

УДК 631.4

**В.А. Романенков¹, Ю.Л. Мешалкина^{1,2}, А.Ю. Горбачева¹,
А.Н. Кренке³, И.К. Петров⁴, О.М. Голозубов¹, Д.И. Рухович⁵**

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

²Российский государственный аграрный университет - МСХ
имени К. А. Тимирязева

³Институт географии РАН

⁴Аналитический центр Минсельхоза России

⁵Почвенный институт имени В.В. Докучаева
Москва, Россия

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ УГЛЕРОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОЙ НЕЙТРАЛЬНОСТИ

***Аннотация.** Представлены прогнозные оценки динамики запасов органического углерода пахотных почв России на перспективу до 2040 года. Проведенная оценка имеет особое значение на пути страны к углеродной нейтральности экономики, ориентиром которой является 2060 год.*

**V.A. Romanenkov¹, J.L. Meshalkina^{1,2}, A.Yu. Gorbacheva¹,
A.N. Krenke³, I.K. Petrov⁴, O.M. Golozubov¹, D.I. Rukhovich⁵**

¹Lomonosov Moscow State University

²Russian State Agrarian University - MAA named after K.A. Timiryazev

³Institute of Geography, Russian Academy of Sciences

⁴Analytical Center of the Russian Ministry of Agriculture

⁵Dokuchaev Soil Institute
Moscow, Russia

CARBON STOCKS MANAGEMENT IN AGRICULTURAL LANDS OF THE EUROPEAN RUSSIA TO ACHIEVE CARBON NEUTRALITY

***Abstract.** Predictive estimates of the dynamics of organic carbon stock in arable soils of Russia for the period up to 2040 are presented. The assessment carried out is of particular importance on the country's path to carbon neutrality of the economy, the benchmark of which is 2060.*

Исследования последствий изменения климата на Европейской территории России (ЕТР) необходимы для обеспечения продовольственной безопасности страны. Согласно Третьему оценочному докладу об изменениях климата и их последствий на территории Российской Федерации (2022), «сельскохозяйственные

районы ЕТР, и особенно ее южные области, более чувствительны к современному потеплению, чем районы Урала, Сибири и Дальнего Востока». В целом прогнозируемые тенденции к увеличению аридности и росту температур могут привести к росту климатических рисков получения крупных неурожаев зерновых культур в южных и юго-восточных регионах ЕТР, а также к снижению климатически обусловленной продуктивности зерновых культур на $10\pm 3\%$ по сравнению с базовым периодом [1].

Суммарные запасы органического и минерального углерода в почвах России оцениваются в 337 Гт С – для верхнего метрового слоя, или примерно 1/7 всех запасов органического углерода в почвах Земли. Запасы органического углерода в почвах сельскохозяйственных земель оцениваются как 16,8 Гт С в верхних 0,3 м и 28,0 Гт С в верхнем метре земель [2]. Климатические изменения оказывают неоднозначное воздействие на баланс углерода в почвах: увеличение среднегодовой температуры и аридности воздуха могут инициировать минерализацию органического вещества и приводить к существенным его потерям. Одновременно сельскохозяйственные земли могут выступать объектом управления, так применение современных технологий, когда сельскохозяйственные почвы смогут в значительной степени поглощать углерод из атмосферы, будет способствовать достижению Россией целей углеродной нейтральности.

При внедрении агротехнологических приёмов, направленных на связывание углерода в почве, таких как прямой посев для минимизации воздействия на почвы, постоянное укрытие почвы растительными остатками и покровными культурами, широкое применение различных биологических методов, две трети потерь могут быть компенсированы.

В исследованиях, проведенных на различных пахотных почвах мира, было показано, что скорости поглощения органического углерода почвой смогут достигать от 0,2 до 0,5 т С / га в год [2]. Однако реальный потенциал для секвестирования углерода почвами России пока еще недостаточно изучен.

Пахотные почвы ЕТР, так как они являются гарантом продовольственной безопасности России, подвергаются повышенному климатическому риску и обладают высоким потенциалом увеличения поглощения органического углерода. По нашим оценкам из общей площади 111,6 млн га пахотных земель России 74,6% находятся на территории Европейской части России.

В 2021 году в рамках проекта ФАО коллективом сотрудников факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова была составлена серия из 29 карт Глобальной карты секвестирования почвенного

углерода пахотными почвами России (GSOCseq) [3]. Для создания карты секвестрационного потенциала органического углерода в слое 0-30 см в пахотных почвах России на период в 20 лет была использована унифицированная методологии ФАО, основанная на модели RothC (Rothamsted Long Term Field Experiments Carbon Model, Углеродная модель Ротамстедского длительного полевого опыта) и общедоступные глобальные базы данных, такие как массив климатических данных Climatic Research Unit (CRU) TS v4.05, 1901-2020, коллекция карт SoilGrids 250m версия 2.0, а также временной ряд вегетационных индексов NDVI и EVI, полученных со спутника MODIS (MOD13A1.006 Terra Vegetation Indices). В качестве начальных оценок моделирования запасов углерода была использована национальная карта запасов почвенного органического углерода на глубине 0-30 см (тонн С/га) [4].

Создание подобных карт требует большого количества входной информации, так как требуется учесть все преобразования органического углерода внутри углеродного цикла. Так как система не может считаться замкнутой, следует принимать во внимание такие факторы, как климат, практику земледелия, урожайность культур и т.д. Сложность взаимодействия в естественных условиях вынуждает прибегать к некоторым упрощениям и обобщениям.

Относительная общедоступность входных параметров, которые сводятся к количеству поступающей органики, характеристикам климата и почвы, привела научное сообщество к решению использовать для моделирования Ротамстедскую модель динамики углерода RothC. Ее идея заключается в имитации процесса разложения входящего потока органического углерода путем его перераспределения по определенным законам. Всего в модели предусмотрено пять пулов углерода [5]. Моделирование включает расчёт начального распределения углерода по выделенным пулам. Переход углерода из одного пула в другой определяется на основе решения линейной дифференциальной системы уравнений, учитывающих набор почвенных характеристик, агроклиматические данные и категорию землепользования, показатели которых являются входными данными для модели. Карты создавались для 4 возможных гипотетических сценариев. Первый сценарий, называемые «сценарий неизменного хозяйствования», предполагает, что поддерживается поступление углерода в почву с растительными остатками, соответствующее современному уровню. Три других сценария предполагают применение методов устойчивого управления почвенными ресурсами, при котором должен произойти прирост

поступления углерода от современного уровня в зависимости от сценария, соответственно, на 5%, на 10% или на 20%. Карты, созданные по описанной процедуре, дают неопределенность прогноза модели в 25-26%.

Суммарная абсолютная скорость секвестирования почвенного углерода пахотных почв ЕТР составляет 2826,5 кт С/ год для сценария неизменного хозяйствования, а для трех других сценариев, может достигать 6052,4; 8990,7; 4862,9 кт С/ год, соответственно.

Потенциал секвестрации углерода возрастает от южной тайги к зоне широколиственных лесов, достигая максимума для Тульской области, а затем вновь снижается в степной и сухостепной зоне. Применение углеродосберегающих технологий различной интенсивности может обусловить увеличение скоростей закрепления углерода, которые при самом благоприятном сценарии могут составить для Московской области 172 кг С/га в год, для Тульской области – 335 кг С/га в год, а для Ростовской области – 125 кг С/га в год.

Работа выполнена в рамках государственного задания факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова (регистрационный номер 122090800042-2) в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации № 2515-р от 2 сентября 2022 г. в целях реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения, направленного на создание единой национальной системы мониторинга климатически активных веществ.

Список использованных источников

1. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2022. – 124 с.
2. Minasny, B, Malone, BP, McBratney, AB, Angers, DA, Arrouays, D, Chambers, A, Chaplot, V, Chen, ZS, Cheng, K, Das, BS, Field, DJ, Gimona, A, Hedley, CB, Hong, SY, Mandal, B, Marchant, BP, Martin, M, McConkey, BG, Mulder, VL, O'Rourke, S, Richer-de-Forges, AC, Odeh, I, Padarian, J, Paustian, K, Pan, G, Poggio, L, Savin, I, Stolbovoy, V, Stockmann, U, Sulaeman, Y, Tsui, CC, Vågen, TG, van Wesemael, B & Winowiecki, L 2017, 'Soil carbon 4 per mille', Geoderma, vol. 292, pp. 59-86. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.002>
3. Sequestration Potential Map GSOCseq - <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/global-soil-organic-carbon-sequestration-potential-map-gsocseq/en/> - 2022

4. Чернова, О. В., Голозубов, О. М., Алябина, И. О., Щепашенко, Д. Г. (2021). Комплексный подход к картографической оценке запасов органического углерода в почвах России. Почвоведение, (3):273–286

5. Романенков В. А., Романенко И. А., Рухович Д. И., Королева П. В., Сиротенко О. Д., Шевцова Л. К. Прогноз динамики запасов органического углерода пахотных земель Европейской территории России. – М.: ВНИИА, 2009. – 95 с.

УДК 620.9

Д.Н. Романюк, А.Ю. Козел

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

***Аннотация.** В данной статье рассматривается возможность эффективного использования древесного топлива в производстве электрической и тепловой энергии, его экономическая целесообразность, вопросы себестоимости, а также практическое применение.*

D.N. Romaniuk, A.Y. Kozel

Belarusian National Technical University
Minsk, Belarus

DETERMINATION OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF WOOD FUEL USE IN THE REPUBLIC OF BELARUS

***Abstract.** This article discusses the possibility of efficient use of wood fuel in the production of electrical and thermal energy, its economic feasibility, cost issues, as well as practical application.*

Энергетика является важнейшей структурной составляющей национальной экономики Республики Беларусь, её базовой, стратегически значимой отраслью. Однако топливно-энергетический комплекс в силу низкого уровня обеспеченности собственным углеводородным ископаемым сырьём практически полностью зависит от импортных ресурсов. Республика Беларусь входит в топ-20 наиболее энергозависимых стран мира: энергетическая зависимость составляет 83,8%, в структуре валового потребления топливно-энергетических