

**ВЛИЯНИЕ ОКУЛЬТУРИВАНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ НА СОДЕРЖАНИЕ
ГИДРОЛИЗУЕМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

Н. Н. Бамбалов, академик НАН Беларуси
Институт природопользования НАН Беларуси

Ключевые слова: торфяная почва, органическое вещество, гидролизуемые вещества

Введение

Действие минеральных кислот на гумифицированное и негумифицированное органическое вещество аналогично действию ферментов [1]. Органические соединения, гидролизуемые минеральными кислотами, являются ближайшим резервом питательных веществ для почвенных микроорганизмов. Таким образом, по содержанию гидролизуемых и негидролизуемых веществ в торфяной почве можно судить об относительной устойчивости органического вещества к разложению и о степени развития биохимических процессов в разных почвенных горизонтах.

Химический состав органических соединений гидролизатов торфяных почв весьма сложен и включает вещества, относящиеся к разным классам: моно- и олигосахариды, аминокислоты, альдегиды, фенолы, органические кислоты, аминокислоты, полипептиды, кислоторастворимые фрагменты лигнина и гуминовых кислот, часть фульвокислот и др. Количество этих веществ в гидролизатах зависит от типа, ботанического состава, степени разложения, кислотности торфа и от метода их выделения.

Наибольшее распространение получили три схемы выделения гидролизуемых веществ [1–3]. Схема Инсторфа [2] предусматривает выделение сначала легкогидролизуемых веществ 2 %-м раствором соляной кислоты, затем гуминовых веществ 0,1 М натровой щелочью и после этого – трудногидролизуемых веществ 80 %-й серной кислотой. Основной недостаток этой схемы состоит в том, что она не учитывает трудногидролизуемые вещества, входящие в состав молекул гуминовых и фульвокислот. Схема [3] предусматривает сначала выделение гуминовых веществ щелочью, а затем легко- и трудногидролизуемых. В этой схеме не учитываются гидролизуемые вещества, входящие в состав гуминовых кислот и фульвокислот. Третья схема [1] предусматривает наиболее полное извлечение гидролизуемых веществ из почвы и торфа, так как сначала выделяются легкогидролизуемые, затем – трудногидролизуемые вещества, а остаток представлен негидролизуемыми веществами. Эти методические особенности следует учитывать при оценке результатов, полученных по разным схемам.

Большой объем данных по содержанию гидролизуемых веществ в торфе разных

типов, групп и видов из торфяных месторождений России и Беларуси представлен в работах [2–7]. По данным этих же авторов, содержание гидролизуемых веществ в торфе верхового типа снижается с увеличением степени разложения, а для торфа низинного типа такой зависимости не наблюдается. Данных о влиянии глубины залегания торфа на содержание гидролизуемых веществ в этих публикациях нет. В работе [2] представлены экспериментальные данные о групповом составе органического вещества по схеме Инс-торфа 863-х образцов из различных торфяных месторождений России, но вопрос о влиянии глубины залегания торфа на содержание гидролизуемых веществ авторами не рассматривается, и в этой работе нет сведений о глубине отбора образцов торфа для исследований. В монографии [6] имеются сведения о содержании легко- и трудногидролизуемых веществ в 6 верхних (0,1–0,65 м) и 6 глубинных (1,5–5,25 м) образцах торфа с одинаковым ботаническим составом в каждой паре аналогов, однако однозначных выводов об изменении содержания гидролизуемых веществ с глубиной залегания торфа не сделано, поскольку в четырех парах образцов выявлено уменьшение содержания гидролизуемых веществ с глубиной, а в двух парах – не выявлено. Вероятно, это связано с неполным соблюдением принципа единоразличия при подборе образцов, а также с тем, что в пяти вариантах из шести не были исследованы образцы торфа из самых верхних слоев торфяных залежей.

Следует подчеркнуть, что все эти результаты относятся не к торфяным почвам, а к образцам торфа из неосушенных торфяных залежей. Что касается содержания гидролизуемых веществ в мелиорированных торфяных почвах, то в опубликованных работах по фракционированию органического вещества содержатся данные, которые не могут считаться полными, потому что они получены путем кислотного гидролиза остатков почв после удаления гуминовых веществ [8–11], т. е. гидролизуемые соединения, входящие в состав гуминовых веществ почв, не учтены. Таким образом, несмотря на большой объем экспериментальных данных о содержании гидролизуемых веществ в торфе, пока недостаточно научных знаний о содержании гидролизуемых веществ в пахотных и нижележащих слоях профилей торфяных почв.

Цель данной работы состоит в получении новых данных о наиболее полном содержании гидролизуемых и негидролизуемых веществ в почвенных профилях целинных и окультуренных торфяных почв разного генезиса. Такие знания необходимы для развития теории почвообразовательного процесса и обоснования практических решений по рациональному использованию торфяных почв.

Объекты и методы исследования

Объекты исследований – целинные и окультуренные торфяные почвы опытных станций и сельскохозяйственных предприятий Беларуси.

Для соблюдения принципа единоразличия подбирали такие пары целинных и окультуренных почв, профили которых имели одинаковый ботанический состав по всей

глубине. Это непростая задача, потому что в природе редко встречаются торфяные залежи, сложенные только одним видом торфа на всю глубину, поскольку процесс отложения торфа длился тысячелетиями, и в течение столь длительного времени неоднократно изменялись условия торфообразования, что обусловило смену растительного покрова и отлагающихся видов торфа по глубине залежи. В отдельных случаях, хотя и редко, формируются однородные по ботаническому составу и степени разложения торфяные залежи, и именно в таких местах мы отбирали пробы торфа для исследований. На трех нижеописанных объектах были найдены участки торфяных почв с однородным ботаническим составом торфа от поверхности до 120–200 см.

На неосушенном участке Полесской опытно-мелиоративной станции земледелия и луговодства (ПОСМЗиЛ) в пойме реки Бобрик от поверхности до глубины 200 см залегает тростниковый торф со степенью разложения 35–40 % и содержанием остатков тростника 85–95 %, остальное – остатки осок и гипновых мхов.

На окультуренной торфяной почве этой же опытной станции в пойме реки Бобрик выявлена почва с однородной до глубины 120 см торфяной залежью, сформированной аналогичным тростниковым торфом со степенью разложения 35–40 %, но в пахотном слое степень разложения составляет 45–50 %, что связано с процессом окультуривания почвы.

В Березинском заповеднике на неосушенной торфяной почве в пойме р. Березина от поверхности до глубины 200 см залегает осоковый торф со степенью разложения 20–25 % и содержанием остатков осок 90–95 %, остальное – гипновые мхи и тростник.

На этих трех объектах образцы почв отбирали послойно через каждые 10 см на всю глубину однородной торфяной залежи. На других целинных и мелиорированных торфяных почвах однородная по ботаническому составу и степени разложения залежь распространялась до глубины менее одного метра, поэтому в таких местах отбирали по две или три пробы, характеристика ботанического состава и степени разложения которых приводится в таблицах.

Пробы почв сушили в тени при 18–22 °С до воздушно сухого состояния, измельчали и просеивали через сито с размерами ячеек 1 мм. Содержание влаги и зольность определяли по СТБ 2042-2010.

Гидролизуемые вещества определяли весовым методом по схеме [1]. Легкогидролизуемые вещества выделяли 2 %-й соляной кислотой в колбе с обратным холодильником при 96–98 °С на кипящей водяной бане при соотношении почвы и кислоты 1:50 путем двукратной обработки с продолжительностью по 2,5 часа каждая [11]. Охлажденную до 18–22 °С суспензию фильтровали, отмывали водой до достижения pH 6–7. Остаток торфа смывали с фильтра в фарфоровую чашку, выпаривали до воздушно-сухого состояния, взвешивали, затем растирали пестиком, брали навески на определение влажности и зольности, а оставшуюся часть использовали для определения трудногидроли-

зуемых веществ. Для этого остаток торфа в фарфоровой чашке обрабатывали 72 %-й серной кислотой в соотношении 1:10 в течение 2 часов без нагревания, после чего реакционную смесь разбавляли водой в 15 раз, переносили в колбу с обратным холодильником и выдерживали при 96–98 °С в течение 5 часов на кипящей водяной бане. Охлажденную до температуры 18–22 °С суспензию фильтровали, промывали на фильтре водой, как описано выше, и в остатке определяли содержание органического вещества. Ошибка определения гидролизуемых веществ составляет $\pm 0,8$ % [2, 11]. Содержание гидролизуемых веществ в почве определяли как сумму легко- и трудногидролизуемых, а содержание негидролизуемых веществ – по разнице между содержанием органического вещества в образце почвы и гидролизуемых веществ.

Результаты и их обсуждение

В табл. 1 представлены данные о содержании гидролизуемых и негидролизуемых веществ в пахотных слоях окультуренных торфяных почв и их целинных аналогах с соответствующим ботаническим составом торфа. В верхнем слое целинной осушенной почвы ПОСМЗил содержание гидролизуемых веществ больше, чем в целинной неосушенной. Это можно объяснить тем, что после осушения в почве активизировались ферментативные и окислительные процессы, которые привели к разрушению части химических связей между отдельными звеньями в молекулах высокомолекулярных органических соединений и обусловили более легкий переход их в гидролизат.

Вспашка торфяной почвы, внесение удобрений и посевы сельскохозяйственных культур еще более активизировали деятельность почвенной биоты, в результате чего содержание наиболее доступных микроорганизмам гидролизуемых веществ стало убывать, причем под пропашными культурами, где эти процессы наиболее развиты, содержание гидролизуемых веществ меньше, чем под многолетними травами. Такая же закономерность прослеживается и на других объектах: во всех исследованных окультуренных почвах содержание гидролизуемых веществ в пахотных слоях ниже, а негидролизуемых – выше, чем в их аналогах с осушенных целинных участков.

Еще более показательны результаты по содержанию гидролизуемых и негидролизуемых органических веществ в отдельных горизонтах почвенных профилей (табл. 2, рис.). В пахотных слоях торфяных почв содержание гидролизуемых компонентов органического вещества на 14–23 % больше, а негидролизуемых меньше, чем в нижележащих. При этом в горизонтах, расположенных ниже пахотного слоя, в диапазоне глубин от 30 до 120 см одного почвенного профиля содержание гидролизуемых и негидролизуемых веществ практически постоянное. Следовательно, в почвенном профиле только пахотный слой резко отличается повышенным содержанием гидролизуемых и пониженным – негидролизуемых органических веществ. Это объясняется тем, что верхний слой подвергается интенсивному воздействию ферментативного аппарата почвенной биоты и кислорода воздуха, что ослабляет или частично разрушает химические связи между отдель-

Таблица 1 – Влияние сельскохозяйственного использования торфяных почв на содержание гидролизующих и негидролизующих органических веществ в пахотном слое, % к органическому веществу

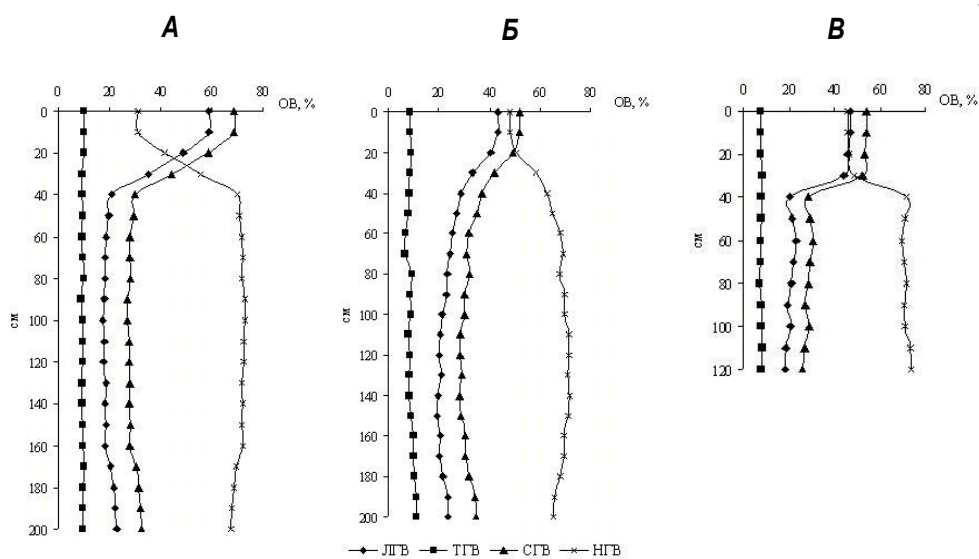
Объект	Вид и степень разложения торфа, %	Гидролизующие вещества	Негидролизующие вещества
ПОСМЗиП, неосушенная почва	Осоковый, 20-25	46,8	53,2
ПОСМЗиП, целинная осушенная почва	Осоковый, 20-25	54,5	45,5
ПОСМЗиП, осушенная почва, многолетние травы	Осоковый, 25-20	48,5	51,5
ПОСМЗиП, осушенная почва, пропашной севооборот	Осоковый, 25-20	45,8	54,2
ПОСМЗиП, целинная неосушенная почва	Тростниковый, 40	44,2	55,8
ПОСМЗиП, осушенная почва, полевой севооборот	Тростниковый, 50-55	43,8	56,2
МОБС, целинная осушенная почва	Древесно-тростниковый, 45-50	50,1	49,9
МОБС, осушенная почва, пропашной севооборот	Древесно-тростниковый, 60-65	43,6	56,4
Слоусть, целинная осушенная почва	Тростниковый, 40-45	54,2	45,8
Слоусть, полевой севооборот	Тростниковый, 45-50	42,5	57,5
Выгонощанское, целинная неосушенная почва	Осоковый, 25-30	49,1	50,9
Выгонощанское, осушенная почва, полевой севооборот	Тростниково-осоковый, 30-35	45,7	54,3
Красный Бор, целинная осушенная почва	Тростниково-осоковый, 25-30	38,9	61,1
Красный Бор, осушенная почва, полевой севооборот	Тростниково-осоковый, 30-35	37,0	63,0
Оресса, целинная осушенная почва	Тростниково-осоковый, 35-40	50,6	49,4
Оресса, осушенная почва полевой севооборот	Тростниково-осоковый, 40-45	41,9	59,1
Оресса, осушенная почва полевой севооборот	Тростниково-осоковый, 35-40	43,9	56,1

Таблица 2 – Содержание гидролизуемых и негидролизуемых органических веществ в различных горизонтах профилей торфяных почв, % к органическому веществу почвы

Объект	Глубина, см	Гидролизуемые вещества	Негидролизуемые вещества
ПОСМЗил, целинная неосушенная почва на тростниковом торфе,	5–25	44,2	55,8
	35–50	30,8	69,2
	60–90	27,7	72,3
ПОСМЗил, полевой севооборот, почва на тростниковом торфе	5–25	43,8	56,2
	35–50	29,6	70,4
	60–90	28,0	72,0
МОБС, целинная осушенная почва на древесно-тростниковом торфе	5–20	50,1	49,9
	30–40	33,3	66,7
	60–80	33,0	67,0
МОБС, осушенная почва на древесно-тростниковом торфе, полевой севооборот	5–20	43,6	56,4
	30–40	30,0	70,0
	45–65	30,5	69,5
ИОМС, целинная осушенная почва на тростниково-осоковом торфе	5–25	54,2	45,8
	35–50	37,7	62,3
	65–90	35,2	64,8
ИОМС, осушенная почва на тростниково-осоковом торфе, полевой севооборот	5–25	42,5	57,5
	35–50	28,7	71,3
	65–90	31,4	68,6
Выгонощанское, неосушенная почва на осоковом торфе	5–25	45,7	54,3
	35–50	22,2	77,8
Выгонощанское, осушенная почва на осоковом торфе, полевой севооборот	5–25	49,1	50,9
	35–50	26,0	74,0

ными звеньями молекул ряда органических соединений и обуславливает более легкий переход их в гидролизат. Ниже пахотного слоя эти процессы в значительной степени ослаблены, поэтому здесь в органическом веществе содержится повышенное количество негидролизуемых и пониженное – гидролизуемых компонентов.

Такая же закономерность в распределении по почвенному профилю гидролизуемых и негидролизуемых компонентов характерна и для неосушенных торфяных почв (рис.). В верхнем, биологически активном торфогенном слое (до 30 см) содержание гидролизуемых веществ на 24–38 % выше, чем в нижележащих слоях. Известно, что на болотах торфогенный слой периодически аэрируется при колебаниях уровня грунтовых вод, поэтому он обильно населен аэробными организмами, в то время как нижележащие слои, ранее прошедшие стадию торфогенного слоя, находятся в условиях постоянного анаэробнозиса, и аэробные микробиологические процессы в них подавлены [12].



А – Березинский заповедник, неосушенная почва на осоковом торфе; Б – ПОСМЗил, неосушенная почва на тростниковом торфе; В – ПОСМЗил, осушенная почва на тростниковом торфе, полевой севооборот.

В интервале от 30 до 200 см содержание гидролизуемых веществ не зависит от глубины залегания и остается практически одинаковым. Эта закономерность распространяется на содержание легкогидролизуемых веществ и суммы легко- и трудногидролизуемых, в то время как содержание органических трудногидролизуемых веществ в торфяных почвах практически не зависит от глубины залегания по всему профилю от поверхности до 200 см (глубже исследования не проводили). Если подобрать почвы с однородной торфяной залежью с большей глубиной, то весьма вероятно, что эта закономерность распространялась бы и на более глубокие слои. К сожалению, сделать это пока не удалось, потому что развитие торфяных залежей во времени ведет к изменению растительного покрова, а следовательно, к смене видов отлагающегося торфа, что неизбежно влияет на содержание гидролизуемых веществ.

Одна из особенностей механизма формирования торфяных залежей в природных условиях состоит в том, что торф, сначала находившийся в верхнем, торфогенном слое, через определенное время оказывается в зоне консервации торфяной залежи, расположенной ниже торфогенного слоя, вследствие его постепенного погребения под ежегодно нарастающими новыми отложениями торфа. В результате такого перехода в торфе существенно уменьшается количество гидролизуемых и увеличивается количество негидролизуемых веществ. Механизм таких преобразований не выяснен, можно лишь предполагать, что в анаэробных условиях в торфяных залежах протекают процессы конденсации некоторой части гидролизуемых органических соединений с образованием новых ве-

ществ, не переходящих в раствор при кислотном гидролизе, т. е. идет внутризалежный синтез негидролизуемых органических веществ из гидролизуемых. Как видно из рис., в природных условиях процесс превращения гидролизуемых органических соединений торфа в негидролизуемые осуществляется в течение времени, необходимого для образования 3–5 сантиметрового слоя торфа. В зоне консервации и медленных вторичных изменений содержание гидролизуемых и негидролизуемых веществ в торфе практически не изменяется по всей глубине однородной по ботаническому составу и степени разложения залежи.

После проведения осушительной мелиорации в результате минерализации органического вещества глубина пахотного слоя должна уменьшаться, но этого не наблюдается, так как в пахотный слой постепенно вовлекается торф из подпахотного. При длительном использовании торфяной почвы формируется почвенный профиль с практически постоянной глубиной пахотного слоя и уменьшающейся глубиной подпахотного. На основе опубликованных данных о почве бывшей Минской опытной болотной станции [13, 14] с учетом уменьшения глубины и увеличения плотности скелета почвы можно рассчитать, что масса органического вещества пахотного слоя в момент первичного освоения здесь составляла около 350–400 т/га. При среднегодовом дефиците органического вещества примерно 6 т/га это количество могло быть израсходовано за 60–70 лет. За этот период взамен утраченного органического вещества пахотный слой полностью или почти полностью обновился органическим веществом за счет торфа подпахотного слоя и частично за счет перегнивших послеуборочных растительных остатков. В настоящее время разница в содержании гидролизуемых веществ в пахотном и подпахотном слоях этой почвы составляет более 13 %, а 70 лет назад разницы не было, так как нынешний пахотный слой тогда был подпахотным. Это означает, что процесс окультуривания торфяной почвы сопровождается глубоким преобразованием органического вещества в пахотном слое, приводящим к трансформации части негидролизуемых веществ в гидролизуемые.

Заключение

По содержанию гидролизуемых и негидролизуемых органических веществ профили целинных торфяных почв дифференцированы на две зоны, граница между которыми совпадает с границей между биологически активным торфогенным слоем и расположенной ниже зоной консервации и медленных вторичных изменений. При одинаковом ботаническом составе и степени разложения наибольшее количество гидролизуемых веществ содержится в торфе из торфогенного слоя, наименьшее – из нижележащих слоев. Различия в содержании гидролизуемых веществ в образцах неосушенных почв из верхних и нижележащих слоев составляют от 24 до 38 % в расчете на органическое вещество.

В пахотных слоях окультуренных торфяных почв содержание гидролизуемых

веществ ниже, а негидролизуемых – выше, чем в их аналогах с осушенных целинных участков, при этом наиболее низкое содержание гидролизуемых веществ наблюдается при возделывании пропашных культур.

При сельскохозяйственном использовании глубина пахотного слоя торфяной почвы уменьшается в результате минерализации органического вещества, но при вспашке пахотный слой пополняется новыми порциями торфа из подпахотного горизонта. Содержание негидролизуемых органических веществ в этих порциях торфа на 13–38 % больше, чем в пахотном слое, но под воздействием биохимических процессов пахотного слоя часть негидролизуемых веществ переходит в группу гидролизуемых. По этой причине почвенные профили осушенных торфяных почв по содержанию гидролизуемых и негидролизуемых органических веществ четко дифференцированы на две зоны: пахотный слой с повышенным количеством гидролизуемых и подпахотный слой с повышенным количеством негидролизуемых веществ. Это означает, что устойчивость органического вещества к биохимическим превращениям в подпахотном слое существенно выше, чем в пахотном.

Литература

1. Тюрин, И. В. К вопросу о методах изучения органического вещества почвы в биохимическом отношении / Тюрин И. В. // Тр. Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева, 1934. Т. 10, Вып. 4. – С. 27–37.
2. Лиштван, И. И. Основные свойства торфа и методы их определения / Лиштван И. И., Король Н. Т. // Минск: Наука и техника 1975. – 318 с.
3. Бамбалов, Н. Н. Современное состояние и проблемы методики группового анализа органического вещества торфяных почв / Бамбалов Н. Н. // Физико-химические, геохимические и микробиологические процессы мелиорированных почв Полесья. Минск. 1974. – С. 116–209.
4. Раковский, В. Е. Методы выделения легкогидролизуемых веществ из торфа / Раковский В. Е., Чайкова В. Д. // Труды Института торфа. Т.7, Минск, 1959. – С. 90–96.
5. Раковский, В. Е. Общая химическая характеристика торфов БССР / Раковский В. Е., Позняк В. С., Шиманский В. С. // Изв. АН БССР. 1955. № 5. – С. 135–147.
6. Раковский, В. Е. Химия и генезис торфа / Раковский В. Е., Пигулевская Л. В. // М., Недра. 1978. – 231 с.
7. Томсон, А. Э. Торф и продукты его переработки / Томсон А. Э., Наумова Г. А. // Минск: Белорусская наука. 2009. – 328 с.
8. Ефимов, В. Н. Изменение состава органического вещества верховой торфяной почвы под влиянием сельскохозяйственного освоения. / Ефимов В. Н., Ландсберг Г. П. // Записки ЛСХИ. Л-Пушкин. 1972. т. 165. Вып. 2. С. 33–38.
9. Пономарева, В. В., Николаева, Т. А. К методике изучения органического вещества в торфяно-болотных почвах / Пономарева В. В., Николаева Т. А. // Современные почвенные процессы в лесной зоне Европейской части СССР. М.: Наука. 1959. – С. 170–203.
10. Переверзев, В. Н., Алексеева, Н. С. Изменение состава органического вещества торфяно-болотных почв Кольского полуострова под влиянием окультуривания / Переверзев В. Н., Алексее-

ва Н. С. // Почвоведение. 1973. № 3. – с. 42–49.

11. Бамбалов, Н. Н., Беленькая, Т. Я. Фракционно-групповой состав органического вещества целинных и мелиорированных торфяных почв / Бамбалов Н. Н., Беленькая Т. Я. // Почвоведение. 1998. № 12. – С. 1431–1437.

12. Курбатова-Беликова, Н. М. Закономерности распределения микроорганизмов в низинных торфяниках / Курбатова-Беликова Н. М. // Сб. научн. тр. Ин-та торфа АН БССР. Минск. 1951. – С. 166–175.

13. Кирсанов, А. Т. Изменение торфа как питательной среды под влиянием культуры. / Кирсанов А. Т. // Тр. Минской болотной станции. 1924. № 5.

14. Скоропанов, С. Г. Освоение и использование торфяно-болотных почв / Скоропанов С. Г. // Минск: Изд-во АСНХ БССР. 1961. – 252 с.

Summary

Bambalov N.

THE INFLUENCE OF CULTIVATION OF PEAT SOILS ON THE CONTENT OF HYDROLYSABLE AND NOT HYDROLYSABLE ORGANIC SUBSTANCES

The content of hydrolysable substances in arable layers of the cultivated peat soils substantially lower, and not hydrolyzable – higher, than in analogues layers from the drained virgin soils. The lowest content of hydrolyable substances is observed at cultivation raw crops.

The maximal quantity of hydrolyzable substances is containing in arable layers of soil profiles, the least – in subsurface layers. Distinctions in the content of hydrolyzable substances in upper and lower layers of soil profiles make up from 13 till 38 % to total soil organic matter. Biochemical stability of organic matter in subsurface layers is essentially higher, than in the arable ones.

Поступила 5 июля 2012 г.