

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

© Л. И. ИНИШЕВА,<sup>1</sup> С. Г. МАСЛОВ,<sup>2</sup> Т. В. ДЕМЕНТЬЕВА, Л. ШАЙДАК<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Томский государственный педагогический университет

<sup>2</sup>Институт природных ресурсов Томского политехнического университета

<sup>3</sup>Институт сельского хозяйства и лесных исследований Польской академии наук  
<sup>1</sup>inisheva@mail.ru, <sup>2</sup>maslovSG@tpu.ru, <sup>3</sup>szajlech@man.poznan.pl

УДК 631.452

### ПАРАМЕТРЫ БИОХИМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТОРФОВ\*

#### PARAMETERS OF BIOCHEMICAL STABILITY OF PEATS

На территории таежной зоны Западной Сибири были отобраны 140 представительных для Западной Сибири образцов торфов с целью разработки критериев биохимической устойчивости торфов. В торфах были изучены общетехнические свойства, состав органического вещества. Для выявления показателей биохимической устойчивости торфов использовали системный метод.

Исследование фракционного состава азота подтвердило ведущую роль ботанического состава торфов в распределении соединений азота по фракциям. Верховые виды торфа значительно меньше обогащены азотом, чем низинные, особенно моховой группы, которая характеризуется самым низким содержанием общего азота, низкой долей легкогидролизуемых фракций и повышенной — трудногидролизуемых и негидролизуемых фракций.

Выявленные различия фракционного состава азота в торфах разного ботанического состава в общих чертах согласуются с различиями фракционно-группового состава органического вещества.

Корреляционный анализ показал, что наиболее значимыми параметрами (из взятых 38 параметров) являются: сумма гуминовых кислот, содержание углеводов (легко- и трудногидролизуемых), негидролизуемого остатка, отношение C/N, сумма легкогидролизуемого и минерального азота и содержание липидов. Это дает основание считать их наиболее важными и рассматривать как возможные параметры биохимической устойчивости торфов.

The 140 representative samples of peat were selected on the territory of the taiga zone of Western Siberia to work out the criteria of biochemical stability of peats. The

---

\* Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (госзадание ТГПУ № 174) и Polish National Science Centre (DEC 2013/09/B/NZ9/03169).

basic technical characteristics and the composition of organic matters of peats were studied. The systematic approach was used to reveal the factors of biochemical stability of peats.

The study of the fractional makeup of nitrogen confirmed the leading role of the botanical composition of peats in the distribution of nitrogen compounds according to fractions. Raised bog peats have proved to be less nitrogen-enriched than low-mire peats, particularly the peats of the moss group.

The peats of the moss group are characterized by the lowest content of total nitrogen and the low content of easy hydrolysable fractions as well as by the increased content of poorly-hydrolysable and non-hydrolysable fractions.

The revealed differences of the fractional makeup of nitrogen in peats with a different botanical composition are correlated with the differences of the factious-group composition of organic matters.

The correlation analysis has shown that the most significant parameters (out of the 38 parameters taken) are (i) the sum of humic acids, (ii) the content of carbohydrates (hydrolysable and poorly-hydrolysable), (iii) the non-hydrolysable remainder, (iv) the C/N ratio (carbon-to-nitrogen ratio), (v) the sum of hydrolysable and mineral nitrogen and (vi) the content of lipides. These parameters may serve as possible parameters of the biochemical stability of peats.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.** Торф, свойства, органическое вещество, фракционный состав азота, корреляционный анализ, биохимическая устойчивость торфов, параметры.

**KEY WORDS.** Peat, characteristics, organic matter, factious composition of the nitrogen, correlation analysis, biochemical stability of peats, parameters.

Общая площадь торфяных месторождений в России в границах промышленной залежи торфа (более 0,7 м) составляет 47,6 млн га с запасами торфа 166,9 млрд т на 46 805 торфяных месторождениях. Балансовые запасы разведанных запасов торфа в РФ составляют 18,9 млрд т, предварительно разведанных — 11,9 млрд т, которые размещены на 21 046 торфяных месторождениях. Общая площадь в границах промышленной залежи — 10,3 млн га. Таким образом, наибольшее количество разведанных запасов торфа — 6,9 млрд т (36,2% от запасов России) выявлено в Северо-Западном федеральном округе, затем следуют Сибирский (25,8%) и Уральский (19,5%) округа.

Прогнозные ресурсы торфа России в количестве 128,7 млрд т оценены на 30 563 торфяном месторождении, площадью 40,4 млн га. Почти половина прогнозных ресурсов торфа (48,3%) и более половины их площади (51,6%) относится к Уральскому федеральному округу, в связи с отнесением к нему Тюменской области (25,13 млрд т), Ханты-Мансийского автономного округа (38,99 млрд т) и Ямало-Ненецкого автономного округа (7,85 млрд т).

На втором месте находится Сибирский федеральный округ (34,4 млрд т, или 21,8%), субъектом которого является Томская область, где на площади 6,4 млн га (64,2 тыс. км<sup>2</sup>) оценены прогнозные ресурсы торфа в количестве 24,6 млрд т.

Образование торфа — это одно из проявлений глобального для Земли процесса трансформации растительных остатков, а сам торф является одним из начальных звеньев в цепи превращения органического вещества (ОВ) в биосфере, каждое последующее звено которой отличается от предыдущего большей химической стойкостью. Так, если рассмотреть изменение изотопного состава углерода, отражающее основные этапы перехода атомов углерода из

биополимеров (живого вещества) в нефть, газ и кероген, то можно заметить, что на каждом последующем этапе химическая устойчивость атомов углерода резко возрастает.

На современном этапе значительное внимание уделяется торфу и торфяным экосистемам в целом как существенному резерву ОВ и углерода в наземных биогеосистемах. Снижение потерь ОВ из торфяной залежи — такая задача стоит и при оценке биосферной роли болот. Соответственно, и в этом случае возникает проблема оценки устойчивости торфов разного ботанического состава к биохимической деструкции.

Особенно это важно для западносибирских болотных экосистем, где сосредоточено 39% торфяных ресурсов мира, а заторфованность, например, в центральной части Западно-Сибирской равнины достигает 25% [1]. Исследования параметров устойчивости торфов разного ботанического состава к биохимической деструкции проводились и ранее [2; 3].

Целью настоящих исследований было установить критерии биохимической устойчивости торфов Западной Сибири.

#### **Объекты и методы**

На территории таежной зоны Западной Сибири были проведены экспедиционные работы и отобраны образцы торфов в количестве четырех тысяч, относящихся по ботаническому составу к 55 видам. В дальнейшем для исследований были выбраны 140 образцов, принадлежащих к 12 видам, включая все виды представительных для Западной Сибири 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 [ГОСТ 28245.2-89], зольность [ГОСТ 11306-83], фракционный состав азота по методу Шконде-Королевой [4], фракционно-групповой состав углерода по Пономаревой и Николаевой [5]. Все лабораторные исследования проводились в Испытательной лаборатории Томского государственного педагогического университета (№ РОСС RU.0001.516054).

Для выявления показателей биохимической устойчивости торфов использовали системный метод, основанный на анализе целостных интегративных свойств объекта, выявлении различных его связей и их структуры [6]. Проверка правильности выбора параметров осуществлялась с помощью факторного анализа, который позволяет провести «сжатие» исходной информации и дает возможность оценить адекватность выбранных классификационных параметров.

#### **Результаты исследований**

Следует заметить, что вопрос влияния химического состава ОВ на интенсивность его трансформации является непростым в связи со значительным природным варьированием химических показателей торфов. В статье [7] нами был уже рассмотрен состав ОВ исследуемых торфов и были выделены фракции легкогидролизуемых и трудногидролизуемых (ЛГ и ТГ) веществ как возможных показателей их биохимической устойчивости. В продолжение этой работы в исследуемых торфах провели определение фракционного состава азота и рас-

считали показатели сохранности торфов по Т. Т. Ефремовой [8] как отношение углерода гумусовых веществ к углероду ЛГ и ТГ веществ. Так, согласно автору, сохранность низинных торфов составляет 2-4, переходных — 1,2-2 и верховых — 0,8-1,4. Нашими исследованиями было установлено, что показатели сохранности изучаемых торфов изменяются в пределах 0,1-8,3, т. е. диапазон их изменения значительно шире (табл. 1). Причем показатели сохранности низинных торфов выше, чем верховых, что предполагает его большую устойчивость к микробиологической деструкции. Среди групп низинных торфов самое низкое среднее значение показателя сохранности отмечается для торфов моховой группы, что характеризует его ОВ как нестойкое; немного выше сохранность торфов низинной травяно-моховой группы. Остальные группы низинных торфов имеют близкие средние значения (2,6-2,8). Выделяются травяные и древесно-травяные торфа с наиболее высоким средним показателем сохранности торфа (2,8), здесь же встречаются максимальные значения (4,3-8,3), поэтому можно прогнозировать их высокую устойчивость к микробному разложению. Для торфов верхового типа прослеживается незначительное снижение показателя сохранности от травяной группы к моховой. Верховые торфа моховой группы (и особенно фускум-торф) имеют минимальные значения сохранности торфа. Достаточно низкими значениями данного показателя характеризуются торфа верховой травяно-моховой группы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что поскольку сохранность торфа характеризует соотношение в торфе биохимически устойчивых и биохимически неустойчивых компонентов, то этот параметр может быть принят за параметр биохимической устойчивости торфов.

Таблица 1

**Показатели сохранности торфов разного ботанического состава**

Группа, вид торфов	Выборка	Среднее	Минимум	Максимум	Дисперсия
Низинный тип					
Группа древесная	18	2,7	1,5	5,0	0,8
Группа древесно-травяная	19	2,8	0,9	4,3	1,2
Вид древесно-травяной	14	2,8	1,6	4,3	0,8
Группа травяная	35	2,6	0,3	8,3	1,5
Вид осоковый	19	2,2	0,3	8,3	1,7
Вид травяной	16	2,9	1,3	5,9	1,2
Группа травяно-моховая	14	1,1	0,2	2,1	0,6
Группа моховая (гипновый)	14	1,0	0,4	2,1	0,4
Верховой тип					
Вид шейхцериевый	4	2,6	0,7	4,7	2,0
Вид пушицево-сфагновый	12	1,0	0,3	2,4	0,7
Группа травяно-моховая	14	1,0	0,3	2,4	0,6
Группа моховая	19	0,6	0,1	1,4	0,3
Вид фускум	6	0,6	0,1	0,9	0,2
Вид комплексный	8	0,7	0,2	1,4	0,3

Вместе с тем, необходимо учитывать, что интенсивность микробиологической деструкции ОВ торфов зависит также от содержания валового азота и доступности микрофлоре азотных соединений. Азот входит, главным образом, в состав негидролизуемой части торфа (около 60-80% от общего содержания азота при ступенчатом кислотном гидролизе) и поэтому считается труднодоступным для растений и микрофлоры. Кроме того, известно, что азот в торфах аккумулируется преимущественно гуминовыми кислотами — биохимически устойчивыми веществами. Таким образом, высокое содержание негидролизуемого азота в торфе соответствует повышенному содержанию гуминовых кислот и определяет высокую биохимическую устойчивость и низкие темпы минерализации торфов.

Рассмотрим характеристику фракционного состава азота (табл. 2). Абсолютные величины в мг/кг на абсолютно сухое вещество (а. с. в) торфа приведены для общего азота, а остальные фракции — в процентах от общего азота (% от  $N_{\text{общ}}$ ), что позволяет оценить степень устойчивости азотных соединений к биохимической деструкции. В исследуемых торфах общее содержание азота изменяется в пределах 0,5-3,2%. Торфа низинного типа содержат 0,7-3,2%, верхового — 0,5-2,1%. Наиболее обогащена азотом низинная травяная группа торфов (в среднем 2,2%), затем следует древесная (1,9%) и моховая (1,4%). Низинные древесно-травяная и травяно-моховая группы торфов занимают промежуточное положение. В верховых торфах содержание общего азота намного меньше.

Содержание легкогидролизуемого азота ( $N_{\text{лг}}$ ) изменяется в средних значениях 8,6-13,4% — для низинного типа торфов и 6,1-11,0% — для верхового типа. Различия интервалов варьирования (соответственно 0,5-28,8% и 0,7-18,0%) и средних значений по типам торфов незначительны, в то время как группы торфов разного ботанического состава имеют более выраженные различия. По содержанию  $N_{\text{лг}}$  торфа низинной моховой группы существенно превосходят древесную, что характеризует его азот как более доступный для трансформации.

Таблица 2

#### Фракционный состав азота в торфах разного ботанического состава

Группа, вид торфов	Выборка	Общий азот		Легкогидролизуемый азот, % от общего		Трудногидролизуемый азот, % от общего		Негидролизуемый азот, % от общего		С/N*
		экстремумы	дисперсия	экстремумы	дисперсия	экстремумы	дисперсия	экстремумы	дисперсия	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тип низинный										
Группа древесная	18	1,5-2,8 1,9	0,3	5,5-14,0 9,0	1,9	1,5-18,2 8,2	3,9	66,9-89,4 80,8	5,2	23,8
Группа древесно-травяная	19	0,9-2,8 2,0	0,5	2,5-15,5 8,8	2,9	0,4-17,9 6,1	4,7	65,1-90,7 83,5	5,9	20,3
Вид древесно-травяной	14	1,1-2,8 2,0	0,5	5,1-15,5 9,1	2,6	0,4-17,9 6,0	5,4	65,1-90,7 83,2	6,9	20,9
Группа травяная	35	0,9-3,2 2,2	0,4	3,0-18,0 9,2	2,8	0,6-12,1 5,7	2,7	74,7-90,1 83,5	3,6	19,3

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вид осоковый	16	0,8-2,8 2,1	0,5	4,6-14,0 8,6	2,5	1,0-12,1 6,3	2,7	78,1-88,9 83,7	4,0	19,9
Вид травяной	19	1,5-3,2 2,2	0,4	3,0-18,0 9,6	3,1	0,6-10,8 5,2	2,8	74,7-90,1 83,4	4,0	18,7
Группа травяно-моховая	14	0,7-2,9 1,7	0,75	0,5-28,4 10,3	6,3	2,6-13,7 6,5	3,7	55,9-90,3 81,2	8,3	22,1
Группа моховая (гипновый)	14	0,7-2,3 1,4	0,5	7,1-2,8 13,4	6,1	0,6-14,8 9,4	4,3	50,6-90,6 75,1	10,8	26,6
Тип верховой										
Вид шейхцериевый	4	1,9-2,1 1,9	0,1	5,9-9,0 7,4	1,2	4,7-6,9 5,8	0,9	84,0-87,8 85,0	1,8	26,8
Вид пушицево-сфагновый	12	0,5-2,0 1,2	0,4	3,5-1,0 11,0	3,7	1,9-14,4 6,6	3,8	53,5-91,0 75,1	9,5	48,1
Группа травяно-моховая	14	0,5-2,0 1,2	0,4	3,5-1,0 10,3	3,9	1,9-14,4 6,6	3,6	53,7-91,0 76,4	9,4	46,0
Группа моховая	19	0,5-1,9 1,0	0,4	0,7-17,7 7,5	3,5	3,6-11,7 6,7	2,4	72,4-85,8 80,4	4,0	56,3
Вид фускум	6	0,5-0,8 0,6	0,1	0,7-11,0 6,1	3,4	4,8-11,7 8,7	2,6	76,2-85,8 79,5	3,6	77,6
Вид комплексный	8	0,6-1,9 1,1	0,4	3,4-17,7 9,2	4,6	3,6-10,3 6,4	2,1	72,4-84,0 79,5	4,9	51,7

Примечание: \* — приведены только средние значения, а. с. в. — абсолютно сухое вещество, числитель — экстремальные значения параметров, знаменатель — среднее содержание.

Трудногидролизуемый азот в средних значениях изменяется в пределах 5,2-9,4% от  $N_{\text{общ}}$ , уступая по содержанию  $N_{\text{лг}}$ . Существенных различий в содержании  $N_{\text{тр}}$  по типам торфов не выявлено, однако для торфов низинного типа характерен больший разброс данных, о чем свидетельствует и величина коэффициента вариации. Верховые группы торфов характеризуются близкими средними значениями  $N_{\text{тр}}$ , в торфах низинного типа прослеживается увеличение доли  $N_{\text{тр}}$  от травяной группы к древесной и моховой. Низинная древесная группа торфов характеризуется самым высоким содержанием  $N_{\text{тр}}$  (18,2%). Преобладающим соединением азота в исследуемых торфах является очень стойкая фракция негидролизуемого азота, достигающая 50,6-91,0% от общего азота в разных торфах. Высокий процент негидролизуемой фракции определяется преобладанием среди азотсодержащих веществ торфов малоподвижных, труднодоступных растениям и микроорганизмам соединений, прежде всего, гумусовой природы.

Пониженным содержанием негидролизуемого азота отличаются моховая и травяно-моховая группы торфов обоих типов. Самое низкое содержание негидролизуемого азота характерно для торфов верховой моховой и травяно-моховой групп. К этому же уровню приближается низинный торф моховой группы.

Травяные группы обоих типов имеют наибольшее абсолютное содержание негидролизующего азота.

Таким образом, выявляется общая закономерность: моховые торфа содержат меньше негидролизующего азота, чем травяные, а верховые — меньше, чем низинные. Таким образом, результаты анализа фракционного состава азота подтверждают ведущую роль ботанического состава торфов в распределении азотистых соединений по фракциям, что отмечается в более ранних работах [9; 10]. Выявленные различия фракционного состава азота в исследуемых торфах характеризуют разную подвижность и гидролизующесть азотсодержащих соединений торфов разного ботанического состава и согласуются с различиями их фракционно-группового состава ОВ.

Особого внимания заслуживает степень обогащенности ОВ азотом, оцениваемая по величине  $C/N$ , поскольку известно, что этот параметр также указывает на степень биохимической устойчивости ОВ. По данным Т. Т. Ефремовой [8], при  $C/N$  более 14 торфяные почвы характеризуются очень низкой биохимической устойчивостью. Тогда самая низкая обогащенность исследуемых торфов азотом отмечается для верховой моховой группы торфов (в среднем, 56,3), самая высокая — для низинной травяной группы ( $C/N = 19,3$ ; табл. 2). Еще более резко выражены межвидовые различия: фускум-торф в среднем имеет отношение  $C/N$  11,6; низинный осоковый торф — 18,7. В целом, верховые торфа имеют более широкое отношение  $C/N$ , чем низинные торфа, а из групп — моховая группа больше, чем травяная. Таким образом, результаты анализа фракционного состава азота подтверждают ведущую роль ботанического состава торфов в распределении соединений азота по фракциям.

Как известно, различия в величине  $C/N$  тесно связаны со степенью разложения торфов, поскольку при трансформации растительных остатков и образовании торфа содержание углерода снижается быстрее, чем азота [11]. Нами был проведен анализ средних значений отношения  $C/N$  торфов, сгруппированных по типам торфа и степени разложения (табл. 3). Результаты показали, что низинные торфа во всех интервалах варьирования степени разложения характеризуются одинаковыми значениями отношения  $C/N$  (21,0-23,3), в то время как  $C/N$  верховых торфов при увеличении степени разложения от 0 до 35% снижается с 69,4 до 31,9. Соотношение  $C/N$  в верховых торфах и его зависимость от степени разложения констатирует их повышенную способность к микробиологическому разложению и, соответственно, низкую биохимическую устойчивость.

Как было показано выше, ОВ торфов, в том числе и азотные органические соединения, характеризуются большой амплитудой варьирования свойств, обусловленной многообразием состава растений-торфообразователей и условий их трансформации. Состав ОВ описывает большое число показателей, среди которых встречаются как существенные, определяющие изменение других свойств торфов, так и второстепенные, создающие помехи для четкого разделения торфов по биохимической устойчивости. Исследование корреляционных связей между показателями фракционно-группового состава ОВ по Пономаревой-Николаевой и другими его свойствами проводится впервые. Ранее подобная работа была выполнена для показателей группового состава ОВ по методу Инсторфа [12], который позволяет оценивать качество торфов для их использования в промышленных целях.

Таблица 3

Влияние степени разложения на отношение С/Н в торфах

Интервал степени разложения, %	Выборка	Среднее	Минимум	Максимум	Дисперсия
Низинные торфа					
Менее 20	17	21,3	14,1	29,6	4,3
20-25	21	23,2	14,4	38,7	5,6
25-30	26	22,4	15,4	30,3	4,7
30-45	32	20,5	11,7	32,7	5,5
45-60	4	21,0	15,5	31,4	7,4
Верховые торфа					
Менее 10	8	69,4	28,3	99,8	28,1
10-15	13	51,2	21,5	72,8	15,5
15-25	10	40,1	26,4	57,8	13,0
25-35	8	31,9	26,5	48,6	7,4

Схема анализа Пономаревой-Николаевой более объективно и подробно отражает особенности ОВ торфов и более приемлема для выявления показателей их биохимической устойчивости, что, например, важно при использовании торфов в сельском хозяйстве. Основная цель исследований корреляционных зависимостей — сокращение размерности признакового пространства для задачи выбора параметров биохимической устойчивости торфов. В расчет были включены параметры анализов всех 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 оценивали по критерию Стьюдента. При анализе 140 образцов коэффициент корреляции имеет критическое значение 0,23, ниже которого связь считается недостоверной.

Рассмотрим полученные результаты. Прежде всего, отметим, что наибольшее число значимых сильных и средней силы связей среди параметров для всей исследуемой выборки имеют сумма ГК, рН и азот негидролизованного остатка. В результате дифференцированного анализа корреляционных связей между признаками верховых и низинных видов торфов было установлено, что торфа верхового типа имеют наибольшее число достоверных значимых связей. Это объясняется особенностями условий формирования верховых торфов и менее существенным влиянием на химический состав его ОВ минеральных компонентов и других факторов.

Особый интерес представляет существование прямой корреляции между составом ОВ и общетехническими свойствами торфов, поскольку они являют-

ся основными и легко измеряемыми. Так, например, согласно существующим стандартам, общетехнические свойства лежат в основе выбора направления использования торфов в промышленности. Выявленная закономерность существования прямой корреляции между составом ОБ и общетехническими свойствами исследуемых торфов косвенно отражает основные «химические» причины накопления органического вещества в торфах: в низинных торфах это гидрохимический состав, отражаемый кислотностью среды, а в верховых — содержание углеводов в растениях-торфообразователях, обычно защищенных оболочкой антисептиков.

Принимая во внимание, что мерой информативности параметра могут служить показатели, которые являются относительно независимыми друг от друга и влияют на значения многих других свойств торфов, было выполнено сравнение коэффициентов вариации, а для отбора независимых параметров исследовалась матрица коэффициентов корреляции. В результате из всех параметров, описывающих биохимическую устойчивость торфов, достоверно значимыми оказались 5 параметров: сумма гуминовых кислот, содержание углеводов (легко- и трудногидролизующих), негидролизующего остатка, отношение С/Н, сумма легкогидролизующего и минерального азота и содержание липидов.

**Выводы.** Исследование фракционного состава азота подтвердило ведущую роль ботанического состава торфов в распределении соединений азота по фракциям. Верховые виды торфа значительно меньше обогащены азотом, чем низинные, особенно моховой группы, которая характеризуется самым низким содержанием общего азота, низкой долей легкогидролизующих фракций и повышенной трудногидролизующих и негидролизующих фракций.

Выявленные различия фракционного состава азота в торфах разного ботанического состава в общих чертах согласуются с различиями фракционно-группового состава ОБ.

Проведенный корреляционный анализ показал, что наиболее значимыми параметрами (из взятых 38 параметров) являются: сумма гуминовых кислот, содержание углеводов (легко- и трудногидролизующих), негидролизующего остатка, отношение С/Н, сумма легкогидролизующего и минерального азота и содержание липидов. Это дает основание считать их наиболее важными и рассматривать как возможные параметры биохимической устойчивости торфов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болота Западной Сибири — их роль в биосфере / под ред. А. А. Земцова. Томск: ТГУ, СибНИИТ, 1998. 72 с.
2. Бамбалов Н. Н., Беленькая Т. Я. Содержание и состав углеводов в целинных и мелиорированных торфяных почвах // Почвоведение. 1993. № 12. С. 87-91.
3. Поздняков А. И., Позднякова Л. А. Деградация и эволюция торфяников при сельскохозяйственном использовании (теория и практика рационального использования) // Тезисы докладов Всероссийской конференции. Москва, 16-18 июня 1998 г. Т. 1. М., 1998. С. 129-131.
4. Замятина Б. Б. Методы определения азота в почве // Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. С. 94-95.

5. Пономарева В. В., Николаева Т. А. Методы изучения органического вещества в торфо-болотных почвах // Почвоведение. 1961. № 5. С. 88-95.
6. Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. 520 с.
7. Инишева Л. И., Шайдак Л. Характеристика фракционного состава органического вещества торфов // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. № 4. С. 75-83.
8. Ефремова Т. Т. Структурообразование в торфяных почвах. Новосибирск: Наука, 1992. 191 с.
9. Переверзев В. Н. Биохимия гумуса и азота почв Кольского полуострова. Л., 1987. 303 с.
10. Бамбалов Н. Н., Янковская Н. С. Фракционный состав азотного фонда органических удобрений и растений-торфообразователей // Агрохимия. 1994. № 7-8. С. 55-62.
11. Пигулевская Л. В., Раковский В. Е. Химический состав торфообразователей и влияние его на состав торфов // Труды Института торфа. Т. 6. Минск: АН БССР, 1957. С. 3-11.
12. Лиштван И. И., Базин Е. Т., Гамаюнов Н. И., Терентьев А. А. Физика и химия торфа: учеб. пособие для вузов. М.: Недра, 1989. 304 с.

## REFERENCES

1. Bolota Zapadnoj Sibiri — ih rol' v biosfere [Wetlands of Western Siberia - Their Role in Biosphere] / ed. A. A. Zemcov. Tomsk: TGU, SibNIIT, 1998. 72 p.
2. Bambalov, N. N., Belen'kaja, T. Ja. Level and content of carbohydrates in virgin and meliorated peats // Pochvovedenie [Study of Soils], 1993. № 12. Pp. 87-91.
3. Pozdnjakov, A. I., Pozdnjakova, L. A. Degradation and evolution of peats during agricultural use (theory and practice of rational cultivation) // Abstracts of Reports of the International Conference. Moscow, 16-18 June 1998. Vol. 1. Pp. 129-131.
4. Zamjatina, B. B. Methods to detect Nitrogen in soils // Agrohimicheskie metody issledovanija pochv [Agrochemical Methods of Soil Study]. Moscow: Nauka. 1975. Pp. 94-95.
5. Ponomareva, V. V., Nikolaeva, T. A. Methods of studying organic matter in peat and marshy soil // Pochvovedenie [Study of Soils], 1961. № 5. Pp. 88-95.
6. Issledovanija po obshhej teorii sistem [Research in the General Theory of Systems]. Moscow: Progress, 1969. 520 p.
7. Inisheva, L. I., Shajdak, L. Features of Fractional Composition of Peats Organic Matter // Vestnik Tjumenskogo gosudarstvennogo universiteta [Herald of Tyumen State University], 2013. № 4. Pp. 75-83.
8. Efremova, T. T. Strukturoobrazovanie v torfjanyh pochvah [Formation of Structures in Peat Soils]. Novosibirsk: Nauka, 1992. 191 p.
9. Pereverzev, V. N. Biohimija gumusa i azota pochv Kol'skogo poluostrova [Biochemistry of Humus and Nitrogen in Soils of the Kola Peninsular]. Leningrad, 1987. 303 p.
10. Bambalov, N. N., Jankovskaja, N. S. Fractional composition of Nitrogen reserve in organic fertilizers and peat-forming vegetation // Agrohimija [Agrochemistry], 1994. № 7-8. Pp. 55-62.
11. Pigulevskaja, L. V., Rakovskij, V. E. Chemical composition of peat-forming vegetation and its impact on the composition of peat // Trudy Instituta torfa [Works of the Institute of Peat]. Vol. 6.. Minsk: AN BSSR, 1957. Pp. 3-11.
12. Lishtvan, I. I., Bazin, E. T., Gamajunov, N. I., Terent'ev A. A. Fizika i himija torfa: uchebnoe posobie dlja vuzov [Physics and Chemistry of Peats: a studyguide for students of higher educational institutions]. Moscow: Nedra, 1989. 304 p.

### Авторы публикации

**Лидия Ивановна Инишева** — заведующая лабораторией агроэкологии Томского государственного педагогического университета, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, чл.-корр. РАН

**Станислав Григорьевич Маслов** — доцент кафедры химической технологии топлива и химической кибернетики Института природных ресурсов Томского политехнического университета, доцент, кандидат технических наук

**Татьяна Васильевна Дементьева** — пенсионер, кандидат биологических наук

**Лех Шайдак** — профессор Института сельского хозяйства и лесных исследований Польской академии наук, г. Познань (Польша), доктор биологических наук

### Authors of the publication

**Lidia I. Inisheva** — Director of Agroecology Laboratory, Prof., Dr. Sci. (agricultural), Tomsk State Pedagogical University

**Stanislav G. Maslov** — Assistant Professor of the Department of Chemical Technology of Fuel and Chemical Cybernetics, Institute of Natural Resources, Tomsk Polytechnical University

**Tatjana V. Dementjeva** — Cand. Sci. (biol.), no affiliation

**Lech. W. Szajdak** — Prof., Dr Hab., Institute for Agricultural and Forest Environment Polish Academy of Sciences. Poznań (Poland)