

ГЕОЭКОПОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ПАНДШАФТОВ

© Л.И. ИНИШЕВА, Л. ШАЙДАК

inisheva@mail.ru, szajlech@man.poznan.pl

УДК 631.452

ХАРАКТЕРИСТИКА ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФОВ

АННОТАЦИЯ. Одним из перспективных сырьевых источников для органических удобрений является торф. Многообразие условий существования болот определяет значительное разнообразие химического состава торфов, слагающих торфяные залежи. Цель исследования: изучить свойства органического вещества (ОВ) торфяных болот таежной зоны Западной Сибири.

На территории Томской области было отобрано 140 образцов представительных видов торфов, в которых проведен анализ фракционно-группового состава органического вещества. Выявлены особенности распределения фракций органического вещества по видам и группам торфов разного генезиса. Показано, что в качестве оптимальной сырьевой базы для производства органических удобрений могут служить низинные травяная и древесно-травяная группы торфов.

SUMMARY. One of the perspective organic fertilizer resources is peat, containing many active components (humic acids, carbohydrates and others). A variety of the conditions of existence of bogs defines a significant variety of the chemical composition of peat forming peat deposits. The purpose of this article is to study the properties of the organic matter (OM) of peats in West Siberian taiga.

Samples of representative peats (140) were selected on the territory of Tomsk Region and then an analysis of fractional group structure of the organic matter in peats was done. In these samples specific distribution of organic material fractions were revealed in various types and groups of peats. The research shows that low-lying herbal and wood-herbal groups of peat can serve as optimal raw material base for production of organic fertilizers from peat.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Болотные растения, торф, степень разложения, органическое вещество, фракционный состав, гидролизуемые вещества, гуминовые кислоты, липиды, фульвокислоты.

KEY WORDS. Mire plant, peat, degree of decomposition, organic matter, fraction composition, hydrolizable matters, humic acids, protein, fulvic acids.

В ряде стран в настоящее время разрабатываются альтернативные системы земледелия, главный смысл которых состоит в резком ограничении или полном отказе от применения минеральных удобрений в земледелии. С целью сохранения и улучшения плодородия почв, получения при этом экологически чистой и полноценной сельскохозяйственной продукции необходимо внесение удобрений, не содержащих загрязняющих веществ, которые обеспечивали бы растения питательными элементами, стимуляторами роста и целенаправленно регулировали органоминеральный баланс почв. Исходным сырьем для таких удобрений может служить торф, свойства которого во многом удовлетворяют вышеперечисленным требованиям.

Разнообразие свойств торфов позволяет производить широкий ассортимент органических удобрений на торфяной основе. Каждый состав удобрений оптимизируется под определенную культуру, т.е. имеет целевое назначение. Торф, содержащий уникальный комплекс биологически активных соединений (гуминовые кислоты, углеводы, полифенолы и др.), обладает к тому же значительными и, что немаловажно, возобновляемыми сырьевыми ресурсами.

Цель исследования состоит в изучении свойства органического вещества (ОВ) торфяных болот таежной зоны Западной Сибири.

Объекты и методы. На территории Томской области в пределах шести болотных округов (по схеме болотного районирования Ю.А. Львова [1]) было отобрано 140 образцов, охватывающих 12 видов торфов. Образцы включают все представительные для Томской области торфа низинного и верхового. Каждый вид торфа по ботаническому составу представлен выборкой из 6-19 образцов, отобранных с торфяных месторождений из разных болотных округов (рис. 1). Образцы торфа разного ботанического состава объединены в группы соответственно группам ботанической классификации, каждая из которых представлена 19-35 образцами.

В торфах были проведены следующие виды анализов: ботанический состав и степень разложения (ГОСТ 28245.2-89), зольность (ГОСТ 11306-83); pH солевой вытяжки (ГОСТ 11623-65), фракционно-групповой состав органического вещества (ОВ) торфов по методике В.В. Пономаревой и Т.А. Николаевой [2].

Результаты исследования. Традиционно, в торфах при анализе ОВ используется групповой метод, позволяющий определить содержание основных групп ОВ торфа (липиды, углеводы, гуминовые вещества и лигнин). Фракционно-групповой анализ ОВ, в отличие от группового, позволяет также определить отдельные фракции веществ, различающихся своими свойствами (гемицеллюлоза и целлюлоза, серые и бурые ГК, разные фракции фульвокислот (ФК)).

Общий потенциал ОВ в торфах характеризует содержание общего углерода ($C_{общ}$), поскольку углерод составляет основную часть органической массы торфа — 48-65% [3]. Вместе с тем необходимо принимать во внимание фракционно-групповой состав углерода.

В исследуемых нами торфах липиды в среднем составляют 8.4%, гуминовые кислоты — 38.1%, гидролизуемые вещества — 16.3% и негидролизуемый остаток — 36.7% от $C_{общ}$. Наиболее значительной по количеству является группа кислот, представленная гуминовыми кислотами (ГК) и фульвокислотами (ФК).

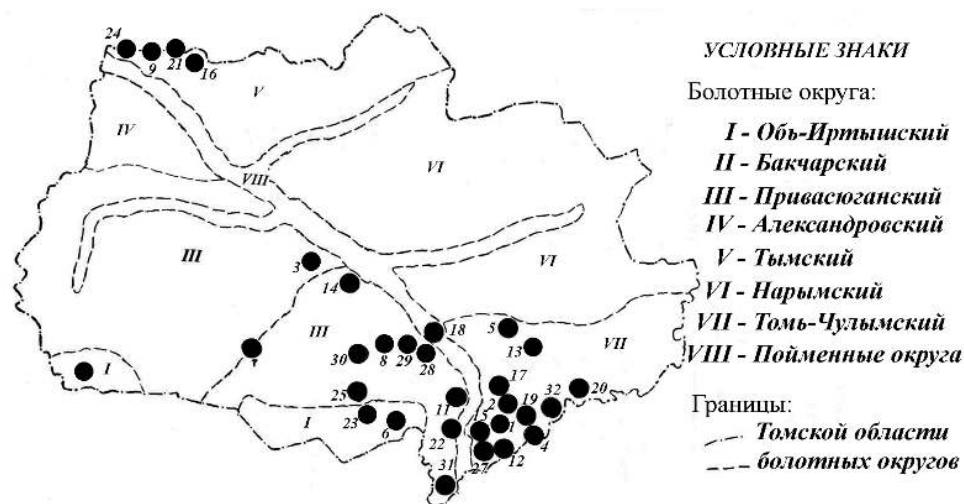


Рис. 1. Схема размещения пунктов отбора проб торфа. Торфяные месторождения (т.м.):
1 — Пивоваровское, 2 — Бачеровское, 3 — Березовское, 4 — Бодажковское,
5 — Болван, 6 — Васюганское (участок № 5) 7 — Васюганское (участок Югинское),
8 — Васюганское (участок № 22), 9 — Вачпугольское, 10 — Вилкинское,
11 — Гусевское, 12 — Кандинское, 13 — Караколь, 14 — Карасевое,
15 — Карбышевское, 16 — Кичаново, 17 — Клюквенное, 18 — Колмахтон,
19 — Конининское, 20 — Красноярские луга, 21 — Лукашкино, 22 — Обское,
23 — Поротниковское, 24 — Саим, 25 — Суховское, 26 — Т.м. в совхозе «Заря»,
27 — Таганское, 28 — Татошинское, 29 — Тунгусовское, 30 — Усть-Бакчарское,
31 — Чилийское, 32 — Чумаклы.

Общее содержание гуминовых кислот в исследуемых торфах составляет 5.2-41.3% от $C_{общ}$ (табл. 1). Низинный торф содержит ГК в среднем 24.4% с пределами колебаний 5.7-41.3%, верховой — 16.5% с пределами 5.2-31.8%. Степень варьирования данного признака, оцененная по коэффициентам вариации, составляет 22-36% для торфов низинного типа и 28-52% — для торфов верхового типа.

Таблица 1

Общее содержание гуминовых кислот в торфах разного ботанического состава, % от $C_{общ}$

Ботанический состав	N	ГК _{средн}	ГК _{min}	ГК _{max}	Cv, %
Тип низинный					
Группа древесная	18	24.9	17.8	34.4	21.9
Группа древесно-травяная	19	26.3	13.0	37.8	27.0
Группа травяная	35	26.2	7.0	41.3	25.4
Вид осоковый	16	23.9	7.0	32.4	28.3
Вид травяной	19	28.1	19.1	41.3	21.7
Группа травяно-моховая	14	19.9	5.7	31.5	36.4
Группа моховая	14	21.2	9.9	35.6	30.0

Окончание табл. 1

Тип верховой					
Группа травяная (шнейхцериевая)	4	21.1	13.3	30.2	34.3
Группа травяно-моховая	14	17.0	7.4	31.8	49.0
Вид пушицево-сфагновый	12	16.8	7.4	31.8	51.7
Группа моховая	19	13.9	5.2	32.1	45.2
Вид фускум	6	10.9	5.2	13.9	28.4
Вид комплексный	8	15.4	7.4	22.7	36.9

Примечание: N — число наблюдений; ГК_{средн}, ГК_{min}, ГК_{max} — среднее, минимальное, максимальное содержание гуминовых кислот в торфах, % от С_{общ}; Cv — коэффициент вариации в % от среднего.

Наибольшее содержание ГК отмечается в древесно-травяной и травяной группах торфа, в которых средняя степень разложения достигает 26–31%. Особенno высоким средним содержанием ГК отличаются виды торфа низинной травяной группы (табл. 1). Из этой закономерности выпадает осоковый вид торфа, в котором при достаточно высокой степени разложения (27.5%) среднее содержание ГК значительно ниже среднего значения для травяной группы и не превышает 24% от С_{общ}. Это подтверждает ведущую роль химического состава растений-торфообразователей в процессах гумификации. Можно предположить, что условия среды, при которых происходит образование осокового торфа, способствуют накоплению веществ неспецифической природы, в результате чего степень разложения возрастает.

В этой связи интересно заметить, что низинный древесный торф при высокой степени разложения (в среднем 32.3%) содержит меньше ГК, чем низинный травяной. Это, возможно, обусловлено исходным составом древесных остатков, которые почти на 80% состоят из углеводов [4]. При трансформации древесины в процессе торфообразования углеводный комплекс активно разлагается микрофлорой, что приводит к быстрому распаду растительных тканей и повышению степени разложения. Низкое содержание азота и ароматических фрагментов в древесине не способствует образованию ГК. Кроме того, вполне вероятно влияние относительно хорошей дренированности лесных болот и ускоренной миграции новообразованных ГК за пределы торфяной залежи.

Таким образом, невысокое содержание ГК при высокой степени разложения, отмечаемое для осокового и древесного видов торфа, свидетельствует о том, что степень разложения не всегда адекватно отражает уровень гумификации торфа.

Для низинной травяно-моховой и моховой групп характерно невысокое содержание ГК — в среднем 19.9–21.1%, что, очевидно, обусловлено влиянием моховых торфообразователей.

На основании вышеизложенного можно предположить, что в низинном типе торфа общее содержание ГК в большей степени определяется ботаническим составом, чем степенью разложения торфа. Общее содержание ГК в торфах низинного типа возрастает в ряду травяно-моховая группа → моховая группа → древесная группа → древесно-травяная → травяная группа.

Верховой торф содержит ГК значительно меньше, чем низинный, при этом четко выражена зависимость от степени разложения. Особенно выделяется шейхцериевый торф, в котором среднее содержание ГК достигает 21% от общего углерода, приближаясь к показателям для низинных торфов. Предельное содержание ГК в торфах верховой травяной группы достигает 30.2% (при степени разложения 35%). Как и в низинных торфах, наибольшее среднее содержание ГК отмечается в травяной группе (21.05%), наименьшее — в верховой моховой группе торфа (14%). Травяно-моховая группа занимает промежуточное положение. В составе фракций ГК исследуемых торфов на долю первой фракции ГК (ГК1) приходится около 30%, на долю второй фракции ГК (ГК2) — до 10%, на долю третьей фракции ГК (ГК3) — 60%.

Содержание ГК1 в исследуемых торфах изменяется от 1.8 до 23.3%. Первая фракция ГК соответствует содержанию свободных ГК в торфе. Эта фракция является наиболее окисленной, менее полидисперсной, содержит большое количество кислых функциональных групп, сильнее насыщена минеральными элементами [5]. Свободные ГК1 торфа — наиболее активная фракция ГК.

Низинный торф, как правило, содержит больше ГК1, чем верховой (за исключением верхового шейхцериевого вида), в то время как различия по содержанию этой фракции в зависимости от типа торфа выражены значительно меньше, чем по общему содержанию ГК.

На основании полученных результатов можно констатировать, что по содержанию ГК1 торфа одноименных ботанических групп разных типов торфа различаются в меньшей степени, чем торфа разного ботанического состава одного типа. Так, торф травяной группы обоих типов имеет самое высокое содержание свободных ГК, а торф моховой группы — самое низкое. Среди травяных торфов выделяется низинный осоковый вид с низким содержанием ГК1, соответствующем уровню ГК1 в торфах моховых групп. Заслуживают внимания близкие средние значения содержания ГК1 в моховых торфах верхового и низинного типа и травяно-моховых торфах обоих типов. Эти результаты свидетельствуют о том, что накопление данной фракции ГК не связано с трофностью среды, при которой происходит образование торфа, а обусловлено иными причинами, например, исходным составом растительных остатков или особенностями водного режима болотного фитоценоза, отлагающего данный торф.

Вторая фракция ГК (ГК2) связана с кальцием и соответствует содержанию «черных» или «серых» гуминовых кислот. В торфах содержание этой фракции обычно низкое. По данным В.Н. Переярзева [6], в низинных торфах содержание ГК2 не превышает 3.8%, а в верховых равно нулю. Высокое содержание ГК2 определено в пойменных торфяных почвах Украины [7] — 5-20% от $C_{общ}$, и Западной Сибири [8] — 5-12%. Эти факты свидетельствуют о влиянии вторичной зольности на количество ГК2 в торфе.

Согласно нашим исследованиям, верховой тип торфа содержит ГК2 не более 2.5% от $C_{общ}$. В низинном типе максимум ГК2 достигает 10.5% и встречается в древесной и древесно-травяной группах, которые имеют максимальную степень разложения и характерны для торфяных месторождений пойменного залегания. Анализ полученных нами средних значений в торфах разных ботанических групп выявил закономерное снижение содержания ГК2 в ряду от низинной древесной группы к верховой моховой.

С такой же закономерностью изменяется средняя зольность в изучаемых торфах. Вместе с тем в наших исследованиях практически во всех группах торфов отмечается отсутствие ГК2, за исключением низинных торфов древесной и древесно-травяной групп, характерных, как уже указывалось выше, для болот пойменного залегания.

Результаты показали, что повышенное содержание ГК2 в торфах можно считать признаком влияния вторичной зольности. Для нормальнозольных торфов присутствие ГК2 нехарактерно. По-видимому, фракция ГК2, распределение которой в целом соответствует распределению зольности, с некоторым допущением можно считать параметром трофности болотного биогеоценоза. А уровень трофности, в свою очередь, определяет тот или иной состав растительных группировок болотного биогеоценоза, и соответственно, химический состав отлагающего ими торфа. Отсюда следует, что геохимические условия торфообразования оказывают определенное влияние на содержание ГК2 в торфах.

Как выше уже указывалось, во всех исследуемых торфах в составе ГК преобладает третья фракция, которая определяет основные закономерности изменений в общем содержании ГК. Вместе с тем, именно эта фракция вызывает много вопросов. В.Н. Переверзев [6] повышенное содержание данной фракции в торфах объясняет несовершенством методики анализа, приводящей к искусственноому образованию ГК3, переходящих в щелочную вытяжку при нагревании. Т.Т. Ефремова [5] на основании препартивных исследований характеризует ГК3 как восстановленную форму бурых ГК начальной стадии гумификации. По-видимому, исходя из соображений некоторой искусственности третьей фракции ГК в торфах, многие исследователи [9-11] рассматривают сумму первой и второй фракций ГК как общий уровень содержания ГК в торфяных почвах и не определяют содержание ГК3.

Низинный торф содержит больше ГК3, чем верховой, а травяная группа больше, чем моховая. В верховых торфах содержание ГК3 зависит от степени разложения торфа, а в низинных — от его ботанического состава.

Существенная часть гуминовых кислот торфов представлена фульвокислотами — 31% от $C_{общ}$. К фульвокислотам (ФК) при фракционно-групповом анализе условно относят все щелочнорастворимые углеродсодержащие вещества, остающиеся в фильтрате после осаждения гуминовых кислот. Среднее содержание ФК в верховых торфах составляет 13.7% $C_{общ}$, в низинных — 16.9%. Среднее содержание ФК по группам торфа изменяется незначительно — от 11.6 до 18.9% $C_{общ}$ (табл. 2). В целом, более высоким содержанием ФК характеризуются низинные группы торфа.

После осаждения ГК в фильтрате наряду с собственно фульвовыми кислотами присутствуют и другие неспецифические углеродсодержащие вещества. Легкогидролизуемые вещества (ЛГ), отождествляемые с гемицеллюлозой, в исследуемых торфах содержатся в пределах 0.8—20.9% $C_{общ}$. Наименьшее значение определено в низинной древесно-травяной группе, наибольшее — в верховой моховой. Относительно низким содержанием ЛГ вещества характеризуются торфа низинного типа, за исключением моховой и травяно-моховой групп, а также торфа верховой травяной группы. Торфа травяно-моховой и моховой групп обоих типов имеют содержание ЛГ примерно в 2 раза выше по сравнению с остальными группами торфа (рис. 2).

Таблица 2

**Общее содержание фульвокислот в торфах разного ботанического состава,
% от $C_{общ}$**

Ботанический состав	N	$\Phi K_{сред}$	ΦK_{min}	ΦK_{max}	$Cv, \%$
Тип низинный					
Группа древесная	18	18.9	10.4	29.1	23.4
Группа древесно-травяная	19	17.0	10.7	30.8	30.0
Вид древесно-травяной	14	16.5	11.9	24.0	25.4
Группа травяная	35	17.6	8.3	28.8	28.2
Вид травяной	16	17.2	8.3	25.0	26.5
Вид осоковый	19	18.1	12.3	28.8	30.6
Группа травяно-моховая	14	14.9	8.3	21.0	29.1
Группа моховая	14	14.4	7.5	19.7	25.5
Тип верховой					
Группа травяная (шейхцериевая)	4	14.7	11.0	18.9	22.2
Группа травяно-моховая	12	11.6	5.9	20.2	31.0
Вид пушицево-сфагновый	14	11.4	8.8	15.4	21.8
Группа моховая	19	13.5	9.0	26.0	27.8
Вид фускум	6	15.2	13.1	17.5	9.6
Вид комплексный	8	11.6	9.1	13.9	16.5

Примечание: N — число наблюдений; $\Phi K_{сред}$, ΦK_{min} , ΦK_{max} — среднее, минимальное, максимальное содержание фульвокислот в торфах, % от $C_{общ}$; Cv — коэффициент вариации в % от среднего.

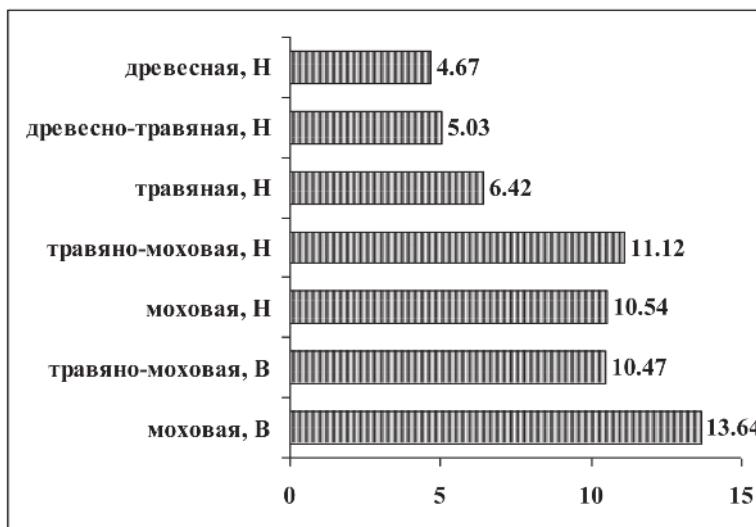


Рис. 2. Среднее содержание легкогидролизуемых веществ в торфах, % от $C_{общ}$.
(Н — низинный, В — верховой тип торфа)

Известно, что моховые растения-торфообразователи отличаются повышенным содержанием гемицеллюлозы, поэтому содержание ЛГ в торфах зависит от количества остатков моховых торфообразователей.

Содержание ТГ веществ, отождествляемых с целлюлозой, в исследуемых торфах изменяется от 0.9 до 47% от $C_{общ}$. Средние по группам торфа значения колеблются в пределах 4.7-14.7%. В целом низким содержанием ТГ характеризуется торф низинного типа, повышенным — торф верхового типа (рис. 3).

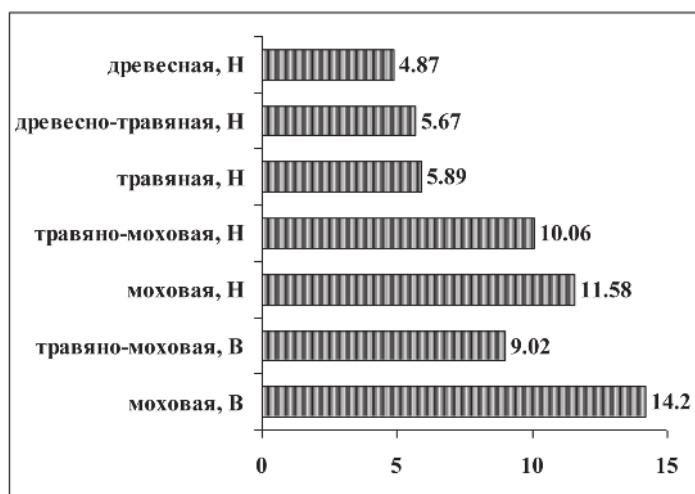


Рис. 3. Среднее содержание трудногидролизуемых веществ в торфах, % от $C_{общ}$ (Н — низинный, В — верховой тип торфа)

Характерной для торфа группой веществ являются липиды (или воскосмолы в терминологии В.Н. Пономаревой и Т.А. Николаевой [2]), включающие парафины, воска, смолы, масла и асфальтены, и называемые также битумами.

Низинные виды торфа редко содержат более 10% воскосмол. Средние значения по группам низинных торфов изменяются от 5,7 (древесная группа) до 7.2% (травяная группа). Низинная моховая группа характеризуется низким содержанием воскосмол, близким к торфам древесной группы, несмотря на различия в степени разложения. Это подтверждает ведущую роль растений-торфообразователей в обогащении торфов воскосмолами. По сравнению с данными, полученными для торфов европейской территории, где содержание воскосмол изменяется от 1 до 18% [12], исследуемые торфа ими более обогащены: пределы колебания составляют 1-25% от $C_{общ}$.

Остаток ОВ после выделения липидов, гуминовых кислот и гидролизуемых соединений считается негидролизуемым. В исследуемых нами торфах негидролизуемый остаток составляет в среднем 36.7% от $C_{общ}$ с пределами колебаний 11-65%. Существенных различий в зависимости от ботанического состава, зольности и степени разложения торфа не установлено.

Выводы:

- 1) Для торфов верхового типа характерно высокое содержание воскосмол, углеводов (сумма гидролизуемых фракций) и пониженное — гуминовых кислот.

По сравнению с торфами других регионов в составе ОВ западносибирских торфов отмечено повышенное содержание воскосмол. Фракционный состав шейхцериевого торфа существенно отличается от торфов верхового типа повышенным содержанием ГК, воскосмол и низким — углеводов. Торф верховой моховой группы с самой низкой степенью разложения характеризуется наиболее низким содержанием ГК и высоким — углеводов при среднем содержании свободных ГК и высоком содержании воскосмол.

2) Для торфов низинного типа характерно повышенное содержание ГК и пониженное — воскосмол, однако в целом содержание воскосмол также выше, чем в низинных торфах европейской территории России.

3) Низинный тип торфа в отличие от верхового содержит меньше гидролизуемых фракций. В ряду от древесной к моховой группе увеличивается содержание гидролизуемых фракций при незначительных изменениях содержания гуминовых кислот.

4) Степень разложения нельзя считать показателем, отражающим уровень гумификации торфа и содержание в нем ГК без учета его ботанического состава. Общее содержание ГК в торфах низинного типа возрастает в ряду травяно-моховая группа → моховая группа → древесная группа → древесно-травяная → травяная группа.

5) По содержанию ГК1 торфа одноименных ботанических групп разных типов торфа различаются в меньшей степени, чем торфа разного ботанического состава одного типа.

6) Геохимические условия торфообразования оказывают определенное влияние на содержание ГК2 в торфах. Повышенное содержание ГК2 в торфах нами предлагается считать признаком влияния вторичной зольности.

7) Содержание ЛГ веществ зависит от количества моховых остатков в торфе и не зависит от степени разложения. Содержание фракций ЛГ и ТГ веществ может служить показателем устойчивости торфов микробиологическому разрушению.

Таким образом, при производстве органических удобрений на торфяной основе целевого назначения необходимо учитывать состав органического вещества торфов разного генезиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Львов Ю.А. Методические материалы к типологии и классификации болот Томской области // Типы болот СССР и принципы их классификации. 1974. С. 188-194.
 2. Пономарева В.В., Николаева Т.А. Методы изучения органического вещества в торфо-болотных почвах // Почвоведение. 1961. № 5. С. 88-95.
 3. Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника, 1975. 250 с.
 4. Раковский В.Е., Пигулевская Л.В. Химия и генезис торфа. М.: Недра, 1978. 231 с.
 5. Ефремова Т.Т. Гумус и структурообразование в лесных торфяных почвах Западной Сибири. Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 1990. 23 с.
 6. Переверзев В.Н. Биохимия гумуса и азота почв Кольского полуострова. Л., 1987. 256 с.
 7. Олиневич В.А., Кофман И.Я. Качественный состав органического вещества освоенных торфяных почв УССР // Почвоведение. 1977. № 1. С. 73-82.
-

8. Славнина Т.П. Пашнева Г.Е., Кахаткина М.И. и др. Почвы поймы Средней Оби, их мелиоративное состояние и агрохимическая характеристика. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1981. 226 с.
9. Бухман В.А. К познанию группового и фракционного состава органического вещества торфяных почв Карелии // Труды Карельского филиала АН СССР. Л., 1957. С. 108-114.
10. Ефимов В.Н. Торфяные почвы. М.: Россельхозиздат, 1980. 254 с.
11. Широких П.С. Органическое вещество и соединения азота в низинных торфяных почвах с различным ботаническим составом // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1981. № 1. С. 16-20.
12. Каталог образцов торфа и сапропеля коллекции треста «Геолторфразведка». М., 1974. 189 с.

REFERENCES

1. L'vov, Ju.A. Learners' guidelines to typology and classification of Tomsk Region bogs. *Tipy bolot SSSR i principy ih klassifikacii — Types of bogs in the USSR and principles of their classification*. Moscow: Nauka, 1974. Pp. 188-194 (in Russian).
2. Ponomareva, V.V., Nikolaeva, T.A. Methods of organic matter study in peat bog soils. *Pochvovedenie — Pedology*. 1961. No. 5. Pp. 88-95 (in Russian).
3. Lishtvan, I.I., Korol', N.T. *Osnovnye svojstva torfa i metody ih opredelenija* [Basic peat properties and methods of their identification]. Minsk: Nauka i Tehnika, 1975. 250 p. (in Russian).
4. Rakovskij, V.E., Pigulevskaja, L.V. *Himija i genezis torfa* [Peat chemistry and genesis]. Moscow: Nedra, 1978. 231 p. (in Russian).
5. Efremova, T.T. *Gumus i strukturoobrazovanie v lesnyh torfjanyh pochvah Zapadnoj Sibiri* (Avtoref. diss. dokt.) [Humus and structure formation in forest peat soils of Western Siberia (Doct. diss. abstract)]. Novosibirsk, 1990. 23 p. (in Russian).
6. Pereverzev, V.N. *Biohimija gumusa i azota pochv Kol'skogo poluostrova* [Biochemistry of humus and nitrogen in soils of The Kola Peninsula]. Leningrad, 1987. 256 p. (in Russian).
7. Olinevich, V.A., Kofman, I.Ja. The qualitative composition of organic matter in developed peat soils of the Ukrainian SSR. *Pochvovedenie — Pedology*. 1977. No. 1. Pp. 73-82 (in Russian).
8. Slavnina, T.P. Pashneva, G.E., Kahatkina, M.I. et al. *Pochvy pojmy Srednej Obi, ih meliorativnoe sostojanie i agrohimicheskaja harakteristika* [Soils of the Middle Ob River floodplain and their reclamation condition and agrochemical characteristic]. Tomsk: Tomsk University Publ., 1981. 226 p. (in Russian).
9. Buhman, V.A. Estimation of group and fractional structure of organic matter in peat soils of Karelia. *Trudy Karel'skogo filiala AN SSSR — Proceedings of the Karelian Department of the USSR Academy of Sciences*. Leningrad, 1957. Pp. 108-114 (in Russian).
10. Efimov, V.N. *Torfjanye pochvy* [Peat soils]. Moscow, Rosselkhozizdat, 1980. 254 p. (in Russian).
11. Shirokikh, P.S. Organic matter and nitrogen compounds in lowland peat soils with different botanical composition. *Sibirskij vestnik sel'skohozajstvennoj nauki — Siberian Journal of Agricultural Science*. 1981. No. 1. Pp. 16-20 (in Russian).
12. Katalog obrazcov torfa i sapropelja kollekcii tresta «Geoltorfrazvedka» [Catalogue of peat and sapropel samples in the collection of Geoltorfrazvedka Trust]. Moscow, 1974. 189 p. (in Russian).