Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 631.416.2:631.445.24:631.81:631.582

Баланс органического вещества дерново-подзолистой почвы в севооборотах со средообразующими и сидеральными культурами

Красноперов А.Г., Зарудный В.А., Пятаков М.А.

Калининградский НИИСХ - филиал «ФНЦ ВИК им. В. Р. Вильямса»

Аннотация

В условиях Калининградской области многолетними исследованиями обосновывается возможность использования четырех- и пятипольных полевых севооборотов с положительным балансом органического вещества для долгосрочного связывания атмосферного углекислого газа в виде стабильного гумуса в почве. Введение в полевые короткоротационные севообороты средообразующих и сидеральных культур позволяет улучшать агрофизическое состояние почвы, за счет сидерации однолетних культур и растительных остатков многолетних бобовых культур, что способствовало повышению урожайности. Так, при выращивании озимой пшеницы после клеверной отавы, сборы зерна в среднем за три года составили по 44,4 ц/га, что на 23,7% выше, чем по другим предшественникам. Четырех – и пятипольные севообороты с включением многолетних бобовых и злаковых трав обладают значительным потенциалом накопления органического вещества для его последующей консервации в виде гумуса. Наибольший положительный баланс гумуса (+2,5 т/га) отмечен в севообороте с включением кормовых бобов, ярового ячменя под покров многолетних трав и озимого тритикале. Способствует повышенному накоплению органического вещества в севообороте использование однолетних смешанных бобовых и злаковых культур при посеве летом в качестве сидератов-предшественников под озимый рапс, ячмень, пшеницу, рыжик.

Ключевые слова: БАЛАНС ОРГАНИЧЕСКООГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ, ГУМУС, КОРОТКОРОТАЦИОННЫЙ СЕВООБОРОТ, СРЕДООБРАЗУЮЩИЕ И СИДЕРАЛЬНЫЕ КУЛЬТУРЫ

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Введение

Региональные особенности почвенно-климатических условий Калининградской области накладывают определённый отпечаток на некоторые параметры режима формирования органического вещества и элементов питания в дерново-подзолистой почве. Длительный период биологической активности, достаточное, а порой и избыточное увлажнение, плавный годовой ход температуры влияют на относительно высокую скорость гумификации и трансформации почвенного органического вещества, а ярко выраженный промывной режим способствует активной миграции неспецифических органических соединений и подвижных гумусовых кислот. Всё это стало причиной формирования на большей части территории области почв с относительно мощным гумусово-аккумулятивным горизонтом, а также повышенного содержания органического вещества в нижних горизонтах почвенного профиля.

Особенности годового хода температуры и осадков приводят к значительным колебаниям содержания водорастворимого органического вещества по сезонам года. Максимальное содержание наиболее активных фракций гумуса приходится на весенние месяцы, летом оно снижается вследствие активизации процессов минерализации и «вызревания» гумусовых молекул.

Качественный состав органического вещества почв Калининградской области характеризуется относительно низким содержанием негидролизуемой фракции - гумина. Недостаток консервативного органического вещества - гумина и третьей фракции гумусовых веществ - в значительной степени предопределяет чрезмерное уплотнение почв тяжёлого гранулометрического состава и обусловливает необходимость повторной обработки почв в весенний период.

Наиболее ярко влияние природно-климатических факторов на формирование гумуса прослеживается при сравнении гумусного состояния почв под лесами. В отличие от почв под хвойными и смешанными лесами южной тайги в гумусово-аккумулятивных горизонтах почв под лиственными лесами Калининградской области присутствуют гуматы кальция и магния. Относительное содержание фульвокислот и негидролизуемых органических веществ заметно ниже, что указывает на интенсивно протекающие процессы гумификации, минерализации и трансформации почвенного органического вещества.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Абсолютное большинство почв Калининградской области подверглось весьма длительному и интенсивному антропогенному воздействию. Окультуривание почв вызывает изменение не только глубины гумусово-аккумулятивной части профиля, но и содержания различных фракций гумусовых веществ. В слабоокультуренных почвах, как и в почвах под лиственными лесами, в верхнем горизонте преобладает первая, а ниже - третья фракция гуминовых кислот. Содержание свободных и рыхлосвязанных гуминовых кислот убывает вниз по профилю.

С увеличением длительности и интенсивности антропогенного воздействия уменьшается относительное содержание свободных и легкоподвижных фульвокислот, возрастает доля гуминовых кислот и закономерно расширяется отношение Сгк/Сфк. Степень гумификации органического вещества в лесных и слабоокультуренных почвах средняя, в средне- и хорошо окультуренных - высокая. Окультуривание почв вызывает изменение количества гумуса и его качественного состава, что оказывает влияние на физические свойства почв.

В последние годы в связи со значительным падением объёмов вносимых органических удобрений наблюдаются деградационные изменения в составе гумуса на некоторой части пахотных угодий. Снижение доли гуминовых кислот, в первую очередь наиболее агрономически ценной их фракции - гуматов кальция, увеличение относительного содержания свободных и рыхлосвязанных фульвокислот приводит не только к подкислению почвенных растворов, но и к ускоренному выщелачиванию ряда элементов питания.

Мощность гумусово-аккумулятивного горизонта, накопление органических веществ в иллювиальной части почвенного профиля существенно воздействуют на количество и формы нахождения многих химических элементов, в том числе элементов минерального питания растений. Накопление гуминовых кислот и негидролизуемой фракции гумуса создаёт геохимический барьер, где аккумулируются биофильные элементы. Содержание обменно-поглощённых кальция, магния, кобальта, меди и ряда других микроэлементов напрямую зависит от гумусированности почвы, абсолютного и относительного содержания гумусовых веществ, главным образом химически активных первой и второй фракций. Кроме того, органическое вещество, в основном консервативные фракции и гуминовые

кислоты, играет определяющую роль в связывании и переводе в труднодоступную форму тяжелых металлов, детоксикации органических ксенобиотиков, что является исключительно важным экологическим аспектом поддержания почвенного плодородия.

Отличительной особенностью пахотных дерново-подзолистых почв Калининградской области является значительное снижение содержания гумуса по сравнению с аналогичными почвами под лесом [1]. Авторы объясняют меньшее содержание гумуса в окультуренных почвах отрицательным балансом органического вещества, т.е. превышением скорости минерализации гумуса над гумификацией. Однако проведенные в Центральной России исследования дерново-подзолистых пахотных почв [2] показали, что горизонты A2B (B1) пахотных и целинных почв практически не различаются по запасам органического вещества.

Дегумификацию иллювиальных горизонтов, по-нашему мнению, можно объяснить двумя факторами: длительным (несколько столетий) использованием под пашню современных пахотных угодий и высокой подвижностью органического вещества в почвах региона. Установлено, что окультуривание легких дерново-подзолистых почв ведет к возрастанию относительного содержания растворимых фракций гумуса [3]. В тяжелых почвах подвижность гумуса при длительном окультуривании несколько снижается. В иллювиальных горизонтах дерново-подзолистых почв присутствует не только образованный на одном месте гумус, но и вымытый из верхней части почвенного профиля, причем доля вымываемого гумуса обратно пропорциональна содержанию тонкопылеватых и илистых частиц. Сокращение поступления свежих растительных остатков ведет к снижению количества мигрирующего в горизонты B гумуса, в то время как скорость его минерализации остается почти неизменной. Следствием этого является выраженная гумификация не только пахотного горизонта, но и глубжележащей части почвенного профиля.

Другой отличительной чертой пахотных почв в целом является значительное различие уровня достигнутого плодородия. Причиной этого стала существенная разница в специализации отдельных хозяйств Восточной Пруссии, различный ассортимент возделываемых культур и объемы применения навоза и минеральных удобрений. За последующие полвека эти различия были снивелированы. Тем не

менее, различия в количестве и составе почвенного органического вещества, связанные с почвообразующими породами, гранулометрическим составом, водным режимом и некоторыми другими относительно консервативными свойствами сохранялись и в последующем.

Исследование фракционного состава органического вещества выявило наличие региональной специфики не только в почвах под лесом, но и в пахотных почвах, а также связь гумусного состояния с гранулометрическим составом и режимом увлажнения.

Для почв более легкого гранулометрического состава отличия в составе и количестве гумуса от почв Центральной и Северо-Западной России весьма существенны. Кроме того, именно на легких почвах результаты антропогенного воздействия проявляются особенно ярко.

Почвы на двучленных отложениях характеризуются весьма низким отношением Сгк/Сфк. По-видимому, это связано с кратковременным переувлажнением и застойно-промывным водным режимом таких почв, что, по мнению Ф.Р. Зайдельмана (1998) [2] ведет к увеличению содержания фульвокислот и песчаных низкомолекулярных органических соединений.

Некоторое снижение отношения Сгк/Сфк. отмечено на двучленных отложениях с кратковременным избыточным увлажнением бурых лесных почв [4, 5].

Содержание и состав органического вещества легких пахотных почв нормального и кратковременного избыточного увлажнения характеризуются очень широким отношением Сгк/Сфк, высоким содержанием гуминовых кислот в пахотном горизонте, большей растянутостью иллювиально-гумусового горизонта по профилю и меньшим содержанием органического вещества в нем, на что влияют климатические условия, благоприятствующие процессам гумификации. Для окультуренных легких почв свойственна темная окраска и выраженное преобладание гуминовых кислот. Распашка гумусо-иллювиальных почв ведет к изменению состава источников органического вещества, а также водно-воздушного режима, следствием чего является усиление процессов гумификации. Запасы органического вещества в метровом слое в тяжелых глинистых и суглинистых почвах составляют 110–115 т/га, что вполне сравнимо с окультуренными дерново-подзолистыми почвами

Ленинградской области [6]. Легкосуглинистая почва на глине обладала несколько большим запасом органического вещества - 126 т/га. В песчаных окультуренных почвах запасы гумуса в 2–4 раза превышают аналогичный показатель для зональных окультуренных почв южной тайги.

Таким образом, пахотные почвы Калининградской области весьма различались по основным параметрам гумусного состояния. Причинами различий, кроме естественных факторов (гранулометрического состава, режима увлажнения и глубины залегания карбонатов), являются также длительность и интенсивность антропогенного воздействия.

Средневзвешенное значение содержания органического вещества в пересчете на гумус в пахотных почвах Калининградской области на 01.01.2007 составляет 2,63%. Параметры группового и фракционного состава свидетельствуют, что количество и состав органического вещества пахотных почв весьма далеки от оптимальных. В пахотных почвах на формирование гумусовых веществ, кроме природных факторов, оказывают влияние также, набор культур в севообороте, виды и дозы применяемых органических и минеральных удобрений, агротехнические приемы обработки почв. Неодинаковость воздействия вышеперечисленных факторов создает значительную пестроту показателей гумусного состояния почвы, которая проявляется не только в разных районах и хозяйствах, но даже в пределах одного поля.

Тем более существенны эти различия для почв, по-разному использовавшихся в последние 10–12 лет. Благодаря обеспечивающему длительный период биологической активности мягкому климату процессы гумификации, минерализации, а также перестройки макромолекул гумусовых веществ в почвах Калининградской области протекают гораздо интенсивнее, чем в почвах Северо-Запада и Центра России. Другой особенностью, вызванной ярко выраженным промывным водным режимом большинства пахотных почв области, является распространение изменений гумусного состояния не только на пахотный, но и на нижележащие горизонты почвенного профиля.

Целью исследований является установление короткоротационных севооборотов со средообразующими и сидеральными культурами с положительным балансом

органического вещества, используя маржинальные культуры, характерные для условий Калининградской области.

Объекты и методы

Объектом исследования являются короткоротационные севообороты с введением средообразующих и сидеральных культур и сортов, рекомендованных для возделывания ФГБУ Госреесром РФ.

Все исследования проводились на опытных полях Калининградского НИИ сельского хозяйства – филиала Федерального научного центра им. В.Р. Вильямса в период с 2011 по 2022 гг. в севооборотах с разным насыщением бобово-злаковых культур. Использовали комбинированный метод расчета баланса гумуса. Расходную часть баланса определяли по выносу азота урожаем сельскохозяйственных культур, а приходную - через массу пожнивно-корневых остатков. Расходную часть баланса органического вещества определяли по величине потерь гумуса вследствие его минерализации. Приходная часть баланса органического вещества складывалась из новообразующегося органического вещества вследствие гумификации растительных остатков и органических удобрений.

Исследования гумусного состояния почв полевого стационара и опытного поля Калининградский НИИСХ – филиала «ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса» проводятся регулярно на протяжении нескольких ротаций севооборотов с различной степенью насыщения средообразующих и сидеральных культур. Почва полевого стационара и опытного поля по классификации 1977 года - дерново-подзолистая хорошо окультуренная среднесуглинистая глееватая на моренных карбонатных суглинках. По классификации 2004 года это - агрозем текстурно-дифференцированный среднесуглинистый глееватый на моренных карбонатных суглинках.

Результаты и обсуждение

Фракционный состав почвенного органического вещества определялся не только в пахотном горизонте, но и во всей гумусированной части профиля. Содержание и состав почвенного органического вещества хорошо окультуренной почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1. Групповой и фракционный состав органического вещества дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы опытного участка Калининградского НИИСХ (2000-2021 гг.)

Горизонт	Сорг	Сгк, % к удобрение Сорг				Сорг, % к почве Сгк					Негидролиз. остаток	Сгк/Сфк
		1	2	3	∑	1а	1	2	3	∑		
Апах	2,20	7,6	7,9	15,6	31,1	4,3	3,7	10,5	13,3	31,8	37,1	0,98
A_1	2,19	7,0	10,0	16,4	33,4	7,8	5,2	7,9	14,8	32,7	33,9	1,02
АВ	1,65	4,5	8,6	12,4	25,5	5,2	3,4	9,5	16,8	34,9	39,6	0,73

Почва опытного поля характеризуется небольшим (до 20 см) гумусовым профилем, повышенным содержанием органического вещества в пахотном и невысоким содержанием в подпахотном горизонтах, реакцией близкой к нейтральной среде почвенного раствора. Анализ данных таблицы 1 свидетельствует, что процессы внутрипрофильной миграции органического вещества играют подчиненную роль. На это указывает низкий процент свободных фракций гумуса и относительно высокая для почв Калининградской области доля инертных гумусовых веществ - гуминов и третьей фракции гуминовых кислот. Максимальное содержание инертного гумуса характерно для переходного к иллювиальному горизонту. Там, где скорость минерализации органического вещества ниже, чем в верхней части профиля, происходит накопление наиболее устойчивых термодинамически зрелых молекул гумусовых веществ.

Признаком средней окультуренности почвы является преобладание второй фракции гуминовых кислот (главным образом гуматов кальция) над фракцией свободных и рыхлосвязанных гуминовых кислот - ГК1, что нехарактерно ни для целинных дерново-подзолистых почв, ни для их освоенных и слабоокультуренных аналогов. В слабоокультуренных почвах гуматы кальция сосредоточены преимущественно в пахотном горизонте, ниже их содержание, как и общее количество гуминовых кислот, резко снижается. Так, например, в агроземах Северо-Запада, как и в рассматриваемой почве, в пахотном горизонте преобладает третья фракция прочно фиксированных гуминовых кислот, однако в отличие от высокоокультуренных почв Московской области эта фракция преобладает во всей гумусированной части профиля [7].

Распределение фульвокислот в верхних горизонтах профиля также имеет отличия от лесных и слабоокультуренных дерново-подзолистых почв. Содержание кислоторастворимой группы неспецифических низкомолекулярных соединений, а также креновых кислот в пахотном горизонте весьма незначительно, вниз по профилю оно медленно возрастает, но остается гораздо ниже, чем в целинных почвах. В целом преобладает третья фракция фульвокислот, доля которых увеличивается вниз по профилю. Содержание второй фракции фульвокислот по всему гумусовому профилю выше, чем первой. В подпахотном горизонте отмечается относительный минимум содержания второй и максимум - первой фракции фульвокислот.

Отношение Сгк/Сфк в пахотном горизонте гораздо выше, чем в среднем по пахотным почвам. Основное отличие по распределению групп гумусовых веществ в профиле - плавное снижение Сгк/Сфк в переходном к иллювиальному горизонте. Для дерново-подзолистых целинных и освоенных почв напротив, характерно резкое снижение отношения Сгк/Сфк, редко составляющее более 0,5 в подпахотном и нижележащих горизонтах. В целом для хорошо окультуренных почв характерно повышенное содержание инертного гумуса, доля которого возрастает с глубиной. В культурных почвах, длительное время использовавшихся в овощных севооборотах, отмеченные закономерности в целом сохраняются, хотя доля инертного гумуса несколько выше, а гуматов кальция ниже. Соотношение Сгк/Сфк в пахотном горизонте достигает 1,4, в более глубоких горизонтах оно не отличается от рассмотренного выше, примера.

К сожалению, пахотные почвы с такими показателями гумусного состояния встречаются в Калининградской области нечасто. Большинство пахотных почв относятся к среднеокультуренным. Часть среднеокультуренных почв имеет большинство показателей плодородия в этой градации, другая - входит в эту группу по одному-двум лимитирующим параметрам. Гумусное состояние среднеокультуренных почв изменяется в весьма широких пределах.

Наряду с совокупностью антропогенно обусловленных фактов почвообразования, наиболее заметно проявляющихся в пахотных почвах, на содержание, состав и распределение органического вещества в почвенном профиле

оказывает влияние и комплекс свойств, унаследованных от естественных почв. К числу наиболее консервативных свойств почвы, претерпевающих минимальное изменение в процессе окультуривания, относится гранулометрический состав. Если в пахотном горизонте гранулометрический состав в некоторых почвах изменен пескованием или глинованием, то в глубжележащих горизонтах он полностью сохраняется.

Гумусное состояние пахотной почвы определяется не каким-либо единственным фактором или процессом, а интегральным воздействием всех действующих в данном месте факторов почвообразования. Поэтому представляется достаточно сложным выявить влияние какого-либо одного фактора на процессы гумусонакопления. Содержание органического вещества и распределение его по генетическим горизонтам почвенного профиля заметно отличается на почвах различного гранулометрического состава.

В пределах конечно-моренного геоморфологического района опытного участка и полевого стационара Калининградского НИИСХ в основном занимают типичные среднесуглинистые почвы. Формирование гумусового профиля здесь происходит при практически свободной вертикальной миграции почвенных растворов до грунтовых вод или водоупорных горизонтов. Благодаря низкой емкости обмена минеральных частиц легкие почвы хорошо отзываются на окультуривание, но и при недостаточном содержании органического вещества быстро теряют запасы элементов питания.

Для среднесуглинистой почвы опытного участка и полевого стационара характерна неоднородность профиля по гранулометрическому составу. Часто наблюдается текстурная дифференциация с перемещением илистых частиц на глубину 40–100 см от дневной поверхности. Выраженный лессиваж способствует застою вод атмосферных осадков на поверхности иллювиального горизонта, следствием чего является периодическое более или менее длительное переувлажнение горизонта Апах. Периодическая смена аэробных условий гумификации анаэробными отражается на составе органического вещества. Примером является описание разреза №479 (22.08.2009 г.).

Разрез 479

Горизонт, глубина, см	Характеристика
Апах 0-19(20)	серо-бурый, среднесуглинистый, свежий, комковатый, местами глыбистый, сильноуплотнён, корни, черви, переход постепенный;
АВ 19 (20)-38	немного светлее предыдущего с фрагментами светло-коричневого цвета из нижележащего горизонта; данный горизонт сформировался в результате припашки «В» при углублении пахотного слоя; сильноуплотнен до плотного, среднесуглинистый, свежий, комковато-ореховатый, рассеянные Fe-Mn черно-коричневые новообразования, корни, корневины, переход ясный, граница от ровной до слабоволнистой;
B1g 38-55	слабоглееватый, неоднородной окраски: по охристо-коричневатому фону светло-серые участки оглеения, черные Fe-Mn ортштейны; горизонт среднесуглинистый по границе с тяжелым суглинком, сильноуплотнен по границе с плотным, корни, корневины, структура непрочная мелкоореховатая, переход постепенный, включения мелких камней;
B2g 55-81	окраска неоднородная: по красновато-охристо-коричневатому фону сизовато-серые участки оглеения, количество которых больше по сравнению с B1g, горизонт среднесуглинистый, структура ореховатая плохо выражена, горизонт влажный, живые корни, корневины, рассеянные чёрные Fe-Mn ортштейны, единичные ярко-красные мажущиеся скопления гидроокиси Fe диаметром несколько мм., переход постепенный;
BCg 81-100	окраска неоднородная, пятнистая; по общему оглеенному сизовато-светло-серому фону пятна и прожилки ржавого цвета; структура не выражена, горизонт влажный, тяжелосуглинистый, рассеянные живые корни и корневины, горизонт сильноуплотнен по границе с уплотненным, переход постепенный; дренажная труба диаметром (внешним) 17 см обнаружена на глубине 94 см;
Cgk 100-130	окраска пятнистая: по серовато-сизому фону охристые пятна и прожилки, белёсые окатанные карбонатные камни, включения мелких гранитных камней, редкие живые корни, корневины, горизонт влажный, книзу сырой, структура не выражена, гранулометрический состав от среднего до тяжелого суглинка

Пахотный горизонт характеризуется относительно невысоким содержанием органического вещества – 2,2 % в пересчете на гумус. Ниже содержание гумуса постепенно убывает: в А 1 -1,43%, в В 1–1% и в $В_{2g}$ - 0,6 %. Миграция органического вещества происходит как с нисходящим током почвенных растворов, так и

вследствие деятельности червей. Среднестатистические параметры гумусного состояния представлены на рис. 1.

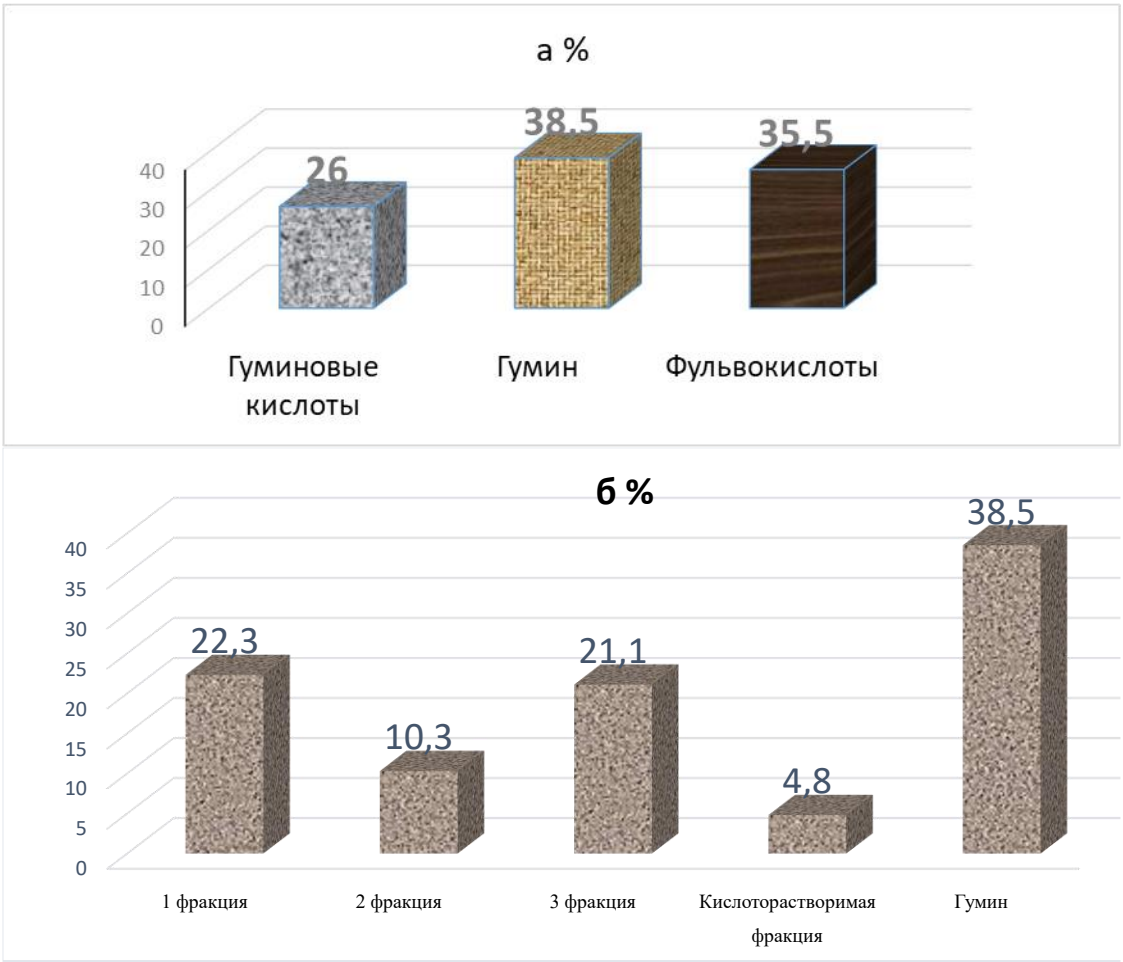

Рис. 1. Состав гумуса горизонта Апах пахотных дерново-подзолистых среднесуглинистых почв: А – групповой; б – фракционный.

Наибольшую долю в органическом веществе занимает негидролизуемый гумус, что в первую очередь связано с утяжелением гранулометрического состава и ростом содержания ила и минеральных коллоидов. Содержание гуминовых кислот весьма низкое, гораздо ниже, чем в среднем для пахотных почв данного гранулометрического состава, отношение Сгк/Сфк - узкое. Среди связанных с

катионами щелочноземельных металлов гумусовых веществ несколько преобладают гуматы, тогда как в других фракциях доминируют фульвокислоты.

Оптимизация органического состояния дерново-подзолистых почв должна включать меры по увеличению массы источников гумуса, а также приемы регулирования кислотноосновных и окислительно-восстановительных условий гумусообразования. Повышение плодородия требует несколько иных мероприятий. На первый план выходит необходимость увеличения общего содержания органического углерода в пахотном и подпахотном горизонтах, так как агрофизические свойства напрямую зависят от содержания $C_{орг}$. С другой стороны, нужно увеличивать долю структурообразующей второй фракции гумуса, но при этом сохранять и даже увеличивать пул свободных и рыхлосвязанных органических веществ, для чего требуется на фоне роста массы источников гумуса поддерживать нейтральную реакцию почвенных растворов, а также предпринимать меры по усилению биологической активности. Последнее необходимо для эффективной трансформации поступающих источников гумуса.

Многие показатели гумусного состояния пахотных почв Калининградской области несколько отличаются от почв Центральной России. Для пахотных почв характерен большой разброс отдельных величин, характеризующих количество и состав почвенного органического вещества, поэтому комплекс мер по оптимизации количества и состава гумуса должен подбираться индивидуально для каждого поля, а иногда более дифференцированно по почвенным контурам.

В современных условиях возникает необходимость более гибкого, многовариантного подхода при планировании схем севооборотов. Главным критерием рациональности севооборота становятся стоимостные показатели единицы растениеводческой продукции. При этом необходимо обеспечить определённую стабильность плодородия почв, как главного средства производства в сельском хозяйстве. Эту проблему можно частично решить за счёт более активного использования биологических факторов. Одним из направлений в решении этой проблемы является более широкое использование в севооборотах средообразующих культур (СОК) и в первую очередь бобовых, в том числе сидерального назначения.

Целевые функции севооборота можно рассматривать, как относительно самостоятельный фактор в пределах общей стратегии развития агропредприятия.

В условиях Калининградской области в многоотраслевых сельскохозяйственных предприятиях с развитым товарным животноводством наиболее рационально осваивать классические и плодосменные севообороты с 1–2 полями многолетних трав. Специальные поля с сидеральными культурами в этом случае вводить нецелесообразно, так как проблема органического вещества в почве решается за счет высокой агротехники возделываемых многолетних трав.

Для агропредприятий с низкой рентабельностью производства, характеризующегося низким производственным потенциалом, роль сидеральных культур имеет многостороннее значение. Использование сидератов позволит стабилизировать плодородие почвы и удерживать в хозяйственном обороте пашню.

В севооборотах пригородных хозяйств, ориентированных на товарное производство картофеля и овощей открытого грунта, сидераты могут применяться в качестве повторных посевов после раноубираемых культур, таких как однолетние травы на корм. В этом случае сидеральные посевы приобретают важное значение вследствие своих почвозащитных и фитосанитарных функций, позволяющих получить экологически безопасную растениеводческую продукцию, которая имеет повышенный спрос на внутреннем и внешнем рынке сбыта и тем самым реализуемый по более высоким ценам по сравнению с рядовой, массовой продукцией.

Повышение урожайности зерновых культур на 10–15% обеспечивается при введении в севооборот средообразующих и сидеральных культур. Возможности дальнейшего насыщения севооборотов зерновыми, в силу биологических факторов (рост болезней, вредителей, засорённости), экономически не оправдано.

При возделывании зерновых культур первоочередное значение имеет правильный подбор и чередование видов зерновых, включение в севооборот посевов клевера или других культур, а также промежуточных культур, идущих на зелёное удобрение. Обязательным становится применение удобрений и химических средств защиты растений от сорняков. Усиливается значение своевременности проведения агротехнических операций.

По чувствительности к повторному посеву зерновые культуры разделяются на следующие группы. Существенно снижающими урожай при повторных посевах являются озимая и яровая пшеница, озимая рожь. Повторные посевы этих культур нежелательны. Средней степенью чувствительности обладает ячмень яровой. Для этой культуры возможны повторные посевы.

Слабо реагирует на повторность овёс, однако повторные посевы этой культуры неперспективны из-за организационных трудностей.

Приведём используемые в нашем многолетнем опыте схемы короткоротационных севооборотов с различной степенью насыщенности сидеральными культурами:

Первый севооборот: Зерно-травяной, в структуре 50% зерновых и 50%кормовых культур.	1.	Яровая пшеница с подсевом многолетних трав (клевер с тимофеевкой).
	2.	Многолетние травы 1 года пользования.
	3.	Многолетние травы 2 г.п.
	4.	Озимая пшеница
Второй севооборот: Сидеральный, с 75% зернобобовых культур и 25% сидератов.	1.	Люпин на зеленое удобрение.
	2.	Озимая рожь.
	3.	Кормовые бобы.
	4.	Яровая пшеница
Третий севооборот: Плодосеменный или зернотравянопропашной с 40% зерновых, 40% кормовых и 20% пропашных культур	1.	Вико-овес на корм, поукосно посев озимого рапса на зеленое удобрение
	2.	Картофель
	3.	Ячмень с посевом клевера лугового
	4.	Клевер луговой – 1-ый укос на корм, отава на удобрение
	5.	Озимая пшеница
Четвертый севооборот: Зерновой с 60% зерновых и бобовых и 40% кормовых культур	1.	Кормовые бобы.
	2.	Яровой ячмень с подсевом многолетних трав (клевер с тимофеевкой).
	3.	Многолетние травы 1 года пользования.
	4.	Многолетние травы 2 г.п.
	5.	Озимая рожь.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Исключительная роль в формировании почвенного органического вещества, в особенности его специфической части (т. е. гумуса), в качестве средообразующего фактора для растений делает особенно актуальной проблему сохранения и воспроизводства его запасов в корнеобитаемой части почвенного профиля. Проблема расчета баланса почвенного органического вещества, поставленная много десятилетий тому назад, до сих пор однозначно не решена.

В большинстве литературных источников указывается на значительные потери органического вещества при распашке дерново-подзолистых почв. Через 12–13 лет под сельскохозяйственными культурами дерново-подзолистая почва теряет около 36% гумуса [8].

Этот процесс с активной минерализацией гумусовых веществ, так как количество микроорганизмов при распашке дерново-подзолистых почв повышается в 6–12 раз [9].

В старопахотных почвах потери гумуса замедляются, содержание гумуса стабилизируется на крайне низком уровне, зависящим от содержания в почве физической глины. Потери гумуса в интенсивно распахиваемых почвах происходят в тех случаях, если применяемая система земледелия не предусматривает необходимого пополнения органического вещества почвы за счет вносимых органических удобрений или пожнивно-корневых остатков.

Для определения баланса органического вещества и гумуса в почвах используют методы прямого определения по результатам полевых опытов и почвенно-агрохимического обследования и расчетные методы, основанные на изучении баланса азота в агроэкосистемах, на определении гумусовых единиц и потоков (прихода и расхода) органического углерода. Традиционно используемые методы расчета баланса гумуса дают лишь приближенную оценку реальной динамики органического вещества в почвах [10]. Общепринятого расчетного метода баланса гумуса, дающего хорошую сходимость результатов с опытными значениями в широком диапазоне почвенно-климатических условий и возделываемых сельскохозяйственных культур, в настоящее время не существует,

В практике Центров агрохимической службы Нечерноземной зоны России используется комбинированный метод расчета баланса гумуса. Расходную часть

баланса определяют по выносу азота урожаем сельскохозяйственных культур, а приходную - через массу пожнивно-корневых остатков. Рекомендуется следующий порядок определения.

Запас гумуса в пахотном поле севооборота определяется по формуле:

$$Р = Г \times Я \times Д$$

где: Р - запасы гумуса в пахотном горизонте, т/га;

Г- содержание гумуса в % по массе;

П - мощность пахотного горизонта, мм;

Д- объемная масса почвы, г/см^3.

В среднем для Калининградской области объемная масса пахотного слоя дерново-подзолистых почв равна (в г/см^3):

в песчаных и супесчаных - 1,4;

в легкосуглинистых - 1,3;

в средне-, тяжелосуглинистых и глинистых - 1,2.

Расходная часть баланса органического вещества определяется по величине потерь гумуса вследствие его минерализации. Расчет потерь органического вещества ведется по формуле:

$$Вг = 0{,}001 \times У \times К \times Км \times 20 \times С,$$

где: Вг - минерализованный гумус, т/га;

У - урожайность, т/га;

К - вынос азота на 1 т продукции и растительных остатков, кг;

Км - коэффициент минерализации азота почвы;

20 - коэффициент пересчета азота в гумус;

С - поправочный коэффициент в зависимости от гранулометрического состава.

Поправочный коэффициент С для расчета минерализации гумуса для тяжелосуглинистых и глинистых почв имеет значение 0,8; для среднесуглинистых почв - 1,0; для легкосуглинистых - 1,2; для супесчаных - 1,4; для песчаных - 1,8. При использовании орошения коэффициент С становится равным 1,4, независимо от гранулометрического состава.

Приходная часть баланса органического вещества складывается из новообразующегося органического вещества вследствие гумификации растительных остатков и органических удобрений. Расчет ведется по формуле:

$$Пг = М \times Кг + ОУ \times Кг,$$

где: М - масса пожнивно-корневых остатков, т/га;

ОУ - дозы органического удобрения, т/га;

Кг - коэффициент гумификации растительных остатков и удобрений.

Масса пожнивно-корневых остатков рассчитывается исходя из урожайности сельскохозяйственных культур (табл. 2) или более точно по уравнениям регрессии. Дозы органического удобрения пересчитываются на стандартный подстилочный навоз. Для этого используют следующие коэффициенты пересчета:

- бесподстилочный навоз полужидкий (влажность <92 %) -0,5;
- бесподстилочный навоз полужидкий (влажность 93 -97 %) - 0,25;
- птичий помет - 1,4;
- торфо-навозные компосты - 1,5;
- торфо-пометные, лигнино-пометные и коропометные компосты - 2,0;
- солома-0,8;
- сидеральные удобрения средообразующих культур (при естественной влажности) - 0,25.

Приведем расчет баланса гумуса для пахотной дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы на примере четырех севооборотов, в среднем за 2011 -2022 гг. (табл. 2).

Таблица 2. Баланс органического вещества в севооборотах с сидеральными культурами (2009-2022 гг.)

№ сев-та	Культура	Урожай, ц/га	Потери гумуса с 1 га, т	Накопление гумуса, т/га		Баланс гумуса
				Выход сухой массы растит. остатков	Гумус из растит. остатков	
1	Пшеница яровая	24,1	1,0	3,6	0,5	-0,5
	Многолетние травы 1 г.п.,	237,9	0,2	8,1	1,5	+1,3
	Многолетние травы 2 г.п.,	224,5	0,2	8,1	1,5	+1,3
	Озимая пшеница	33,7	1,5	4,8	0,9	-0,6

№ сев-та	Культура	Урожай, ц/га	Потери гумуса с 1 га, т	Накопление гумуса, т/га		Баланс гумуса
				Выход сухой массы растит. остатков	Гумус из растит. остатков	
Итого по севообороту		-	3,1	24,6	4,4	**+1,5**
2	Люпин на зеленое удобрение	227,9	0	3,2	0,7	+0,7
	Тритикале	53,9	1,2	4,0	0,7	-0,5
	Кормовые бобы	12,3	0	3,2	0,7	+0,7
	Яровая пшеница	22,1	1,0	3,6	0,5	-0,5
Итого по севообороту		-	2,2	14,0	2,6	**+0,4**
3	Вика-овес на корм	226,4	0,7	4,2	0,8	+0,1
	Картофель	201,6	1,2	2,1	0,4	-0,8
	Ячмень+травы	35,2	1,0	4,0	0,7	-0,3
	Клевер луговой, отава на зел. удобрение	250,0	0,2	7,1	1,5	+1,3
	Озимая пшеница	36,1	1,5	4,8	0,9	-0,6
Итого по севообороту		-	4,6	22,2	4,3	**-0,3**
4	Кормовые бобы	14,0	0	3,2	0,7	+0,7
	Ячмень+травы	32,9	1,0	4,0	0,7	-0,3
	Многолетние травы 1 г.п.	220,6	0,2	8,1	1,5	+1,3
	Многолетние травы 2 г.п.	220,0	0,2	8,1	1,5	+1,3
	Тритикале	42,2	1,2	4,0	0,7	-0,5
Итого по севообороту		-	2,6	27,4	5,1	**+2,5**

Таким образом, на среднесуглинистой почве при выходе сухой массы растительных остатков в количестве 22,2 т/га в зернотравянопропашном севообороте с 40% зерновых, 40% кормовых и 20% пропашных культур не обеспечивается положительный баланс органического вещества, равный 300 кг/га за севооборот. Дальнейший отказ от внесения органики в таком севообороте приведет ко все более дефицитному балансу гумуса. Во всех остальных севооборотах привнесение органических удобрений за счет сидеральных и средообразующих культур привело к положительному сальдо баланса гумуса. Следовательно, бездефицитного баланса гумуса можно достичь, если использовать усовершенствованные схемы короткоротационных

севооборотов с различной степенью насыщенности средообразующими и сидеральными культурами.

Заключение

В современных экономических условиях методом оптимизации гумусного состояния почвы является применение пожнивных парозанимающих средообразующих культур и сидератов. Еще академик В.Р. Вильямс рассматривал чистые пары в зоне выраженного промывного режима как расточительство. Возделывание средообразующих и сидеральных культур позволяет решить восполнение недостаточного количества органических удобрений путем запашки всей зеленой массы. В условиях Калининградской области в качестве сидератов большую отдачу дают преимущественно бобовые культуры, такие, как однолетний и многолетний люпин, кормовые бобы, озимая и яровая вика, горох кормовой, донник белый, сераделла, клевер белый, клевер гибридный, клевер луговой, клевер паннонский, а также смешанные бобово-злаковые однолетние культуры, высеваемые после уборки ранних озимых культур (ячмень, рыжик) [11].

Еще в Восточной Пруссии выращивание сортов сладкого (безалкалоидного) люпина позволило сочетать зеленое удобрение с кормопроизводством. В этом случае зеленая масса шла на корм скоту, а пожнивные остатки запахивались как удобрение. Промежуточные культуры, используемые как зеленое удобрение, подсеивались под главное растение для осеннего использования или для использования весной следующего года, а также применялся пожнивный, осенний посев для использования весной следующего года [12].

Список использованных источников:

1. Завалишин А.А., Надеждин Б.В. Почвенный покров Калининградской области // Почвы Калининградской области. М., 1961. - С. 3-130.
2. Зайдельман Ф.Р. Процесс глееобразования и его роль в формировании почв. Москва: Изд-во МГУ, 1998. – 316 с.
3. Важенин И.Г. Агрохимическая служба и практика применения удобрений в бывшей Восточной Пруссии // Агрохимические работы в Калининградской области. - М., 1959. - С. 2-39.
4. Краснопёров А.Г., Буянкин Н.И., Анцифирова О.А. Корректировка агротехнологических приемов возделывания бобово-злаковых посевов с учетом

гидроморфизма почвы К. // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2017. - № 3 (23). - С. 75–81.

5. 4. Краснопёров А.Г., Буянкин Н.И., Анцифирова О.А. Влияние структуры дерновых оглеенных почв на продуктивность смешанных посевов многолетних трав // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2017. - № 4 (24). - С. 121–127.

6. Панасин В.И., Рымаренко Д.А. Особенности гумусообразования в почвах Калининградской области // Агрохимический вестник. - 2004. - № 4.- С. 7-8.

7. Базыкина Г.С. Изменение водного режима дерново-подзолистых почв Московской области под влиянием антропогенных воздействий // Почвоведение, 2005. – № 2. – С. 203 – 217

8. Косьмин И.М. Повышение эффективности действия гончарного дренажа в тяжелых почвах Калининградской области. - Л.: Автореф. канд. дисс., 1961. - 18 с.

9. Завалин А.А., Алметов Н.С., Горячкин Н.В., Алферов А.А. Влияние предшественников, удобрений и биопрепаратов на урожайность и качество яровой пшеницы // Агрохимический вестник, 2014. - № 5. - С. 36-40.

10. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению: М.- 200. - 280 с.

11. Способ сохранения плодородия почв путем выращивания зеленых кормов / Зотиков В.И., Нечаев Л.А. Буянкин Н.И., Краснопёров А.Г. // Патент на изобретение №2478301 МПК A01C7/00 (2006.01); A01B79/00 (2006.01). Приоритет от 29.12.2009. Опубликовано 10.04.2013 в Официальном Бюллетене Федеральной Службы по интеллектуальной собственности «Изобретения и полезные модели» - № 10, 2013.

12. Hahne A. Betriebswirtshaftliche Studien Zur Entwicklung und Organisation der deutschen Dungerwirtschaft. „Kuhn - Archiv“. Bd.53.1940. - P. 227.

==========

Цитирование:

Красноперов А.Г., Зарудный В.А., Пятаков М.А. Баланс органического вещества дерново-подзолистой почвы в севооборотах со средообразующими и сидеральными культурам [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/2/st_248.pdf. DOI: https://doi.org/10.51419/202132248.