

УДК 631.445.12

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ТОРФОВ ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ*

© 2017 г. Л.И. Инишева¹, Т.В. Дементьева¹, С.Г. Маслов²

¹ Томский государственный педагогический университет
634061 Томск, ул. Киевская, 60, Россия

E-mail: inisheva@mail.ru

² Томский политехнический университет
634034 Томск, просп. Ленина, 30, Россия

Поступила в редакцию 01.04.2015 г.

Проведен анализ состава органического вещества торфов и определены их особенности в пределах таежной и подтаежной областей (Томская обл.). Было исследовано 140 образцов торфов, каждый вид торфа по ботаническому составу представлен выборкой из 6–19 образцов. На основе корреляционного анализа выявлено, что значимыми показателями органического состава западносибирских торфов являлись: содержание суммы ГК, липидов и углеводов, величина соотношения C : N. Это дало основание рассматривать их как возможные параметры агрохимической классификации торфов.

Ключевые слова: критерии оценки свойств, торф, сельское хозяйство.

ВВЕДЕНИЕ

В конце XX столетия была предложена стратегия устойчивого развития человеческой цивилизации. В применении к сельскому хозяйству это выражается в адаптивной или симбиотической системе его ведения, которая ориентирует на сохранение среды обитания и повышение качества жизни человека, в том числе за счет биологизации и экологизации интенсификационных процессов. Современная стратегия развития сельского хозяйства была определена А.А. Жученко как химико-техногенная [1]. В результате такой стратегии сельскохозяйственная отрасль, базирующаяся на использовании практически неисчерпаемых и безопасных ресурсов энергии солнца и атмосферы, превратилась к началу XXI столетия в источник загрязнения природной среды за счет применения антропогенной энергии (химических удобрений, пестицидов, мелиорантов). На повестке дня стоит задача вернуться к экологически рациональному ведению сельского хозяйства, а с научных позиций – к системной методологии научных исследований, как это отметил Г.П. Гамзиков [2]. Одним из источников природного сырья, позволяющего получить для сельского хозяйства экологически чистые корма, ветеринарные препараты для животноводства, биостимуляторы и ростовые вещества, средства защиты растений, органические удобрения

нового поколения, является торф. До 70% добываемого в мире торфа и продукции на его основе продается для сельского хозяйства и садоводства на сумму более 350 млн долларов [3].

Много внимания торфам и торфяным почвам было уделено В.Н. Ефимовым и его учениками [4, 5]. Важное положение В.Н. Ефимова [6] о том, что разные ботанический состав и экологические условия торфообразования являются основной причиной широкого варьирования химического состава органического вещества торфов, должно получить дальнейшее развитие и на территории Западной Сибири.

Торф – сложное природное образование. С физико-химической точки зрения его можно отнести к классу сложных многокомпонентных полидисперсных полуколлоидно-высокомолекулярных систем [7]. Его состав и свойства изменяются в широких пределах. Сложность изучения свойств торфа заключается прежде всего в их многообразии и высокой вариабельности. Особенности ботанического состава торфов Западной Сибири позволили выделить ряд видов, не встречающихся на европейской территории России: согровый, листовичный, пихтовый, осоково-злаковый, сосново-осоковый и др. [8]. Всего в пределах Западно-Сибирской равнины обнаружено 105 видов торфа, в том числе 74 вида низинного, 25 – переходного и 16 – верхового типа [9]. Если учесть еще 2 основных показателя, которые влияют на качество торфа, – зольность и степень разложения, то число комбинаций

* Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (госзадание ТГПУ № 174).

торфов, различающихся по свойствам, уже будет >3500. Дополнительное воздействие на торф (физическое, термическое, биохимическое и др.) обеспечивает получение еще большего разнообразия, но уже антропогенных комбинаций торфов.

Геохимические и климатические особенности Западной Сибири, несомненно, находят отражение в особенностях состава и структуры органического вещества (*ОВ*) западносибирских торфов. Первое и единственное наиболее полное исследование отличий химического состава торфов Западной Сибири от торфов европейского региона России представлено в работе [10]. Было выявлено, что западносибирские торфа как верхового, так и низинного типа, имеют повышенную зольность, при этом степень их разложения несколько меньше европейских аналогов, что связано с резко континентальными условиями торфообразования и пониженной активностью биохимических процессов.

Исследования фракционно-группового состава *ОВ* торфяных почв (т. е. содержание не только основных групп, но и фракций веществ) с учетом ботанического состава малочисленны [6, 11–13], выполнены с использованием разных методов анализа и не всегда могут быть сравнимы. Слабо изучен вопрос о влиянии ботанического состава на структуру *ОВ* торфов. Вместе с тем такие исследования представляют значительный интерес с позиций оценки качества торфов и рационального использования торфяных ресурсов в сельском хозяйстве.

Цель работы – изучение фракционно-группового состава *ОВ*, фракционного состава азота торфов и обоснование критериев оценки свойств *ОВ* торфов.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

На территории Томской обл. в пределах таежной и подтаежной областей были проведены экспедиционные исследования и отобраны образцы торфов в количестве 4-х тысяч, относящихся по ботаническому составу к 55 видам. В дальнейшем для характеристики состава *ОВ* торфов были выбраны 140 образцов, относящихся к 12 видам, включая все виды представительных для Томской области торфов низинного типа (древесный, древесно-осоковый и древесно-травяной, осоковый, травяной, осоково-гипновый, гипновый), а также репрезентативные виды торфов верхового типа (фускум, комплексный, сфагновый мочажинный, пушицево-сфагновый, шейхцериевый). Каждый вид торфа по ботаническому составу представлен выборкой из 6–19 образцов с целью учета многообразия условий их образования.

В образцах определяли ботанический состав и степень разложения по ГОСТу 28245.2-89, зольность по ГОСТу 11306-83, фракционный состав азота по методу Шконде–Королевой [14], фракционно-групповой состав углерода по Пономаревой–Николаевой [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание воскоsmол (также битумы или липиды, включающие парафины, воска, смолы, масла и асфальтены) в исследованных торфах в зависимости от их ботанического состава изменялось в пределах 0.9–30.9% от общего углерода ($C_{\text{общ}}$). По сравнению с липидами, содержащимися в торфах европейской территории (от 1 до 18% [16]), исследованные торфа более обогащены липидами. Верховые виды торфов содержат их в 1.5–2.0 раза больше. Низинные виды торфов содержат не более 8.5% липидов в среднем. Следует отметить, что в содержании этой фракции отмечены наибольшие различия между торфами верхового и низинного типов (табл. 1).

Содержание легкогидролизуемого углерода ($C_{\text{лг}}$) в исследованных торфах изменялось в пределах 0.8–20.8% от $C_{\text{общ}}$. Наименьшее количество определено в низинной древесно-травяной группе, наибольшее – в верховой моховой группе торфов. Торфа травяно-моховой и моховой групп обоих типов имели содержание $C_{\text{лг}}$ примерно в 2 раза больше по сравнению с остальными торфами, что объясняется повышенным содержанием гемицеллюлозы мхов-торфообразователей. Содержание $C_{\text{лг}}$ в торфах не зависело от их степени разложения и зольности, что было установлено корреляционным анализом.

Содержание трудногидролизуемого углерода ($C_{\text{тг}}$) в исследованных торфах изменялось от 0.9 до 47.0% от $C_{\text{общ}}$. Среднее содержание $C_{\text{тг}}$ по группам торфа менялось в пределах 4.7–14.7%. В целом низким содержанием $C_{\text{тг}}$ характеризовался торф низинного типа, повышенным – торф верхового типа. Если сравнить закономерности содержания $C_{\text{тг}}$ и $C_{\text{лг}}$ в разных группах торфов, то можно заметить их взаимозависимость. Это и понятно, поскольку как $C_{\text{лг}}$, так и $C_{\text{тг}}$ характеризуют обогащенность торфа углеводами. Углеводы усваиваются микрофлорой в первую очередь, и, следовательно, величины содержания $C_{\text{лг}}$ и $C_{\text{тг}}$, как параметров, характеризующих доступность торфа микробиологическому разрушению, могут служить критерием оценки качества торфа при его использовании.

Гумусовые вещества – это постоянная составная часть торфа. И в этом состоит принципиальное отличие *ОВ* торфа от *ОВ* растений-торфообразователей, в которых гумусовые вещества отсутствуют.

Таблица 1. Содержание отдельных компонентов органического вещества торфов, % от общего углерода

Группа, вид торфа	Выборка	Содержание восксомол		Сумма гуминовых кислот		Содержание свободных гуминовых кислот		Легкогидролизуемые вещества	
		диапазон среднее	дисперсия	диапазон среднее	дисперсия	диапазон среднее	дисперсия	диапазон среднее	дисперсия
Тип низинный									
Группа древесная	18	$\frac{3.3-8.5}{5.8}$	1.7	$\frac{17.8-34.4}{25.0}$	5.5	$\frac{2.7-12.0}{5.6}$	2.4	$\frac{3.4-7.9}{4.7}$	1.1
Группа древесно-травяная	19	$\frac{0.9-13.1}{6.8}$	2.3	$\frac{13.0-37.8}{26.3}$	7.1	$\frac{3.3-21.7}{8.1}$	5.2	$\frac{0.8-8.5}{5.0}$	1.8
Вид древесно-травяной	14	$\frac{0.9-13.1}{6.8}$	2.7	Нет данных		$\frac{3.3-21.7}{9.3}$	5.6		
Группа травяная	35	$\frac{1.9-30.9}{7.8}$	4.5	$\frac{7.0-41.3}{26.2}$	6.7	Нет данных			
Вид травяной	19	$\frac{1.9-30.9}{8.5}$	5.9	$\frac{19.1-41.3}{28.1}$	6.1	$\frac{3.8-23.3}{10.0}$	6.7	$\frac{2.3-9.5}{5.4}$	2.2
Вид осоковый	16	$\frac{4.5-10}{7.0}$	1.7	$\frac{7.0-32.4}{24.0}$	6.8	$\frac{3.3-9.1}{5.6}$	1.8	$\frac{2.2-12.4}{7.7}$	2.7
Группа травяно-моховая	14	$\frac{4.4-10.5}{6.7}$	1.7	$\frac{5.7-31.5}{18.9}$	7.2	$\frac{2.5-9.0}{5.2}$	2.0	$\frac{6.9-14.5}{11.1}$	2.7
Группа моховая (гипновый)	14	$\frac{4.2-9.2}{6.1}$	1.2	$\frac{9.9-35.6}{21.2}$	21.2	$\frac{1.8-8.4}{4.3}$	2.0	$\frac{7.7-13.5}{10.5}$	1.6
Тип верховой									
Группа травяная	4	$\frac{14.2-21.4}{17.8}$	3.0	$\frac{13.3-30.2}{21.1}$	7.2	$\frac{3.9-14.9}{9.7}$	5.3	$\frac{2.9-8.4}{5.7}$	2.8
Вид пушицево-сфагновый	12	$\frac{7.8-15.6}{11.5}$	2.6	$\frac{7.4-31.8}{16.8}$	8.7	$\frac{2.8-12.6}{6.6}$	3.4	$\frac{6.1-19.2}{11.0}$	5.0
Группа травяно-моховая	14	$\frac{7.8-15.6}{11.8}$	2.5	$\frac{7.4-31.8}{17.0}$	8.3	$\frac{2.8-12.6}{6.6}$	3.3	$\frac{6.1-19.2}{10.5}$	4.8
Группа моховая	19	$\frac{5.4-25.1}{11.6}$	4.5	$\frac{5.2-32.1}{14.0}$	6.3	$\frac{2.2-10.7}{5.5}$	2.3	$\frac{6.2-20.8}{13.7}$	4.0
Вид фускум	6	$\frac{5.4-15.7}{10.3}$	4.7	$\frac{5.2-13.9}{10.9}$	3.1	$\frac{2.2-5.3}{4.1}$	1.1	$\frac{6.2-14.0}{11.9}$	3.0
Вид комплексный	8	$\frac{8.4-14.9}{11.7}$	2.5	$\frac{7.4-22.7}{15.4}$	5.7	$\frac{3.4-10.7}{6.5}$	2.9	$\frac{7.3-17.3}{12.5}$	2.9

Общее содержание гуминовых кислот (ГК) в торфе служит показателем степени гумификации *ОВ* торфа. Их содержание в торфах изменялось от 5.2 до 41.3% от $C_{\text{общ}}$. Степень варьирования этого показателя составила 22–36% для торфов низинного типа и 28–52% для торфов верхового типа. Максимальное содержание ГК отмечено в низинной древесно-травяной и травяной группах торфов, в которых средняя степень разложения *ОВ* достигала 26–31%. Особенно высоким средним содержанием ГК отличались торфа низинной травяной группы. Из этой закономерности выпал осоковый вид торфа, в котором при достаточно высокой степени разложения (27.5%) среднее содержание ГК значительно

меньше среднего содержания для травяной группы и не превышало 24% от $C_{\text{общ}}$. Это подтвердило ведущее значение особенностей химического состава растений-торфообразователей в процессах трансформации растительных остатков при торфообразовании, в частности гумификации. По-видимому, доля веществ, из которых в дальнейшем образуются гуминовые кислоты, в составе растительных остатков осоки меньше, чем в других видах торфов травяной группы.

Для низинной травяно-моховой и моховой групп характерно невысокое содержание гуминовых кислот – в среднем 19.9–21.1%, что, очевидно, обусловлено влиянием мхов-торфообразователей. Поэтому

можно предположить, что в низинном типе торфа общее содержание ГК в большей степени определяется ботаническим составом, чем степенью разложения торфа.

Представляет интерес изучение особенностей распределения отдельных фракций ГК в зависимости от ботанического состава торфа. В составе фракций ГК исследованных торфов на долю 1-й фракции (ГК-1) приходилось $\approx 30\%$, на долю 2-й фракции (ГК-2) — до 10%, на долю 3-й фракции (ГК-3) — 60%. ГК-1 определяет “актуальную” физиологическую активность торфов, поэтому важен анализ этой фракции.

Содержание свободных ГК-1 в торфах изменялось в широких пределах (табл. 1). Низинный торф содержал больше ГК-1, чем верховой. Исключение составлял верховой шейхцериевый торф. Заслуживают внимания близкие средние содержания ГК-1 в моховых торфах верхового и низинного типов и травяно-моховых торфах обоих типов. Эти результаты свидетельствовали о том, что накопление данной фракции ГК не связано с трофностью среды, в которой происходит образование торфа, а обусловлено иными причинами, например, исходным составом растительных остатков или особенностями водного режима болотного фитоценоза, отлагающего данный торф.

Вышеприведенные результаты позволили отметить особенности *ОВ* западносибирских торфов. Особое место занимает верховой шейхцериевый торф с максимальной для типа степенью разложения, фракционный состав которого существенно отличается от торфов верхового типа повышенным содержанием ГК и низким — углеводов при высоком содержании липидов. Торф верховой моховой группы с самой низкой степенью разложения имел самое низкое содержание ГК и самое высокое — углеводов при среднем содержании свободных ГК и высоком содержании липидов. Торф верховой травяно-моховой группы по составу *ОВ* занимал промежуточное положение. Для торфов низинного типа характерно повышенное содержание ГК и пониженное — липидов, однако в целом содержание липидов в западносибирских торфах намного больше, чем в аналогичных торфах европейской территории России.

Вместе с тем необходимо учитывать, что интенсивность микробиологической деструкции *ОВ* торфов зависит также от содержания валового азота и доступности микрофлоре азотных соединений. Фракционный состав азотного фонда торфов и торфяных почв изучали в работах [11, 17–20] и др. На долю самых устойчивых компонентов *ОВ* торфов, гумусовых кислот и лигнина приходится соответственно 40–50 и 23–34% валового азота [21]. На высокую устойчивость азота в целом в почвах Западной Сибири указывали в работах [22, 23].

Рассмотрим характеристику фракционного состава азота торфов. Абсолютные величины содержания фракций в мг/кг на абсолютно сухое вещество (**а.с.в.**) торфа характеризуют общие запасы азота каждой фракции, а доля каждой из фракций в общем азоте (% от $N_{\text{общ}}$) позволяет оценить степень устойчивости азотных соединений к биохимической деструкции. Для краткости изложения соответствующие показатели будем называть абсолютным и относительным содержанием формы азота. В исследованных торфах общее содержание азота изменялось в пределах 0.5–3.2%. Низинный тип торфа содержал 0.7–3.2, верховой — 0.5–2.1%. Наиболее обогащена азотом низинная травяная группа торфов (в среднем 2.2%), затем следуют древесная (1.9%) и моховая (1.4%). Низинные древесно-травяная и травяно-моховая группы торфов занимали промежуточное положение. В верховых торфах содержание общего азота было намного меньше (табл. 2).

Минеральные соединения азота, имеющие максимальную подвижность и являющиеся непосредственным источником азотного питания растений, составляли 1–2% от общего азота в низинных и 1.5–8.0% в верховых торфах и обычно не превышают 100 мг/кг а.с.в. При этом величины среднего содержания минерального азота по группам торфов разного ботанического состава не различались. Минеральный азот был представлен в основном аммиачными и нитратными соединениями, для которых характерна значительная сезонная изменчивость и поэтому их количество не может рассматриваться как параметр, связанный с генезисом торфа.

Относительное содержание легкогидролизуемого азота ($N_{\text{лг}}$) составляло в среднем 9.8% для низинного типа торфов и 8.5% для верхового типа. Различия интервалов варьирования (соответственно 0.5–28.8 и 0.7–18.0%) и средних показателей в зависимости от типа торфов были несущественными, в то время как группы торфов разного ботанического состава имели более выраженные различия. Самым низким относительным содержанием $N_{\text{лг}}$ характеризовался фускум-торф в верховом типе и осоковый торф в низинном типе. Самым высоким относительным содержанием — торф низинной моховой группы, а также торф травяно-моховых групп обоих типов, что характеризует их азот потенциально более подвижным.

Абсолютное содержание $N_{\text{лг}}$ изменялось от 6 до 429 мг/кг а.с.в. Общие закономерности в его изменениях аналогичны изменениям относительного содержания $N_{\text{лг}}$, хотя торфа разных типов по средним величинам содержания $N_{\text{лг}}$ различались более существенно. Низинный торф в среднем содержал 185 мг $N_{\text{лг}}$ /кг а.с.в., верховой торф — всего

Таблица 2. Фракционный состав азота торфов разного ботанического состава, % от общего азота

Группа, вид торфа	Выборка	Общий азот, %		Легкогидролизующий азот		Трудногидролизующий азот		Негидролизующий азот		C : N	
		% от общего азота									
		диапазон среднее	дисперсия	диапазон среднее	дисперсия	диапазон среднее	дисперсия	диапазон среднее	дисперсия		
Тип низинный											
Группа древесная	18	$\frac{1.5-2.8}{1.9}$	0.3	$\frac{5.5-14.0}{9.0}$	1.9	$\frac{1.5-18.2}{8.2}$	3.9	$\frac{66.9-89.4}{80.8}$	5.2	23.8	
Группа древесно- травяная	19	$\frac{0.9-2.8}{2.0}$	0.5	$\frac{2.5-15.5}{8.8}$	2.9	$\frac{0.4-17.9}{6.1}$	4.7	$\frac{65.1-90.7}{83.5}$	5.9	20.3	
Вид древесно- травяной	14	$\frac{1.1-2.8}{2.0}$	0.5	$\frac{5.1-15.5}{9.1}$	2.6	$\frac{0.4-17.9}{6.0}$	5.4	$\frac{65.1-90.7}{83.2}$	6.9	20.9	
Группа травяная	35	$\frac{0.9-3.2}{2.2}$	0.4	$\frac{3.0-18.0}{9.2}$	2.8	$\frac{0.6-12.1}{5.7}$	2.7	$\frac{74.7-90.1}{83.5}$	3.6	19.3	
Вид осоковый	16	$\frac{0.8-2.8}{2.1}$	0.5	$\frac{4.6-14.0}{8.6}$	2.5	$\frac{1.0-12.1}{6.3}$	2.7	$\frac{78.1-88.9}{83.7}$	4.0	19.9	
Вид травяной	19	$\frac{1.5-3.2}{2.2}$	0.4	$\frac{3.0-18.0}{9.6}$	3.1	$\frac{0.6-10.8}{5.2}$	2.8	$\frac{74.7-90.1}{83.4}$	4.0	18.7	
Группа травяно-моховая	14	$\frac{0.7-2.9}{1.7}$	0.75	$\frac{0.5-28.4}{10.3}$	6.3	$\frac{2.6-13.7}{6.5}$	3.7	$\frac{55.9-90.3}{81.2}$	8.3	22.1	
Группа моховая (гипновый)	14	$\frac{0.7-2.3}{1.4}$	0.5	$\frac{7.1-2.8}{13.4}$	6.1	$\frac{0.6-14.8}{9.4}$	4.3	$\frac{50.6-90.6}{75.1}$	10.8	26.6	
Тип верховой											
Вид шейхцериевый	4	$\frac{1.9-2.1}{1.9}$	0.1	$\frac{5.9-9.0}{7.4}$	1.2	$\frac{4.7-6.9}{5.8}$	0.9	$\frac{84.0-87.8}{85.0}$	1.8	26.8	
Вид пушицево- сфагновый	12	$\frac{0.5-2.0}{1.2}$	0.4	$\frac{3.5-1.0}{11.0}$	3.7	$\frac{1.9-14.4}{6.6}$	3.8	$\frac{53.5-91.0}{75.1}$	9.5	48.1	
Группа травяно-моховая	14	$\frac{0.5-2.0}{1.2}$	0.4	$\frac{3.5-1.0}{10.3}$	3.9	$\frac{1.9-14.4}{6.6}$	3.6	$\frac{53.7-91.0}{76.4}$	9.4	46.0	
Группа моховая	19	$\frac{0.5-1.9}{1.0}$	0.4	$\frac{0.7-17.7}{7.5}$	3.5	$\frac{3.6-11.7}{6.7}$	2.4	$\frac{72.4-85.8}{80.4}$	4.0	56.3	
Вид фускум	6	$\frac{0.5-0.8}{0.6}$	0.1	$\frac{0.7-11.0}{6.1}$	3.4	$\frac{4.8-11.7}{8.7}$	2.6	$\frac{76.2-85.8}{79.5}$	3.6	77.6	
Вид комплексный	8	$\frac{0.6-1.9}{1.1}$	0.4	$\frac{3.4-17.7}{9.2}$	4.6	$\frac{3.6-10.3}{6.4}$	2.1	$\frac{72.4-84.0}{79.5}$	4.9	51.7	

105 мг $N_{\text{лг}}$ /кг а.с.в. Особенно низким содержанием $N_{\text{лг}}$ отличался фускум-торф – не более 64 мг $N_{\text{лг}}$ /кг. Однако были и некоторые отличия. Несмотря на более низкую долю содержания $N_{\text{лг}}$ в торфах верховой травяной группы по сравнению с торфами верховой травяно-моховой группы, по абсолютному содержанию $N_{\text{лг}}$ торфа верховой травяной группы существенно превышали его содержание в травяно-моховой группе торфов. Среднее содержание $N_{\text{лг}}$ в торфах этих групп составляло соответственно 147 и 127 мг/кг а.с.в. Среди торфов низинного типа высоким содержанием $N_{\text{лг}}$ характеризовался торф травяной группы – в среднем 221 мг/кг, в то время как его доля в общем азоте торфа травяной группы была наименьшей в низинном типе. Близким содержанием $N_{\text{лг}}$ характеризовались торфа моховой и древесной групп. По относительному содержанию этой фракции торфа низинной моховой группы существенно превосходили древесную группу, что характеризовало их азот как более доступный.

Таким образом, содержание $N_{\text{лг}}$ в торфе, выраженное в абсолютных и относительных величинах, дает разное представление об уровне содержания азотных соединений, составляющих ближний резерв азота, и по-разному отражает закономерности его распределения в зависимости от ботанического состава. Наиболее подвижен азот торфов низинной моховой группы, наименее – верховой моховой группы.

Содержание трудногидролизуемого азота ($N_{\text{тг}}$) в среднем составляло 5.2–9.4% от $N_{\text{общ}}$, уступая по содержанию $N_{\text{лг}}$. Существенных различий в относительном содержании $N_{\text{тг}}$ по типам торфов не выявлено, однако для торфов низинного типа был характерен большой разброс данных, о чем свидетельствовала величина коэффициента вариации. Верховые группы торфов характеризовались близкими средними содержаниями $N_{\text{тг}}$, в торфах низинного типа прослежено увеличение доли $N_{\text{тг}}$ от травяной группы к древесной и моховой. Низинная древесная группа торфов характеризовалась самым высоким содержанием трудногидролизуемого азота как в относительном, так и в абсолютном выражении, достигая максимальных величин (391 мг $N_{\text{тг}}$ /кг а.с.в.).

Преобладающим соединением азота в исследованных торфах являлась очень стойкая фракция негидролизуемого азота ($N_{\text{нг}}$), достигающая 50.6–91.0% от общего азота в разных торфах. Высокая доля негидролизуемой фракции определяется преобладанием среди азотсодержащих веществ торфов малоподвижных, труднодоступных растениям и микроорганизмам соединений, прежде всего гумусовой природы.

Абсолютное содержание $N_{\text{нг}}$ изменялось в пределах 292–2500 мг/кг а.с.в. Пониженным содержанием $N_{\text{нг}}$ отличались моховая и травяно-моховая группы торфов обоих типов. Самое низкое абсолютное

содержание негидролизуемого азота было характерно для торфов верховой моховой и травяно-моховой групп (837–1010 мг/кг а.с.в.). К этому же уровню приближался низинный торф моховой группы (в среднем 1090 мг/кг). Травяные группы обоих типов имели наибольшее абсолютное содержание $N_{\text{нг}}$ – в среднем 1690–1900 мг/кг. Была выявлена общая закономерность: моховые торфа содержат меньше негидролизуемого азота, чем травяные, а верховые – меньше, чем низинные.

Особого внимания заслуживает степень обогащенности *ОВ* азотом, оцениваемая по величине соотношения $C : N$, поскольку известно, что оно указывает на биохимическую устойчивость *ОВ*. Согласно [13], при величине $C : N > 4$ торфяные почвы характеризуются очень низкой биохимической устойчивостью. Было показано, что самая низкая обогащенность торфа азотом отмечена для верховой моховой группы торфов (в среднем 56), самая высокая – для низинной травяной группы ($C : N = 19$) (табл. 2). Еще более резко были выражены межвидовые различия: фускум-торф в среднем имел соотношение $C : N = 11.6$, низинный осоковый торф – 18.7. В целом верховой торф имел более широкое соотношение $C : N$, чем низинный торф, а моховая группа – больше, чем травяная.

При анализе особенностей состава *ОВ* западно-сибирских торфов было определено, что *ОВ* торфов характеризовались большой амплитудой варьирования свойств, обусловленной многообразием состава растений-торфообразователей и условий его трансформации. Состав *ОВ* описывает большое число показателей, среди которых встречаются как существенные, определяющие изменение других свойств торфа, так и второстепенные, создающие помехи для четкого отнесения торфа к тому или иному агрохимическому классу. О существовании связей между отдельными свойствами торфов известно давно. Наиболее полные исследования корреляционных связей между свойствами торфов были проведены в работе [24] при исследовании корреляционных связей между 25 характеристиками торфов. Результаты послужили основой для разработки используемой в настоящее время промышленной классификации торфяного сырья [25], а также методики расчета отдельных свойств торфа по его ботаническому составу на основе уравнений регрессии [26]. Целью настоящего исследования также было выявление наиболее существенных параметров *ОВ* торфа, на основе которых возможно классифицировать торф по агрохимическим качествам. Был выполнен корреляционный анализ с целью определения функциональных связей между переменными, характеризующими состав *ОВ* торфа. В расчет были включены все 140 образцов торфов по 38 признакам, характеризующим

фракционный состав углерода, азота, а также общетехнические и агрохимические свойства торфов. Степень сопряженности между признаками оценивали по коэффициентам детерминации, достоверность коэффициента корреляции — с помощью *t*-критерия Стьюдента.

Проведенный корреляционный анализ показал, что содержание групп *ОВ*, определенное с использованием метода Пономаревой—Николаевой [15], в целом имело те же закономерности, что и описанные в работе [24] с использованием метода «Инсторфа» для группового анализа *ОВ*. Большинство выявленных связей имели низкие коэффициенты корреляции; зависимости для верховых и низинных торфов различались. Расчеты показали, что среди всех исследованных параметров состава *ОВ* относительно независимыми друг от друга и влияющими на другие свойства торфов являлись следующие: сумма ГК, содержание липидов, соотношение С : N, содержание углеводов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полученные результаты позволили отметить некоторые особенности органического вещества исследованных западносибирских торфов, определяемые генезисом торфяных болот. Для торфов верхового типа характерно высокое содержание липидов, углеводов (суммы гидролизуемых фракций) и пониженное — гуминовых кислот. По сравнению с торфами других регионов в составе органического вещества западносибирских торфов отмечено повышенное содержание липидов.

Общее содержание гуминовых кислот в торфах низинного типа возрастало в ряду: травяно-моховая группа — моховая группа — древесная группа — древесно-травяная, травяная группа. По содержанию фракции ГК-1 торфа одноименных ботанических групп разных типов торфа различались в меньшей степени, чем торфа разного ботанического состава одного типа. Параметрами биохимической устойчивости органического вещества торфа можно считать высокое содержание гуминовых кислот и низкое содержание фракций легко- и трудногидролизуемого углерода.

Что касается содержания в торфах азота, то выявлено, что верховые виды торфа значительно меньше обогащены азотом, чем низинные. Верховая моховая группа торфов занимает крайнее положение, характеризуясь самым низким содержанием общего азота, низкой долей легкогидролизуемых фракций и повышенным относительным содержанием азота трудногидролизуемых соединений. Среди верховых видов торфов выделяется шейхцериевый вид, который обогащен азотом, причем

доля негидролизуемой фракции в нем — наибольшая. По фракционному составу азота шейхцериевый торф приближается к низинным видам торфов. Группы торфов низинного типа характеризуются повышенным содержанием азота с возрастанием доли негидролизуемой фракции и снижением доли минерального азота. Среди групп низинного типа торфов выделяется моховая группа торфов с низким содержанием общего азота и его негидролизуемой фракции и высоким относительным содержанием легкогидролизуемого азота, что определяет более высокую подвижность азотных соединений. Травяно-моховые группы обоих типов торфов занимают промежуточное положение между травяной и моховой группами, за исключением содержания легкогидролизуемого азота, которое максимально, что характеризует меньшую устойчивость азотных соединений этих групп торфов к трансформации.

Результаты анализа фракционного состава азота подтвердили ведущую роль ботанического состава торфов в распределении азотистых соединений по фракциям. Выявленные различия фракционного состава азота характеризуют разную подвижность и гидролизуемость азотсодержащих соединений торфов разного ботанического состава и в общих чертах согласуются с различиями фракционного состава органического вещества.

Проведенный корреляционный анализ показал, что среди всех исследованных параметров состава органического вещества относительно независимыми друг от друга и влияющими на многие другие свойства торфов являются следующие: сумма гуминовых кислот, содержание липидов, соотношение С : N, содержание углеводов. Это дает основание считать их наиболее существенными и рассматривать как возможные параметры агрохимической классификации торфов.

Таким образом, широкое варьирование состава органического вещества торфов свидетельствует о богатстве торфов как агрохимического сырья для производства торфяной продукции для сельского хозяйства.

Западная Сибирь имеет возможность стать мировым экспортером торфяной продукции, т. к. по запасам торфа представляет собой крупнейший регион мира с 39% мировых запасов торфа. Если учесть, что процесс заболачивания в Сибири прогрессирует, то торф является возобновляемым сырьем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жученко А.А. Сельское хозяйство XXI века // Агротех. вестн. 1998. № 3. С. 24–35.
2. Гамзиков Г.П. Системный комплексный подход в агрохимических исследованиях биогенных элементов

- в агроценозах (на примере азота) // *Агрохимия*. 2014. № 8. С. 3–16.
3. *Савельев В.М.* Состояние торфяной отрасли и перспективы развития // *Торфяная отрасль России на рубеже XXI века: проблемы и перспективы*. Тверь, 1999. С. 122–130.
 4. *Ефимов В.Н.* Торфяные почвы и их плодородие. Л.: Агропромиздат, 1986. 264 с.
 5. *Ефимов В.Н., Лунина Н.Ф.* Изменение состава органического вещества торфяных почв за 70 лет сельскохозяйственного освоения // *Почвоведение*. 1986. № 7. С. 79–88.
 6. *Ефимов В.Н.* Торфяные почвы. М.: Россельхозиздат, 1980. 120 с.
 7. *Лиштван И.И., Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И., Терентьев А.А.* Физика и химия торфа. М.: Недра, 1989. 304 с.
 8. *Марков В.В., Оленин А.С., Оспенникова Л.А., Скобеева Е.И., Хорошев П.И.* Торфяные ресурсы мира. М.: Наука, 1988. 384 с.
 9. *Матухин П.Г., Матухина В.Г., Васильев И.П., Михантьева Л.С., Попова Г.И., Марков В.Д., Оспенникова Л.А., Скобеева Л.И.* Классификация торфов и торфяных залежей Западной Сибири // *Проблемы комплексного изучения, рационального использования, структура геологической службы по торфу и сапропелю*. Н. Новгород, 1999. С. 141–146.
 10. Классификация растительного покрова и видов торфа Центральной части Западной Сибири. М.: Мингео РСФСР, трест «Геолторфразведка», 1975. 150 с.
 11. *Широких П.С.* Органическое вещество и соединения азота в низинных торфяных почвах с различным ботаническим составом // *Сиб. вестн. с.-х. науки*. 1981. № 1. С. 16–20.
 12. *Бамбалов Н.Н.* Минерализация и трансформация органического вещества торфяных почв при их сельскохозяйственном использовании (на примере торфяных почв Белоруссии): Дис. ... д-ра с.-х. наук. Минск, 1983. 497 с.
 13. *Ефремова Т.Т.* Гумус и структурообразование в лесных торфяных почвах Западной Сибири: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 1990. 48 с.
 14. *Замятина Б.Б.* Методы определения азота в почве // *Агрохимические методы исследования почв*. М.: Наука, 1975. С. 94–95.
 15. *Пономарева В.В., Николаева Т.А.* Методы изучения органического вещества в торфо-болотных почвах // *Почвоведение*. 1961. № 5. С. 88–95.
 16. Каталог образцов торфа и сапропеля коллекции треста «Геолторфразведка». М., 1974. 400 с.
 17. *Маль С.С.* Углеводы и азотсодержащие вещества торфа. Минск: Наука и техника, 1982. 231 с.
 18. *Ефимов В.И., Царенко В.П.* Органическое вещество и азот торфяных почв // *Почвоведение*. 1992. № 10. С. 40–48.
 19. *Бамбалов Н.Н., Янковская Н.С.* Фракционный состав азотного фонда органических удобрений и растений-торфообразователей // *Агрохимия*. 1994. № 7–8. С. 55–62.
 20. *Синькевич Е.И.* Ресурсы азота осушаемых торфяных почв Европейского Севера // *Почвоведение*. 1997. № 2. С. 240–246.
 21. *Ефимов В.И., Царенко В.П.* Органическое вещество и азот торфяных почв // *Почвоведение*. 1992. № 10. С. 40–48.
 22. *Славнина Т.П.* Азот в почвах элювиального ряда. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1978. 391 с.
 23. *Гамзиков Г.П.* Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск: СО РАСХН, 2013. 790 с.
 24. *Лиштван И.И., Король Н.Т.* Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника, 1975. 320 с.
 25. Торфяные ресурсы СССР. М.: Мингео РСФСР, 1982. 352 с.
 26. Методические указания по анализу торфа и торфяной продукции. Л., 1980. 82 с.

The Standards for Evaluation of the Peat Characteristics for Farm Use

L.I. Inisheva¹, T.V. Dement'eva¹, S.G. Maslov²

¹Tomsk State Pedagogical University
ul. Kievskaya 60, Tomsk 634061, Russia

E-mail: inisheva@mail.ru

²National Research Tomsk Polytechnic University
prosp. Lenina, 30, Tomsk 634034, Russia

Analysis of organic matter composition in peats was carried out and its characteristics within the taiga and subtaiga areas (Tomsk region) were defined. 140 samples of peat were examined. Each type of botanical composition of peat was represented by 6–19 samples. On the basis of correlation analysis it was revealed that the content of the sum of humic acids, lipids and carbohydrates, the ratio of C/N were the significant organic indexes of the West Siberian peat. It afforded ground for considering them as a possible parameters of agrochemical peat classification.

Key words: standards for evaluation of characteristics, peat, farm use.