

1/23

ПРЕПРИНТЫ

**АГРАРНАЯ ЭКОНОМИКА
ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
AGRARIAN ECONOMY
FOOD SECURITY**

**А. С. Строков
И. Ю. Рябов**

**ВЫБОР ПРАКТИК УСТОЙЧИВОГО
РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
С УЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЫГОД
И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗДЕРЖЕК**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И
ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ»
(РАНХиГС)

Препринт
по теме:

**ВЫБОР ПРАКТИК УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
С УЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЫГОД
И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗДЕРЖЕК**

Строков А.С., в.н.с. Центра агропродовольственной политики, к.э.н.,

0000-0002-3784-4974, strokov-as@ranepa.ru

Рябов И.Ю., н.с. Центра агропродовольственной политики,

0000-0002-9076-237X, ryabov-iy@ranepa.ru

Москва 2023

Аннотация

Актуальность исследования связана с необходимостью определения количественных характеристик и практик устойчивого и неустойчивого развития в современном земледелии регионов России. **Цель исследования** - разработка путей устойчивого развития сельского хозяйства России, с учетом возможностей интенсификации и увеличения урожайности в растениеводстве, а также возможностей снижения выбросов парниковых газов (ПГ) и углеродного следа производимой продукции. **Предметом** исследования являются показатели валового сбора, урожайности и посевных площадей основных возделываемых в России культур, а также баланс запасов углерода на пашне и оценка эмиссий сопутствующих парниковых газов. В ходе работы применялись **методы** анализа статистики и методы экономико-математического моделирования. Источниками информации явились российские и зарубежные научные публикации, официальные нормативно-правовые акты и статистические данные органов государственной власти России. **Результаты** исследования показали, что в период 2011-2019 гг. рост производства продукции растениеводства сопровождался сокращением углеродного следа в пересчете на единицу производимой продукции (в зерновом эквиваленте). Однако, в региональном разрезе картина выглядит по-разному, и если в западных и юго-западных регионах России в основном сложился низкий углеродный след, в т.ч. отрицательный углеродный след, который является признаком возможного поглощения парниковых газов в ходе возделывания земель, то во многих степных регионах, а также в областях Дальнего Востока низкая урожайность и распашка заброшенных земель привела к росту углеродного следа. С помощью модели частичного равновесия GLOBIOM даны количественные оценки возможным экстенсивному и интенсивному развитию растениеводства регионов России до 2030 года, где показано, что наиболее низкий (и отрицательный, т.е. с возможностью поглощения углерода) углеродный след может сохраняться как в некоторых регионах Верхнего Поволжья, так и в Сибирских областях. Кроме того, в некоторых областях Центрально-Черноземного района также возможен углеродный след со знаком «минус», поскольку здесь практики возделывания земли сопровождаются не только распашкой заброшенных угодий, но и значительной интенсификацией пахотных земель. Таким образом, **научная новизна** работы заключается в обосновании и моделировании практик устойчивого развития, как совокупности характеристик производства продукции растениеводства, позволяющих увеличить выпуск продукции на единицу площади как правило за счет роста урожайности, что обеспечивает больший приток углерода в почвы возделываемых земель, тем самым снижая углеродный след. Напротив, характеристиками неустойчивых практик являются значительная распашка заброшенных земель без должного роста урожайности, что не позволяет накопить необходимого для баланса углерода количества растительных остатков, и, как следствие, ведет к увеличению и «положительному» углеродному следу. Представлены **рекомендации** для 11 отдельных регионов России, касающиеся необходимости гармонизации государственных региональных программ развития сельского хозяйства и возможности увеличения урожайности с целью сохранения плодородия земель и снижения углеродного следа.

Ключевые слова:

Землепользование, урожайность, баланс запасов углерода на пашне, эмиссии парниковых газов, углеродный след, аграрная политика.

Коды JEL Classification

Q15; Q53; C39

RUSSIAN PRESIDENTIAL ACADEMY OF NATIONAL ECONOMY AND PUBLIC
ADMINISTRATION (RANEPA)

PREPRINT
(SCIENTIFIC REPORT)

**THE SEARCH FOR SUSTAINABLE PRACTICES IN
CULTIVATION OF AGRICULTURAL LAND
TAKING IN ACCOUNT ECONOMIC BENEFITS AND
ENVIRONMENTAL COSTS**

Strokov Anton S., lead researcher, Center of Agricultural and Food Policy, Cand. Sci. (Econ.),

ORCID 0000-0002-3784-4974, strokov-as@ranepa.ru

Ryabov Ivan Yu., researcher, Center of Agricultural and Food Policy,

ORCID 0000-0002-9076-237X, ryabov-iy@ranepa.ru

Moscow 2023

Abstract

The **relevance** of the study is related to the need to determine quantitative characteristics of sustainable and unsustainable agricultural land cultivation practices of the modern era in Russian regions. The **goal of the study** is to develop pathways for the sustainable development of Russian agriculture, by increasing the intensification and productivity of crop production, as well as the possibilities of reducing greenhouse gas emissions (GHG) and the carbon footprint of produced raw crops. The **subjects** of the study are the indicators of production quantities, crop yields and sown areas of the main crops cultivated in Russia, as well as the balance of carbon stocks in arable land and the assessment of emissions of associated greenhouse gases. During the work, **methods** of statistical analysis and methods of economic and mathematical modeling were used. The **sources of information** were Russian and foreign scientific publications, official regulations and statistical data from the Russian Government. The results of the study showed that in the period 2011-2019 the growth in crop production was accompanied by a reduction in the carbon footprint per unit of production (in grain equivalent). However, in a regional context, the picture looks different. The western and southwestern regions of Russia generally have a low carbon footprint, incl. negative carbon footprint, which is a sign of respective carbon sequestration during land cultivation. But in many steppe regions, as well as in the regions of the Far East of Russia, low yields and plowing of abandoned lands have led to an increase in the carbon footprint. Using the GLOBIOM partial equilibrium model, quantitative estimates are given of the possible extensive and intensive development of crop production in Russian regions until 2030, where it is shown that the lowest (and negative, i.e. with the possibility of carbon sequestration) can remain both in some regions of the Upper Volga region and in Siberian regions. In addition, in some areas of the Central Black Earth region, a carbon footprint with a minus sign is also possible, since here cultivation practices are accompanied not only by the plowing of abandoned land, but also by a significant intensification of arable land. Thus, the **scientific novelty** of the work lies in the revealing main characteristics and modeling of sustainable development practices, as a set of indicators of crop production, which makes it possible to increase production per unit area, usually due to increased productivity, which ensures a greater intake of carbon into the soils of cultivated lands, thereby reducing carbon footprint. On the contrary, the characteristics of unsustainable practices are significant plowing of abandoned land without proper increase in yield, which does not allow the accumulation of crop residues necessary for carbon balance, and, as a result, leads to an increase and a “positive” carbon footprint. **Recommendations** for the Russian Government are presented for 11 separate regions of Russia regarding the need to harmonize state regional programs for agricultural development and the possibility of increasing yields in order to maintain land fertility and reduce the carbon footprint.

Key words:

Land use, yield, balance of carbon stocks on cropland, greenhouse gas emissions, carbon footprint, agricultural policy.

JEL Classification Codes

Q15; Q53; C39

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Методология оценки баланса запасов углерода на почвах посевных площадей регионов России.....	7
2 Разработка сценариев устойчивого развития земледелия России до 2030 г. 12	
3 Расчет прогнозов развития растениеводства и динамики эмиссий парниковых газов с помощью модели частичного равновесия GLOBIOM	14
4 Рекомендации для Правительства России по внедрению практик устойчивого земледелия, с учетом возможного роста продуктивности пашни и снижения экологических издержек	20
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	26
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ	27

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В последние 10 лет активно обсуждаются вопросы устойчивого земледелия и возможности внедрения новых практик в сельском хозяйстве России. Однако, критерии «устойчивости» и выявление конкретных практик (технологии или севообороты), которые будут внедрены и экономически эффективны остаются дискуссионными или не всегда верифицируемыми. В настоящем исследовании мы предлагаем выявить подобные технологии с помощью оценки баланса запасов углерода на пашне, который с одной стороны характеризует накопление растительных остатков в почве, т.е. экологическую сторону вопроса, с другой – об уровне интенсификации продуктивности земель, т.е. более экономический аспект. Качественные оценки планируется имплементировать в модель частичного равновесия GLOBIOM, которая позволит правильно распределить объемы производства продукции сельского хозяйства по регионам России, с учетом внедрения разных видов технологий, а также смоделировать текущие экологические издержки: потери углерода и эмиссии парниковых газов (ПГ) в сельском хозяйстве и возможные выбросы ПГ от расширения сельскохозяйственных угодий (распашка заброшенных земель). Проведенные расчеты позволят выявить позитивные и негативные практики (с точки зрения экономических и экологических характеристик) и разработать рекомендации для совершенствования аграрной политики России с учетом экологических издержек и адаптации к Целям устойчивого развития. В основном в работе будут исследоваться следующие экономические и сельскохозяйственные характеристики: валовой сбор, посевная площадь, урожайность. Кроме того, будут рассчитаны и проанализированы показатели эмиссии парниковых газов в растениеводстве и от распашки заброшенных земель и будет дана оценка углеродному следу с помощью расчета баланса углерода на пашне. Баланс запасов углерода на пахотных угодьях будет рассчитан с помощью методики Минприроды (Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 30 июня 2017 г. № 20-р, редакция от 20.01.2021), которая учитывает приток углерода на пахотных землях за счет внесения удобрений, известкования и запахивания растительных остатков, и учитывает потери углерода от дыхания почв и эрозии почв. Данная методика будет впервые имплементирована в региональную версию модели GLOBIOM, что позволит более аккуратно рассчитать углеродный след в растениеводстве всех ключевых аграрных регионов России.

Таким образом, цель исследований в 2023 году заключается в разработке рекомендаций для обоснования путей устойчивого развития путем моделирования количественных и качественных характеристик производства сельскохозяйственной продукции по регионам России и оценке экологических последствий (эрозия почв, эмиссии парниковых газов).

К ожидаемым результатам НИР относим разработку мер современной аграрной политики по содействию внедрения практик устойчивого земледелия, с учетом оценки экологических издержек при переходе на практики устойчивого земледелия в регионах России в прогнозном периоде (до 2030 года). Под экологическими издержками подразумевается оценка углеродного следа растениеводческой продукции, а также баланс углерода и совокупная эмиссия парниковых газов (в эквиваленте С и CO₂ соответственно) в каждом регионе России, с учетом как притока углерода от внесения удобрений, так и потерь углерода на пашне от распашки заброшенных земель, от эрозии почв (на уже возделываемых землях) и от дыхания почв (тоже на уже освоенных посевных площадях).

1 Методология оценки баланса запасов углерода на почвах посевных площадей регионов России

В данной главе¹ мы сосредоточимся не столько на анализе или обзоре конкретных практик устойчивого (или неустойчивого) земледелия, сколько на возможности количественно определить различные характеристики этих практик. Такая узость концепции связана прежде всего с тем, что хотя литературы об «устойчивых» практиках довольно много, она не всегда поддается верификации и не понятно, как такую информацию имплементировать в модель. Представим методику (набор формул), которая поможет нам продвинуться в определении количественных характеристики и индикаторов устойчивого развития, в основном основанных на количественных показателях развития сельского хозяйства (посевные площади, валовой сбор и урожайность основных культур) и количественных показателях почвенной науки (баланс углерода на пашне), чтобы тем самым больше соответствовать заявленной теме исследования, и приблизить нас к подготовке интеграции новой методики оценки потерь углерода (эмиссий парниковых газов) в модель частичного равновесия GLOBIOM.

Недостаток точных оценок текущего углеродного следа сельскохозяйственной продукции, отражающего современные аграрные практики, мешает составлению реалистичных сценариев сокращения выбросов. Так, наиболее полная мировая карта углеродного следа продукции растениеводства с учетом фактора распашки земель сделана на базе данных 2000 года [1]. Современная статистическая база данных по сельскохозяйственным показателям ФАО ООН публикует данные об уровне интенсивности эмиссий ПГ на единицу произведенной продукции на уровне стран, но не учитывает эмиссии от перевода земель из

¹ Авторы благодарны за консультации и помощь Анне Анатольевне Романовской и Виктории Юрьевне Вертянкиной – сотрудникам Института глобального климата и экологии им. Ю.А. Израэля.

одной категории в другую [2]. Однако, уже появляются отдельные работы по оценке поглощения и потерь углерода на пашне балансовым методом [3], позволяющий учитывать влияние на баланс углерода отдельных факторов (характеристик) производственной деятельности (от исходного качества почв до элементов технологий: удобрения, пестициды и т.п.). При этом требуются детальные региональные (или даже локальные) базы данных со множеством необходимых показателей, что не всегда является открытой и доступной информацией.

Современные исследования об углеродном балансе и эмиссии парниковых газов на пахотных угодьях в России отмечают в среднем потери почвенного углерода [4; 5], что свидетельствует об экологически неустойчивых практиках, применяемых в сельском хозяйстве. Это может привести к потере почвенного плодородия. Недостаточная интенсификация в растениеводстве России привела к тому, что уровни урожайности основных культур отстают от технологически возможных [6]. Во многих регионах страны распахивают ранее заброшенные земли, чтобы выйти на необходимый уровень производства путем более экстенсивного развития, что создавало различного рода экологические риски [7]. Задачей нашей работы было уточнение влияния используемых в российском растениеводстве практик на баланс почвенного углерода пашен и оценка текущего углеродного следа сельскохозяйственной продукции в различных регионах нашей страны в среднем за период 2011-2020 гг. (см результаты расчетов в главе 2).

Представленную ниже методику можно условно разделить на пять частей:

- 1) оценка поступления углерода на неизменной части пашни² регионов России,
- 2) оценка потерь углерода на неизменной части пашни,
- 3) оценка потерь углерода за счет ввода в оборот заброшенных земель (распашка заброшенных земель),
- 4) оценка комплексного баланса углерода на всей пашне,
- 5) оценка углеродного следа полученной с пашни продукции растениеводства в пересчете на зерновой эквивалент. Углеродный след, оцениваемый в нашей работе, не учитывает выбросы ПГ от сжигания ископаемого топлива сельскохозяйственной техникой, а также иные, кроме CO₂, парниковые газы, что несколько занижает оценки углеродного следа продукции. Более подробно методика и ее апробация изложена в статье [14]. Ниже представлена основная формула расчета баланса.

² В настоящем исследовании под словами пашня и пахотные угодья мы принимаем в расчет только посевную площадь, поскольку только на ней удалось более полно идентифицировать и рассчитать все необходимые показатели, представленные в формуле (1).

Баланс запасов углерода оценивается с помощью формулы (1), указанной Распоряжении Минприроды России от 30 июня 2017 г. №20-р, для расчетов ежегодного изменения запасов углерода в пуле минеральных почв пахотных земель регионов России:

$$\Delta C_{\text{soil}} = (C_{\text{fert}} + C_{\text{lime}} + C_{\text{plant}}) - (C_{\text{resp}} + C_{\text{eros}}) \quad (1)^3$$

где ΔC_{soil} – баланс запасов органического углерода на пашне, тонн С в среднем за год;

C_{fert} – поступление углерода за счет внесения минеральных и органических удобрений, тонн С;

C_{lime} – поступление углерода от известкования почв на пашне, тонн С;

C_{plant} – поступление углерода за счет растительных остатков выращиваемых культур, тонн С;

C_{resp} – потери углерода от дыхания почв, тонн С;

C_{eros} – потери углерода от эрозии почв, тонн С.

Таким образом, баланс углерода определяется за счет притока и потерь.

Эту формулу (1) использовали для всех субъектов Российской Федерации с учетом имеющихся данных Росстата о посевах, валовых сборах и урожайности основных культур⁴, внесении удобрений и известкования за период 2011-2020 гг.⁵, а также с учетом различных вспомогательных коэффициентов из упомянутого Распоряжения 20-р Минприроды РФ. Необходимость первоначально тестирования данной методики обусловлена сложностью внедрения статистического «балансового» метода оценки потерь углерода в модель GLOBIOM, в которой потери (эмиссии парниковых газов) углерода рассчитываются по-другому, а притока в явном виде нет.

Более подробно методика опубликована в статье [14], а ниже будут представлены основные полученные среднегодовые характеристики (оценки) по регионам (субъектам федерации) России, которые могут свидетельствовать об устойчивых и неустойчивых (с

³ В самом Распоряжении 20-р это формула (80). Она рассчитывается с помощью элементов в формулах (81-86) того же распоряжения.

⁴ В общей сложности учтено 28 основных выращиваемых в России растениеводческих культур, которые занимают около 97% посевной площади в регионах России (или в среднем 77 млн гектар за период 2011-2020 гг.). Учтены зерновые и зернобобовые культуры (по видам), масличные культуры (по видам), сахарная свёкла, картофель, овощи открытого грунта, бахчевые продовольственные культуры, кукуруза на силос, а также кормовые корнеплоды, однолетние и многолетние травы.

⁵ 2011 год взят за точки отсчета, поскольку ранее в Национальном кадастре эмиссий [10] была впервые зафиксирована распашка заброшенных земель, т.е., с нашей точки зрения, отсюда начинается отсчет «высокого» углеродного следа в современном растениеводстве России.

точки зрения потерь углерода) практиках в современном земледелии. Поступление углерода за счет растительных остатков (сумма поверхностных остатков и корней) рассчитывались с помощью коэффициентов из уравнений для расчета количества углерода, поступающих в почвы с растительными остатками и корнями, полученных из предыдущих исследований [13]⁶.

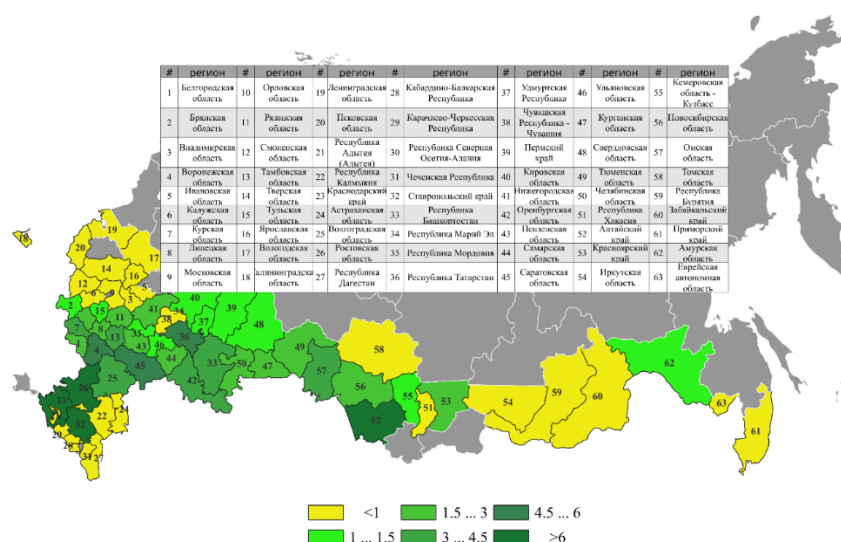


Рисунок 1. Поступление углерода за счет поверхностных растительных остатков и корней, млн т С в среднем за год в период 2011-2020 гг.

Источник - расчеты авторов с использованием коэффициентов из научной литературы [13] и данных Росстата по основным культурам, выращиваемых в хозяйствах всех категорий. Здесь нет знака «+», но он подразумевается, потому что остатки дают только приток углерода.

На рисунке 1 (выше) видно, что наибольшее поступление углерода от растительных остатков приходится на регионы, где значительный уровень валовых сборов основных культур и должный уровень интенсификации, выраженной в высоких показателях урожайности, например, на юге России (Краснодарский край, Ростовская область и Ставропольский край), а также в Центрально-Черноземном районе (Воронежская, Тамбовская и другие области). В Поволжье такие регионы – это Татарстан, Волгоградская, Саратовская области. На юге Урала – Оренбургская область. В Сибири наиболее высокий показатель в Алтайском крае.

Однако, несмотря, на значительные поступления углерода во многих регионах, общий баланс углерода почв возделываемых угодий становится отрицательным (т.е. потери углерода превышают поступления) из-за высоких коэффициентов дыхания почв при незначительной урожайности основных культур, особенно это характерно для степных регионов России, см рисунок 2 (ниже). Эти результаты повлияли на общую оценку балансов запасов в регионах России.

⁶ Они также представлены в Приложении 2 указанного Распоряжении 20-р в таблице 33.

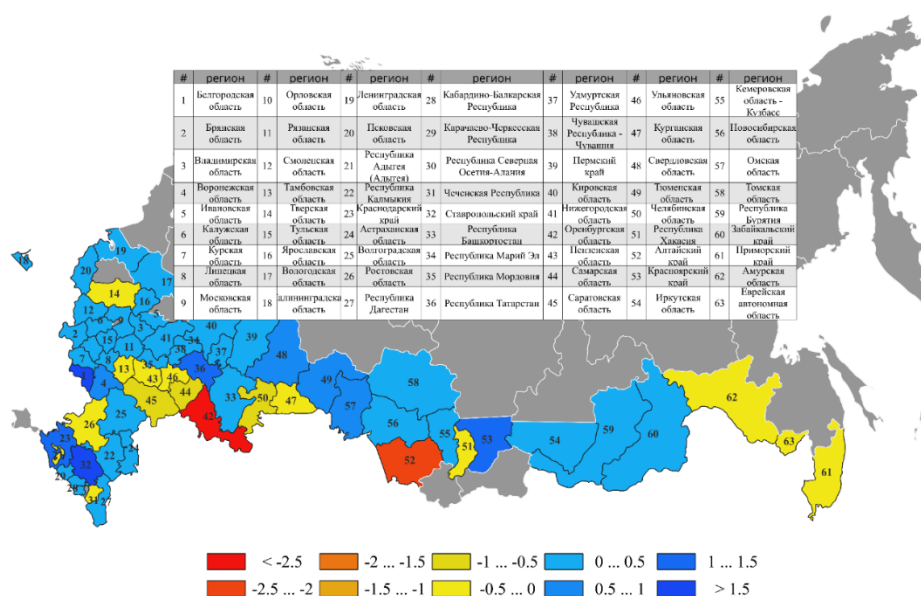


Рисунок 2. Расчетный баланс запасов углерода (C) в почвах посевных площадей регионов Российской Федерации в среднем за год за период 2011-2020 гг., млн тонн C

Источник - расчеты авторов по формуле (3). Примечание: знак «-» характеризует нетто-эмиссию (потери) углерода, т.е. жёлтые и красные регионы на рисунке. Отсутствие знака подразумевает «+», т.е. нетто-поглощение углерода (последнее – лучше с точки зрения «устойчивости» земледелия) – голубые и синие регионы.

Из рисунка 2 (выше) видно, что многие аграрные регионы черноморского побережья России и Центрально-Черноземной зоны являются нетто-поглотителями углерода на пашне за счет интенсификации и наращивания использования удобрений, который способствует поступлению углерода в почвы возделываемых земель. Однако, в России есть довольно протяженный пояс регионов со сравнительно низкой урожайностью основных культур, начиная с Ростовской области, потом с Тамбовской и Саратовской областей, затем двигаясь на восток через степной регион, и заканчивая Курганской областью – где нетто-потери органического углерода на пашне довольно значительны. Сюда также попадает и Алтайский край. Регионы Дальнего Востока (Амурская область, Еврейская автономная область и Приморский край) также попадают в регионы с высоким углеродным следом, поскольку здесь очень сильно нарушен севооборот и выращивается много сои (более 70% от всех посевов). Урожайность сои здесь довольно низкая (мало вносится удобрений), и соответственно и дыхание почв и потери углерода от распахивания заброшенных земель вкуче приводят к высокому углеродному следу и нетто-потерям углерода из почв возделываемых земель.

Далее (во 2, 3 и 4 главах) мы будем использовать эту методику баланса для ее интеграции в модель частичного равновесия GLOBIOM, поскольку приток и потери углерода на почвах пашни необходимо сопоставлять также с эмиссиями двуокси азота (N₂O), возникающие в ходе процессов интенсификации и применения удобрений в процессе обработки почвы возделываемых земель, и правильно переводить (пересчитывать) в эквивалент

углекислого газа (CO₂) для более корректной оценки «полного» углеродного следа производимой продукции растениеводства. Таким образом, данный показатель углеродного следа, выраженный через соотношение эмиссий парниковых газов (всех парниковых газов, возникающих в процессе распашки земель и интенсификации растениеводства) и объема производимой продукции становится главным критерием оценки «устойчивости» земледелия.

2 Разработка сценариев устойчивого развития земледелия России до 2030 г.

Во второй главе исследования представим сценарии развития экономики сельского хозяйства России, чтобы потом эти предпосылки заложить в прогноз до 2030 года (см результаты прогноза в главе 3 ниже). Главным критерием устойчивого земледелия является возможность страны (или региона) наращивать производство продукции растениеводства с учетом не только роста продуктивности (выпуск продукции с единицы площади – фактически урожайность), но и с учетом низкого (относительно невысокого) углеродного следа произведенной продукции растениеводства, который может быть выражен через показатель соотношения эмиссий парниковых газов к единице выпускаемой продукции, например, т CO₂э/ т зерновых единиц.

В работе нами было рассмотрено 2 основных сценария – экстенсивный и интенсивный сценарий. Экстенсивный сценарий производства включает в себя стратегию увеличения производственных объемов путем расширения посевных площадей и повышения урожайности на уже имеющихся земельных участках. Сущность этого подхода заключается в использовании доступных земельных ресурсов для стимулирования роста производства.

Расширение посевных площадей является одним из ключевых аспектов экстенсивного сценария. Это может быть достигнуто путем использования неиспользуемых земельных участков или увеличения посевных площадей на уже существующих участках. Увеличение посевных площадей способствует увеличению объема выращиваемых сельскохозяйственных культур, что способствует устойчивому росту.

Увеличение урожайности является еще одним важным аспектом экстенсивного сценария, однако в текущем сценарии накладываются ограничения на темпы роста урожайности (технологического прогресса). Технологический прогресс в экстенсивном сценарии формируется из темпов исторического прогресса.

Однако, при реализации экстенсивного сценария необходимо учитывать возможные негативные последствия, такие как деградация почв и увеличенное использование водных ресурсов, рост выбросов парниковых газов от распашки.

В целом, экстенсивный сценарий является одним из подходов к увеличению производства сельскохозяйственной продукции и обеспечению продовольственной безопасности. Однако его реализация должна учитывать эффективное использование ресурсов и принципы экологической устойчивости.

Интенсивный сценарий производства представляет собой стратегию, основанную на увеличении производительности сельскохозяйственных культур с ограниченными возможностями для расширения посевных площадей. В то время как экстенсивный сценарий рассчитан на увеличение посевных площадей и урожайности, интенсивный сценарий фокусируется на повышении показателя продуктивности и эффективности использования доступных ресурсов.

В рамках интенсивного сценария применяются различные методы и технологии для увеличения урожайности на уже существующих посевных площадях. Это может включать в себя использование селекционных сортов сельскохозяйственных культур, применение современных методов обработки почвы, внедрение точного земледелия с использованием датчиков и GPS-технологий, а также применение удобрений и защитных средств.

Одной из важных особенностей интенсивного сценария является ограничение по размеру посевных площадей. В связи с этим, использование каждой доступной участка должно быть наиболее эффективным и продуктивным. Это способствует повышению общего валового сбора, увеличению доходности и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Важным фактором в интенсивном сценарии является также использование передовых технологий и научных исследований для улучшения методов производства. Внедрение инноваций и развитие новых технологий помогают повысить производительность сельскохозяйственных культур и обеспечить стабильный и эффективный рост производства.

Это важно учитывать, что как интенсивный, так и экстенсивный сценарии имеют свои плюсы и минусы, и их применение должно основываться на конкретных условиях и целях развития сектора растениеводства. Оба подхода могут быть эффективными в достижении устойчивого роста и достижения целей продовольственной безопасности, если применяются с учетом устойчивого земледелия.

В следующей главе мы представим результаты сценарных расчетов развития сельского хозяйства России до 2030 года по двум сценариям.

3 Расчет прогнозов развития растениеводства и динамики эмиссий парниковых газов с помощью модели частичного равновесия GLOBIOM

В 3-ей главе нашего исследования будут представлены результаты оценок модели GLOBIOM по основным производственным показателям в растениеводстве регионов России в 2030 году. Будут представлены результаты двух сценариев: экстенсивного и интенсивного. Особенность первого заключается в том, что мы «разрешаем» модели развивать сельское хозяйство после 2019 года за счет распашки заброшенных угодий (экстенсивный сценарий), а особенность второго – что мы «не разрешаем» (путем установления запрета - экономических ограничений – на ввод земель в оборот, и даже просто на расширение посевов, но позволяем расти лишь урожайности, т.е. продуктивности пахотных угодий. По нашим оценкам в 2019 году модель GLOBIOM показывает общее производство продукции растениеводства в России 191 млн тонн зерновых единиц (с учетом 117.8 млн тонн чисто зерновых и зернобобовых культур и почти 73 млн тонн других культур в зерновом эквиваленте). С учетом наращивания экспорта продукции растениеводства и незначительном росте внутреннего потребления модель «находит» оптимальное решение общего производства в 2030 году в размере 243 млн тонн зерновых единиц (увеличение производства на 27% относительно 2019 года). В экстенсивном сценарии это происходит как за счет небольшого роста урожайности (продуктивности посевов), так и за счет расширения посевных площадей – с 77.765 млн га в 2019 году до 82.751 млн га в 2030 году, - т.е. рост почти на 5 млн гектар.

Из таблицы 1 мы можем видеть, что согласно различным сценарным расчетам, при интенсивном сценарии развития сектора растениеводства наблюдается более успешное формирование практик устойчивого земледелия.

Таблица 1

Основные результаты прогнозов по России по развитию растениеводства и сопутствующим эмиссиям парниковых газов

Ед. измер	Показатель	2019_модель	2030экст	2030интенс	Экстен/2019	Интенс/2019	Intens / Extens
тыс тонн зерн ед	Производ. всех растен. культур в зерн ед	191 304	243 150	243 150	127	127	100
тыс га	Посевная площадь	77 765	82 751	77 760	106	100	94
т зерн ед/ га	Продуктивн посевных площадей (агр. урожай.)	2.46	2.94	3.13	119	127	106
тыс т CO2	Приток углерода в почвы посевов	-472 287	-562 050	-540 836	119	115	96

Ед. измер	Показатель	2019_модель	2030экст	2030интенс	Экстен/2019	Интенс/2019	Intens / Extens
тыс т CO ₂	Потери (эмиссия) углерода из почв посевов	441 294	471 216	443 544	107	101	94
тыс т CO ₂	Баланс только углерода	-30 993	-90 834	-97 291	293	314	107
тыс т CO ₂ э	Эмиссия ПГ по GLOBIOM (азот от почв и навоза)	33 840	40 614	41525	120	123	102
тыс т CO ₂ э	Эмиссия ПГ от распахки заброшенных земель	22 741	33 188	19 270	146	85	58
тыс т CO ₂ э	Общий баланс ПГ на посевных площадях	25 589	-17 032	-36 496	-67	-143	214
тCO ₂ э / га	Расчетный баланс общих эмиссий ПГ на 1 га посевов	0.33	-0.21	-0.47	-63	-143	228
тCO ₂ э/ т зерн ед	Углеродный след продукции растен. на 1 тонну зерновых ед.	0.13	-0.07	-0.15	-52	-112	214

Источник: расчеты авторов по модели GLOBIOM с использованием исторических данных Росстата, а также методики баланса углерода (глава 1 настоящего исследования). Примечание: знак минус в показателях «притока» и «баланса» характеризует поглощение и нетто-поглощение (секвестрацию) парниковых газов, что является признаком практик устойчивого развития, поскольку способствует накоплению углерода в почвах пахотных земель.

Кроме того, и в интенсивном и в экстенсивном сценарии видно, что увеличивается приток углерода (за счет растительных остатков) в почвы посевов, что является следствием роста урожайности и общего уровня продуктивности пахотных угодий России. При этом потери (эмиссии) углерода от дыхания почв почти не меняются и увеличиваются лишь до 471 млн т CO₂э и до 443 млн т CO₂э в экстенсивном и интенсивном сценариях, что меньше, чем объемы поглощений (-562 и -540 млн тонн CO₂э соответственно). И даже возросшие (относительно 2019 г) эмиссии от азота (по GLOBIOM) не перекрывают это поглощение.

К сравнению, в интенсивном сценарии мы наблюдаем рост общей урожайности до 3.14 т зерновых единиц на га, что в среднем на 6% выше показателей экстенсивного сценария и на 27% выше показателей 2019 года. При этом площади посевов в интенсивном сценарии фактически не изменились с 2019 года (на 5 млн га меньше, чем в экстенсивном (округленно)). Это благоприятно влияет в том числе и на суммарные выбросы парниковых газов, в том числе снижение выбросов при распахке земель (в более чем в 2 раза по сравнению с экстенсивным сценарием), снижение баланса углерода в почвену на 7% относительно экстенсивного сценария и как следствие уменьшение углеродного следа на единицу продукции.

В экстенсивном сценарии предполагалось, что Россия сможет вернуть в оборот, - фактически распахать, - примерно 5 млн гектар заброшенных сельскохозяйственных земель. Зброшенныe земли являются одним из важных аспектов сельского хозяйства и сельскохозяйственной политики во многих странах. Они представляют собой угодья, которые не используются для сельскохозяйственного производства или других активностей.

В модели GLOBIOM экстенсивный сценарий развития представлял собой следующие изменения. Во-первых, был определен фиксированный объем производства в зерновых единицах для основных сельскохозяйственных культур в размере 243 млн тонн зерновых единиц (при данном показателе модель находит оптимальное решение, с учетом текущих трендов развития аграрного сектора).

Во-вторых, в экстенсивном сценарии сняты ограничения на расширение площади посевов. Это позволило свободно расширять посеы и использовать больше земельных ресурсов для выращивания сельскохозяйственных культур. Таким образом, в рамках данного сценария модель предполагала свободу выбора, сколько земли использовать для возделывания каждой культуры.

В-третьих, урожайность в экстенсивном сценарии изменялась согласно историческим трендам. Это означало, что модель учитывала прошлые колебания в урожайности и прогнозировала будущие изменения в рамках данных трендов. Таким образом, урожайность каждой культуры в экстенсивном сценарии рассчитывалась исходя из предыдущих данных и тенденций в развитии сельского хозяйства.

Экстенсивный сценарий развития в модели GLOBIOM предоставлял возможность более гибкого использования земельных ресурсов и предсказания производства сельскохозяйственных культур в будущем на основе исторических данных. Кроме того, экстенсивный сценарий предполагает расширение посевов, но в ряде регионов сохраняется динамика вывода земель из оборота, либо сохранение посевов на текущем уровне. Так, например, в Краснодарском крае, Алтайском крае, Республике Татарстан распашка по результатам моделирования не производилась. Также по сценарию увеличение посевов затронуло в основном южную часть Российской Федерации. Высокий уровень распашки наблюдается, например, в Саратовской, Тамбовской, и Курской области (введено в оборот более 500 тыс га).

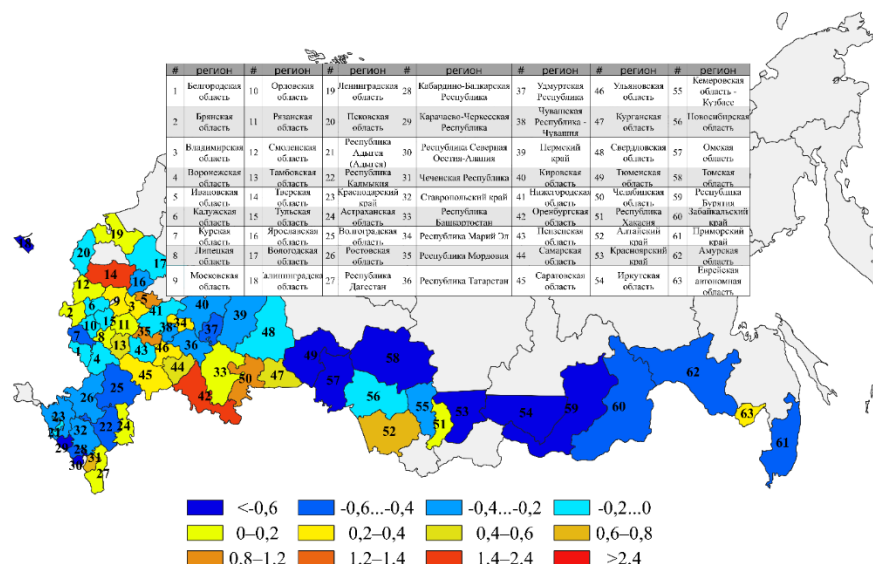


Рисунок 3. Карта углеродного следа продукции растениеводства в регионах России в 2030 г. в экстенсивном сценарии (с учетом эмиссий от распахки), тонн CO₂э / т зерновых ед.

Источник - расчеты авторов по модели GLOBIOM

Примечание: «+» (или отсутствие знака) перед показателем эмиссии или углеродного следа означает нетто-эмиссию углекислого газа, а если оценка стоит со знаком «-» (минус), то это означает нетто-поглощение углекислого газа

Проведенный анализ рисунка 3 показал, что большинство регионов Российской Федерации стремиться в своем развитии к более устойчивым практикам, то есть к практикам с высоким поглощением парниковых газов на единицу продукции.

Так, например, ряд дальневосточных регионов (Приморский край, Амурская область) и регионов южной части России (Ростовская область, Республика Адыгея), в 2019 году осуществлял практики, приводящие к нетто-эмиссиям парниковых газов (неустойчивые практики), к 2030 же году, согласно проведенному моделированию – данные регионы стали нетто-поглотителями эмиссий парниковых газов (устойчивые практики).

В других случаях - регионы постепенно снижают уровень углеродного следа продукции растениеводства, при этом оставаясь нетто-эмитентами. В основном, к таким регионам можно отнести регионы, находящиеся в степной зоне России (Оренбургская, Самарская, Саратовская и другие области), а также, к примеру, некоторые регионы Сибири (Алтайский край, Республика Хакасия).

Снижение углеродного следа на единицу продукции связана зачастую с повышением уровня интенсификации в сельском хозяйстве и производстве, и тем самым повышением продуктивности сельхоз угодий. Это приводит к повышению производимой продукции при незначительном увеличении площади в ряде регионов, без видимого изменения выбросов парниковых газов. Далее перейдем к характеристике интенсивного сценария.

Интенсивный сценарий в GLOBIOM представляет собой особый подход, главное отличие которого заключается в том, что модель не позволяет расширять посевные площади в целях уменьшения эмиссий от обработки неиспользуемых земель. Вместо этого основное внимание уделяется увеличению урожайности в различных регионах.

Основным показателем целевой функции было выбрано так же, как и экстенсивном сценарии, общее производство продукции растениеводства, которое было зафиксировано на таком же уровне (243 млн тонн в зерновых единицах).

Важно отметить, что в модели GLOBIOM расширение площадей в интенсивном сценарии ограничивается только на уровне страны, то есть общая площадь выделяется с определенными ограничениями. Однако, по субъектам Российской Федерации отсутствуют какие-либо ограничения, которые бы запрещали расширение площади. Поэтому модель сама принимала решение в перераспределении земельных ресурсов между регионами, зачастую отдавая предпочтение ряду регионов с высокими показателями продуктивности тех или иных востребованных культур.

Таким образом, внутри каждого региона Российской Федерации модель GLOBIOM может предсказывать расширение площадей без каких-либо ограничений, которые могут ограничить увеличение посевных площадей и урожайности. Результаты оценки показали, что интенсивном сценарии модель предлагает увеличивать посевы в основном в регионах Центрально-Черноземья, где есть еще заброшенные пахотные угодья и где может быть достигнута высокая урожайность. В данном случае – по логике модели – значительные эмиссии от распашки не могут служить сдерживающим фактором, поскольку продуктивность и общий выход продукции важнее (для модели) с экономической точки зрения.

Расчет общих эмиссий парниковых газов, с учетом баланса углерода, азотных эмиссий в GLOBIOM и эмиссий ПГ от распашки заброшенных земель позволяют нам перейти к оценке анализа углеродного следа в 2030 году в интенсивном сценарии.

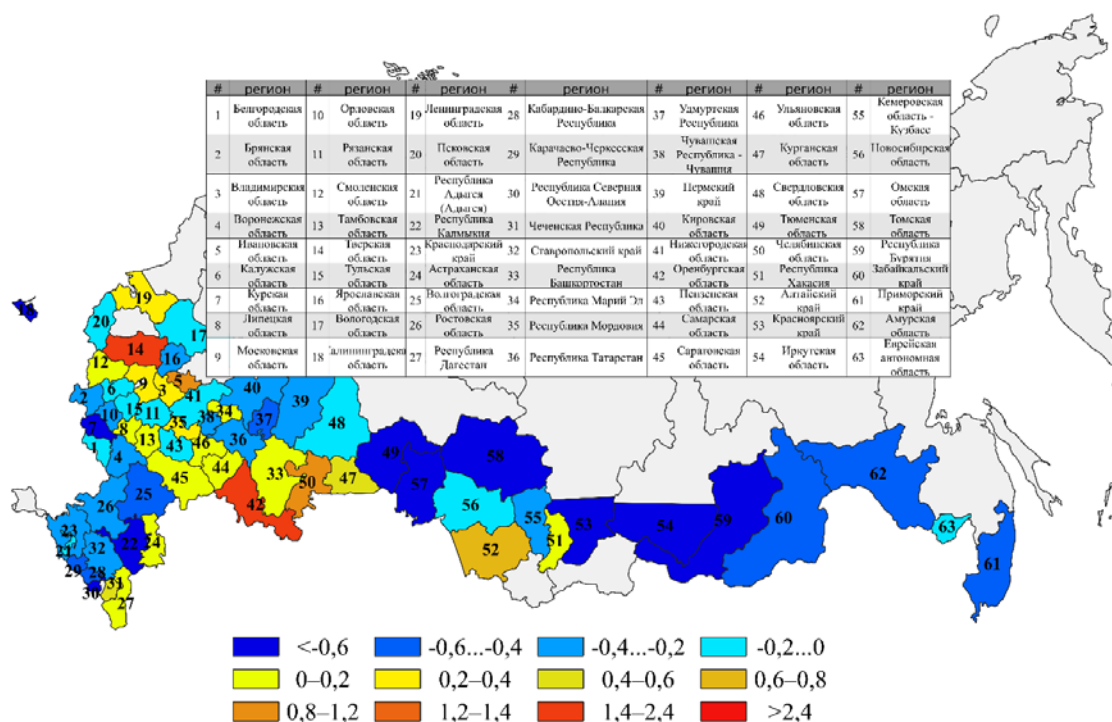


Рисунок 4. Карта углеродного следа продукции растениеводства в регионах России в 2030 г. в интенсивном сценарии (с учетом эмиссий от распахки), тонн CO₂e / т зерновых ед.

Источник - расчеты авторов по модели GLOBIOM

Примечание: отсутствие знака перед показателем углеродного следа означает нетто-эмиссию углекислого газа, а если оценка стоит со знаком «-» (минус), то это означает нетто-поглощение углекислого газа

Проведенный анализ рисунка 4 показал, что многие регионы Российской Федерации прилагают усилия для достижения более устойчивого развития. Они стремятся к внедрению практик, которые имеют высокое поглощение парниковых газов на единицу продукции. В результате таких усилий, в частности, некоторые регионы южной части России (Приморский край, Амурская область, Ростовская область и Республика Адыгея, Еврейская автономная область), а также регионы дальнего востока (Амурская область, Забайкальский край, Еврейская автономная область), смогли изменить ситуацию и стать нетто-поглотителями эмиссий парниковых газов к 2030 году.

Однако, есть и другие регионы, которые постепенно снижают уровень углеродного следа производства, но остаются нетто-эмитентами. К таким регионам, в частности, относятся регионы степной зоны России, включая Оренбургскую, Самарскую и Саратовскую области, а также некоторые регионы Сибири, например, Алтайский край и Республика Хакасия.

Снижение углеродного следа на единицу продукции часто связано с повышением интенсивности в сельском хозяйстве и производстве, что в свою очередь приводит к увеличению производимой продукции при минимальном росте выбросов парниковых газов. Это означает, что ряд регионов смогли совмещать экономический рост с минимизацией негативного воздействия на окружающую среду. Такие усилия способствуют более устойчивому и экологически ответственному развитию.

4 Рекомендации для Правительства России по внедрению практик устойчивого земледелия, с учетом возможного роста продуктивности пашни и снижения экологических издержек

Современная российская политика в аграрной сфере направлена на возможности расширения возделываемых угодий, за счет возврата в оборот заброшенных сельскохозяйственных земель, что выражено в Государственной программе эффективного вовлечения в оборот сельскохозяйственных земель⁷. Результаты оценок модели GLOBIOM показывают, что реализация этой программы может столкнуться с трудностями, как экономического, так и экологического характера. Попробуем это обосновать в настоящем разделе. Кроме того, на примере отдельных региональных «госпрограмм», связанных с развитием сельского хозяйства, мы покажем возможные пути перехода на низкоуглеродное развитие или развитие земледелия с учетом роста урожайности и почвосберегающих практик.

Согласно пункту II («Приоритеты и цели...») Госпрограммы по эффективному вовлечению в оборот сельскохозяйственных земель (Постановление Прав-ва # 731), в России к 2030 году «планируется ввести в оборот 13234.8 тысяч гектаров земель сельскохозяйственного назначения». Основные наши замечания к тексту данной Госпрограммы сводятся к тому, что не указано, какой тип (вид) сельскохозяйственных угодий будет вводиться в оборот – пашня, или пастбища, или многолетние насаждения (или какая-то комбинация всех видов сельхозугодий), не расписаны примерные план и территориальная принадлежность земель в регионах (субъектах федерации), которые могут быть физически пригодны для ввода в оборот, а также не указаны критерии «эффективности» по которому земли будут отбираться и вводиться в оборот, - что в совокупности затрудняет оценку программы, как в целом по России, так и по отдельным регионам.

⁷ См действующую версию программы по Постановлению Правительства РФ N 731 от 14 мая 2021 года (с поправками на 31 июля 2023 года): <https://base.garant.ru/400773886/> (дата обращения 28 сентября 2023 года)

В настоящей НИР мы попытались частично смоделировать возможную реализацию данной программы за счет расширения посевных площадей в основных сельскохозяйственных регионах страны. Наши расчеты в экстенсивном сценарии показывают, что в стране может быть примерно 5 млн гектаров, - не 13 млн гектаров как в Госпрограмме(!!!), - на которые можно расширить производство растениеводческой продукции. Однако, такое расширение приведет к значительной эмиссии парниковых газов от распашки заброшенных земель, что ранее было показано в официальном отчете о Национальном кадастре эмиссий парниковых газов Росгидромета⁸, где описано, что впервые распашка 800 тысяч гектаров заброшенных земель привела к эмиссии почти 28 млн тонн CO₂ в 2011 году⁹, что сильно увеличило вклад сельского хозяйства и сектора землепользования в общий объем эмиссий парниковых газов России, а также сильно увеличило эмиссию с 1 гектара возделываемых земель с 1 тонны CO₂ до 34 тонн CO₂ (в пересчете на 1 гектар пашни), что доказывает негативность и неустойчивость подобных практик, поскольку увеличивается как общая эмиссия парниковых газов, так и теряется плодородие земель за счет дополнительного окисления почвенного углерода, который «выбрасывается» (окисляется) в атмосферу после распашки залежи (или заброшенных пахотных угодий с естественной растительностью и кустарником). В этом компоненте модель GLOBIOM похожа методику Нацкадастра, поскольку тоже рассчитывает сравнительно «большую» эмиссию ПГ от распашки заброшенных сельскохозяйственных земель, чем при возделывании обычной (неизменной) пашни. Таким образом, вовлечение дополнительных земель в оборот необязательно является хорошей целью развития, поскольку несет за собой риск возможной дополнительной эмиссии, что может стать препятствием по выполнению Россией Парижского соглашения по климату, а также сильно увеличить вклад сельского хозяйства в общие эмиссии экономики, что не вписывается в план Стратегии низкоуглеродного развития России до 2050 года (Распоряжение Правительства от 29 октября 2021 года №3052-р¹⁰).

Проанализировав, действующее российское законодательство, мы не нашли в явно виде региональных версий (на уровне субъектов Российской Федерации) Государственной программы по эффективному вовлечению земель в оборот, но во многих регионах есть свои региональные версии другого важного правительственного проекта - Государственной про-

⁸ Фактически отчет о Нацкадастре парниковых газов выполняется в Институте глобального климата и экологии им. Ю. Израэля.

⁹ См анализ этой проблемы в статье Строкова и ко «Проблемы адаптации аграрной политики России к Целям устойчивого развития» (2020): <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-adaptatsii-agrarnoy-politiki-rossii-k-tselyam-ustoychivogo-razvitiya/viewer> (доступ от 29 сентября 2023 г.), конкретно на стр 147-149 статьи.

¹⁰ См текст «Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» URL: <http://government.ru/docs/43708/> (дата обращения 29 сентября 2023 года).

граммы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 года №717, редакция действующая с 4 июля 2023 года¹¹), которые позволяют определить траектории развития региона, а также дают нам возможность сопоставить эти оценки (целевые показатели региональных Госпрограмм) с нашим результатами расчетов по модели GLOBIOM, которая позволит выявить как реалистичность оценок на региональном уровне, так и возможности региона по интенсификации и увеличении урожайности, а также распахке заброшенных земель (ввод земель в оборот), чтобы в конечном итоге определить как фактическое состояние растениеводства (устойчивое или неустойчивое, т.е. с низким или высоким углеродным следом), так и возможные будущие пути развития. В качестве примеров мы выбрали 11 регионов: Белгородская область, Воронежская область, Ростовская область, Краснодарский край, Ставропольский край, Республика Татарстан, Волгоградская область, Самарская область, Оренбургская область, Алтайский край, Новосибирская область. Эти регионы отличает не только разное географическое положение, но также и разную специализацию, разный уровень интенсификации, неодинаковый исторический подход (на узком промежутке времени с периода 2011 по 2019 год) к распахке земель, - часть регионов расширяли посевы, часть – сокращали, - что отразилось на текущем углеродном следе (по уровню 2019 года), так и на возможном будущем углеродном следе в 2030 году.

В таблице 2 ниже представлены оценки по основным показателям, которые присутствуют в региональных законодательных актах по сельскохозяйственному производству и землепользованию: валовой сбор зерновых и зернобобовых культур; посевная площадь зерновых, зернобобовых, масличных, кормовых культур; валовой сбор масличных культур (за исключением рапса и сои); показатели ввода в эксплуатацию мелиорируемых земель. Видно, что регионы очень сильно отличаются по своим планам развития и не всё из этого можно смоделировать (во всяком случае на данном этапе освоения модели) и правильно оценить тренд или направление развития на прогнозный период до 2030 года. Напомним, что основная идея модели GLOBIOM заключается в минимизации издержек и максимизации функции полезности для сельскохозяйственных производителей (сторона предложения модели), что по факту приводит к тому, что модель охотнее размещает производство там, где почвы плодороднее, лучше климат (больше и осадков, и солнечного тепла), и соответ-

¹¹ См последнюю версию Госпрограммы сельского хозяйства URL: <https://docs.cntd.ru/document/902361843> (дата обращения 29 сентября 2023 года).

ственно выше урожайность, т.е. возделывание земель с высокой урожайностью (продуктивностью) модель воспринимает как правильный путь к оптимизации производства и оптимальному использованию ресурсов.

Итак, модель GLOBIOM пытается способствовать эффективному размещению производства там, где это возможно – есть свободные (заброшенные) сельскохозяйственные земли и есть возможность повышать урожайность. По результатам прогнозирования на 2030 год это выражается в том, что в большинстве случаев модель завышает плановые (по региональным госпрограммам) показатели по производству зерновых и зернобобовых (см кейсы Краснодарского края, Ростовской области, Белгородской области, а также Республики Татарстан), потому что в этих регионах по факту сложились наиболее хорошие природно-климатические и производственные условия и модель «хочет» их поднять ещё выше, потому что это и эффективнее с экономической точки зрения и есть ещё резервы повышения урожайности. Именно поэтому модель разрешает распахать в южных регионах и в Центрально-Черноземном районе ещё больше земель, и в итоге это не повышает углеродный след из-за высокой урожайности. Это тоже очень важный вывод – что по факту углеродный след (т.е. экологические издержки и издержки для третьих лиц) являются в модели вторичными и не являются причинами ограничения производства, или автоматическим сдерживанием распашки (ввода дополнительных земель в оборот).

Таблица 2

Сопоставление некоторых плановых показателей региональных программ развития сельского хозяйства и прогнозов по модели GLOBIOM

Регион	Вал. сбор зерновых и зернобобовых по Госпрограмме на конец планового периода, млн тонн	Производство зерна по модели GLOBIOM в 2030 г., млн тонн	Площадь посевов зерна, масличных и кормовых по Госпрограмме на конец планового периода, млн га	Посевы зерна, масличных и кормовых GLOBIOM 2030, млн га	Вал. сбор масличных культур (кроме рапса и сои) в Госпрограмме, тыс тонн	Производство масличных культур (кроме рапса и сои) по оценкам GLOBIOM в 2030, тыс тонн	Возврат сельскохозяйственных земель в оборот или расширение мелиорации (план по Госпрограмме региона), тыс га	Расширение посевных площадей в регионе по оценкам модели GLOBIOM в 2030 г (относительно 2019г), тыс га
	1	2	3	4	5	6	7	8
Краснодарский край	15.5	17.4	3.419	3.479	нет	-	20.0	нет
Ростовская область	9.0	14.8	нет	-	нет	-	4.0	147 тыс га под богарными культурами
Воронежская область	нет	-	0.44	2.29	нет	-	нет	254
Ставропольский край	10.9	10.4	3.362	3.089	925	752	41.6	25 тыс га под овощами
Алтайский край	5.4	5.2	нет	-	810.5	1074	-300.0	Уменьшение на 200 тыс га только в интенсив. сценарии
Новосибирская область	3.0	3.0	2.4	2.2	нет	-	40.0	нет
Республика Татарстан	4.1	5.0	2.6	2.6	нет	-	26.0	Уменьш. на 143 тыс га только в интенсив. сценарии
Волгоградская область	4.9	5.1	3.0	2.9	1234.3	1796.1	30.0	Уменьш. на 151 тыс га, в т.ч. на 32 тыс га посевов бахчей (только в интенсив. сцен)
Самарская область	2.7	2.4	2.0	2.2	970	1737	45.0	218 в экстенсивном сцен.
Оренбургская область	нет	-	4.5	4.3	нет	-	нет	151 тыс га в экстенс сцен
Белгородская область	3.6	4.0	1.0	1.1	405.8	-	нет	187 тыс га в экстенс сцен

Источник: расчеты авторов по данным Государственных региональных программ соответствующих регионов России и модели GLOBIOM.

Примечание: по отдельным регионам показатели могут называться немного по-разному. Так показатель номер 3 (внутри данной таблицы) в госпрограмме Оренбургской области определяет общую посевную площадь (а не по названной группе культур). По показателю 7 (внутри данной таблицы) возврат сельскохозяйственных земель может называться по-разному, так, в Новосибирской области - "Площадь выбывших сельскохозяйственных угодий, вовлеченных в оборот за счет проведения культуртехнических мероприятий". В Краснодарском крае - "Ввод в эксплуатацию мелиоративных земель для выращивания экспортно ориентированной продукции". В Алтайском крае довольно специфическая ситуация (не похожая совсем на другие регионы, исследуемые здесь), когда в Госпрограмме заложен показатель снижение посевов (агрегированно по сумме зерна, масличных и кормовых). В тех ячейках, где указано слово «нет», значит, мы не нашли соответствующий индикатор в региональной госпрограмме данного региона, и поэтому рядом (в соседней ячейке с данными GLOBIOM) ставили прочерк – т.е. не проверяли значение по модели.

Напротив, во многих регионах степного пояса, а также в сибирских и дальневосточных регионах модель находит или очень близкое к региональным программам решение (см Новосибирскую область), или ведет производственные и земельные показатели вниз (Алтайский край), поскольку для модели это регионы с низкой продуктивностью и как бы неэффективны. Поэтому модель не видит необходимости расширять посевы в Новосибирской, а также в Алтайском крае.

Кроме того, в интенсивном сценарии модель предлагает и дальше сокращать посевы в Самарской области и Волгоградской области, поскольку это регионы с низкой продуктивностью земель. Это позволит в этих регионах сократить эмиссию от дыхания почв и избежать дополнительных эмиссий от распашки (что было в период 2011-2019 гг) и отчасти прогнозируется в экстенсивном сценарии. Таким образом, это приведет к снижению углеродного следа в этих регионах.

Все описанные выше процессы возможны при комплексных усилиях государства и бизнеса по организации и совершенствовании процессов интенсификации земледелия в России. Со стороны государства это могут быть: субсидии на выращивание зернобобовых и других маргинальных (низкоуглеродных) культур, создание научных центров, создание новых полевых станций с региональными и локальными сортами семян, создание инфраструктуры (склады), субсидирование перевозок, компенсации затрат на погашение кредитов, взятых на производственные цели, ввод ограничений на выращивание культур с высоким углеродным следом (с высоким уровнем истощения почв), расширение образовательных программ для фермеров на селе, создание курсов и практическая помощь по изменению специализации хозяйств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование охватывает практические стороны выявления практик устойчивого земледелия через индикаторы продуктивности и экологических издержек (последние – виде оценки углеродного баланса в почвах возделываемых земель и эмиссий парниковых газов). Проведенные расчеты по модели GLOBIOM показали, что с учетом имеющихся данных о фактическом возделывании почв, современном уровне интенсификации и оценки размеров распашки земель, углеродный след продукции растениеводства (баланса почвенного углерода пахотных земель вместе с эмиссиями азота от интенсификации и эмиссиями углекислого газа от распашки заброшенных земель) в России может характеризоваться нетто-поглощением углерода, что является положительной практикой, как с точки зрения интенсификации, так и с точки зрения сохранения и поддержки плодородия почв.

Кроме того, наше исследование показало, что для усовершенствования региональных оценок по запасам и динамике углерода на возделываемых землях, а также углеродного следа растительной продукции, необходим постоянный мониторинг по детальному перечню показателей почвенного плодородия, интенсивности дыхания почв, потерь почвенного углерода с эрозией и дефляцией почв. Это позволит гармонизировать почвенные данные во времени и пространстве с имеющейся статистикой Росстата о посевных площадях, валовых сборах и урожайности, учитывая, что в настоящее время экономические и сельскохозяйственные производственные показатели обновляются быстрее и своевременнее, нежели почвенные. Это может быть реализовано, как в рамках научных исследований (Распоряжение Правительства РФ от 29 октября 2022 г. №3240-р о «Единой национальной системе мониторинга климатически активных веществ»), так и в рамках правовых документов, которые касаются наблюдений за состоянием почвенного плодородия земель. Можно предложить внесение поправок в федеральный закон о «Государственном регулировании плодородия сельскохозяйственных земель» (ФЗ №101 от 16 июля 1998 г), статью 12, которая бы обязывала публиковать раз в пять лет Национальный доклад о состоянии почв пахотных земель России, содержащий не только данные Агрохимслужбы о содержании элементов в почве, но и показатели деградации земель и дыхания почв, в т.ч. в разрезе субъектов федерации и муниципалитетов. Это повысило бы осведомленность научного сообщества о современном состоянии почв в основных сельскохозяйственных регионах России и в будущем позволило бы более точно следить за динамикой основных индикаторов плодородия, а также достоверно оценивать углеродный след продукции растениеводства в разных регионах нашей страны.

БЛАГОДАРНОСТИ

Материал подготовлен в рамках выполнения научно-исследовательской работы государственного задания РАНХиГС при Президенте Российской Федерации на 2023 год.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. 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.
2. FAO (2019) FAOSTAT Agri-Environmental Indicators, Emissions intensities <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EI> (доступ от 6 марта 2023).
3. Gan Y, Liang C, Chai Q, Lemke RL, Campbell CA, Zentner RP (2014) Improving farming practices reduces the carbon footprint of spring wheat production. Nature Communications 5:

article number 5012 . URL: <https://www.nature.com/articles/ncomms6012> (доступ от 6 марта 2023).

4. Kudoyarov VN (2019) Soil-Biogeochemical Aspects of Arable Farming in the Russian Federation. *Eurasian Soil Science* 52: 94-104 DOI 2443/10.1134/S1064229319010095.

5. Romanovskaya AA, Korotkov VN, Polumieva PD, Trunov AA (2019) Greenhouse Gas Fluxes and Mitigation Potential for Managed Lands in the Russian Federation. *Mitigation Adaptation Strategies of Global Change*, 25 (8). URL: https://www.researchgate.net/publication/334727575_Greenhouse_gas_fluxes_and_mitigation_potential_for_managed_lands_in_the_Russian_Federation (доступ от 6 марта 2023).

6. Schierhorn F, Faramarzi M, Prishchepov A, Koch F, Müller D (2014) Quantifying yield gaps in wheat production in Russia. *Environmental Research Letters* 9 (8)

7. Meyfroidt P, Schierhorn F, Prishchepov A, Müller D, Kuemmerle T (2016) Drivers, Constraints and Trade-Offs Associated with Recultivating Abandoned Cropland in Russia, Ukraine and Kazakhstan. *Global Environmental Change* 37:1-15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.01.003>

8. Romanovskaya AA (2006) Organic Carbon in Long-Fallow Lands of Russia. *Eurasian Soil Science* 39 (1): 44-52.

9. Romanovskaya AA (2006) GHG fluxes from agriculture and land-use change in Russia. In proceedings of Workshop on Agricultural Air Quality: State of the Science, 5-8 June 2006. Potomac, Maryland near Washington, DC, USA: 1059-1069.

10. Росгидромет (2022). Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителей парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом (1990-2020). Том. 1. Москва. С. 468.

11. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 6 июля 2017 года № 330. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456080031> (дата обращения 6 марта 2023 года).

12. Почвенный институт им. В.В. Докучаева (2014). Почвы субъектов Российской Федерации. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России [Электронная база данных]. URL: http://egrpr.esoil.ru/content/2рос.html#ru_adm (доступ от 6 марта 2023).

13. Левин Ф.И. Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции // *Агрохимия*. – 1977. - № 8. - Стр. 36-42.

14. Строков А.С., Романовская А.А., Вертянкина В.Ю., Рябов И.Ю. Оценка запасов углерода и компонентов углеродного следа балансовым методом на пахотных землях регионов России // *Метеорология и гидрология*. – 2023. - №10 - с. 5-15.

**В СЕРИИ ПРЕПРИНТОВ
РАНХиГС РАССМАТРИВАЮТСЯ
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ
К СОЗДАНИЮ, АКТИВНОМУ
ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ
ИННОВАЦИЙ В РАЗЛИЧНЫХ
СФЕРАХ ЭКОНОМИКИ
КАК КЛЮЧЕВОГО УСЛОВИЯ
ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ**



РАНХиГС

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ