

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ АГРОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

*О.В. Броварова, к.х.н., Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского  
Коми НЦ УрО РАН, ул. Ручейная, 27, Сыктывкар, 167023 Российская Федерация,  
e-mail: olbrov@mail.ru*

*Исследование выполнено в рамках государственного задания № 0333 – 2019 – 0008*

*Интенсификация земледелия должна быть ориентирована как на бездефицитный баланс гумуса, так и на его воспроизводство в почве, посредством рационального сочетания удобрений (органических и минеральных), учитывая тип почвы, климатические условия и специализацию севооборота. В таких условиях можно достичь максимального эффекта от удобрений, когда для растений созданы все условия, необходимые для их жизни. Изучено влияние органических и минеральных удобрений и их совместное использование на баланс и фракционно-групповой состав гумуса в условиях длительного стационарного опыта на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Установлено, что наибольшее влияние на повышение содержания гумуса (на 1,53-1,66 т/га в год) оказывает использование минеральных удобрений на фоне высокой дозы торфо-навозного компоста (ТНК). Соотношение  $C_{ГК} : C_{ФК}$  под действием комплексного применения удобрений в высоких дозах увеличивалось с 0,84 до 1,24. Гуматно-фульватный тип гумуса сменился (соотношение  $C_{ГК} : C_{ФК} - 0,5-1,0$ ) фульватно-гуматным (соотношение  $C_{ГК} : C_{ФК} - 1,0-1,5$ ).*

*Ключевые слова: гумус, гуминовые кислоты, фульвокислоты, торфо-навозный компост (ТНК), органические и минеральные удобрения.*

Для цитирования: Броварова О.В. Трансформация гумусовых веществ дерново-подзолистой почвы при агрогенных воздействиях // Плодородие. – 2021. – №6. – С. 17-22. DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.05.

Почва – величайший дар природы, влияющий на материальное благосостояние человечества. Она является основным природным ресурсом сельскохозяйственного производства, поэтому воспроизводство ее плодородия должно занимать ведущее место в современном земледелии. Ценность почв обуславливается способностью удовлетворять растения питательными веществами, водой, воздухом и т.д. для формирования урожая сельскохозяйственных культур хорошего качества.

Основу высокой продуктивности почв и получения высоких урожаев составляет охрана и воспроизводство плодородия почв. Достаточный запас необходимых растениям биогенных элементов и применение удобрений выступают гарантией высокой продуктивности почв.

Кроме запаса полезных элементов, продуктивность почвы зависит от следующих факторов:

- поглотительной способности почвы, позволяющей поглощать и удерживать жидкие, твердые и газообразные вещества, необходимые для роста растений;
- биологической активности почвы, влияющей на интенсивность процессов в ней.

Удобрение, внесенное в почву, подвергается различным превращениям, которые включают несколько этапов. Эти превращения зависят от свойств, типов почв, различных доз и видов удобрений.

На первом этапе происходит взаимодействие отдельных химических соединений отмершего растения между собой. Например, взаимодействие белковых соединений растительных клеток с ароматическими веществами клеточных оболочек. Под воздействием минеральных и биологических катализаторов наблюдается ускорение этого процесса.

На втором этапе почвенная фауна поглощает растительные остатки с почвой. Также на данном этапе осу-

ществляются биохимические превращения первичного органического вещества.

На третьем этапе под действием микробных процессов осуществляется минерализация органического вещества. В первую очередь происходит минерализация водорастворимых соединений, белковых веществ, пектина и крахмала. Минерализация целлюлозы и образующегося из неё лигнина идёт с более низкой скоростью.

В качестве конечных продуктов превращения органического вещества выступают фосфаты, вода, нитраты, диоксид углерода и др., а также такие низкомолекулярные органические кислоты, как щавелевая, уксусная, муравьиная и др. В ходе процессов минерализации выделяется тепло: разложение 1 г сухого вещества ведёт к высвобождению 17-21 Дж энергии.

Продукты разложения органического вещества используются новым поколением растений и гетеротрофами для синтеза углеводов, жиров, белков; другая часть превращается в гумусовые вещества.

Органическое вещество выступает в качестве важной части почвы, выполняя физические, экологические, биологические и химические функции. От содержания органического вещества почвы зависит целый ряд ее свойств [1].

Гумус – главная органическая составляющая почвы, которая содержит питательные вещества, нужные высшим растениям. Гумус выступает основным критерием оценки плодородия почвы и составляет 85-90% органического вещества её.

Образование гумуса в почве происходит вследствие преобразования животных и растительных органических остатков – процесса гумификации. Гумусонакопление – процесс образования почв, который характеризуется накоплением гумуса. Достаточное количество гумусовых веществ в почве позволяет сформировать

прочную структуру, обеспечивая благоприятный водно-воздушный режим. Относительно элементов питания растений, в особенности азота, гумусовые вещества придают почве буферность. Высокий уровень микробиологической активности почв поддерживается также за счет высокого содержания гумуса. Гумусовые вещества играют важное значение в снижении поступления разных загрязняющих веществ (остаточных количеств пестицидов, тяжелых металлов и др.) в растения. Таким образом, гумус выступает в качестве основного показателя плодородия почвы.

Гумусовые вещества выполняют следующие функции:

1. Аккумулятивную – она отвечает за снабжение живых организмов нужными химическими элементами и энергией. Обладая устойчивостью, гумусовые вещества сохраняются на протяжении сотни и тысячи лет. В структуру гуминовых веществ входят макроэлементы, сера, водород, многие металлические катионы, микроэлементы.

2. Транспортную – она предполагает формирование геохимических потоков органических и минеральных веществ за счет образования устойчивых и легкорастворимых соединений гумусовых кислот с гидроксидами или с катионами металлов.

3. Регуляторную – она объединяет большое количество процессов, происходящих в почве: окислительно-восстановительные, регулирование теплового режима почвы, условий питания живых организмов.

4. Протекторную – она состоит в способности гумусовых веществ связывать токсичные элементы в мало-подвижные соединения.

5. Физиологическую – она состоит в том, что гумусовые вещества оказывают стимулирующее действие на прорастание семян, активизацию дыхания растений, повышение продуктивности в животноводстве.

Гумусовые вещества классифицируют на специфические гумусовые вещества и неспецифические соединения.

Специфические гумусовые вещества разделяют на три группы: 1) гумусовые кислоты; 2) фульвокислоты; 3) негидролиземый остаток (гумин).

Гуминовые кислоты представляют высокомолекулярные азотсодержащие органические кислоты, в состав которых входят водород (2,8-5,8%), азот (1,7-5%), кислород (31-39%), углерод (52-62%).

Также в гуминовых кислотах содержится незначительное количество (1-10%) зольных элементов (P, S, Al, Fe, Si).

Функциональные группы (3-6 фенольных гидроксильных, 3-4 карбоксильных, метоксильных и карбонильных групп), входящие в состав гуминовых кислот, определяют характер их взаимодействия с почвой [2].

Среди гумусовых веществ наименьшая устойчивость в почве характерна для фульвокислот, в особенности их свободных, агрессивных форм [3].

Фульвокислоты отличаются от гуминовых тем, что полностью растворяются в воде и иных растворителях. Они состоят (%) из: 4-6 – водорода, 40-52 – углерода, 2-6 – азота, 42-52 – кислорода. Из-за наличия карбоксильных групп, водород которых участвует в обменных реакциях, водным растворам фульвокислот свойственна сильнокислая реакция (рН 2,6-2,8). Они могут энергично разрушать минеральную часть почвы и являются одним из главных агентов подзолообразовательного процесса.

Гумины представляют совокупность гуминовых и фульвокислот, их отличие от последних в том, что они более устойчивы к разложению микроорганизмами. У

них более прочная связь с минеральной частью почвы, гумины не растворяются в органических растворителях, щелочах, кислотах.

*Неспецифические вещества представляют* группу органических веществ, поступающих в почву посредством разложения растительных и животных остатков. К ним относятся: лигнин, целлюлоза, протеины, аминокислоты, моносахариды, воск и жирные кислоты.

Содержание гумуса определяется типом почвы, специализацией севооборота, характером и интенсивностью земледелия, природно-климатическими условиями. Систематическое внесение органических удобрений способствует большему накоплению гумуса.

Повышенная чувствительность гумусовой системы дерново-подзолистых почв к неблагоприятным воздействиям, при постоянном контроле состояния гумуса, позволяет выявить на раннем этапе признаки неблагоприятных изменений свойств гумуса.

Воспроизводство плодородия дерново-подзолистых почв в Нечерноземной зоне зависит от увеличения содержания гумуса [4].

Доказано, что гумусовые вещества – наиболее значимый показатель плодородия почв, влияющий на урожайность сельскохозяйственных культур.

Для более полного исследования влияния гумуса на плодородие почвы, необходимо изучить групповой и фракционный состав гумуса, установить влияние различных сочетаний удобрений на состояние гумуса, групповой и фракционный состав органического вещества дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы.

**Методика.** Формирование почвенного покрова в Республике Коми (РК) зависит от широтной биоклиматической зональности.

Почвенные пояса классифицируются на полярный и бореальный. Для полярного пояса характерна тундровая зона, которая представлена подзоной южных тундр, а бореальный пояс представлен зоной подзолистых почв, подразделяемый на четыре подзоны: тундрово-болотистых; глеево-подзолистых почв (лесотундра вместе с крайне северной тайгой); глеево-подзолистых почв (северная тайга); типичных подзолистых почв (южная тайга).

Почвы Республики Коми малопродуктивны и обладают низкой гумусностью. Для южных районов Республики характерны наиболее плодородные дерновые почвы. Севернее они приурочены к речным террасам. В сельском хозяйстве используются территории приречных склонов, где располагаются подзолистые и глеево-подзолистые почвы. Данным почвам свойственны низкое содержание гумуса, малопродуктивность, высокая кислотность и небольшой запас питательных элементов.

В Республике Коми на рост растений негативно влияют климатические условия. Для повышения роста сельскохозяйственных культур европейского Северо-Востока необходимо повышение плодородия пахотных угодий, представленных в основном дерново-подзолистыми почвами, которым свойственны низкие плодородие и содержание гумуса.

**Цель нашей работы** – исследовать влияние совокупного применения удобрений на плодородие пахотных почв, продуктивность и качество культур севооборота на территории Севера и выявить закономерности трансформации почв сельскохозяйственных угодий.

Исследования в Институте агробиотехнологий проводятся с 1978 г. на дерново-подзолистой легкосуглини-

стой почве в шестипольном кормовом севообороте со следующим чередованием культур: 1 – картофель; 2 – однолетние травы с подсевом многолетних трав; 3 – многолетние травы 1-го г.п.; 4 – многолетние травы 2-го г.п.; 5 – однолетние травы; 6 – рапс.

Ниже в таблице приведены результаты опыта за 2019 г. Опыт предполагал внесение в почву различных доз удобрений.

Органические удобрения в виде торфонавозного компоста (ТНК) вносили один раз за ротацию севооборота (6 лет) – под картофель в дозах 40 и 80 т/га в чистом виде и вместе с минеральными, дозу которых определяли в зависимости от выноса азота, фосфора и калия запланированным урожаем культуры (картофеля – 15 т/га, викоовся-

ной смеси – 20, клеверотимофеечной смеси – 15 т/га). Дозы азота, фосфора и калия составили: под картофель –  $N_{60}P_{30}K_{180}$ , однолетние травы –  $N_{40}P_{32}K_{116}$  и многолетние травы –  $N_{40}P_{32}K_{108}$ , а также 1/3 и 1/2 их части.

Отбор почвенных образцов (0-20 см) проведен осенью 2019 г. Опыт заложен в четырехкратной повторности на делянке площадью 100 м<sup>2</sup>. Содержание торфонавозного компоста в почве определяли титриметрическим методом по ГОСТу 2374–79, расчет баланса гумуса – по А.М. Лыкову [5] и методике НИИСХ Северо-Востока [6]. Групповой и фракционный состав гумуса определяли по методике В.В. Пономаревой, Т.А. Плотниковой [7]. Схема опыта представлена в таблице 1.

1. Схема опыта

1.	Контроль (без удобрений)	5.	ТНК, 40 т/га (фон 1)*	9.	ТНК, 80 т/га (фон 2)**
2.	$N_{20}P_{10}K_{60}$ (1/3 NPK)	6.	Фон 1 + 1/3 NPK	10.	Фон 2 + 1/3 NPK
3.	$N_{30}P_{15}K_{90}$ (1/2 NPK)	7.	Фон 1 + 1/2 NPK	11.	Фон 2 + 1/2 NPK
4.	$N_{60}P_{30}K_{180}$ (1 NPK)	8.	Фон 1 + 1 NPK	12.	Фон 2 + 1 NPK

\*ТНК, 40 т/га – торфонавозный компост в дозе 40 т/га; \*\*ТНК, 80 т/га – торфонавозный компост в дозе 80 т/га.

**Результаты и их обсуждение.** Применение торфонавозного компоста, азота, фосфора и калия на постоянной основе способствует изменению физико-химических свойств почв. При использовании навоза на протяжении длительного периода происходят увеличение количества органического вещества, снижение кислотности и рост насыщенности почв основаниями.

Применение минеральных удобрений на протяжении длительного времени может приводить к ухудшению свойств почвы, что связано с подкислением почвенного раствора посредством вытеснения ионов водорода и алюминия из поглощающего комплекса, а также физиологической кислотностью некоторых удобрений. Использование навоза и известкования, а также внесение добавок позволяют сохранить кислотность почвы на необходимом уровне, либо снизить ее. На нейтральных и близких к нейтральным черноземах небольшое подкисление вследствие внесения удобрений положительно, так как способствует повышению подвижности многих соединений. Следовательно, характер воздействия удобрений на свойства почвы зависит от почвенно-климатических условий и видов удобрений.

Применение торфонавозного компоста, азота, фосфора и калия на протяжении длительного времени на дерново-подзолистых и серозёмных почвах, бедных гумусом, увеличивает содержания углерода и азота. На богатые гумусом черноземах удобрения оказывают слабое влияние.

Для вариантов с внесением навоза характерно повышение содержания органического вещества в верхних горизонтах почвы, а в подпахотном слое свойственно более слабое влияние минеральных удобрений.

Запасы гумуса, образуемые вследствие гумификации органического вещества, оказывают влияние на плодородие почвы. Скорость и характер гумификации зависят от внешних условий среды: кислотности почвы, влажности, доступности питательных веществ и воздуха, температуры, а также химического состава растительных остатков.

Соотношение азота и углерода в растительных остатках оказывает влияние на скорость их разложения, которая зависит и от соотношения C : N [8]. Узкое соотношение C : N позволяет обеспечить быстрое разло-

жение, что характерно, например, растительным остаткам клевера. Данный процесс протекает менее интенсивно с растительными остатками викоовсяной смеси и зерновых культур. Ускорению разложения остатков способствует использование органических и минеральных удобрений. В дерново-подзолистых почвах 30-60% остатков растений разлагаются в течение одного года.

Аэробный процесс разложения органического вещества протекает на поверхности структурных агрегатов (комочков) почвы, а внутри агрегатов, где образуется дефицит воздуха в связи с насыщением капилляров водой, – анаэробный процесс. Характер и полнота разложения зависят от реакции почвы, температуры, наличия минеральных и органических веществ для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов.

Создание оптимального запаса органического вещества в зависимости от типа почвы способствует достижению наибольшего эффекта от влияния органического вещества на урожайность культур. Оптимальным считается такое количество органического вещества, состава и качества, которое позволяет при эффективном использовании удобрений и технологии обработки почвы получать запланированный урожай.

Гумусовые вещества оказывают непосредственное воздействие на растения, обеспечивая питательными веществами и тем самым стимулируя их рост. Баланс гумуса зависит от предшественников в севообороте и количества органического вещества, которое поступает в пахотный слой почвы с корне-поживными остатками. Он представляет разницу между приходом гумуса посредством остатков растений, внесения удобрений и расходом посредством минерализации.

Снижение содержания гумуса является следствием его многолетнего отрицательного баланса, обусловленного характером использования почв и недостаточным поступлением органического вещества [9].

В таблице 2 представлен баланс гумуса в зависимости от вносимых в почву доз удобрений. Согласно полученным данным, наблюдается значительная вариация баланса гумуса. Содержание гумуса в почве, по классификации Л.А. Гришиной и Д.С. Орлова [10], оценено как низкое.

## 2. Влияние различных доз удобрений на баланс гумуса дерново-подзолистой почвы (2019 г.)

Вариант	Содержание гумуса, %	Запасы гумуса	Поступление растительных остатков	Синтез гумуса из растительных остатков	Приход гумуса с органическими удобрениями	Приход гумуса, всего	Минерализация гумуса	Баланс гумуса (+/-)
т/га								
Без удобрений	2,8	72,8	2,4	0,29	–	0,29	1,16	– 0,87
1/3 NPK	3,0	78,0	2,9	0,35	–	0,35	1,24	– 0,89
1/2 NPK	3,0	78,0	3,4	0,41	–	0,41	1,24	– 0,83
1 NPK	2,9	75,4	3,7	0,44	–	0,44	1,21	– 0,77
Фон 1*	3,0	78,0	3,4	0,41	1,2	1,61	1,25	+ 0,36
Фон 1 + 1/3 NPK	2,9	75,4	3,4	0,41	1,2	1,61	1,21	+ 0,40
Фон 1 + 1/2 NPK	3,1	80,6	3,7	0,44	1,2	1,64	1,29	+ 0,35
Фон 1 + 1 NPK	3,1	80,6	3,9	0,47	1,2	1,67	1,29	+ 0,38
Фон 2**	3,5	91,0	4,0	0,48	2,4	2,68	1,46	+ 1,22
Фон 2 + 1/3 NPK	3,3	85,8	4,2	0,50	2,4	2,90	1,37	+ 1,53
Фон 2 + 1/2 NPK	3,2	83,2	4,6	0,55	2,4	2,95	1,33	+ 1,62
Фон 2 + 1 NPK	3,2	83,2	4,9	0,59	2,4	2,99	1,33	+ 1,66

\*Фон 1 – внесение торфяно-компоста в дозе 40 т/га; \*\*Фон 2 – внесение торфяно-компоста в дозе 80 т/га.

По данным исследований, наибольшее поступление остатков растений в почву отмечено при использовании органических и минеральных удобрений в дозе 80 т/га ТНК + 1NPK (4,9 т/га).

При внесении торфяно-компоста в различных дозах и в варианте без удобрений наблюдалась незначительная минерализация гумуса, баланс гумуса отрицателен.

При совместном внесении торфяно-компоста, азота, фосфора и калия присутствует значительная минерализация гумуса, баланс гумуса положителен.

Совместное применение минеральных и органических удобрений усиливает трансформацию органического вещества по типу гумификации и при этом способствует снижению потерь гумуса в почве.

В ходе исследования установлено, что в снабжении растений азотом и фосфором участвует лабильная часть гумуса почвы, которая изменяется в зависимости от видов и доз удобрений (табл. 3).

Под влиянием различных доз торфяно-компоста и азота, фосфора и калия наблюдалось изменение группового и фракционного состава гумуса.

## 3. Групповой и фракционный состав гумуса под действием удобрений, % к $C_{орг}$ (2019 г.)

Вариант	$C_{общ}$ , %	$C_{гк}$			$C_{фк}$			
		1*	2**	3***	1a*	1 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	3 <sup>3</sup>
Без удобрений	1,5	12,2	2,4	6,6	6,2	11,2	3,4	4,5
1/3 NPK	1,6	13,6	4,2	6,1	6,6	10,7	3,2	4,7
1/2 NPK	1,7	8,2	4,5	8,6	6,0	10,4	3,7	5,2
1 NPK	1,6	7,2	3,2	12,4	6,2	10,2	4,1	5,0
Фон 1	1,5	12,8	4,3	9,9	6,1	11,1	4,0	3,6
Фон 1 + 1/3 NPK	1,4	13,0	4,2	10,1	4,4	10,3	5,2	3,9
Фон 1 + 1/2 NPK	1,5	12,4	4,4	9,3	4,3	11,1	4,8	3,0
Фон 1 + 1 NPK	1,7	13,8	5,2	8,2	3,6	13,4	5,0	4,3
Фон 2	1,9	14,2	4,1	10,9	5,9	11,2	3,3	3,5
Фон 2 + 1/3 NPK	2,0	12,7	6,9	8,1	3,1	13,8	2,8	3,1
Фон 2 + 1/2 NPK	1,8	14,7	6,8	9,3	3,8	14,2	3,4	3,3
Фон 2 + 1 NPK	1,7	15,4	6,9	8,7	3,1	15,4	3,5	3,6

1\*, 1a\* – свободные и связанные с подвижными полуторными оксидами;

2\*\* – связанные с кальцием ( $Ca^{2+}$ );

3\*\*\* – связанные с глинистыми минералами и устойчивыми формами полуторных оксидов.

1<sup>1</sup>, 2<sup>2</sup>, 3<sup>3</sup> – фракции 1, 2, 3, соответственно, связанные с гуминовыми кислотами.

Доля гуминовых кислот ГК-2 в пахотном слое почвы возросла с 3,7 до 6,9%, а доля фульвокислот (ФК-1a) снизилась с 3,5 до 3,1%. Наибольшая и наименьшая доля, соответственно гуминовых и фульвокислот, получена при внесении органических и минеральных удобрений в дозе 80 т/га ТНК + 1/3 NPK и 80 т/га ТНК + 1 NPK.

В ходе исследования наблюдалось:

- увеличение суммы гуминовых кислот с 23,9 до 31,0%;

- снижение суммы фульвокислот с 25,2 до 22,8%;
- снижение доли негидролизующего остатка с 50,9 до 43,4% (рис. 1).

Внесение минеральных удобрений в различных дозах способствует образованию гуматно-фульватного типа гумуса ( $C_{гк} : C_{фк}$  0,5-1,0). Совместное использование торфяно-компоста, азота, фосфора и калия в различных дозах привело к переходу гумуса в фульватно-гуматный тип ( $C_{гк} : C_{фк}$  1,0-2,0) (рис. 2).

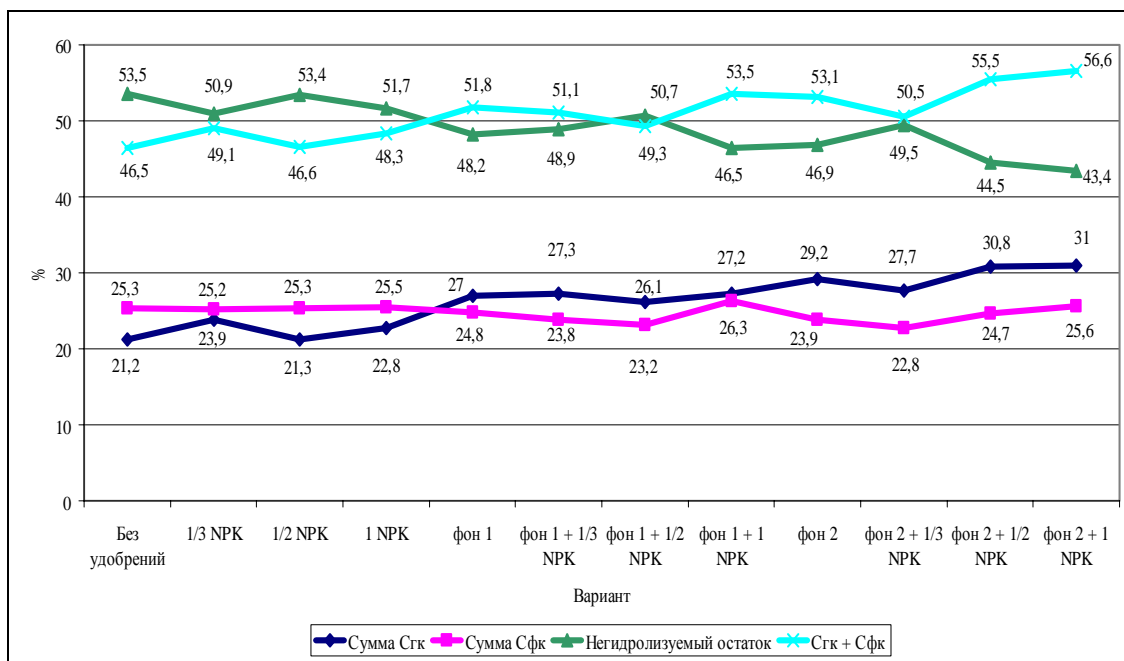


Рис. 1. Динамика суммы гуминовых кислот и фульвокислот и негидролиземого остатка

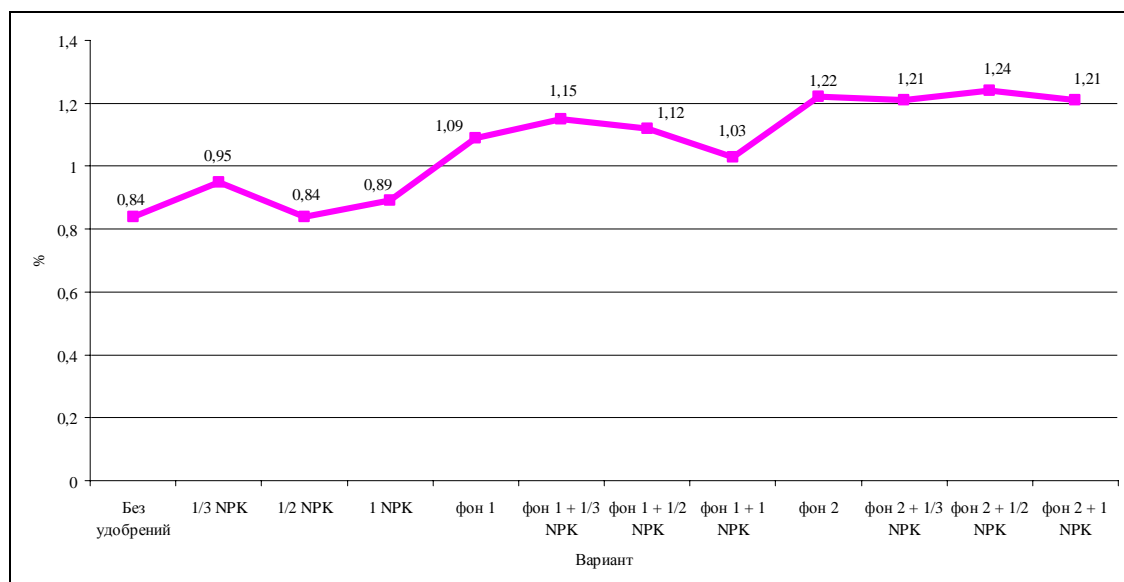


Рис. 2. Изменение типа гумуса в зависимости от соотношения  $C_{гк} : C_{фк}$

**Заключение.** Использование различных доз и видов удобрений позволило трансформировать фракционно-групповой состав гумуса дерново-подзолистей почвы, при этом характерные зонально-генетические особенности были сохранены. В групповом составе гумуса суммарное содержание гуминовых кислот достигало 21,3-31,0%, преобладая над суммарным содержанием фульвокислот (22,8-25,6%). При внесении различных доз азота, фосфора и калия соотношение  $C_{гк}/C_{фк}$  находилось в пределах 0,84-0,95, что соответствует гуматно-фульватному типу гумуса. Применение минеральных удобрений на фоне органических способствовало повышению соотношения  $C_{гк} : C_{фк}$  до 1,03 до, 1,24 и переходу гумуса в фульватно-гуматный тип.

При внесении различных доз азота, фосфора и калия в почву на протяжении многих лет наблюдалось превышение минерализации гумуса над его накоплением, о чем свидетельствует отрицательный баланс гумуса.

При внесении двух доз торфонавозного компоста был получен положительный баланс гумуса (+0,36 и

+1,22 т/га). При совместном использовании торфонавозного компоста, азота, фосфора и калия происходило значительное увеличение баланса гумуса в почве, в особенности при дозе 80 т/га ТНК и трех доз NPK (+1,53-1,66 т/га).

Наши исследования показали, что применение высоких доз органических удобрений совместно с минеральными наиболее эффективно на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах. При таком способе удобрения повышается накопление гумуса в почве, а также улучшается его качество.

#### Литература

1. Распределение трансформированного органического вещества в структурных подразделениях дерново-подзолистой супесчаной почвы / Б.М. Когут, М.А. Яшин, В.М. Семенов, Т.Н. Авдеева, Л.Г. Маркина, С.М. Лукин, С.И. Тарасов // Почвоведение. – 2016. – № 1. – С. 52.
2. Шоба В.Н., Чудненко К.В. Ионнообменные свойства гумусовых кислот // Почвоведение. – 2014. – № 8. – 921 с.
3. Овчинникова М.Ф. Признаки природной устойчивости и агрогенной трансформации гумуса почв // Почвоведение. – 2013. – № 12. – 1449 с.
4. Шаповалова Н.Н., Годунова Е.И. Динамика элементов питания и урожайность культур при последствии длительного применения ми-

неральных удобрений на черноземе обыкновенном // Агрохимический вестник. – 2019. – № 5. – С. 44–50.

5. Лыков А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. – М.: Колос, 1982. – 142 с.

6. Методика разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия в хозяйствах Кировской области. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. – 60 с.

7. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (Методы и результаты изучения). – Л.: Наука, 1980. – 222 с.

8. Влияние химического состава растений зеленого удобрения на гумусообразование в дерново-подзолистой почве / Л. Трипольская, Д. Романовская, А. Шлепетене, А. Ражукас, Г. Шидлаускас // Почвоведение. – 2014. – № 4. – 480 с.

9. Исаичева У.А., Труфанов А.М. Баланс гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы при многолетнем агротехническом использовании // Вестник АПК Верхневолжья. – 2015. – № 3 (31). – С. 43–46.

10. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Показатели гумусового состояния почв. – М.: Наука, 1978. – 68 с.

## TRANSFORMATION OF HUMUS SUBSTANCES OF SOD-PODZOLIC SOIL UNDER AGROGENIC INFLUENCES

O.V. Brovarova

Institute of Agrobiotechnology named A. V. Zhuravsky of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of RAS, Syktyvkar, 167023, Russia, e-mail: olbrov@mail.ru

*The intensification of agriculture should be focused both on the deficit-free balance of humus and its reproduction in the soil, through a rational combination of fertilizers (organic and mineral), taking into account the type of soil, climatic conditions and specialization of crop rotation. In such conditions, it is possible to achieve the maximum effect of fertilizers when all the conditions necessary for their life are created for plants. The influence of organic and mineral fertilizers and their combined use on the balance and fractional-group composition of humus in a long-term stationary experiment on sod-podzolic light loamy soil was studied. It was found that the use of mineral fertilizers against the background of a high dose of peat – manure compost (PMC) has the greatest impact on the increase in the humus content (+1.53-1.66 t/ha per year). The ratio of  $S_{GC} : S_{FC}$  under the influence of complex application of fertilizers in high doses increased from 0.84 to 1.24. The humate-fulvate type of humus was changed (the ratio of  $S_{GC} : S_{FC} - 0.5-1.0$ ) to the fulvate-humate type (the ratio of  $S_{GC} : S_{FC} - 1.0-1.5$ ).*

**Keywords:** humus; humic acids; fulvic acids; peat-manure compost (PMC); organic and mineral fertilizers.

УДК:631.45(470.56)

DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.06

## СОХРАНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ И ЗАЩИТА ПОЧВЫ ОТ ЭРОЗИИ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

В.Ю. Скороходов, Н.А. Максюттов, д.с.-х.н., А.А. Зоров, к.с.-х.н.,  
Д.В. Митрофанов, к.с.-х.н., Ю.В. Кафтан, к.с.-х.н., Н.А. Зенкова, к.с.-х.н.,

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических  
систем и агротехнологий Российской академии наук»

460051, г. Оренбург, просп. Гагарина, 27/1, e-mail: skorohodov.vitali1975@mail.ru).

Исследования выполняются в соответствии с планом НИР на 2021-2023 гг.

ФГБНУ БСТ РАН (№ 0761-2019-0003)

В Оренбуржье эрозия почвы различных видов проявляется на всей площади пашни и является основной причиной снижения плодородия почвы. В Оренбургской области водной эрозии подвержено 2214,9 га, ветровой – 279,4 га. Из общей площади пашни 6240,0 тыс. га дефляционно-опасная составляет 5304,3 тыс. га. На фоне эрозии отмечается снижение содержания гумуса в почве чернозёмов южных на 1-6 т/га, обыкновенных на 1,7%. Исследования проводили на двух стационарных участках Оренбургского Предуралья и Зауралья с целью эффективности мер и технологий по сохранению плодородия и защиты почвы от эрозии в засушливых условиях. При переходе на контурно-ландшафтное земледелие (КЛЗ) повышаются плодородие склоновых земель, урожайность полевых культур и снижается до минимума отрицательное действие засухи. В паровом поле отмечают наибольшие потери плодородия почвы из-за эрозионных процессов, особенно, когда оно отводится под посев яровой пшеницы. Почвозащитный и сидеральный пары в значительной степени устраняют этот недостаток. За период парования поле чёрного пара в слое 0-150 см накапливает 430 кг/га нитратов, а при применении минеральных удобрений в дозе  $N_{40}P_{80}$  увеличивается до 689 кг/га.

**Ключевые слова:** плодородие, водная эрозия почвы, севооборот, ветровая эрозия почвы, почвозащитный пар, нитратный азот, растительные остатки.

Для цитирования: Скороходов В.Ю., Максюттов Н.А., Зоров А.А., Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В., Зенкова Н.А. Сохранение плодородия и защита почвы от эрозии в степной зоне Южного Урала // Плодородие. – 2021. – №6. – С. 22-25. DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.06.

Значительная часть сельскохозяйственных угодий России подвержена различным эрозионным процессам. Эрозия является одним из самых опасных негативных процессов, вызывающих деградацию и уничтожение почвенного покрова и наносящих ущерб земельным ресурсам и окружающей среде. Приостановить разрушительное действие эрозии и вернуть утраченное пло-

дородие почвы – одна из главных задач аграрной науки и практики. Основными источниками падения плодородия почвы в засушливых условиях Оренбуржья является эрозия почвы, которая в различной степени проявляется на всей площади пашни. В Оренбургской области из общей площади 6240,0 тыс. га дефляционно-опасная пашня составляет 5305,3 тыс. га. На фоне эро-