

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ВЕСТНИК

ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ПЕДАГОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Научный журнал
Издается с 1997 года

ВЫПУСК 3 (93) 2010

ТОМСК
2010

ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЭВТРОФНОГО БОЛОТА ТАГАН ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлены результаты исследования свойств торфяных почв в естественном и осушаемом условиях. Рассмотрены характеристики гуминовых кислот, особенности их молекулярно-массового распределения в осушаемых и естественных торфяных почвах. Фиксируется влияние осушения на процессы трансформации органического вещества в верхнем слое осушаемой торфяной почвы в форме нетипичного для естественных торфяных почв окислительно-восстановительного режима и повышенной биологической активности, что отражается на структуре гуминовых кислот.

Ключевые слова: органическое вещество, осушаемые торфяные почвы, гуминовые кислоты, фракционно-групповой состав торфяной почвы, парамагнитные центры, трансформация, минерализация.

В России 4 млн га мелиорированных торфяных почв используется в сельскохозяйственном производстве, из них 2 млн га торфяных почв выработано, в сельскохозяйственном производстве используется только около 800 тыс. га. При освоении этих почв произошла резкая смена их водно-физических свойств, что повлекло за собой изменения в скорости протекания почвенных процессов: накопление органического вещества уступило процессам его трансформации и при определенных условиях – минерализации. Возникло много вопросов относительно динамики, направленности и скорости этого процесса. Не представляется окончательно понятным механизм гумификации, недостаточно полно изучены свойства гуминовых кислот торфяных почв и их природа в зависимости от возраста и условий использования.

В освоённых почвах за многолетний период использования значительно увеличивается степень разложения, уменьшается влагоемкость, величина гидротитической кислотности и возрастает степень насыщенности почвы основаниями [1]. Основным процессом в освоённых торфяных почвах является глубокая трансформация органического вещества, приводящая к минерализации. Освоение торфяных почв сопровождается значительным накоплением гумусовых веществ и изменением их качественного состава. При освоении происходит накопление биохимически устойчивой части гумуса – гуминовых кислот. Накопление фульвокислот в освоённых почвах не происходит, так как они легче подвергаются минерализации и вымыванию из почвенного профиля. В результате происходит значительное расширение соотношения ГК:ФК и обогащение гумуса наиболее ценной его частью [2].

Таким образом, накопленные знания в области изучения органического вещества торфяных почв не в полной мере охватывают все стороны и особенности процессов, протекающих в осушаемых и используемых в сельскохозяйственном производстве торфяных почвах. Наибольшее внимание исследователями было уделено гуминовым кислотам торфяных почв, однако до сих пор так и не выявлены четкие

зависимости структуры этих сложных полифункциональных органических веществ в составе торфа от геохимической обстановки, ботанического состава, возраста торфа и других факторов.

Целью работы было проведение исследования влияния осушения на процессы трансформации органического вещества естественных и осушаемых эвтрофных торфяных почв.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования послужило эвтрофное болото Таган, расположенное в Томском районе Томской области, в 11 км на юго-запад от г. Томска. Таганское болото находится на Томь-Обском междуречье в древней ложбине стока. Оно вытянуто в виде узкой полосы длиной 32 км, шириной от 100 до 200 м. Общая площадь месторождения – 4 674 га со средней глубиной 3,41 м. На болоте в 2005 и 2006 гг. были проведены полевые исследования и отобраны образцы для анализов. В дальнейшем изучались 3 слоя по ботаническому составу (ГОСТ 28245.2-89): древесный на глубине, древесно-травяной (в центре профиля) и древесный поверхностный в естественных и осушаемых торфяных почвах. Из отобранных в 2006 г. образцов для исследований были взяты 8 (4 образца – с осушаемой и 4 образца – с естественной части болота). Были использованы сравнительно-географический, сравнительно-аналитический и инструментальный методы исследования. В табл. 1 представлен перечень всех объектов исследований.

Часть всех доставленных в лабораторию образцов хранилась в холодном месте в герметичной упаковке для предотвращения развития микроорганизмов. В образцах определялся ботанический состав, степень разложения и влажность торфяных почв. Необходимое для лабораторных исследований количество почвы высушивалось на воздухе при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния. Из образцов отбирались корни растений и крупные неразложившиеся органические остатки, почва измельчалась и просеивалась через сито с отверстиями в 1 мм.

В этих образцах определялась кислотность (ГОСТ 11623-65), содержание поглощенных оснований (по

Таблица 1
Перечень объектов исследований

1. Почва торфяная (осушаемый участок)	
Время отбора образцов: 2005 г.	
Глубина отбора, см	Индекс объекта исследований (почвы и гуминовых кислот из этого горизонта)
0–25	1.1
25–50	1.2
50–75	1.3
75–100	1.4
2. Почва торфяная (естественный участок)	
Исследовались (2005)	
Время отбора образцов: 2006 г.	
Глубина отбора, см	Индекс объекта исследований (почвы и гуминовых кислот из этого горизонта) и ботанический состав
10–20	2.1 древесный
30–40	2.2 древесно-травяной
50–60	2.3 древесный (травяной вариант)
80–90	2.4 древесный
10–20	2.5 древесный
30–40	2.6 древесно-травяной
50–60	2.7 древесно-травяной
60–70	2.8 древесный

Каппену–Гильковицу) и обменных форм железа (ГОСТ 27894.7-88), фракционно-групповой состав органической части почвы [2]. Данный метод позволяет подвести материальный баланс разных групп органического вещества. В целом схема фракционно-группового анализа Н. Н. Бамбалова близка к схеме Тюрина–Кононовой, но отличается от нее отсутствием операции декальцинирования. От схемы Попомаревой и Николаевой используемая схема отличается отсутствием операции выделения фракции гумусовых веществ щелочью при нагревании. Нужно отметить, что особенностью пирофосфата натрия как экстрагента, по мнению И. Д. Комиссарова с соавт. [3] и Т. А. Кухаренко [4], является его способность извлекать не только «свободные» гуминовые кислоты, но и связанные с минеральными компонентами. Это позволяет более точно оценить состав органического вещества почв. ИК спектры снимались на спектрометре Vector 22 фирмы Bruker в ИХН СО РАН. ЭПР исследования проводили на радиоспектрометре PS 100. X (фирма Адани, Беларусь) на кафедре общей химии ТГСХА (Тюмень). Молекулярно-массовое распределение ГК торфов было получено с помощью гель-хроматографического разделения на сефадексе G-75 с использованием 0.1n NaOH в качестве растворителя и элюирующего агента. Оптическую плотность регистрировали на спектрофотометре SPEKOL-21 при длине волны 465 нм.

Обсуждение результатов

Полученные значения обменной кислотности характерны для низинных торфов древесной группы, их

можно отнести к слабокислым торфам (pH=5.0–6.5). Особенности кислотно-основных свойств верхнего слоя естественной почвы связаны с наличием пирогенного горизонта 0–10 см. Практически по всему профилю осушаемой почвы сумма поглощенных оснований выше по сравнению с неосушенной при более равномерном распределении в естественной торфяной почве. На осушаемом участке подвижные соединения железа распределяются практически равномерно по всему профилю. Естественная почва содержит существенно больше подвижного железа по сравнению с осушаемой. Наибольшее содержание обменного железа в горизонте 0–10 см (1100 мг/100 г) обосновывается его пирогенным происхождением. Высокое содержание железа и зольность исследуемых торфов потребовали очистки полученных из торфов гуминовых кислот деозолированием.

Групповой состав органического вещества изученных торфяных почв представлен в табл. 2, из которой следует, что отличия в составе органического вещества в осушаемой почве произошли в верхнем горизонте. С глубины 30–40 см в осушаемой почве не наблюдается явных различий с естественной торфяной почвой. Содержание битумов в осушаемой почве постепенно увеличивается к нижним горизонтам. Сумма гуминовых и фульвокислот в осушенной почве меньше, чем в естественной. Содержание гуминовых кислот закономерно увеличивается с глубиной. Отмечается только небольшое увеличение содержания гуминовых кислот щелочной фракции в верхнем горизонте осушаемой почвы. Увеличение доли трудногидролизуемых веществ и негидролизуемого остатка в верхнем горизонте осушаемой почвы, вероятно, происходит за счет уменьшения наиболее доступных для микроорганизмов легкогидролизуемых веществ [5, 6].

Для сравнения структурных особенностей гуминовых кислот были рассчитаны спектральные коэффициенты – отношения интенсивностей некоторых полос поглощения (табл. 3).

Коэффициенты $OH/C=C$ и $Salk/C=C$ показывают, что ароматичность молекул гуминовых кислот осушаемой и естественной почв увеличивается в верхних и нижних горизонтах, соответствующих стратиграфическим слоям древесного торфа. Следует отметить, что в естественных почвах на глубине 50–60 см количество алкильных и OH-групп резко возрастает, однако в гуминовых кислотах осушаемой почвы OH-групп содержится больше. Отношение $C=O/C=C$ увеличивается в поверхностных горизонтах, где окислительные реакции идут активнее. Небольшое увеличение углерода алкильных групп по отношению к OH-группам наблюдается в верхних горизонтах. Таким образом, осушение не оказало существенного влияния на функциональный состав, однако повлияло на их относительное содержание.

В верхних горизонтах осушаемой почвы наблюдается увеличение парамагнитных центров (ПМЦ). Это

Таблица 2

Фракционно-групповой состав торфяных почв эвтрофного болота Таган, % с. в.

Глубина отбора, см	R, %	Битумы	ГВ	ГКщел	ГКщир	ФК	ЛГВ	ТГВ	НГО	ГК:ФК
Осушасмый участок										
10–20	60	2.5	34.3	26.7	1.5	7.6	1.1	9.5	52.6	3.5
30–40	35	2.8	35.6	24.5	1.6	11.1	2.4	7.8	51.4	2.2
50–60	40	3.0	37.2	25.8	1.9	11.4	2.8	6.5	50.5	2.3
80–90	35	3.3	38.9	28.3	1.8	10.6	2.0	6.6	49.2	2.7
Естественный участок										
10–20	40	3.7	37.8	25.8	1.3	12.0	8.2	6.8	43.5	2.2
30–40	40	3.6	38.3	25.4	1.5	12.9	5.8	6.5	45.8	2.0
50–60	45	3.4	38.5	26.2	1.6	12.3	3.1	6.4	48.6	2.1
60–70	40	3.3	37.7	27.9	1.6	9.8	1.9	6.4	50.7	2.8

Примечание: R – степень разложения, % с. в. – содержание органического вещества в процентах от сухого вещества, ГВ – сумма гуминовых и фульвокислот (щелочная вытяжка), ГКщел – гуминовые кислоты (щелочная вытяжка), ГКщир – гуминовые кислоты (пирофосфатная вытяжка), ФК – фульвокислоты (щелочная вытяжка), ЛГВ – легкогидролизуемые вещества, ТГВ – трудногидролизуемые вещества, НГО – негидролизуемый остаток, ГК:ФК – отношение содержания гуминовых кислот и фульвокислот (щелочная вытяжка).

Таблица 3

Спектральные коэффициенты гуминовых кислот из торфяных почв по данным ИК

Индекс объекта изучения (гуминовая кислота)	Отношения интенсивностей полос поглощения, соответствующих химическим связям				
	ОН/C=C	C=O/C=C	Салк/C=C	ОН/Салк	C=O/Салк
Осушасмый участок					
2.1	0.88	0.97	0.84	1.05	1.15
2.2	0.92	0.93	0.87	1.06	1.08
2.3	0.90	0.88	0.86	1.03	1.03
2.4	0.86	0.89	0.83	1.04	1.07
Естественный участок					
2.5	0.87	0.97	0.85	1.02	1.14
2.6	0.89	0.92	0.87	1.03	1.07
2.7	0.78	0.94	0.76	1.02	1.24
2.8	0.83	0.95	0.80	1.03	1.19

связано с формированием гуминовых кислот в условиях большей обеспеченности кислородом, большей биологической активности, что ведет к «отбору» более термодинамически устойчивых структур макромолекул с меньшим количеством периферических цепей [7–9]. Большая обуглерожённость гуминовых кислот из самых верхних и нижних горизонтов осушаемой почвы, о чем свидетельствуют данные ЭПР-спектроскопии, соответствует данным ИК-спектроскопии. Увеличение содержания ПМЦ в связи со сменой ботанического состава на древесный в нижних горизонтах изученных почв свидетельствует о зависимости парамагнетизма от состава растений торфообразователей (рис. 1). Гуминовые кислоты естественной почвы имеют максимальное значение ПМЦ на глубине 50–60 см и минимальное в верхнем горизонте.

Таким образом, на основании данных по ЭПР-спектроскопии было установлено, что изученные гуминовые кислоты из торфяных почв древесного ботанического состава имеют большой парамагнетизм.

Молекулярно-массовое распределение гуминовых кислот торфяных почв эвтрофного болота Таган было проведено с целью получения дополнительных характеристик гуминовых кислот осушаемой и естественной торфяных почв. В табл. 4 представлены процентные соотношения полученных фракций гуминовых кислот.

Три образца гуминовых кислот 2.2, 2.5 и 2.6 практически одинаковы по своим молекулярно-массовым параметрам. Гельхроматограммы этих гуминовых кислот показали разделение их на две фракции, высокомолекулярная фракция занимает доминирующее значения (фракция 1 – 61.70, 76.00 и 74.17 %). Объём

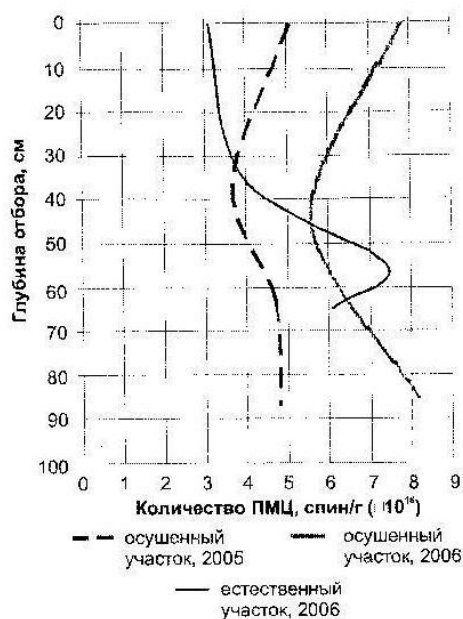


Рис. 1. Количество парамагнитных центров в гуминовых кислотах торфяных почв болота Таган

мы фракций, отобранных на момент фиксирования пиков у этих образцов, практически совпадают. Образец 2.2 несколько отличается от 2.5 и 2.6 относительным увеличением низкомолекулярной фракции (38.30), что может быть связано с изменением влаго-воздушного режима и увеличением ферментативной активности микроорганизмов и растений в осушенной почве [10].

Трансформация органического вещества в таких условиях, как известно, ведет к отрыву периферических цепей и уменьшению молекулярных масс гуминовых кислот. Образец 2.1 (осушенная торфяная почва) разделился при гель-фильтрации на три фракции. Объемы фракций 1 и 2, отобранных на момент фиксирования пиков, смещены в сторону укрупнения молекул гуминовых кислот.

Очевидно, содержание низкомолекулярных гуминовых кислот верхнего горизонта осушаемой торфя-

ной почвы доминирует над содержанием высокомолекулярных. Это может быть связано с продолжительным сельскохозяйственным использованием осушаемой почвы. Возможно, в процессе трансформации органического вещества гуминовые кислоты подверглись трансформации или частичной минерализации, в результате чего комплекс гуминовых кислот разделился на три фракции [8].

Таким образом, полученные результаты показывают, что гуминовые кислоты изученных торфяных почв не являются стохастическим набором биополимеров, но содержат сходные фракции в генетически связанных горизонтах. Характер молекулярно-массового распределения исследованных гуминовых кислот торфяных почв объясняется различными условиями гумусообразования. Особенности молекулярно-массового распределения гуминовых кислот из верхнего горизонта осушаемой почвы обусловлены влиянием мелиорации и, как следствие, нетипичным для естественных торфяных почв окислительно-восстановительным режимом и повышенной биологической активностью, что отражается на структуре гуминовых кислот.

Выводы

1. На особенности физико-химических свойств торфяных почв эвтрофного болота Таган основное влияние оказывают ботанический состав, степень разложения торфа и минерализованные грунтовые воды. По ботаническому составу профиль изученных торфяных почв состоит из трех слоев разной мощности: древесный низинный, древесно-травяной и древесный поверхностный. Осушаемая почва в верхнем слое характеризуется большей степенью разложения, чем естественная, что отражается и на свойствах органического вещества.

2. Изученные почвы характеризуются как нормальнопольные. Обменная кислотность и гидролитическая кислотность в изученных торфяных почвах в большей степени определяется степенью разложения. Распределение подвижных форм железа в осушаемой почве относительно равномерное, а в естественной почве — существенно выше и характеризуется двумя пиками.

Таблица 4

Процентные отношения фракций гуминовых кислот торфяных почв эвтрофного болота Таган

Образец	Пик	Процентное отношение фракций, %	Объем фракции*, мл
2.1. Гуминовые кислоты из осушенной торфяной почвы, глубина отбора 10–20 см	1	23.01	99.6
	2	64.36	196
	3	12.63	549
2.2. Гуминовые кислоты из осушенной торфяной почвы, глубина отбора 30–40 см	1	61.70	116
	2	38.30	245
2.5. Гуминовые кислоты из целинной торфяной почвы, глубина отбора 10–20 см	1	76.00	112
	2	24.00	249
2.6. Гуминовые кислоты из целинной торфяной почвы, глубина отбора 30–40 см	1	74.17	114
	2	25.83	246

Примечание: * — объем элюата, отобранный на момент фиксирования пика.

3. Отличия фракционно-группового состава органического вещества торфов в поверхностных горизонтах осушаемой и естественной торфяных почв объясняются разными условиями гумусообразования, большей микробиологической активностью и трансформацией наиболее доступных органических веществ в верхнем слое осушаемой почвы.

4. Гуминовые кислоты из верхнего слоя осушенной почвы при гель-хроматографии разделились по

молекулярному весу на три фракции. Это является нетипичным для исследованных нами объектов и свидетельствует о влиянии осушения на процессы трансформации органического вещества в верхнем слое осушаемой торфяной почвы.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (09-05-00235-а и 09-05-99007) и Федерального агентства по науке и инновациям (Госконтракт № 02.740.11.0325).

Список литературы

1. Ефимов В. Н., Лунина Н. Ф. Изменение состава органического вещества торфяных почв за 70 лет их сельскохозяйственного использования // Почвоведение. 1986. № 7. С. 79–87.
2. Бамбалов Н. Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения. Минск: Наука и техника, 1984. 175 с.
3. Комиссаров И. Д., Логинов Л. Ф. К вопросу о молекулярной массе гуминовых кислот // Гуминовые препараты. Тюмень, 1971. С. 125–131.
4. Кухаренко Т. А. О методах выделения гуминовых кислот из торфа и углей // Химия твердого топлива. 1980. № 5. С. 87–94.
5. Бамбалов Н. Н., Беленькая Т. Я. Содержание и состав углеводов в целинных и мелиорируемых торфяных почвах // Почвоведение. 1993. № 12. С. 87–91.
6. Бамбалов Н. Н., Беленькая Т. Я. Фракционно-групповой состав органического вещества целинных и мелиорированных торфяных почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1431–1437.
7. Драгунов С. С., Каблова Н. Г. Биохимическое исследование торфяных гуминовых кислот // Почвоведение. 1975. № 5. С. 52–57.
8. Кашинская Т. Я., Гаврильчик А. П., Стригуцкий В. П. и др. Изменение гуминовых веществ в условиях осушенной торфяной залежи // Химия твердого топлива. 1989. № 3. С. 67–73.
9. Комиссаров И. Д. Химическая природа и биологическое действие гуминовых кислот // Изучение и хозяйственное использование торфяных и сапропелевых ресурсов: мат-лы междунар. симп. Тюмень, 2006. С. 315–321.
10. Пигулевская Л. В., Раковский В. Е. Химический состав торфообразователей и влияние его на состав торфов // Тр. Института торфа. Т. 6. Минск: АН БССР, 1957. С. 12–31.

Гостишева М. В., кандидат фармацевтических наук.

Сибирский государственный медицинский университет.

Ул. Московский тракт, 2, г. Томск, Томская область, Россия, 634050.

E-mail: agroecol@tspu.edu.ru

Инишева Л. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. лабораторией, чл.-корр. РАСХН.

Томский государственный педагогический университет.

Ул. Киевская 60, г. Томск, Томская область, Россия, 634050.

E-mail: inisheva@mail.ru

Щеголихина А. И., преподаватель.

Томский государственный педагогический университет.

Ул. Киевская 60, г. Томск, Томская область, Россия, 634050.

E-mail: agroecol@tspu.edu.ru

Материал поступил в редакцию 28.01.2010

M. V. Gostishcheva, L. I. Inisheva, A. I. Shchegolikhina

FEATURES OF ORGANIC MATTER OF PEAT SOILS OF MIRE TAGAN TOMSK REGION

It is presented results of research of molecular-mass distribution humic acids in peat soils drained and used in agricultural production. The influence of the drainages on processes of organic matter transformations in upper layer drained peat soil-unrepresentative for peat soils oxidation-reduction conditions and raised biological activity that is reflected on structure of humic acids.

Key words: organic matter, drained peat soils, humic acids, factional and group composition of the peat soil, paramagnetic centers, transformation, mineralization.

Gostischeva M. V.

Siberian State Medical University.

Ul. Moskovskii trakt, 2, Tomsk, Tomskaya oblast, Russia, 634050.

E-mail: agroecol@tspu.edu.ru