

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВАХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ф.Н. Лисецкий, А.О. Полетаев
fnliset@mail.ru

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород, Россия*

В рамках реализации конвенции ООН об изменении климата (*UNFCCC*) было инициировано Парижское соглашение и предложена инициатива 4p1000, направленная на увеличение запасов в почве органического углерода за счет внедрения передовых методов агрохозяйственной деятельности, в числе которых поощряются консервативные методы и природоподобные технологии, такие, например, как нулевые обработки (*No-tillage*) почвы. Эти подходы по-разному будут эффективны в конкретных биоклиматических и почвенных условиях, что обуславливает формирование нового круга исследовательских задач. Постагроденные почвы находятся в оптимальных условиях воспроизводства ресурсов почвенного плодородия, что, в частности, отражается в прогрессивном изменении количественных и качественных параметров органического вещества. Такие почвы выступают натурными моделями ренатурационных процессов при их максимальной эффективности [3, 4], однако цели как простого, так и расширенного воспроизводства почвенного органического вещества (ПОВ) могут быть достигнуты также в почвосберегающих и почвовосстанавливающих системах земледелия, практикуемых при его биологизации [2, 5]. Пахотные почвы России по максимальному потенциалу секвестрации углерода в почве (25,5 Мт/год) занимают пятое место в мире [7]. Сукцессионные изменения на залежных землях – сложный процесс постагроденного восстановления почвенно-растительного покрова в регенеративных экосистемах. При зарастании заброшенных сельхозугодий, особенно после долгого их использования, изменяются многие почвенные показатели, включая углерод и гумусное состояние почв, физические, физико-химические и агрохимические свойства постагроденных почв, функционирование микробных сообществ и биологические свойства почв. В ходе постагроденной динамики происходит сингенетический процесс сукцессионных смен растительности и почв. При этом увеличивается как содержание ПОВ и его запасы (в связи с изменением плотности сложения почвы), так и качественный состав гумуса.

Особенности воспроизводства органического вещества должны учитываться при нормировании эрозионных потерь почвы [3, 6], с учетом того обстоятельства, что при водно-эрозионном процессе происходит селективный отбор частиц с меньшей плотностью твердой фазы, для которых характерно обогащение ПОВ. В этой связи особенно актуальны исследования в Белгородской области, которая характеризуется наибольшей степенью эродированности почвенного покрова в ЦЧР. Объектами исследования выступали постагроденные почвы, для которых историю землепользования, включая датировку начала залежного режима, устанавливали, воссоздавая историю полей по разновременным топографическим картам и космическим снимкам. Почвенные разрезы входят в состав полигонов, которые, исходя из их расположения с северо-запада на юго-восток Белгородской области: Хотмыжский полигон (№ 1); Прохоровский полигон (№ 2); Вейделевский полигон (№ 3), отражают изменение почвенно-климатических условий от подзоны типичной лесостепи (№ 1 и № 2) к подзоне южной лесостепи (№ 3), то есть по

градиенту аридности. По данным на середину XX века среднегодовое количество осадков по этой трансекте изменялось от первого ко второму и третьему полигону от 574 мм к 630 мм и до 644 мм. В этот же период не менее значительно менялись и условия обеспеченности теплом. Энергетический потенциал почвообразования, отражающий климатические затраты энергии (Q , МДж(м²· год)), рассчитывали по формуле В.Р. Волобуева (1959), учитывающей условия тепло- и влагообеспеченности (через многолетние величины радиационного баланса и годовой суммы осадков). Для десятилетий, синхронных с длительностью залежного режима, рассчитаны величины биоклиматического потенциала (БКП), учитывающие сумму среднесуточных температур воздуха за период активной вегетации и коэффициент роста показателя атмосферного увлажнения. При этом важно отметить, что тип землепользования существенно преломляет биоклиматические условия внешней среды, что было показано при сравнении температурной чувствительности у почв, которые находились в сельскохозяйственном использовании, с их природными аналогами [1].

Содержание мортмассы устанавливали путем отмывки негумифицированного органического вещества водой на сите с диаметром ячеек 0,25 мм. Углерод мортмассы определяли методом Тюрина в модификации Янишевского. Анализ содержания в почве органического углерода выполняли по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91), лабильного гумуса – по методу Егорова (1938), валового азота – по методике Кьельдаля – Иодельбауэра. Качественный состав ПОВ определяли по методике М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой. Для сравнительного анализа одновременных залежей с различной мощностью горизонта ренатурации (от 12 до 26 см, в среднем – 19 см) были рассчитаны удельные запасы ПОВ и общего валового азота (т/га) путем их приведения на каждые 10 см мощности горизонта А.

В постагрогенных горизонтах почв указанных трех полигонов наименьшие различия определены для содержания гуминов, лабильных органических веществ, а также доли С_{гк} и С_{фк}, содержания легко трансформируемых органических веществ и соотношения С:N. Из проанализированного ансамбля параметров, характеризующих количественный и качественный состав ПОВ, были обоснованы восемь наиболее характерных показателей, названных диагностическими (табл. 1).

Исследовательские полигоны по варьированию величин диагностических показателей содержания и состава ПОВ располагаются в ряд от Прохоровского к Вейделевскому и к Хотмыжскому (по мере снижения вариации показателей внутри ансамбля). Это отражает более широкие диапазоны проявления педогенеза в почвах черноземного типа под разнотравными луговыми сообществами по сравнению с залежами с серыми лесными почвами, где определённое участие принимает лесная растительность. В том же порядке расположения полигонов наблюдается устойчивое снижение величин пяти показателей из восьми, показанных в таблице 1. Они характеризуют содержание Сор_г и удельные запасы ПОВ и азота. Отличается от почв других полигонов почва Вейделевского полигона, расположенного в подзоне южной лесостепи с наибольшим энергопотенциалом почвообразования. Здесь постагрогенный горизонт чернозема выщелоченного, находящегося в режиме залежи 40 лет, характеризуется более высокими величинами содержания углерода в лабильных органических веществах и соотношения С_{гк}:С_{фк}.

Соотношение удельных скоростей процессов формирования и деструкции растительного вещества во многом контролируется конкретными биоклиматическими условиями. Чем выше продукция и ниже скорость деструкции, тем больше мортмассы накапливается в надземном ярусе. Она, но особенно мортмасса подземного яруса, вы-

ступает значимым резервом для образования и последующего депонирования органического углерода (Сорг). В отличие от контраста трех залежных почв по содержанию мортмассы (до двух раз) содержание углерода в ней варьировало у почв на разных полигонах менее значительно (в диапазоне от 18 до 22 %). Более высокая обогащенность органическим углеродом структурных отдельных диаметров 1-2 мм в сравнении с более крупной размерностью (2-3 мм) отмечена только для постагрогенного горизонта почвы из Вейделевского полигона (1,1), однако, как показывают данные Таблицы, почвы трех полигонов значительно отличаются по содержанию Сорг в мезоагрегатах диаметром 1-2 мм.

Таблица 1

Диагностические показатели содержания и состава ПОВ в постагрогенных горизонтах почв трех полигонов Белгородской области

Показатели	Ед. измер.	Полигоны исследования*		
		П	В	Х
Q	МДж(м ² . год)	1120	1130	1056
БКП	баллы	1,78	1,88	1,84
УЗ** (ПОВ)	т/га	49,1	35,7	18,5
УЗ** (Нвал.)	т/га	2,9	2,8	1,3
М****	%	4,2	1,8	2,0
Сорг (почва)	%	3,0	2,3	2,0
Сорг (1–2 мм)	%	4,5	3,4	2,4
Сорг (0,1н NaOH)	%	1,5	1,1	0,9
Слг***	%	0,15	0,37	0,23
Сгк:Сфк	–	2,3	2,5	1,7

* Полигоны: П – Прохоровский; В – Вейделевский; Х – Хотмыжский. ** УЗ (Удельные запасы, т/га); *** Слг – содержание углерода в лабильных органических веществах; **** М – содержание мортмассы, %.

Установленная связь Сорг с 11 физико-химическими показателями (содержание мортмассы и её углерода, лабильного и легко трансформируемого органического вещества (ОВ), частиц <0,01 мм, Нвал., а также пятью показателями микробиологической активности) позволила определить вклад наиболее лабильных и климатически детерминированных свойств. После разделения почвы на структурные отдельные размерности 1-2 мм и 2-3 мм, что позволило ввести в массив анализируемых данных водопрочность агрегатов, был выполнен анализ между содержанием Сорг и 15 показателями потенциально плодородия. Для совокупной выборки, включающей структурные отдельные размерности 1-2 мм и 2-3 мм, статистически значимая положительная корреляция ($p < 0,05$) содержания Сорг установлена с содержанием серы и оксида кальция, а статистически значимая отрицательная корреляция наблюдается у содержания Сорг с содержанием SiO₂ и кобальта. Более мелкие структурные отдельные (1-2 мм) отличаются от более крупных (2-3 мм) тесной зависимостью гумусированности почв с содержанием цинка и оксида фосфора. Результаты анализа связи между содержанием Сорг и содержанием эссенци-

альных элементов позволяют статистически достоверно определить для условий лесостепи Белгородской области ансамбль химических элементов и оксидов, которые сопровождают (и диагностируют) процессы депонирования органического углерода в залежном режиме (оксиды кальция и фосфора, валовой азот, сера, цинк). Закрепление гумусовых веществ затруднительно в более легких по гранулометрическому составу почвах с содержанием физической глины менее 30%, что отражаются в более высоком содержании в них оксида кремния. Таким образом, процессы формирования органо-минеральных соединений, использующих запас частиц пыли и глины, определяют потенциал устойчивого депонирования защищенного от минерализации ПОВ и углерод-протекторную емкость почвы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-17-00169, <https://rscf.ru/project/23-17-00169/>

ЛИТЕРАТУРА

1. Каганов В. В. Оценка скорости минерализации органического вещества основных типов почв европейской части России при различных температурных режимах / В. В. Каганов, И. Н. Курганова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 15(110). – С. 145-153.

2. Лисецкий Ф. Н. Воспроизводство почв в системах ландшафтно-экологического земледелия / Ф. Н. Лисецкий // Научные и практические основы сохранения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения в адаптивно-ландшафтном земледелии : Материалы международной научно-практической конференции 25-26 мая 2004 г., Белгород: Белгородский НИИСХ, 25–26 мая 2004 года. – Белгород: Крестьянское дело: Крестьянское дело, 2004. – С. 160-168.

3. Лисецкий Ф. Н. Научное обеспечение экологической реставрации разрушенных земель в агроландшафтах / Ф. Н. Лисецкий, И. В. Кулик // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения : VI международная научно-производственная конференция, Белгород, 26–28 марта 2002 года. Том Часть I. – Белгород: Белгородская государственная сельскохозяйственная академия, 2002. – С. 17-18.

4. Малышев А. В. Особенности воспроизводства почв на залежах в различных физико-географических условиях Белгородской области / А. В. Малышев // Региональные геосистемы. – 2021. – Т. 45, № 1. – С. 40-50. – DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-1-40-50.

5. Савченко Е. С. Опыт биологизации агротехнологий при освоении адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Белгородской области / Е. С. Савченко, В. И. Кирюшин, С. В. Лукин // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 6(390). – С. 658-661. – DOI: 10.55186/25876740_2022_65_6_658.

6. Спесивый О. В. Оценка интенсивности и нормирование эрозионных потерь почвы в центрально-черноземном районе на основе бассейнового подхода / О. В. Спесивый, Ф. Н. Лисецкий // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 10(181). – С. 125-132.

7. Romanenkov V. A. Maps of soil organic carbon sequestration potential in the Russian croplands / V. A. Romanenkov, J. L. Meshalkina, A. Y. Gorbacheva et al. // Eurasian Soil Sc. – 2024. – Vol. 57. – P. 737-750. – DOI: 10.1134/S106422932360375X.