестра) CO₂ будет уделено специальное внимание.

5. Дискуссия

В настоящей статье сделана попытка обосновать эффективное производство ресурсной экономики (на примере сельскохозяйственного и лесного секторов России), возможности наращивания экспорта, а также таких экологических аспектов последствий подобного развития, как выбросы парниковых газов. Такая экономическая политика подразумевает поиск путей устойчивого развития с помощью сопоставления сценариев уменьшения производства и соответствующего уменьшения эмиссий ПГ, а также возможность оценок потерь и выгод за счет ввода общественной стоимости углерода для конкретного вида землепользования и выбросов. Наши расчеты показали, что для сельскохозяйственного и лесного секторов экономики России есть альтернативы развития¹³ и что небольшие сокращения в производстве и выбросах компенсируются общественной полезностью ресурсов и ландшафтов территории нашей страны. Улучшение и обоснование подобных сценариев возможно при более полной статистике по низкоуглеродным способам ведения сельского и лесного хозяйства, распространении знаний в этой сфере и совершенствовании методов оценки

¹² Справка: методика Национального кадастра парниковых газов по лесному хозяйству по выбросам и абсорбции ПГ учитывает поглощения CO₂ на этих заброшенных землях накопительным способом с 1990 г. Так, пик поглощения был в 2005 г., когда заброшенные угодья (по методологии Нацкадастра они называются «пахотные угодья переведенные в пастбища») поглотили 116 млн т CO₂. Так как у углерода есть свои циклы и этапы поглощения и выбросов, что также учитывается в Нацкадастре, то после 2005 г. мы видим, что поглотительная способность стала снижаться (по биологическим причинам) и к 2015 г. достигла 82 млн т (подробнее см. сайт Института глобального климата – <http://www.igce.ru/performance/publishing/reports/> и таблицы данных в стандартизированном международном формате ОФД). Поскольку площадь выведенных из оборота земель не меняется, следовательно, высока вероятность, что и в дальнейшем эти земли будут сокращать свою поглотительную способность. Ввиду особенностей развития экономики России и увеличения выбросов ПГ со стороны энергетики, обрабатывающих производств и вероятном их увеличении к 2030 г., необходимо искать возможности вывода из оборота части пашни и пастбищ, чтобы они могли способствовать нетто-поглощению части эмиссий. Точно также это касается и новых посадок леса (искусственное восстановление леса), и естественного восстановления леса, поскольку эти виды земель также являются (пока) нетто-поглотителями CO₂ (0,8 млрд т нетто-поглощений против 2 млрд т CO₂ – выбросов всех отраслей экономики России). Правильный учет площади таких земель и корректная фиксация динамики абсорбции CO₂ позволило бы России качественно улучшить национальный углеродный баланс.

¹³ В табл. 2 два из пяти рассчитанных сценариев оказались прибыльными, т.е., возможно, существует потенциал и других прибыльных сценариев, но для их обоснования нужны дополнительные исследования с более детальными расчетами «выгод–потерь» и с учетом каких-то других экологических экстерналий. Кроме того, в Приложении, п. 1 мы видим, что даже в сценарии 3 объемы производства в 2050 г. увеличиваются (по сравнению с 2020 г.), т.е. этот сценарий (из выбранных) лучше всего показывает соотношение производства и эмиссий.

последствий локального и глобального характера в случае, если сохранится использование условно высокоэmissionsных способов организации бизнеса и целых отраслей.

Россия не раз показывала свою заинтересованность в сокращении выбросов парниковых газов: «...сокращение выбросов до уровня не более 75% выбросов 1990 г. к 2020 г. и заявляемого INDC на 2030 г. может быть окончательно достигнут разрыв связи между экономическим ростом и выбросами парниковых газов в атмосферу. Будет происходить сокращение выбросов парниковых газов на единицу ВВП. В то же время сокращение выбросов к 2030 г. до уровня 70–75% от выбросов 1990 г. при максимальном учете вклада лесов России не создает препятствий для социально-экономического развития и согласуется с общими целями политики землепользования и устойчивого управления лесами» (UNFCCC 2016)¹⁴. Соответствующие намерения были закреплены в официальных документах: «Указ Президента Российской Федерации от 30 сентября 2013 года» и «Распоряжение Правительства РФ от 2 апреля 2014 года № 504-р». В настоящее время обсуждается проект ФЗ «О государственном регулировании выбросов парниковых газов»¹⁵. Следовательно, переход на низкоуглеродные технологии, правильные системы учета выбросов во всех отраслях и как следствие — общее движение экономики в сторону уменьшения выбросов ПГ до сих пор актуально.

Современные дискуссии по поводу того, за счет чего (и кого) производить сокращение выбросов ПГ, в основном касаются сектора энергетики, потому что на него приходится более 80% всех эмиссий экономики России. Однако мы считаем, что необходимо изучать эмиссии и способы поглощения ПГ и другими ресурсными отраслями России, в частности сельским хозяйством и лесопромышленным комплексом, поскольку они могут являться как нетто-эмитентами, так и нетто-поглотителями ПГ, в том числе как за счет менеджмента, так и определенных технологий на освоенных землях, а также за счет возможности наращивания секвестрации (поглощения) CO₂ на заброшенных и/или удаленных от хозяйственной деятельности территорий. Так, по данным Нацкадастра, если в 1990 г. лесные земли России уже были нетто-поглотителем CO₂ на уровне 210 млн т CO₂ эмиссий в год, то, по данным 2016 г., поглощение увеличилось в три раза до 660 млн т CO₂, хотя площадь управляемых лесов к 1990 г. выросла только на 12% (т.е. на 76 млн га)¹⁶. Выход (чистая эмиссия) CO₂ за счет заготовленных лесоматериалов вырос в два раза — до 5,4 млн т CO₂¹⁷, т.е. интенсивность лесоводства проявилась в существенном росте производства лесоматериалов.

¹⁴ Официальное объяснение представителей РФ, почему Россия будет снижать эмиссии (<https://www4.unfccc.int/sites/submissions/indc/Submission%20Pages/submissions.aspx>).

¹⁵ Проект ФЗ «О государственном регулировании выбросов парниковых газов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (подготовлен Минэкономразвития России).

¹⁶ См. данные Института глобального климата в табл. 64 на с. 370 на сайте <http://www.igcc.ru/performance/publishing/reports/>

¹⁷ Там же.

Анализируя сельское хозяйство, можно привести случай животноводства России, когда за период 2005–2017 гг. производство мяса почти удвоилось за счет увеличения производства мяса свиней и птицы (по данным Росстата, только по этим двум видам мяса увеличение с 4 млн до 11 млн т живого веса), а соответствующие выбросы от животноводства (внутренняя ферментация и системы управления навозом и отходами¹⁸) не изменились. Импорт мяса свиней и птицы за это время также снизился, так что Россия не перенесла свои выбросы на другие страны. В растениеводстве примеры уменьшения эмиссий можно видеть в различных зарубежных странах при переходе на технологии беспашотной обработки почвы (Neufeldt, Kissinger, Alcamo, 2017). Если бы Россия вела учет подобных технологий и ареала использования, то можно было бы обосновывать уменьшение выбросов ПГ в земледелии.

Данные ФАО ООН показывают, что в мире в целом за период 1990–2017 гг. темпы роста эмиссий ПГ значительно меньше темпов роста производства мяса, молока и отдельных видов зерновых и масличных культур (табл. 3). Все это свидетельствует о том, что в разных странах мира принимаются различные усилия, направленные на ограничение влияния сельскохозяйственного развития на окружающую среду и сохранение возможностей достаточного производства продовольствия (Tubiello, Salvatore, Ferrara et al., 2015). А это делает проблему переноса выбросов в другие страны совсем необязательной. Все дело в распространении знаний и долгосрочной государственной политике.

Ранее авторы (Smith et al., 2007) изучили опыт многих стран и показали, что в основном изменения аграрных политик середины 1990-х и начала 2000-х годов косвенным образом сократили выбросы ПГ (т.е. политики борьбы с перепроизводством и/или увеличением доходов фермеров в США и ЕС изначально не имели цели сокращать выбросы ПГ в сельском хозяйстве, но за годы ее реализации факти-

Таблица 3

Сравнение объемов мирового производства сельскохозяйственной продукции и мирового выброса ПГ от сельского хозяйства и изменения землепользования

Показатель	1990 г.	2017 г.	Отношение 2017 г. к 1990, %
Выбросы парниковых газов в сельском хозяйстве, млрд т CO ₂ эквивалента	4,6	5,4	118
Выбросы парниковых газов в секторе изменения землепользования, млрд т CO ₂ эквивалента	4,1	3,2	76
Производство мяса, млн т	179,5	334,8	187
Производство молока, млн т	542,5	831,3	153
Производство зерновых культур, млн т	1951,7	3020,3	155
Производство масличных культур, млн т	155,6	477,4	307

Источник: ФАО.

¹⁸ Выбросы от внутренней ферментации сократились в результате уменьшения поголовья крупного рогатого скота за указанный период, а выбросы от систем утилизации навоза увеличились на 12%, но благодаря этой компенсации общий выброс ПГ животноводством не изменился за период 2005–2017 гг.

чески к этому привели¹⁹). В этом же исследовании есть перечень различных мер и сельскохозяйственных практик, которые являются не только ресурсосберегающими, но и позволяют производить сельскохозяйственную продукцию с меньшими выбросами ПГ. Соотношения выбросов ПГ и урожайности сельскохозяйственных культур представлены в работе (West, Gibbs, Monfreda et al., 2010). Авторы показали, что в России есть хороший потенциал для наращивания урожайности без распашки новых земель, поскольку здесь выбросы ПГ сравнительно невысоки, например, с тропическими странами, где распашка земель приводит к несопоставимому приросту выбросов относительно прироста урожайности. Кроме того, интересным является исследование (Zhang, Davidson, Mauzerall et al., 2015), в котором коэффициент эффективности использования азотных удобрений сильно различается по странам: 0,25 – в Китае, 0,5 – в постсоветских странах и более 0,6 – в Северной Америке. Увеличение этого коэффициента позволяет повысить поглощение вносимых удобрений растениями (агрикультурами) в ходе вегетации, что ведет как к росту урожайности, эффективности отдачи вложенных средств и, в конечном итоге, – к меньшим выбросам ПГ. Следовательно, можно предположить, что применение современных практик позволило бы Китаю более эффективно использовать удобрения при тех же объемах их внесения и получать почти в два раза больше урожаев, что снизило бы зависимость этой страны от импорта продукции растениеводства и одновременно сократило бы выбросы ПГ и загрязнения почв избытками химикатов.

Кроме развития и адаптации современных технологий в сельском хозяйстве, важен правильный учет и оценка потенциала использования сельских и лесных ландшафтов. За последние 20 лет в этой сфере в Китае произошли изменения. В одном из исследований показано, как перепрофилирование с сельскохозяйственного производства на лесное хозяйство позволило применить удачный способ интеграции лесохозяйственного менеджмента в южных провинциях Китая с помощью выращивания новых лесов на малопродуктивных землях и развития деревообрабатывающей промышленности на уже освоенных лесных площадях. Этот прием позволил увеличить производство древесной продукции и способствовать секвестру углерода на восстановленных ландшафтах (Tong et al., 2020).

Таким образом, опыт зарубежных стран и совокупность мер экологической и ландшафтной политики позволят совершенствовать систему оценки затраты–выгоды в случае роста экстерналий. Можно предложить ввести учет не только различных видов земель, и какие они производят выбросы и секвестр ПГ, но и изучить возможность учета разных видов сельскохозяйственных и лесных практик, ввести системы поощрения учета выбросов эмиссий ПГ на сельскохозяйственных предприятиях, в фермерских хозяйствах, а также на предприятиях лесозаготовок и деревообрабатывающей промышленности в целом. Это позво-

19 Это же касается и забрасывания пашни и пастбищ в 1990-е годы в России и в других постсоветских республиках, т.е. забрасывание земель сельскохозяйственными организациями государство не компенсировало субсидиями.

лит улучшить не только данные о себестоимости и выручке от продаж продукции, но и том, какой ценой это происходит в терминах выбросов ПГ, чтобы ввести в более широкое обращение понятие «общественная цена углерода» в российском обществе.

6. Заключение

Современное развитие сельского и лесного хозяйства России происходит во многом благодаря растущему внешнему спросу. В настоящем исследовании мы рассмотрели несколько сценариев развития производства и экспорта на примере расширения экспорта сои, рапса, кукурузы и лесных товаров из России в Китай. Наш анализ может быть актуален для текущих договоренностей о сотрудничестве между двумя странами, которые пока что не учитывают экологических и природоохранных обязательств.

С помощью модели частичного равновесия GLOBIOM мы рассчитали пять различных сценариев роста объемов производства и торговли и изучили, как они повлияют на изменение их стоимости, а также зависимость выбросов парниковых газов от интенсификации и экстенсификации землепользования в натуральном и стоимостном выражении. Сопоставляя данные производства и экспорта по сценариям с эмиссиями ПГ, мы видим, что если сопоставить рис. 1 и 2, то сценарий 3 (интенсивное развитие без увеличения посевов) показывает небольшое сокращение производства (на 11% в сравнении со сценарием максимального экспорта – сценарием 1). Но при этом сценарий 3 имеет объем выбросов ПГ на 27% меньше, чем сценарий 1. Сценарий 3 выглядит наиболее устойчивым с точки зрения сочетания экономических и экологических последствий: посевы не расширились, земли были выведены из оборота, следовательно, на них произойдет секвестр углерода, что поможет сдержать эмиссию ПГ и бороться против глобального потепления, что трактуется нами как положительная экстерналия.

Мы дали экономическое обоснование эффективности сценария 3 с помощью общественной стоимости выбросов парниковых газов (в ценах 2018 г. – 68 долл. за 1 т CO₂). Наши расчеты показали, что наилучшее сочетание экономических и экологических выгод приходится на сценарий 3, согласно которому прибыль за вычетом общественной стоимости эмиссий составила 2399 тыс. долл. (против убытка в 2519 тыс. долл. – что является максимальным по сценарию 1). Это значит, что в сценарии 3 баланс производства, экспорта, распашки новых земель, выбросов ПГ в экономическом эквиваленте с учетом нормы прибыли в 15% и общественной стоимости углерода выглядит наиболее предпочтительным.

В дальнейшем необходимо будет исследовать, насколько подобная общественная стоимость подходит для экономической и экологической оценки возможных расходов на восстановление плодородия сель-

скохозяйственных почв, которые оказались выведенными из оборота, а также восстановление лесов, которые оказались заброшенными после сплошной вырубki, что приводит к риску возникновения пожаров.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

Основные экономические показатели России по выбранным продуктам (соя, рапс, кукуруза, древесина)

Товар	Год	Сценарий				
		Максимальный экспорт 1 (высокая соя, низкий рапс, низкая древесина)	Максимальный экспорт 2 (низкая соя, высокий рапс и высокая древесина)	Устойчивое развитие – интенсивный тип	Устойчивое развитие – экстенсивный тип	Диверсификация экспорта
		1	2	3	4	5
Производство, тыс. т						
Соя	2020	3514	3517	3561	3561	3514
	2030	8035	5135	6287	6698	5086
	2040	13 531	7207	6431	7618	7171
	2050	17 708	9017	7545	9157	9134
Рапс	2020	1534	1534	1104	1104	1534
	2030	2774	3543	2566	2566	2278
	2040	5737	7010	2851	3318	4657
	2050	5025	4411	3046	4249	4220
Древесина	2020	38 687	38 687	38 687	38 687	38 687
	2030	42 591	44 513	42 542	42 542	44 513
	2040	46 348	49 438	46 001	46 003	49 426
	2050	49 758	54 194	49 279	49 281	54 183
Кукуруза	2020	12 714	12 692	12 673	12 673	12 714
	2030	14 832	14 756	17 238	15 822	28 223
	2040	18 145	15 611	18 707	16 836	39 959
	2050	21 339	19 557	18 754	20 296	54 995
Чистый экспорт, тыс. т						
Соя	2020	1455	1452	1694	1694	1455
	2030	5633	2705	3668	3885	2789
	2040	10 476	4241	3371	4531	3813
	2050	13 833	5016	4327	5070	4301
Рапс	2020	1262	1262	692	692	1262
	2030	568	3263	545	1128	2003
	2040	1349	6748	878	1000	4349
	2050	1083	3997	1000	1300	3765

Окончание таблицы П1

Товар	Год	Сценарий				
		Максимальный экспорт 1 (высокая соя, низкий рапс, низкая древесина)	Максимальный экспорт 2 (низкая соя, высокий рапс и высокая древесина)	Устойчивое развитие – интенсивный тип	Устойчивое развитие – экстенсивный тип	Диверсификация экспорта
		1	2	3	4	5
Древесина	2020	25 783	25 783	26 569	26 569	25 783
	2030	28 438	31 194	29 410	29 410	31 194
	2040	31 179	34 628	31 781	31 783	34 616
	2050	33 671	38 476	34 399	34 401	38 465
Кукуруза	2020	5016	4968	5295	5295	5016
	2030	5222	5110	7598	6148	19 265
	2040	6415	4613	7664	5747	27 281
	2050	4858	3135	7185	4074	34 972
Чистый экспорт из России в Китай, тыс. т						
Соя	2020	2193	2191	1694	1694	2193
	2030	5921	3152	2182	2182	3235
	2040	10 418	4319	2347	2347	3922
	2050	13 757	4996	2197	2197	4364
Рапс	2020	1160	1161	370	370	1160
	2030	568	3263	545	545	2003
	2040	805	6748	750	750	4349
	2050	1083	3997	1000	1000	3765
Древесина	2020	12 770	12 770	12 770	12 770	12 770
	2030	12 770	21 840	12 770	12 770	21 840
	2040	13 782	25 967	13 782	12 770	25 954
	2050	13 782	29 235	13 782	12 770	29 211
Кукуруза	2020	0	0	0	0	0
	2030	0	0	0	0	17 957
	2040	0	0	0	0	21 336
	2050	0	0	0	0	28 130

Таблица П2

Площадь земель в России, учитываемых в модели GLOBIOM, тыс. га

Год	Пашня	Пастбища	Эксплуатируемые леса	Непроизводственные лесные массивы	Прочие земли
Сценарий 1					
2020	49 349	63 584	93 903	641 335	492 214
2030	54 366	61 924	100 340	634 898	491 805
2040	66 460	59 040	106 625	628 613	487 172
2050	69 722	59 564	112 849	622 390	485 780
Сценарий 2					
2020	49 197	63 338	93 903	641 335	492 607
2030	54 839	61 688	100 252	634 986	491 775
2040	58 943	61 627	106 539	628 700	490 330
2050	62 872	61 072	112 763	622 476	489 452
Сценарий 3					
2020	48 680	63 843	93 903	641 335	492 626
2030	50 530	62 994	100 252	634 986	492 935
2040	52 443	62 404	106 539	628 700	493 233
2050	52 331	51 889	112 763	622 476	503 722
Сценарий 4					
2020	48 680	63 843	93 903	641 335	492 626
2030	52 296	62 741	100 252	634 986	492 290
2040	55 011	62 201	106 539	628 700	492 213
2050	59 043	61 954	112 763	622 476	491 175
Сценарий 5					
2020	49 349	63 584	93 903	641 335	492 214
2030	56 954	61 261	100 252	634 986	491 141
2040	55 253	61 187	106 539	628 700	495 666
2050	58 741	61 083	112 763	622 476	494 201

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Дятловская Е.** (2019). Минэкономразвития прогнозирует четырехкратный рост экспорта сои в КНР // *Агроинвестор*. 10.06.2019. Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/31888-minekonomrazvitiya-prognoziruet-rost-eksporta/> [Dyatlovskaya E. (2019). Ministry of economy of Russia projects to increase soya beans exports to China up to 4 times. *Agroinvestor*, 10.06.2019. Available at: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/news/31888-minekonomrazvitiya-prognoziruet-rost-eksporta/> (in Russian).]
- Зуенко И.Ю.** (2015). Китайское присутствие в сельском хозяйстве Дальнего Востока: некоторые аспекты проблемы // *Известия Восточного*

- Института*. № 2 (26). С. 51–59. [Zuenko I.Yu. (2015). Chinese involvement in agriculture of Far East: Several aspects of the problem. *Bulletin of Eastern University*, 2 (26), 21–59 (in Russian).]
- Муратшина К.Г.** (2015). Гуманитарные и экологические риски использования труда мигрантов в сельском хозяйстве России (на примере сотрудничества с КНР) // *Вестник Бурятского государственного университета*. № 8. С. 172–182. [Muratshina K.G. (2015). Humanitarian and ecological risks using migrant labor in Russian agriculture (example of cooperation with China). *Bulletin of the Buryat State University*, 8, 172–182 (in Russian).]
- Шелепа А.С., Глаз Н.В., Узловенко Т.В., Никитин А.В., Четвертных Т.П.** (2013). Прогноз развития сельскохозяйственного производства в южных территориях Дальневосточного федерального округа до 2025 г. Хабаровск: Хабаровский государственный университет экономики и права. [Shelepa A.S., Glaz N.V., Uzlovenko T.V., Nikitin A.V., Chetvertnykh T.P. (2013). *Projections of agricultural development in South territories of Far East Federal District of Russia until 2025*. Khabarovsk: Khabarovsk State University of Economics and Law (in Russian).]
- Bai Z., Fee M.R.F., Ma L., Ledgard S., Oenema O., Velthof G.L.** et al. (2018). Global environmental costs of China's thirst for milk. *Global Change Biology*, 24, 5, 2198–2211. DOI: 10.1111/gcb.14047
- Barbier E.B., Lozano R., Rodriguez C.M., Troeng S.** (2020). Adopt a carbon tax to protect tropical forests. *Nature*, 578 (7794), 213–216. DOI: 10.1038/d41586-020-00324-w
- Baumol W.J.** (1972). On taxation and the control of externalities. *American Economic Review*, 62 (3), 307–322.
- Carlton D.W., Loury G.C.** (1980). The limitations of Pigouvian taxes as a long-run remedy for externalities. *Quarterly Journal of Economics*, 95 (3), 559–566.
- Coase R.H.** (1960). The problem of social cost. *Journal of Law and Economics*, 3 (1), 1–44.
- Deppermann A., Balkovich J., Bundle S.-C., Di Fulvio, F., Havlik P., Leclere D., Lesiv M., Prishchepov A.V., Schepachenko D.** (2018). Increasing crop production in Russia and Ukraine – Regional and global impacts from intensification and recultivation. *Environmental Research Letters*, 13, 2, # 025008. DOI: 10.1088/1748-9326/aaa4a4
- Frank S., Havlik P., Stehfest E., van Meijl H., Witzke P., Perez-Dominguez I., van Dijk M., Doelman J., Fellmann T., Koopman J., Tabeau A., Valin H.** (2019). Agricultural non-CO₂ emission reduction potential in the context of the 1.5°C target. *Nature Climate Change*, 9, 1, 66–72. DOI: 10.1038/s41558-018-0358-8
- Havlik P., Valin H., Herrero M., Obersteiner M., Schmid E., Rufino M., Mosnier A., Thornton P., Bottcher H., Conant R., Frank S., Fritz S., Fuss S., Kraxner F., Notenbaert A.** (2014). Climate change mitigation through livestock system transitions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 (10), 3709–3714.
- Havlik P., Valin H., Mosnier A., Obersteiner M., Baker J., Herrero M., Rufino M., Schmid E.** (2013). Crop productivity and the global livestock sector:

- Implications for land use change and greenhouse gas emissions. *American Journal of Agricultural Economics*, 95, 2, 442–448. DOI: 10.1093/ajae/aas085
- Jiayi Z.** (2018). Beyond natural pressures. Chinese agriculture in Russian Far East. *Routledge Handbook of Asian Borderlands*, 14, 12.
- Kindermann G.E., Obersteiner M., Rametsteiner E., McCallum I.** (2006). Predicting the deforestation-trend under different carbon-prices. *Carbon Balance and Management*, 1 (15), 17.
- Kohn R.E.** (1986). The limitations of Pigouvian taxes as a long-run remedy for externalities: comment. *Quarterly Journal of Economics*, 101 (3), 625–630.
- Lukin A.** (2018). Russia, China, and the emerging Greater Eurasia. *International Relations and Asia's Northern Tier*, 75–91.
- Malle S.** (2017). Russia and China in the 21st century. Moving towards cooperative behavior. *Journal of Eurasian Studies*, 8, 136–150.
- Mosnier C., Britz W., Julliere T., De Cara S., Jayet P.-A., Havlik P., Frank S., Mosnier A.** (2019). Greenhouse gas abatement strategies and costs in French dairy production. *Journal of Cleaner Production*, 236, article # 117589. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.07.064
- Neufeldt H., Kissinger G., Alcamo J.** (2017). No-till agriculture and climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5, 488–489.
- Pigou A.C.** (1920). *The economics of welfare*. London: Macmillan.
- Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P., McCarl B., Ogle S., O'Mara F., Rice C., Scholes B., Sirotenko O., Howden M., McAllister T., Pan G., Romanenkov V., Schneider U., Towprayoon S.** (2007). Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118, 1–4, 6–28.
- Tong X., Brandt M., Yue Y., Ciais P., Jepsen M., Penuelas J., Wigneron J.-P., Xiao X., Song X.-P., Horion S., Rasmussen K., Saatchi S., Fan L., Wang K., Zhang B., Chen Z., Wang Y., Li X., Fensholt R.** (2020). Forest management in southern China generates short term extensive carbon sequestration. *Nature Communications*, 11, 129. DOI: 10.1038/s41467-019-13798-8
- Tubiello F., Salvatore M., Ferrara A.** et al. (2015). The Contribution of agriculture, forestry and other land use activities to global warming, 1990–2012. *Global Change Biology*, 21, 7, 2655–2660.
- Van Meijl H., Havlik P., Lotze-Campen H.** et al. (2018). Comparing impacts of climate change and mitigation on global agriculture by 2050. *Environmental Research Letters*, 13, 6, # 064021. DOI: 10.1088/1748-9326/aabdc4
- West P., Gibbs H., Monfreda C., Wagner J., Barford C., Carpenter S., Foley J.** (2010). Trading carbon for food: Global comparison of carbon stocks vs crop yields on agricultural land. *Proceedings of National Academy of Science*, 107, 19645–19648.
- Zhang Y., Davidson E., Mauzerall D., Searchinger T., Dumas P., Shen Y.** (2015). Managing nitrogen for sustainable development. *Nature*, 528, 51–59.

Поступила в редакцию 16.12.2019

Received 16.12.2019

A.S. Strokov

Center for agricultural and food policy at Russian Presidential Academy of National Economy (RANEPA), Moscow, Russia

D.S. Ternovsky

Center for agricultural and food policy at Russian Presidential Academy of National Economy (RANEPA), Moscow, Russia

V.Yu. Potashnikov

Center of economic modelling of energy sector and ecology at Russian Presidential Academy of National Economy (RANEPA), Moscow, Russia

A.A. Potapova

Center for agricultural and food policy at Russian Presidential Academy of National Economy (RANEPA), Moscow, Russia

Economical evaluation of externalities using partial equilibrium model²⁰

Abstract. Our research investigation shows the possible pathways of natural resource economy with respect of externalities. We analyzed the development of agricultural and forestry products' export from Russia to China, and the externalities were evaluated as greenhouse gas emissions. We developed five scenarios of Russian economic development until 2030 and 2050 on terms of domestic improvements in soy, rapeseed and corn production, wood production, increase of exports to China. After applying the partial equilibrium model we introduced a correct measure of possible profit by a monetary value of emitted greenhouse gas. In contrast to previous research instead of carbon tax we suggest a measure of social cost of carbon. Our estimates show that it could be effective at 68 USD per 1 metric ton of CO₂ equivalent. This method was supposed to evaluate correctly the economic loss from extensive development of forestry and agriculture, taking into account monetary evaluation of externalities. Our results showed that extracting natural resources should be balanced by appropriate ecological programs. This could include but should not be limited to conservation of some part of the territory, which will help to decrease overall GHG emissions, and improve the balance of emissions with respective carbon sequestr on abandoned (conserved) land, which here will be an additional indicator of reducing negative externalities.

Keywords: *sustainable development, export of food, export of wood, greenhouse gas emissions, welfare.*

JEL Classification: Q51, Q17.

DOI: 10.31737/2221-2264-2020-48-45

²⁰ The work on calibration and improvement of Russian GLOBIOM module was conducted under Government Task at RANEPA. We appreciate researchers of Center for research of agricultural development (Beijing, China) Bai Zhaohai and Hao Zhao for their suggestions in choosing particular scenarios, and to SDSN's Scientific director of FABLE project – Aline Mosnier for general ideas and comments while adapting GLOBIOM.