

Текст: А. А. Контобойцева, науч. сотр., П. В. Красильников, д-р биол. наук, чл.-корр. РАН, зам. директора; В. А. Романенков, д-р биол. наук, проф. РАН, вед. науч. сотр.; А. С. Сорокин, канд. биол. наук, ст. науч. сотр., Евразийский центр по продовольственной безопасности МГУ им. М. В. Ломоносова

УПРАВЛЕНИЕ УГЛЕРОДОМ

СЕКВЕСТРИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНОГО УГЛЕРОДА ПУТЕМ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ЭТОГО ЭЛЕМЕНТА В ПОЧВЕ ПРЕДСТАВЛЯЕТСЯ РЕАЛЬНОЙ МЕРОЙ ДЛЯ СМЯГЧЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЛЕЙ ДЛЯ СТАБИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Россия может внести значительный вклад в международные инициативы благодаря обширным площадям сельскохозяйственных угодий, накопленному опыту изучения и управления углеродом почв, в том числе в рамках деятельности Географической сети длительных опытов с удобрениями. По оценкам отечественных экспертов, за счет выбывших из оборота площадей земли секвестрировали около 20 млн т диоксида углерода в год, а многократно превышающий эту величину потенциал накопления С, обсуждаемый в национальном докладе «Глобальный климат и почвенный покров России» от 2018 года, позволяет рассматривать сельскохозяйственные угодья в качестве важнейшего ресурса в решении международной задачи регулирования глобального цикла углерода и смягчении изменений климата на основе компенсации выбросов парниковых газов.

СОВМЕСТНАЯ РАБОТА

За 2017–2019 годы мировым сообществом были осуществлены важные шаги в направлении понимания значимости земледелия в эмиссии и поглощении парниковых газов и их влияния на глобальный климат. Основную роль в осознании роли баланса почвенного углерода сыграла инициатива «4 промилле», предложенная в 2015 году в Париже на 21-й Конференции сторон (COP-21) Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК). Данная программа базируется на представлении о том, что при правильном возделывании пахотные почвы планеты могут служить важнейшим стоком углерода, и увеличение его запасов в верхнем слое всего на 0,4% в год может в значительной степени компенсировать антропогенную эмиссию парниковых газов в атмосферу. Данная инициатива обеспечивает двойной выигрыш, поскольку возрастание объемов почвенного углерода сопровождается повышением плодородия и здоровья угодий.



Знаковым событием стало принятие в 2017 году в Бонне на COP-23 РКИК решения начать «совместную работу Коронивии по сельскому хозяйству», которая подразумевает, помимо управления циклом почвенного углерода, оптимизацию поступления парниковых газов в результате деятельности животноводства. В дальнейшем вопросы улучшения здоровья и плодородия сельскохозяйственных земель, в том числе сохранения и накопления углерода в почвах, пастбищ, пашен и смешанных систем аграрного производства обсуждались на 51-й Сессии вспомогательных органов РКИК в декабре 2019 года. Кроме того, в конце 2017 года при поддержке программы Европейского союза по развитию научных исследований и технологий «Горизонт 2020» стартовал проект координации международного сотрудничества в деле поглощения углерода почвами в сельском хозяйстве (CIRCASA), объединивший ведущих специалистов мира в области почвенного углерода,

включая представителей ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», являющегося официальным партнером консорциума в России. За прошедшие два года были структурированы существующие знания о почвенном органическом веществе и потенциале поглощения атмосферного углерода, разработаны научные основы стратегических исследований, учтены мнения заинтересованных сторон, в том числе около 2300 фермеров, по поводу потребностей в исследованиях.

ОБЩИМИ УСИЛИЯМИ

Сейчас консорциум CIRCASA тесно взаимодействует с международными объединениями и программами, включая Глобальное почвенное партнерство (GSP) Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), инициативу «4 промилле», Глобальный исследовательский альянс по парниковым газам в сельском хозяйстве

(GRA), недавно начавшуюся Европейскую совместную программу по сельскохозяйственным почвам (EJP SOIL), Сеть по почвенному углероду для устойчивого сельского хозяйства в Африке (CaSa) и другие. Ряд ведущих исследовательских организаций мира вошли в наблюдательный совет проекта, в том числе ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В. В. Докучаева». Для коммуникации и сотрудничества ученых и заинтересованных лиц по данной теме были созданы онлайн-платформа и информационная система управления знаниями.

В марте 2020 года на встрече партнеров CIRCASA, посвященной созданию Международного исследовательского консорциума по секвестрации углерода в землях в сельском хозяйстве, председатель Совета миссии ЕС по здоровью почвы и продовольствию С. Верман подчеркнул важность комплексных усилий в рамках нового Европейского зеленого соглашения. Договор, представленный Европейской комиссией в декабре 2019 года, предусматривает полное прекращение выбросов парниковых газов к 2050 году. Для достижения этой цели ЕС предполагает в ближайшие 10 лет выделить триллион евро.



ПАХОТНЫЕ ПОЧВЫ ПЛАНЕТЫ МОГУТ СЛУЖИТЬ ВАЖНЕЙШИМ СТОКОМ УГЛЕРОДА, И УВЕЛИЧЕНИЕ ЕГО ЗАПАСОВ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ВСЕГО НА 0,4% В ГОД МОЖЕТ В ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ СТЕПЕНИ КОМПЕНСИРОВАТЬ АНТРОПОГЕННУЮ ЭМИССИЮ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРУ

IV ЕЖЕГОДНАЯ ПОЛЕВАЯ ВЫСТАВКА-ДЕМОНСТРАЦИЯ 2020г.

20-21 августа

ДЕНЬ
ДОНСКОГО ПОЛЯ



50
ДЕМПОКАЗОВ
ВСЕГО ЦИКЛА
С/Х РАБОТ

200
ЕДИНИЦ С/Х
ТЕХНИКИ

150
ЭКСПОНЕНТОВ

Один из крупнейших проектов на Юге России для демонстрации потенциала сельскохозяйственной техники и достижений агротехнологий

Более 6 000 посетителей –
руководителей и специалистов сельхозорганизаций!
СТАНЬТЕ УЧАСТНИКОМ ДНЯ ДОНСКОГО ПОЛЯ
И ЗАЯВИТЕ О СВОЕМ ПРОДУКТЕ!

ПРОДЕМОНСТРИРУЙТЕ
СВОИ ПРЕИМУЩЕСТВА И НОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ НЕПОСРЕДСТВЕННО
В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ



Также в марте 2020 года был опубликован свежий План действий циркулярной экономики. В документе содержатся новые инициативы по жизненным циклам продуктов производства в целях модернизации и преобразования экономики при обязательной защите окружающей среды. Предполагается, что Международный исследовательский консорциум будет взаимодействовать с агропродовольственным бизнесом, производителями и дистрибьюторами оборудования и машин, удобрений, технологий точного земледелия. В этот круг также входят агентства, предоставляющие спутниковые данные, службы контроля над выбросами парниковых газов, организации, занимающиеся углеродным кредитованием, учреждения, действующие в области обращения с сельскохозяйственными и пищевыми отходами, консультанты аграрного сектора. Консорциум будет координировать свои действия с международными ведомствами в соответствии с конвенциями ООН, ведущими исследовательскими компаниями и университетами.

МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ПОЧВЕННОГО УГЛЕРОДА УЧИТЫВАЮТ ДОСТИЖЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ЦЕЛЕЙ: УПРАВЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ СЕВООБОРОТОВ, АДАПТАЦИЮ К ОЖИДАЕМЫМ КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ, УВЕЛИЧЕНИЕ ПОСТУПЛЕНИЯ ОСТАТКОВ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ, СНИЖЕНИЕ НЕПРОДУКТИВНЫХ ПОТЕРЬ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ И ПРЕПЯТСТВИЙ ПРИ ВНЕДРЕНИИ СООТВЕТСТВУЮЩИХ АГРАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

БЕЗ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭМИССИИ

Совместно с созданной по инициативе GSP Глобальной сетью почвенных лабораторий (GLOSOLAN) сегодня ведется работа над улучшением ситуации в области оценки содержания углерода в сельскохозяйственных землях путем гармонизации национальных и региональных протоколов и стандартов лабораторных анализов. Так, в рамках деятельности GSP в 2017 году была создана глобальная карта содержания почвенного углерода, а сейчас действует программа оценки и картирования потенциала секвестрации этого элемента почвами. В 2017 году на встрече ведущих ученых в области сельского хозяйства «Группы 20» (MACS-G20) были впервые представлены результаты деятельности GRA. Альянс был сформирован в 2009 году в целях объединения усилий стран в производстве большего количества сельскохозяйственной продукции без увеличения эмиссии парниковых газов. В рамках организации была сформирована глобальная сеть раз-

работчиков моделей для расчетов выпуска и поглощения таких веществ сельскохозяйственными почвами, имеющих опыт работы с фермерскими предприятиями, внедряющими практики устойчивого управления почвенными ресурсами (УУПР). Актуальность исследований увеличения поглощения углерода в почве в зависимости от совершенствования элементов систем земледелия и УУПР также подчеркивает деятельность Международной сети устойчивого сельского хозяйства в умеренной зоне (TempAg). Данные работы имеют особое значение в связи с тем, что основная часть мировых продуктов питания производится в умеренных широтах.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Проект CIRCASA является логическим продолжением завершившейся в 2015 году инициативы EC SmartSoil — Устойчивое управление системами земледелия, направленное на снижение для почв угроз, связанных с климатическими изменениями. В ее рамках разрабатывался инновационный подход, использующий имитационное динамическое моделирование потоков углерода для оценки его влияния в сельскохозяйственном производстве на продуктивность культур и запасы этого элемента. Научной базой выступали данные долгосрочных европейских опытов в качестве независимой информации

ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ,
ЛИСКИНСКИЙ РАЙОН,
ООО «ЭКОНИВА-АГРО»

13-14 АВГУСТА
2020

ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ:

- Плуги, дисковые бороны, комбинированные агрегаты, культиваторы, глубокорыхлители, уплотняющие катки, загрузчики сеялок, сеялки, опрыскиватели, разбрасыватели удобрений, технологии обработки почвы и сева
- Косилки, косилки-плющилки, грабли-ворошилки, пресс-подборщики, кормоуборочные комбайны, кормораздатчики-смесители, технологии заготовки кормов
- Жатки валковые, зерноуборочные комбайны, приспособления для уборки

подсолнечника и кукурузы, пресс-подборщики, измельчители-мульчировщики, стогометатели, технологии возделывания и уборки зерновых культур

- Свеклоуборочные комбайны и комплексы, ботвоуборочные и корневыкапывающие машины, очистители головок корней, подборщики-погрузчики, технологии возделывания и уборки сахарной свеклы
- Тракторы, автомобили, спецтехника
- Семена, удобрения, средства защиты

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР

РОСТСЕЛЬМАШ

ОФИЦИАЛЬНЫЙ СПОНСОР

ВОРОНЕЖКОМПЛЕКТ
СХОДОВО-СЕПАРИНГОВАЯ КОМПАНИЯ

СПОНСОР РЕГИСТРАЦИИ

ГАНЗА

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПОСТАВЩИК УДОБРЕНИЙ

ФОСАГРО РЕГИОН

ПАРТНЕРЫ ВЫСТАВКИ:

АГРО-Лидер

ЭКОНИВА-АГРО
ЧЕРНОЗЕМЬЕ

БМ Техника
Экспертный центр

www.vfcenter.ru

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ

Мировая техника

АГРО-ЦЕНТР

АПК ЮГ

Зерно Он-лайн
информация

Бизнес Онлайн

ОРГАНИЗАТОРЫ:

Департамент аграрной политики Воронежской области

Выставочная фирма «Центр»

КОНТАКТЫ:

Тел./факс (473) **233-09-60**

Е-mail: agro@vfcenter.ru

ЦЕНТР
ВЫСТАВОЧНАЯ ФИРМА

На правах рекламы

для моделирования эффективности систем земледелия в условиях современного и будущего климата, в том числе их экономическая оценка. Используемая впоследствии в CIRCASA группировка результатов исследований служила исходной информацией при решении трех основных задач. Сначала необходимо выбрать элементы систем земледелия, для моделирования которых существует достаточное количество экспериментальных сведений. Ими оказались способы почвозащитной обработки и структура севооборота. Затем требуется определить территорию, где применение углерод-секвестрирующих агротехнологий (УСА) может принести наибольшую пользу, например в вопросе экономической целесообразности осуществления инициативы «4 промилле». Впоследствии, после введения УСА, путем анализа урожайности выполняется оценка продовольственной безопасности.

ПРОГНОЗ ДИНАМИКИ

Доступные сегодня оценки накопления углерода почвами для территории России базируются главным образом на региональных исследованиях, в то время как для успешного внедрения УСА в практику необходимо такие анализы проводить на уровне отдельного поля или хозяйства. Данная схема предусматривает одновременное достижение нескольких целей, среди которых — эффективное управление продуктивностью севооборотов, адаптация к ожидаемым климатическим изменениям, увеличение поступления растительных остатков и органических удобрений, снижение непродуктивных потерь углерода за счет совершенствования элементов агротехнологии и экономический анализ преимуществ и препятствий при внедрении УСА. Использование подобного подхода — гораздо более сложная проблема, связанная зачастую с недостатком исходной информации и сложностью создания программного комплекса для адекватного решения многоцелевых задач оптимизации.

ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ВНАЧАЛЕ ПРОИСХОДИТ НАСТРОЙКА МОДЕЛИ ТАКИМ ОБРАЗОМ, ЧТОБЫ МАКСИМАЛЬНО ТОЧНО ОТРАЖАТЬ НАБЛЮДАЕМУЮ ДИНАМИКУ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ПОЧВЫ. ОДИН ИЗ ВАРИАНТОВ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В КАЧЕСТВЕ НАСТРОЕЧНОГО РЯДА ДАННЫХ, А ОСТАЛЬНЫЕ ВЫСТУПАЮТ КАК НЕЗАВИСИМЫЕ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТОЧНОСТИ РАБОТЫ

В исследованиях, проводимых в ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», используется концепция проекта SmartSoil в области сбора и анализа результатов длительных полевых опытов в России с моделированием возможности управления запасами углерода в условиях ожидаемого климата и экономической оценкой. Методической основой для прогнозирования изменений запасов и потоков этого элемента являются подходы, реализованные в Ротамстедской модели динамики С почвы — главного способа прогнозирования в проекте CIRCASA. На ее базе разрабатываются программные продукты для определения потенциального поглощения данного вещества пахотными почвами европейской территории РФ при различных агротехнологиях на уровне отдельного участка. В качестве исходных материалов используются результаты Географической сети длительных полевых опытов с удобрениями — основного многолетнего электронного российского архива, который позволяет проводить совместное описание динамики почвенных свойств, продуктивности сельскохозяйственных культур и элементов агротехнологий, сопряженных с локальными погодными данными. Для этого необходимо создание многолетних временных рядов информации для компьютерного моделирования, реализуемого с помощью баз данных актуальных длительных полевых экспериментов в Московской, Владимирской, Воронежской, Тверской и Ростовской областях. Наиболее долгосрочный из них был заложен в Московской области в 1933 году, самый короткий — в Ростовской области в 1974 году.

УЧЕТ ФАКТОРОВ

При прогнозировании вначале происходит настройка модели таким образом, чтобы максимально точно отражать наблюдаемую динамику органического углерода почвы. Один из вариантов полевых опытов используется в качестве настроечного ряда данных, а остальные выступают как независимые для проверки точности работы

технологии. После завершения настройки модель изменения С может применяться для прогнозирования увеличения его запасов и возможности управления этим процессом. При этом учитываются ожидаемые изменения климата, связанные с ним и почвенным плодородием показатели продуктивности возделываемых культур, а также адаптивные перемены в агротехнологиях. Длительный прогноз динамики углерода в пахотных почвах опирается на несколько сценариев изменения метеорологических условий, которые генерируются соответствующим модулем модели. Данные для него определены на основе имитационной системы «Климат — Почва — Урожай». Расчеты выполнены до конца XXI века для ансамблевого сценария изменения климата ANS 31, разработанного в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова в ходе реализации пятой фазы международного проекта сравнения объединенных моделей. Учитывались два варианта эмиссии парниковых газов, RCP 4.5 и RCP 8.5, каждому из которых соответствовали траектории трансформации концентраций, рекомендованных Межгосударственной экспертной комиссией по изменению климата. Так, RCP 8.5 предполагает практическое отсутствие мер ограничения эмиссий и резкое изменение климата — с увеличением температуры на величину до 5°C к концу текущего столетия. Сценарий RCP 4.5 рассматривается как средний между крайне аридным и версией устойчивого развития с повышением глобальной температуры на 3°C к концу столетия. Один из тестируемых способов прогноза урожайности учитывает влияние на него трансформирующихся погодных условий и технологического тренда, задаваемого динамикой почвенного плодородия и изменением элементов агротехнологии во времени. Полученная зависимость используется затем для расчета урожая каждой культуры в условиях будущего климата до 2090 года по двум сценариям эмиссии парниковых газов отдельно для каждого варианта опыта. Поступление углерода с растительными остатками в почву рассчитывается из реально наблюдаемой либо прогнозной продуктивности севооборота при ожидаемом изменении метеорологических условий. В расчет включается углерод растительных остатков: стерни и подземной биомассы, а также побочной продукции в том случае, если она не отчуждается.



ОПТИМАЛЬНЫЙ СЦЕНАРИЙ

В экономическом модуле были разработаны алгоритмы оценки затрат на фиксацию органического углерода, а также анализа биоклиматического потенциала и технологии управления им в агроландшафтах в условиях изменяющегося климата до 2100 года. Способ экономического прогноза климатической адаптации базируется на расчете расходов и прибыли. Один из сценариев предполагает изменение структуры сельскохозяйственного производства, отвечающей за максимизацию доходов от адаптации во времени, другой обеспечивает как рост экономической эффективности, так и устойчивость процессов воспроизводства почвенного плодородия. Второе условие задается введением статистической модели С почвы, позволяющей последовательно проверять условия постоянства запасов этого элемента или их возрастания в заданных пределах. Адаптационные сценарии сравниваются с вариантом, когда структура сельскохозяйственного производства и

ПОСТУПЛЕНИЕ УГЛЕРОДА С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ОСТАТКАМИ В ПОЧВУ РАСЧИТЫВАЕТСЯ ИЗ РЕАЛЬНО НАБЛЮДАЕМОЙ ЛИБО ПРОГНОЗНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕВООБОРОТА ПРИ ОЖИДАЕМОМ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА. УЧИТЫВАЕТСЯ ДАННЫЙ ЭЛЕМЕНТ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ: СТЕРНИ И ПОДЗЕМНОЙ БИОМАССЫ, А ТАКЖЕ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ В ТОМ СЛУЧАЕ, ЕСЛИ ОНА НЕ ОТЧУЖДАЕТСЯ

экономические характеристики хозяйствования сохраняются неизменными с учетом изменения климата. Для разработки адаптационных планов составляется база данных затрат и прибыли при разных агротехнических приемах, включая традиционные и почвозащитные системы земледелия на основе экспериментальных показателей длительных опытов. Затем рассчитывается баланс прямых расходов и прибыли при использовании инновационных агротехнических приемов по сравнению с традиционными технологиями и моделируется прирост содержания органического углерода при разных севооборотах и дозах внесения удобрений при реализации различных вариантов изменения климата. В результате формируются прогнозные экономические сценарии, проводится их верификация с учетом ожидаемых климатических перемен и выбирается оптимальная стратегия внедрения УСА, способная обеспечить годовое увеличение запасов почвенного углерода в размере 4 промилле с минимальными затратами.

АВТОМАТИЗИРОВАТЬ ПРОЦЕСС

Модель баланса углерода почвы в модуле «экономика» в сочетании с трендовым прогнозом урожайности культур севооборота может использоваться для решения ряда задач оценки его экономической эффективности и устойчивости процессов воспроизводства плодородия. Проводимая работа должна рассматриваться как необходимый шаг к перемещению на уровень проблем глобального масштаба в проекте CIRCASA, в частности, при переходе от научного полевого эксперимента к системе региональных оценок экономической целесообразности осуществления инициативы «4 промилле» в отечественном сельском хозяйстве при ожидаемых климатических изменениях. Полученные во всех моделях результаты в дальнейшем лягут в основу автоматизированной системы прогноза связывания углерода пахотными территориями России при использовании инновационных агротехнических приемов — как тестируемых в ходе полевых опытов, так и моделируемых в качестве перспективных. Разрабатываемая система рассматривается как инструмент, позволяющий анализировать целесообразность и результативность мероприятий по секвестрации почвенного углерода, и как способ повысить точность оценок в региональном масштабе.