**УДК: 330.15**

# ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЕВРОСОЮЗЕ

Нестеренко Наталья Юрьевна, кандидат экономических наук.

Российский государственный педагогический университет им. Герцена, Санкт-Петербург, Российская Федерация.

Санкт-Петербург, набережная реки Мойки д.48, тел. (812) 312-44-92

Email: natkrav@mail.ru

Nesterenko Natalia. The Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint-Petersburg, Russian Federation

***Аннотация.*** Научные исследования в области устойчивого развития сельского хозяйства нуждаются в актуальной и объективной статистической базе об объеме выбросов парниковых газов (ПГ). Углеродный след представляет собой объем выбросов парниковых газов (ПГ), возникающий в результате производства сельскохозяйственной продукции. В статье сформулированы различные подходы к оценке величины углеродного следа сельского хозяйства: от более узкого отраслевого подхода до широкого межотраслевого подхода, связанного с полной цепочкой создания ценности. Целью статьи является обобщение подходов к оценке углеродного следа сельского хозяйства, а также проведение сопоставления величины углеродного следа стран Евросоюза и России по косвенным оценкам используемых производственных ресурсов. На основе статистических данных об объемах вносимых удобрений в пахотные земли и количестве используемых тракторов на один га пашни и других косвенных параметрах автором делается вывод о сравнительно небольшом углеродном следе отечественного сельского хозяйства по сравнению с европейскими странами. В результате анализа делается вывод о том, что применяемые в настоящее время технологии интенсивного сельскохозяйственного производства в нашей стране отстают от технологий европейского производства, а потому выбросы парниковых газов от сельского хозяйства России меньше в расчете на один га пашни. Тем не менее, это не означает, что отечественное сельское хозяйство имеет стратегические конкурентные преимущества. Интенсивное развитие отрасли, позволяющее быстро нарастить объемы производства, в качестве одного из негативных экологических эффектов будет иметь углеродного следа. Поэтому одной из важнейших задач стратегического развития сельского хозяйства России является внедрение зеленых технологий по всей цепочке создания ценности и нахождение баланса между индустриальным и экологически чистым производством.

***Ключевые слова:*** устойчивое сельское хозяйство, углеродное сельское хозяйство, углеродный след, выбросы парниковых газов, секвестрация углекислого газа, трансграничное углеродное регулирование, зеленые технологии, органическое сельское хозяйство.

Основные положения:

1. проведено обобщение подходов к трактовке углеродного следа сельского хозяйства;
2. выделены факторы, влияющие на величину углеродного следа сельского хозяйства;

3. на основе сравнительной оценки объема вносимых минеральных удобрений и количества используемых тракторов на одном га пашни сделан вывод об относительно невысоком углеродном следе сельского хозяйства России.

**Введение**

Влияние сельского хозяйства на окружающую среду, и, наоборот, окружающей среды на сельскохозяйственные процессы стало объектом научных исследований больше века назад. В начале 20 века учеными изучалась взаимосвязь качества почвы и практики ведения сельского хозяйства [4]. Сформированная в этот период концепция агроэкологии в дальнейшем развивалась путем включения дополнительных междисциплинарных взаимосвязей, в том числе социальных и политических аспектов [16, 3, 8]. Концепция углеродного следа, разработанная Вакернагелем и Рисом в 1990-х гг. [19], была направлена на изучение влияния деятельности человека на количество ресурсов, которое может быть возобновлено планетой в будущем. Воспроизводство природного капитала становится важнейшей задачей экономического развития. Экологический след представляет собой то количество ресурсов в расчете на душу населения (природный капитал), которое может быть возобновлено планетой. Экологический след оценивается в разах относительно природных ресурсов, имеющихся на планете в настоящее время. По расчетам Лин и соавт. [13], экологический след человечества в 2018 г. был равен 1,73 планеты Земля и имеет тенденцию к росту. То есть потребности человечества в 1,73 раза превышают то, что экосистемы планеты могут восстановить в будущем. Увеличение этого показателя означает, что в будущем для аналогичной деятельности природных ресурсов будет не хватать. Важнейшим фактором, влияющим на величину экологического следа, является сельское хозяйство, его урожайность и применяемые технологии. «Реформирование неустойчивых методов ведения сельского хозяйства и потребления продуктов питания также внесло бы значительный вклад в сокращение глобального экологического следа» [13].

Углеродный след, в отличие от экологического следа, представляет собой объем парниковых газов, переведенных в эквивалент углерода, который вырабатывается в результате деятельности человека. Углеродный след сельского хозяйства (agricultural carbon footprint) учитывает не только объем выбросов ПГ, но и объем поглощенных ПГ. Важнейшим фактором, влияющим на величину углеродного следа сельского хозяйства, является тип применяемых в производстве технологий. Большой интерес со стороны ученых представляет сравнение углеродного следа органического и индустриального сельского хозяйства. Расчет сопоставимых показателей величины углеродного следа является ключевым в сравнительном анализе разных сельскохозяйственных технологий. Так, в расчете на единицу площади органическое сельское хозяйство показывает меньшую величину углеродного следа [18, 2], в то время как углеродный след в расчете на единицу объема произведенного продукта оказывается меньше в индустриальном сельском хозяйстве [11]. Другим фактором, влияющим на величину углеродного следа сельского хозяйства, ряд ученых называет размер фермы, а также вид и объем использования топлива [1]. Воздействие минеральных удобрений в растениеводстве на углеродный след сельского хозяйства подвергается осмыслению и оценке в работах Хуссейна с соавт. [10], Храбански и Ла Кок [9]. Обобщение приведенных исследований позволяет сделать вывод о неоднозначности воздействия характеристик

сельскохозяйственных практик на величину углеродного следа. Стратегическое развитие отрасли должно быть нацелено на снижение углеродного следа и обеспечено балансом между крупными и мелкими фермами, индустриальными и экологически чистыми технологиями, короткими и глобальными цепями поставок.

Концепция низкоуглеродного сельского хозяйства, сформулированная в начале нового века в ответ на глобальные задачи климатического регулирования [15, 20, 5, 7] указывает на необходимость расширенного понимания источников ПГ в сельском хозяйстве. Помимо сельскохозяйственных производственных процессов, в результате которых выбрасывается в атмосферу значительная часть мирового метана и оксида азота, значительным источником ПГ являются производство и транспортировка минеральных удобрений и сельскохозяйственной техники. В этом смысле сельское хозяйство становится гораздо более широким потребителем ресурсов и более значимым эмитентом ПГ, чем считается на основе отраслевой оценки выбросов ПГ. Резюмируя этот подход, отметим, что концепция низкоуглеродного сельского хозяйства в большей степени акцентирует внимание не на выбросах CO2 и CO, а на снижении поступления в окружающую среду метана и оксида азота как ведущих для этого сектора экономики. Внимание на низкоуглеводных материальных потоках акцентируется в рамках управления низкоуглеродными цепочками поставок продовольствия (low carbon food supply chains). В более широком плане развивается направление низкоуглеродного управления цепями поставок (low carbon supply chain management) [6, 12].

С позиций экономики низкоуглеродного сельского хозяйства источники выбросов ПГ сопоставляются со следующими видами ресурсов, используемых в цепочке создания продовольствия: текущие производственные ресурсы; машины и оборудование; ресурсы, используемые при переработке и транспортировке готовой продукции. Подробнее остановимся на этих ресурсах для более широкой трактовки углеродного следа сельского хозяйства. Группа текущих производственных включает в себя сырье для сельскохозяйственного производства, в том числе продукцию сельского хозяйства (семена и органические удобрения), а также продукцию промышленного производства (химические удобрения, пестициды и сельскохозяйственные пленки и пр.). Сырье сельскохозяйственного производства является незначительным источником ПГ и часто бывает побочным продуктом основного производства. Например, органические удобрения производятся в результате жизнедеятельности крупного рогатого скота (КРС), реже птицы, лошадей. Возникает резонный вопрос, как учитывать выбросы метана от внутренней ферментации КРС, возникающие при производстве органических удобрений: относить их на продукцию животноводства или на органические удобрения? Такие методические сложности приводят к общепринятому мнению, что выбросы ПГ при производстве органических удобрений незначительны. Совсем другое дело обстоит с минеральными удобрениями и другими материальными ресурсами промышленного производства. Выбросы ПГ возникают как в процессе их производства и статистически относятся к отрасли создания, так и в процессе использования таких ресурсов. Второй вид ресурса сельского хозяйства – машины и оборудование. Они не могут быть изготовлены без электричества, нефти и другой энергии, ископаемого сырья и пр. В результате производства сельскохозяйственных машин возникают выбросы ПГ. Помимо этого, во время проведения посевных, уборочных и полевых работ используемая сельскохозяйственная техника становится источником углекислого газа в результате сгорания топлива. Третий вид ресурсов используется на этапе распределения сельскохозяйственного сырья, его

переработки и поставки продовольствия потребителям. К этой группе эмитентов относится использование энергии, упаковки на всех этапах цепочки поставок. Более широкое рассмотрение цепочек поставок продовольствия позволит расширить эмитентов ПГ до стадии возникновения и управления отходами продовольствия.

В российской научной среде с начала 2000-х годов начал формироваться большой интерес к изучению глобальных климатических изменений и их влияния на экономику страны, включая сельское хозяйство. Влияние глобальных экологических рисков на эффективность отечественной экономики изучается в статье Пахомовой и соавт. [33], Порфирьева [34]. Буздалов [22], Папцов и Шеламова [32], Nesterenko et al. [14] обращают внимание на необходимость оценки влияния климатических изменений на стратегическое развитие сельского хозяйства России в целом и его сегментов, в частности. Одним из наиболее активно развивающимся сегментом становится органическое сельское хозяйство, в основе которого лежит жесткая регламентация качества производственных процессов, в результате которых минимизируется воздействие на окружающую среду. Однако, как известно, органическое сельское хозяйство не может решить задачи продовольственной безопасности в силу меньшей производительности как растениеводства, так и животноводства. Однако в контексте климатических изменений проблемы продовольственной безопасности приобретают дополнительную актуальность [32].

Российскими учеными предпринимаются попытки оценить влияние долгосрочных и краткосрочных климатических изменений на эффективность сельскохозяйственных организаций [38, 36, 28]. Вегрен и Троцук [24] анализируют роль и перспективы крупного сельскохозяйственного производства для реализации глобальных задач борьбы с климатическими изменениями. Многообразие природно-климатических зон в России формирует разнонаправленное воздействие климатических изменений на продуктивность и урожайность сельского хозяйства [25, 30]. Так, в северных районах прогнозируется рост урожайности растениеводства [26, 27, 39], в то время как в южных районах ученые предрекают снижение урожайности вследствие повторяющейся засухи [24]. Методика оценки объема выбросов ПГ в отдельных регионах и хозяйствах опробирована Касторновой и соавт. [29, 21, 37]. Взаимным влиянием климатических изменений и практик землепользования занимаются Кирилова [30], Бунин с соавт. [23]. Зарубежный опыт адаптации сельского хозяйства к климатическим изменениям подвергается осмыслению и обобщению в работе Огнивцева [31].

В данной статье выделены основные подходы к оценке углеродного следа сельского хозяйства. Косвенные межстрановые сопоставления объема используемых производственных ресурсов, а также статистические данные о выбросах ПГ в различных видах сельскохозяйственной деятельности позволяют сделать вывод об относительном уровне углеродного следа сельского хозяйства нашей страны.

Методы

Материалами исследования послужили статистические данные об объеме выбросов ПГ, публикуемые в Четвертом Двухгодичном докладе РФ об изменении климата (РКИК ООН) в соответствии с Решением 1/CP.16 Конференции Сторон РКИК ООН. Помимо этого, большой объем статистических данных о выбросах ПГ в агропродовольственной системе мира, регионов и отдельных стран публикуется Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН. Международный портал theglobaleconomy.com

аккумулирует большой объем статистических данных о производственных ресурсах сельского хозяйства разных стран, что дало возможность провести сравнительный анализ факторов, влияющих на величину углеродного следа сельского хозяйства нашей страны и стран Европы. В исследовании применялся сравнительный анализ, статистические методы и общенаучные методы.

Результаты

Отечественная статистика выбросов ПГ использует отраслевой подход к оценке эмитентов. Сельское хозяйство как отрасль в России выбрасывает в атмосферу 5,9 % всех ПГ страны (данные на 2017 г.)[1]. Четвертый двухгодичный доклад РФ об изменении климата показывает выбросы ПГ, возникающие непосредственно в процессе производства сельскохозяйственной продукции. Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство (ЗИЗЛХ) оцениваются отдельно. В результате таких оценок доля сельского хозяйства в общем объеме выбросов ПГ может показаться незначительной по сравнению с энергетикой, транспортом и другими промышленными эмитентами. Этот подход основан на выделении основных эмитентов ПГ Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГИЭК). Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO) агрегирует данные о выбросах ПГ во всей агропродовольственной системе от производства минеральных удобрений до утилизации пищевых отходов. Такое расширенное представление эмитента ПГ позволяет более комплексно оценивать влияние отрасли на глобальные климатические изменения. Сопоставление видов деятельности в агропродовольственной системе FAO [17] с видами эмитентов МГЭИК представлено в табл.1.

*Таблица 1 Сопоставление видов деятельности в сельском хозяйстве и агропродовольственной системе как источников ПГ согласно методикам МГЭИК и ФАО.*

| Методика МГЭИК | Виды деятельности агропродовольственной системы | Методика FAO |
|---|---|---|
| ЗИЗЛХ | чистая конверсия леса | Изменение землепользования |
| | пожары в тропических лесах | |
| | торфяные пожары | |
| | дренированные органические почвы | Сельскохозяйственное производство |
| Сельское хозяйство | сжигание растительных остатков | |
| | сжигание в саванне | |
| | растительные остатки | |
| | дренированные органические почвы | |
| | кишечная ферментация животных | |
| | управление навозом | |
| | навоз, вносимый в почву | |
| | навоз, оставленный на пастбище | |
| | выращивание риса | |
| | минеральные удобрения | |
| Энергия | использование энергии в производстве | |
| | производство удобрений | До- и после производства |
| | переработка | |
| | упаковка | |
| | транспорт | |

[1] По данным четвертого двухгодичного доклада РФ, представленного в соответствии с решением 1/CP.16 Конференции Сторон Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата об изменении климата

| | | |
|---|---|---|
| | потребление домашних хозяйств | |
| | потребление энергии в розничной торговле | |
| Промышленность | холодильное оборудование в розничной торговле | |
| Отходы | твердые пищевые отходы | |
| | сжигание отходов | |
| | промышленные сточные воды | |
| | бытовые сточные воды | |

Источник: переработано автором на основе отчета ФАО «Доля агропродовольственной системы в общих выбросах парниковых газов». Доступно по ссылке: https://www.fao.org/3/cb7514en/cb7514en.pdf (дата обращения: 28.02.2022)

По данным отчета ФАО[2], в 2019 году глобальные антропогенные выбросы составили 54 миллиарда тонн эквивалента углекислого газа, из которых 17 миллиардов тонн CO2eq, или 31 процент, поступили из агропродовольственных систем. Методология оценки включает в себя выделение трех основных групп видов деятельности в рамках агропродовольственной системы: производственная деятельность (farm-gate emissions), до и после производства (pre- and post-production) и изменение землепользования (land use change). Среди ведущих парниковых газов агропродовольственной системы названы оксид азота (78 процентов всех выбросов этого газа связано с агропродовольственной системой мира), метан (53 процента), углекислый газ (21 процент). Выбросы ПГ в процессе производства были крупнейшим компонентом выбросов агропродовольственных систем в 2019 году, составив примерно 7 млрд тонн экв. CO2, за которыми следовали процессы до и после производства (6 млрд тонн экв. CO2) и изменения в землепользовании (4 млрд тонн экв. CO2).

В развитых и развивающихся странах структура выбросов ПГ агропродовольственных систем довольно сильно различаются. Так, в развитых странах процессы до и после производства составляют более половины общего числа выбросов ПГ, в то время как в развивающихся странах производственная деятельность и изменения в землепользовании доминировали в выбросах ПГ агропродовольственных систем.

Существование разных подходов к оценке углеродного следа сельского хозяйства связано с многими внутренними и внешними причинами. Методология оценки объемов выбросов ПГ и соответствующих межстрановых сопоставлений должны быть основаны на стандартизированных для разных стран статистических показателях. Одной из самых важных задач выработки инструментов регулирования углеродного следа является формирование системы мониторинга фактического объема выбросов ПГ в отдельных организациях, включающей в себя и методы расчета (или фактического измерения) ПГ, и систему институтов контроля и проверки предоставляемых отчетов. Агрегированные данные об отраслевой структуре выбросов ПГ не позволяют в текущем режиме отслеживать их динамику, поскольку публикуются эти данные с довольно серьезным опозданием. В результате усложняется актуальная оценка эффективности проводимых мероприятий по борьбе с климатическими изменениями.

FAOstat агрегирует данные о выбросах ПГ в агропродовольственной системе России по видам деятельности на всей протяженности цепочки создания ценности (рис.1). Источники ПГ сгруппированы относительно цепочки создания продукции: выбросы от фермы (сельскохозяйственное производство всех производителей), изменение землепользования, производство удобрений, использование электроэнергии на ферме (в производстве),

[2] Отчета ФАО «Доля агропродовольственной системы в общих выбросах парниковых газов». Доступно по ссылке https://fenixservices.fao.org/faostat/static/documents/EM/cb7514en.pdf (дата обращения 3.02.2022)

переработка продукции, упаковка продовольствия, транспортировка продовольствия, продовольственная розница, потребление продовольствия в домашних условиях, утилизация пищевых отходов.

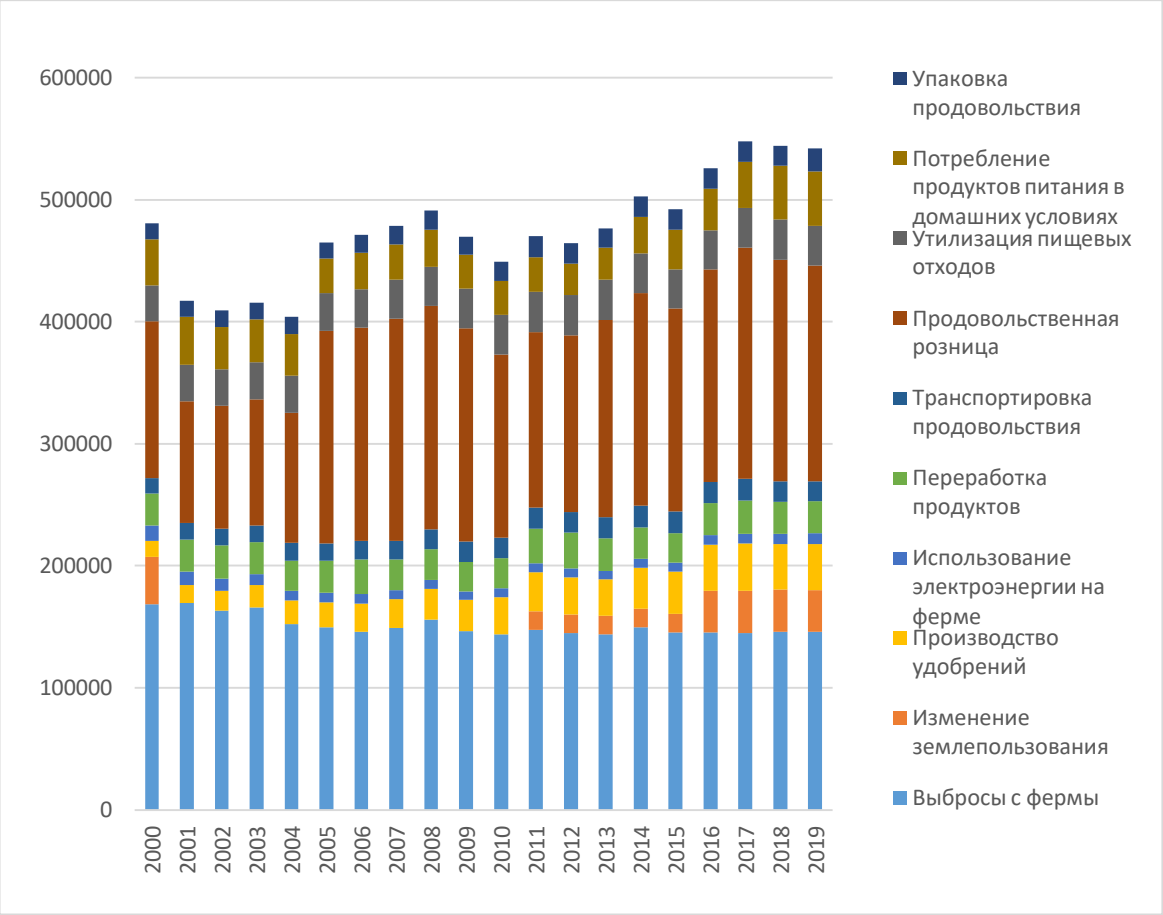


*Рисунок 1 Эмиссия парниковых газов в агропродовольственной системе России в 2019 г., тыс. тонн экв. CO2. Источник: составлено автором на основе данных: https://www.fao.org/faostat/ru/#data/EM*

Наибольшую долю выбросов парниковых газов в России составляют выбросы с фермы (производство сельскохозяйственной продукции) и сектор продовольственной розницы. Суммарно они составляют около 60 % всех выбросов. Заметим, что выбросы ПГ от сельскохозяйственного производства сократились на 14 % с 2000 г. по 2019 г., а от продовольственной розницы увеличились на 37 %. Почти трехкратный рост выбросов ПГ от производства вносимых на поля минеральных удобрений связан с интенсивным развитием индустриального производства в сельском хозяйстве, в том числе, за счет увеличения пахотных земель.

В целом, приведенные на рис. 1 данные позволяют сделать вывод о том, что углеродный след агропродовольственной системы растет с 2010 г. Дальнейшее развитие сельского хозяйства при сохранении преобладающих интенсивных неизбежно приведет к росту выбросов ПГ. Это означает, что стратегия развития отрасли должна включать в себя стимулирование перехода на экологически чистые технологии, включая органическое сельское хозяйство.

Структура углеродного следа в Европе и России имеет заметные различия (рис.2). Доля пре-и пост-производства в нашей стране существенно выше, в том время как доля выбросов в производственных процессах выше в Европе. Сопоставление структуры

углеродного следа позволяет выявить наиболее важные виды деятельности-эмитенты. Именно на них должно быть обращено акцентированное внимание со стороны государства.

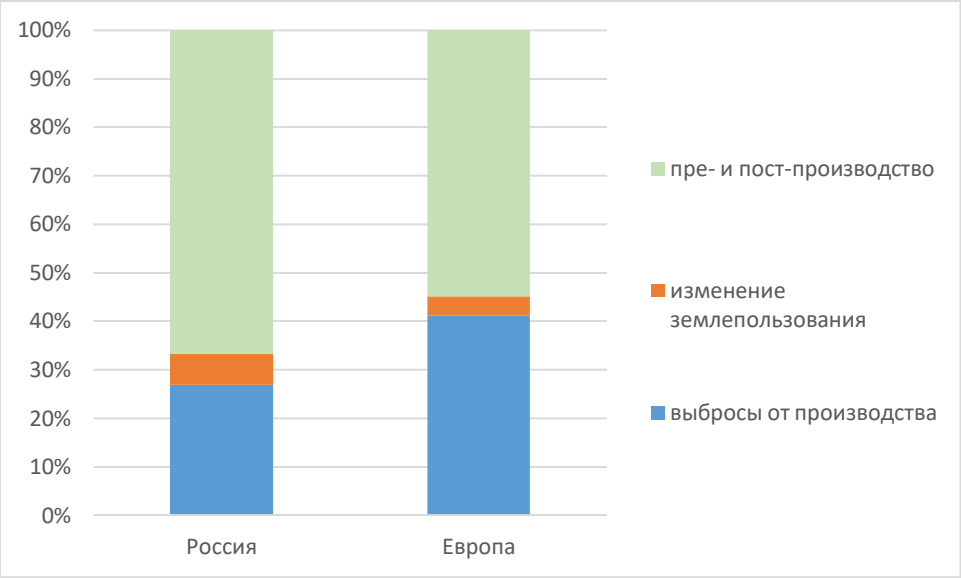


*Рисунок 2 Структура углеродного следа агропродовольственной системы России и Европы, 2019 г. Источник: https://www.fao.org/faostat/ru/#data/EM*

Для межстранового сопоставления величины углеродного следа сельского хозяйства мы выделим следующие производственные ресурсы, являющиеся эмитентами ПГ: минеральные удобрения и сельскохозяйственную технику, применяемую на полях.

Среди текущих производственных ресурсов сельскохозяйственного производства одним из важнейших эмитентов ПГ являются минеральные удобрения. Не только в процессе производства, но и при транспортировке, а также применения выделяется большой объем ПГ. При оценке углеродного следа сельского хозяйства в расширенной трактовке, необходимо учитывать тот факт, что в значительном объеме он начинается в стране-производителе минеральных удобрений. Для сопоставления величины углеродного следа России и стран Европы сравним объем вносимых удобрений на га пашни. По данным theglobaleconomy.com[3], в России, в 2018 г. применялось 20,8 кг минеральных удобрений на 1 га пахотных земель, в то время как в среднем в Европе на каждый га пахотной земли вносилось 180,2 кг удобрений. В Ирландии было внесено 1544,9 кг минеральных удобрений на 1 га пашни. Это составляет максимальны объем в Европе. Рис. 3 показывает распределение стран Европы по объему вносимых удобрений. В этом контексте углеродный след отечественного сельского хозяйства в разы меньше, чем в странах Европы. При этом реализация стратегии устойчивого продовольствия Евросоюза «Farm-to-Fork», предполагающая снижение как минимум на 20 % объема вносимых удобрений к 2030 г., не приведет к достижению текущего объема вносимых минеральных удобрений в России.

[3] https://ru.theglobaleconomy.com/rankings/fertilizer_use/Europe

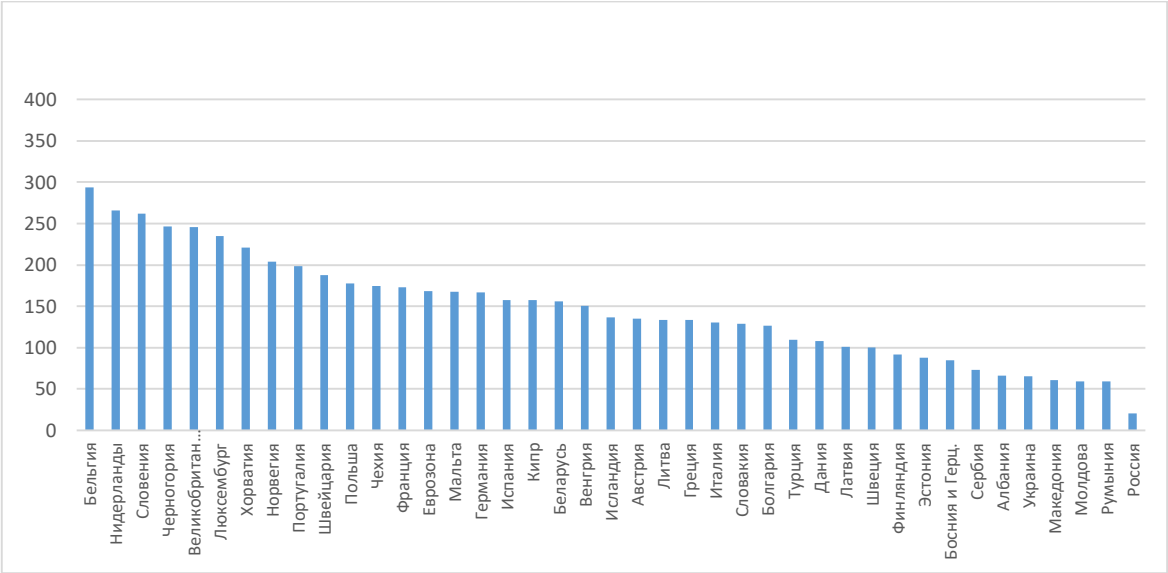


Рисунок 3 Объем вносимых удобрений на 1 га пахотной земли. Источник: https://ru.theglobaleconomy.com/rankings/fertilizer_use/Europe

При оценке величины углеродного следа сельского хозяйства и проведения международных сопоставлений одним из важнейших методических вопросов становится выбор критерия сравнения: объем выбросов ПГ на единицу сельскохозяйственной площади или на единицу произведенной продукции. Есть целый ряд исследований, использующих тот или иной подход. Международные сопоставления углеродного следа сельского хозяйства следует проводить гораздо более тщательно с обоснованием сравниваемых величин. Тем не менее даже поверхностные сопоставления объема вносимых удобрений на гектар пашни в разных странах позволяют утверждать, что углеродный след отечественного растениеводства по этому показателю значительно ниже, чем в странах Европы.

Другим источником ПГ в сельском хозяйстве является производство и эксплуатация сельскохозяйственной техники. Как было сказано выше, углеродный след в широкой трактовке распространяется на производственные процессы сельскохозяйственного машиностроения. Соответственно, чем больше тракторов работает на полях, темы выше величина углеродного следа в этой связи. По данным Nations Encyclopedia[4], в 2007 г. (более поздние данные отсутствуют) в России на 100 кв. км приходилось 33,40 тракторов, в то время как в Польше – 1244, Украине – 103,86, Чехии – 276,43. По данным Росстата, в 2020 г. на 100 кв. км. Работало приблизительно 30 тракторов[5]. Низкий уровень механизации отечественного сельского хозяйства, несомненно, негативно отражается на эффективности отрасли, однако вместе с тем приводит к сравнительно небольшому углеродному следу отрасли.

Одним из существенных климатических последствий развития сельского хозяйства может стать распашка неиспользуемых в течение длительного времени сельскохозяйственных земель. Это связано, в первую очередь, с тем, что эти земли подвергаются закустаренности и залесению. Этот выросший на полях лес и кусты не относятся к лесному хозяйству, а потому фактическое поглощение углерода деревьями на неиспользуемых землях статистически нигде не учитывается. Рекультивация

[4] https://www.nationsencyclopedia.com/WorldStats/WDI-agricultural-machinery-tractors-land.html
[5] https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy

неиспользуемых сельскохозяйственных земель существенно сократит фактический объем поглощенного ПГ, следовательно, углеродный след увеличится. Во-вторых, распашка таких земель приведет к высвобождению углерода в результате почвенного дыхания, а внесение минеральных удобрений приведет к дополнительному росту выбросов ПГ. Частично нивелировать такие последствия может развитие органического сельского хозяйства на прежде неиспользуемых землях. Требования международной практики и правила отечественной сертификации органического сельского хозяйства предполагают использование почвы, в которые как минимум в течение трех лет не вносились минеральные удобрения (для растениеводства). Таким образом, увеличение объема производства органической сельскохозяйственной продукции позволит дать дополнительный импульс к развитию отрасли при относительно небольшом увеличении углеродного следа.

## Обсуждения

Исследование углеродного следа сельского хозяйства необходимо не только для оценки его динамики и сопоставления с целевыми показателями. Гораздо большее значение имеет обеспечение климатической политики релевантной информацией относительно источников ПГ с актуальной оценкой эффективности осуществляемых мероприятий по снижению углеродного следа. Для этого, помимо стандартизированной методики оценки источников выбросов ПГ МГЭИК, требуется широкое внедрение системы мониторинга углеродного следа в более широкой трактовке. Разрабатываемая в Европе в рамках трансграничного углеродного регулирования система мониторинга за фактическими выбросами и поглощением ПГ требуется внедрять и в нашу экономику. Несмотря на то, что европейское трансграничное углеродное регулирование в первые годы будет касаться более крупных отраслей-эмитентов (черная металлургия, электроэнергетика, производство цемента), дальнейшее его развитие затронет и сельское хозяйство. В настоящее время, как показано в статье, такие влияющие на углеродный след факторы, как объем вносимых минеральных удобрений и количество сельскохозяйственной техники на полях, используются в отечественном сельском хозяйстве в значительно меньшем объеме по сравнению со странами Европы. Поэтому мы можем предположить меньший относительный углеродный след сельского хозяйства нашей страны.

Вместе с тем при разработке стратегии развития агропродовольственной системы следует учитывать, что увеличение объема производства при применении интенсивных индустриальных технологий приведет к увеличению углеродного следа как в узком, так и в широком понимании. В настоящее время у нас есть возможность перескочить индустриальный этап развития сельского хозяйства, и перейти на диверсифицированную стратегию, учитывающую, среди прочего, климатическую повестку.

## Заключение

Исследование и оценка углеродного следа сельского хозяйства и агропродовольственной системы в целом позволит не только выделить ключевые точки снижения выбросов ПГ, но и определить место страны в глобальном движении по борьбе с климатическими изменениями. Особая роль в регулировании углеродного следа отводится системе мониторинга за выбросами ПГ как на уровне страны, так и на уровне отдельных предприятий, включая верификацию и контроль информации. В России в настоящее время

только предприятия, являющиеся значительными эмитентами ПГ, обязаны предоставлять отчетность о выбросах ПГ. Эта отчетность основана на расчетных показателях и фактически может не отражать объем выбросов, реально возникающий при производстве. Кроме того, нуждается в развитии скорость агрегации данных. Имеющийся в настоящее время временной лаг между сбором и публикацией данных, равный нескольким годам, не позволяет оценивать в текущем режиме эффект от применяемых мер по стимулированию снижения углеродного следа.

В Евросоюзе в рамках трансграничного углеродного регулирования проводится работа по созданию системы мониторинга за выбросами ПГ отдельных эмитентов. Более широкое распространение механизмов трансграничного углеродного регулирования после 2026 г. может предполагать включение сельского хозяйства в число регулируемых трансграничным углеродным налогом отраслей. Этот механизм направлен не только на снижение углеродного следа в странах Европы, но и на сокращение так называемой «утечки углерода», возникающей в результате импорта продукции из стран с менее жестким экологическим регулированием. Импортеры ЕС будут покупать углеродные сертификаты, соответствующие цене углерода, которая была бы уплачена, если бы товары были произведены в соответствии с правилами ценообразования на выбросы углерода в ЕС. И наоборот, как только производитель, не входящий в ЕС, может показать, что он уже заплатил цену за углерод, эмитированный при производстве импортируемых товаров в третьей стране, соответствующая стоимость может быть полностью вычтена для импортера из ЕС. Оценка углеродного следа агропродовольственной системы России позволит не только выработать климатически эффективную стратегию ее развития, но и определить уровень климатической конкурентоспособности отечественной сельскохозяйственной продукции на мировых рынках.

Стратегическое развитие сельского хозяйства Росси должно базироваться на актуальной системе целеполагания. Опыт индустриального развития сельского хозяйства как развитых, так и развивающихся стран привел к возникновению серьезных глобальных проблем, связанных с истощением природных ресурсов. Деградация почвы, загрязнение почвы и воды, нарушение биоразнообразия – существенные последствия химизации сельского хозяйства в погоне за урожайностью. Относительная отсталость сельского хозяйства России от стран-крупнейших производителей предоставляет возможность перескочить этап индустриального интенсивного роста и перейти к взвешенной с точки зрения устойчивого развития и решения климатических проблем стратегии. Стимулирование развития экологически чистого производства, в том числе небольшими фермами, расположенными вблизи от потребителей – задача не только местного масштаба, но и глобального. Гармоничное сочетание мелких и крупных форм хозяйствования, использование преимуществ индустриального и органического производства, взаимная диффузия инноваций необходимо положить в основу развития агропродовольственной системы.

Список источников

1. Adewale C. et al. 2019. Agricultural carbon footprint is farm specific: Case study of two organic farms. Journal of Cleaner Production. 229, 795-805

2. Aguilera, E., Guzm an, G., Alonso, A., 2015. Greenhouse gas emissions from conventional and organic cropping systems in Spain. I. Herbaceous crops. Agron. Sustain. Dev. 35, 713e724. https://doi.org/10.1007/s13593-014-0267-9
3. Altieri M. (1996) Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture, Westview Press.
4. Bensin B.M. (1928) Agroecological characteristics description and classification of the local corn varieties chorotypes. Book, (Publisher unknown so far)
5. Borychowski M., Grzelak A., Popławski L. (2021). What drives low-carbon agriculture? The experience of farms from the Wielkopolska region in Poland. Environmental Science and Pollution Research. 10.1007/s11356-021-17022-3.
6. Darnall, N., Jolley, G. J., & Handfield, R. (2008) Environmental management systems and green supply chain management: Complements for sustainability? Business Strategy and the Environment, 17(1), 30–45.
7. Fraser, S., Parker, W., Smith, A. (2008) Preparing for a low carbon agriculture. Primary Industry Management 11, 16–19.
8. Gliessman, S. R. 1984. An agroecological approach to sustainable agriculture. In Meeting the expectations of the land: Essays in sustainable agriculture and stewardship, W. Jackson, W. Berry, and B. Coleman, 160–177. San Francisco, CA: North Point Press.
9. Hrabanski, La Coq (2022) Climatisation of agricultural issues in the international agenda through three competing epistemic communities: Climate-smart agriculture, agroecology, and nature-based solutions. Env. Science and Policy 127 (2022) 311-320.
10. Hussain, M., Malik, R.N., Taylor, A., Puettmann, M., 2017. Hazardous pollutants emissions and environmental impacts from fuelwood burned and synthetic fertilizers applied by tobacco growers in Pakistan. Environ. Technol. Innov. 7, 169–181. http://dx.doi.org/10.1016/j.eti.2017.02.003
11. Keyes, S., Tyedmers, P., Beazley, K., 2015. Evaluating the environmental impacts of conventional and organic apple production in Nova Scotia, Canada, through life cycle assessment. J. Clean. Prod. 104, 40e51. https://doi.org/10.1016/j.jclepro. 2015.05.037.
12. Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000) Issues in supply chain management. Industrial marketing management, 29(1), 65–83.
13. Lin D, Hanscom L, Murthy A, Galli A, Evans M, Neill E, Mancini MS, Martindill J, Medouar F-Z, Huang S, Wackernagel M. Ecological Footprint Accounting for Countries: Updates and Results of the National Footprint Accounts, 2012–2018. *Resources*. 2018; 7(3):58. https://doi.org/10.3390/resources7030058
14. Nesterenko N., Pakhomova N., Richter K.K. Sustainable development of organic agriculture in Russia: new opportunities in the context of differentiation of regional strategies. St Petersburg University Journal of Economic Studies. 2020. T. 36. № 2. C. 217-242
15. Norse D. (2012) Low carbon agriculture: Objectives and policy pathways. Environmental Development 1 (2012) 25–39
16. Pimentel, D. and Goodman, N., 1978. Ecological basis for the management of insect populations. Oikos, 30: 422-437.
17. The share of agri-food systems in total greenhouse gas emissions Global, regional and country trends 1990–2019 FAOSTAT Analytical Brief 31. Available at: https://www.fao.org/3/cb7514en/cb7514en.pdf (дата обращения 18.02.2022)
18. Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riordan, P., Macdonald, D.W., 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research. J. Environ. Manag. 112, 309-320.
19. Wackernagel, M., Rees, W. E., & Testemale, P. (1995). Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth. Gabriola Island: New Society Publishers.
20. Yun W. 2016. Brief Review of Low-Carbon Agricultural Economy. In: Qu F., Sun R., Guo Z., Yu F. (eds) Ecological Economics and Harmonious Society. Research Series

on the Chinese Dream and China's Development Path. Springer, Singapore. https://proxy.library.spbu.ru:2060/10.1007/978-981-10-0461-2_9
21. Багайников М.Л. Развитие ресурсного потенциала агропродовольственного комплекса байкальского региона: геоэкономический подход Иркутск, 2015.
22. Буздалов И. Н. 2018. Современное положение в сельском хозяйстве России: системный аграрный кризис продолжается. Общество и экономика. 3: 75–92.
23. Бунин А.А., Лисовская Ю.С., Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М., Шостак М.М. Агроэкологическая оценка аграрного землепользования как основа повышения его устойчивости. Вестник КрасГАУ. 2021. № 4 (169). С. 80-86.
24. Вегрен С. К., Троцук И. В. Устойчиво ли промышленное сельское хозяйство в условиях климатических изменений и экологических угроз? // Экономическая социология. – 2020. – Т. 21. – № 5. – С. 12-38. – DOI 10.17323/1726-3247-2020-5-12-38.
25. Дронин Н.М., Кириленко А.П. Роль климатического и политэкономического факторов в динамике урожайности зерновых в отечественной истории XX века // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2012. № 5. С. 13-18
26. Дружинин П.В. Влияние климатических изменений на сельское хозяйство Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2013. № 1 (130). С. 94-98.
27. Дружинин П.В. и соавт. Влияние климатических изменений на развитие сельского хозяйства российских регионов //Друкеровский вестник. 2015. № 2 (6). С. 5-19.
28. Иванов А. Ю., Дурманов М.П., Орлов, К. В. Пиксендеев, Ю. Е. Ровнов и др. Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России: экспертный доклад / А.Ю. Иванов, Н. Д. Дурманова, М. П. – М.: Изд. Дом Высшей школы экономики, 2021. – 120 с.
29. Касторнова М.Г., Демин Е.А., Еремин Д.И. Экологическая оценка влияния сельскохозяйственной деятельности на эмиссию углекислого газа из чернозема выщелоченного Тобол-Ишимского междуречья. Аграрный вестник Урала. 2021. № 10 (213). С. 9-20.
30. Кирилова О.В. Интегрирование систем растениеводства и животноводства для решения экологических проблем. Агропродовольственная политика России. 2021. № 5-6. С. 20-24.
31. Огнивцев С. Б. Зарубежный опыт адаптации сельского хозяйства к глобальным климатическим изменениям / С. Б. Огнивцев // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2019. – № 11(56). – С. 42-47. – DOI 10.33938/1911-42.
32. Папцов А., Шеламова Н. Глобальная продовольственная безопасность в условиях климатических изменений: монография. М.: РАН. – 2018. – 132
33. Пахомова Н., Рихтер К., Автончук Г., Малышков Г. Трансформация глобальных экологических рисков в экономические риски российских предприятий и управление их минимизацией // Проблемы современной экономики. №1 (77), 2021 С.159-166
34. Порфирьев Б.Н. Экономика и изменения климата: теория и практика снижения климатических рисков экономического развития / Экономические науки. – 2008. - №45
35. Рагулина Ю. В. Обеспечение глобальной продовольственной безопасности в условиях климатических изменений / Ю. В. Рагулина, А. В. Боговиз // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 12. – С. 90-94.
36. Светлов Н. М. и соавт. Влияние изменения климата на размещение отраслей сельского хозяйства России // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 4(175). – С. 59-74. – DOI 10.1134/S1075700719040154.

37. Светлов Н. М., Сиптиц С. О., Романенко И. А., Евдокимова Н. Е. Влияние изменения климата на размещение отраслей сельского хозяйства России // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 4(175). – С. 59-74. – DOI 10.1134/S1075700719040154.
38. Сиптиц С., Романенко И., Евдокимова Н. Ценологический метод для оценки адаптивной реакции сельскохозяйственных товаропроизводителей на долгосрочные климатические изменения // МСХ. 2019. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsenologicheskiy-metod-dlya-otsenki-adaptivnoy-reaktsii-selskohozyaystvennyh-tovaroproizvoditeley-na-dolgosrochnye-klimaticheskie (дата обращения: 13.01.2022).
39. Щербакова, А. С. Ведение сельского хозяйства в условиях изменения климата на северных территориях России / А. С. Щербакова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2020. – № 9. – С. 41-46. – DOI 10.31442/0235-2494-2020-0-9-41-46.
40. Высоцкая, О. А. Органическое сельское хозяйство в стратегиях устойчивого развития: европейские тренды и российская перспектива / О. А. Высоцкая // Экономика и предпринимательство. – 2019. – № 1(102). – С. 131-135. – EDN VVFAUC.