

УДК 631.6:631.445

**ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА  
ТОРФЯНЫХ ПОЧВ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЛИТЕЛЬНОГО  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Л.Н.Лученок**, кандидат сельскохозяйственных наук

**Э.Н.Шкутов**, кандидат технических наук

**С.Г.Баран**, техник

РУП «Институт мелиорации»

**Ключевые слова:** торфяные почвы, органическое вещество, гуминовые кислоты, битумы, инфракрасная спектроскопия, Полесье

**Введение**

В Республике Беларусь осушенные торфяники занимают около 1 млн. га. Они составляют около трети производительного потенциала осушенных площадей. Во многих публикациях и нормативных документах указывается на перспективы быстрой минерализации торфяников с катастрофической потерей плодородия обширных территорий. Снижение же плодородия торфяников оценивается только по изменениям мощности торфяного слоя и содержания органического вещества (ОВ) в пахотном горизонте. Другие качественные и количественные диагностические параметры уровня плодородия и процессов деградации сработанных торфяников во внимание не принимаются. Вместе с тем, в настоящее время имеются достаточно проверенные эффективные методы исследований свойств органических соединений. Например, очень информативным в части оценки изменения во времени состава, структуры и особенно сравнительных характеристик группового состава ОВ является метод инфракрасной спектроскопии. В данной работе приведены некоторые результаты применения этого метода.

Целью исследований является изучение фракционно-группового состава ОВ торфяных почв с объектов различных сроков сельскохозяйственного использования после осушения, исследование структурных особенностей битумов и гуминовых кислот, выделенных из них, с помощью метода инфракрасной спектроскопии, а также изучение закономерностей изменения качественного состава органического вещества от длительности использования их в сельском хозяйстве.

**Объекты и методы исследований**

Исследования проводили на мелиоративных объектах центрального Полесья с различными (30-450 лет) временными лагами осушительной мелиорации. Точки отбора почвенных проб по глубине профилей (предполагаемый срок службы после осушения, лет): «Канал Бона» – 449-457; польдерная система в фольварке «Кристиново» – 212-223; н. п. Сорочи Любанского района – около 116; н. п. Оброво, Ивацевичский район –

около 115; объект «Марьино», Любанский район – 90 ; Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства (ПОСМЗил) – 32 и 44 года, а также на авторморфных минеральных, прилегающих к экспериментальным объектам.

Проанализировано 27 почвенных проб, отобранных с мелиоративных объектов различных сроков сельскохозяйственного использования после осушения.

Содержание органического вещества (ОВ) в почве определяли методом сухого озоления пробы, фракционный состав ОВ – по методу В. Н.Ефимова [1], валового органического углерода – по методу Тюрина И. В. [2, 3], качественный состав – по модифицированному методу В.Н.Ефимова [4]. При изучении фракционного состава ОВ была выбрана методика по выделению гуминовых веществ, характеризующих актуальное плодородие торфяных и постторфяных почв, а также наиболее доступных растениям и микроорганизмам.

Структурные особенности битумов и гуминовых кислот анализировали методом ИК-спектроскопии с Фурье преобразованием (ИК-спектрометр фирмы «Shimadzu») в интервале значений волновых чисел от 700 до 4000 см<sup>-1</sup>.

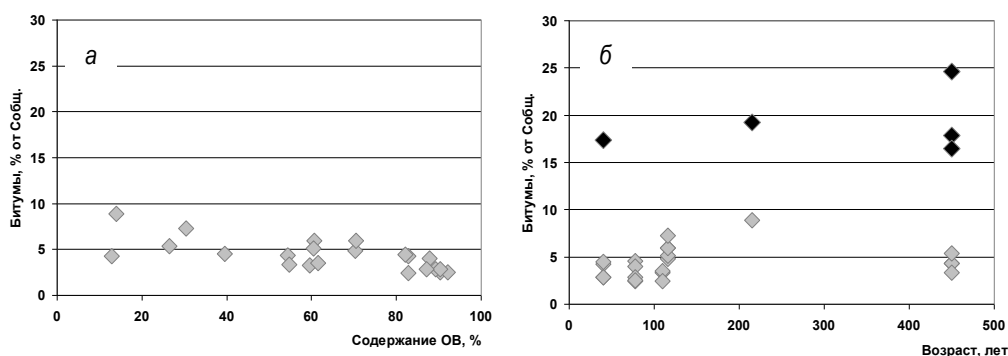
Отношение C:N определяли путем вычисления атомных (молярных) отношений углерода к азоту: для этого найденное процентное содержание элемента делилось на его атомную массу, а затем рассчитывалось соответствующее отношение углерода к азоту как отношение числа молей двух сравниваемых элементов [5].

Статистическая обработка результатов полевых и лабораторных исследований проводится по Доспехову Б. А. [6] с использованием соответствующих ПК-программ для дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа.

### **Результаты и обсуждение**

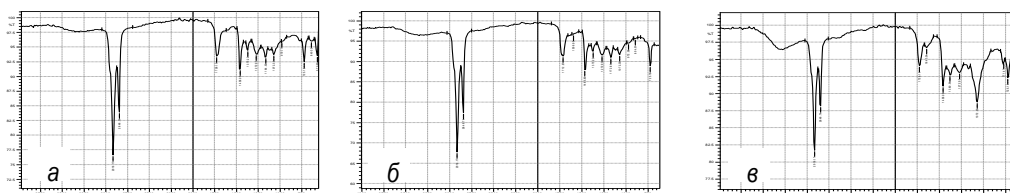
Анализ фракционного состава всех почвенных проб подтвердил предварительные выводы о том, что содержание битумов в органическом веществе не зависит от длительности сельскохозяйственного использования после осушения (рис. 16). Отмечена некоторая тенденция к увеличению их содержания при снижении в почве ОВ, что, возможно, связано с механическим разбавлением подстилающей породой (песком) органогенного слоя и образованием прочного комплекса битумов с частицами песка.

Кроме количественной оценки содержания битумов в органическом веществе торфяных и постторфяных почв были изучены и их качественные характеристики с помощью ИК-спектроскопии. Этот метод широко применяется для анализа органических веществ, в том числе и природного происхождения. Преимуществами метода являются информативность по функциональному составу, оперативность и возможность анализа веществ без дополнительного фракционирования. Это позволяет получать более достоверную информацию о строении макромолекул гуминовых кислот и битумов, чем при любом химическом воздействии на вещество, приводящим в большинстве случаев к необратимым структурным изменениям.



**Рис. 1. Содержание битумов в органическом веществе: а – в зависимости от содержания ОВ в почве, б – от длительности использования торфяных почв после осушения (черные маркеры – содержание битумов в автоморфных минеральных почвах)**

Анализ спектров битумов позволил интерпретировать их функциональный состав и показал наличие идентичных функциональных групп во всех почвенных пробах независимо от содержания в них ОВ и длительности сельскохозяйственного использования после осушения (рис. 2).

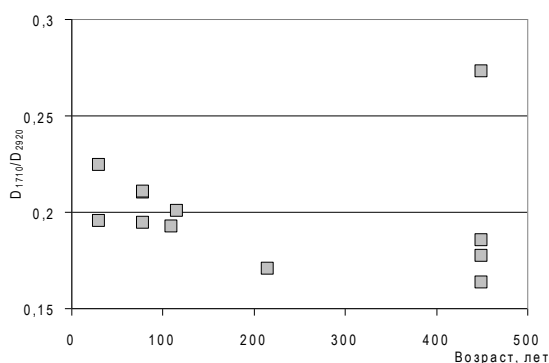


**Рис.2. ИК-спектры битумов (воско-смола) органического вещества торфяных почв после осушения: а – 40 лет, ПОСМЗиЛ, б – 80, объект «Марьино», в – 450 лет, «Канал Бона»**

Полоса поглощения с максимумами 2920 и 2850 см<sup>-1</sup> – проявляются валентные колебания –CH<sub>2</sub>– и –CH<sub>3</sub> групп, соответственно; 1710 см<sup>-1</sup> – валентные колебания связи C = O; 725 см<sup>-1</sup> – маятниковые колебания –(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-фрагментов с n ≥ 4 [7, 8].

Важной характеристикой качественного состава при интерпретации ИК-спектров являются отношения оптических плотностей групп друг к другу, позволяющие сравнивать спектры различных почвенных проб и интерпретировать результаты. Например, для битумов таким спектральным коэффициентом является отношение карбонильной и –CH<sub>2</sub>– групп. В ходе исследований установлено, что в макромолекулах битумов преобладают алкильные заместители над карбонильными группами, отношение D<sub>1710</sub>/D<sub>2920</sub> для всех образцов меньше 1. Близкие значения D<sub>1710</sub>/D<sub>2920</sub> во всех образцах характеризует битумы как вещества со структурой, которая слабо изменяется с увеличением глубины и длительности сельскохозяйственного использования торфяных почв (рис. 3).

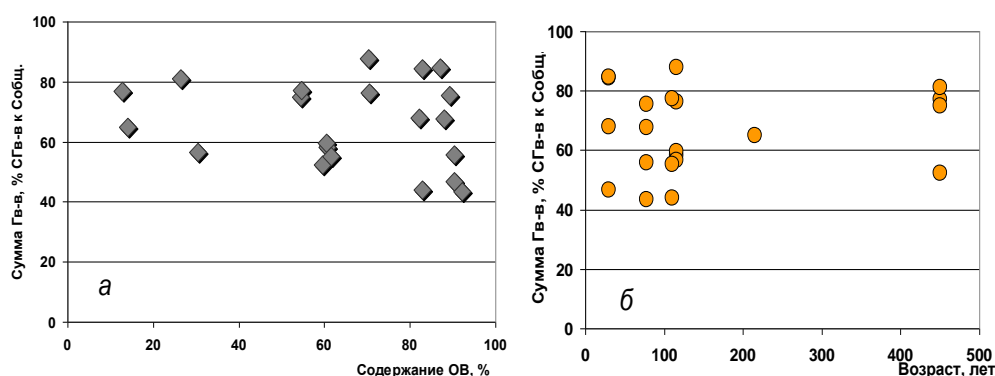
Исследования по изучению фракционного состава гуминовых веществ ОВ торфяных и постторфяных почв не выявили достоверных корреляционных зависимостей ни



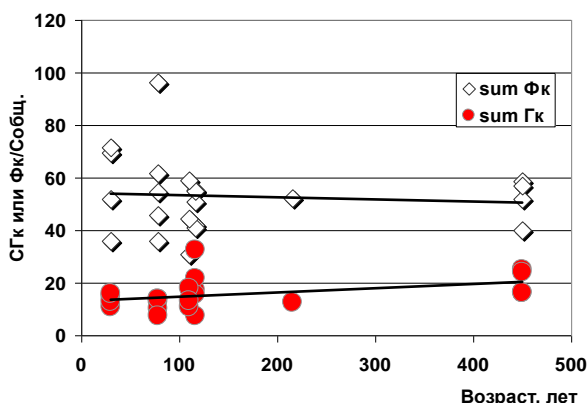
**Рис.3.** Отношение оптических плотностей полос поглощения карбонильной и метиленовой групп в образцах битумов с глубины 0-20 см в зависимости от длительности использования торфяных почв в сельском хозяйстве

между количественным содержанием гуминовых веществ и содержанием ОВ в почвенных пробах, ни длительностью сельскохозяйственного использования (рис. 4). Однако можно констатировать наличие слабой тенденции нарастания доли гуминовых кислот с увеличением периода сельскохозяйственного использования после осушения (рис. 5).

С одной стороны, исследования состава функциональных групп с помощью ИК-спектроскопии показали, что во всех ИК-спектрах гуминовых кислот наблюдаются характерные полосы поглощения, свидетельствующие о многофункциональности этих соединений (примеры ИК-спектров приведены на рис. 6, 7). С другой стороны, на всех спектрах независимо от длительности использования, глубины и содержания ОВ отмечены идентичные функциональные группы. Так были зафиксированы интенсивные полосы поглощения при 3500-3300  $\text{см}^{-1}$  (колебания  $-\text{OH}$  группы и  $-\text{NH}_2$  группы); при 2920  $\text{см}^{-1}$  проявляются валентные колебания  $-\text{CH}_2-$  групп; 1725-1710  $\text{см}^{-1}$  (карбонилсодержащие соединения и валентные колебания первичных амидов); 1630-1610  $\text{см}^{-1}$  – связи  $\text{C}=\text{O}$  первичных амидов и колебания сопряженных двойных связей  $\text{C}=\text{C}$  и ароматических  $\text{C}=\text{C}$ ; 1250-1225  $\text{см}^{-1}$   $-\text{C}-\text{O}$  карбоновых кислот, сложных эфиров,  $-\text{OH}$  фенолов; 1100-1030  $\text{см}^{-1}$   $-\text{C}-\text{O}$  углеводов, спиртов циклических и алифатических эфиров (рис. 6, 7).



**Рис. 4.** Содержание гуминовых веществ в органическом веществе торфяных и постторфяных почв в зависимости от содержания ОВ (а) и от длительности сельскохозяйственного использования торфяных почв после осушения (б) в слое 0-20 см

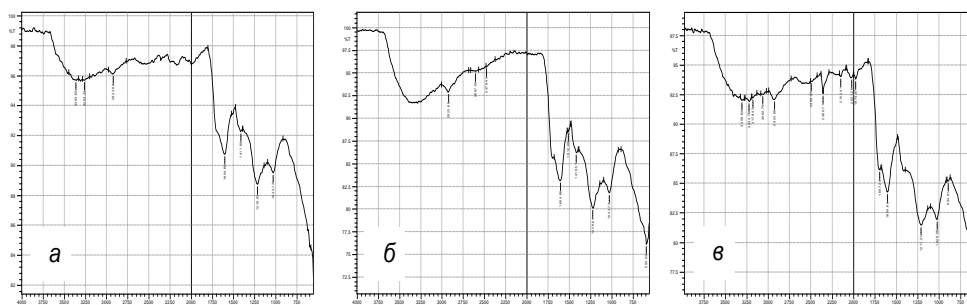


**Рис.5. Изменение содержания суммы гуминовых и фульвокислот в образцах с глубины 0-20 см в зависимости от длительности сельхозиспользования**

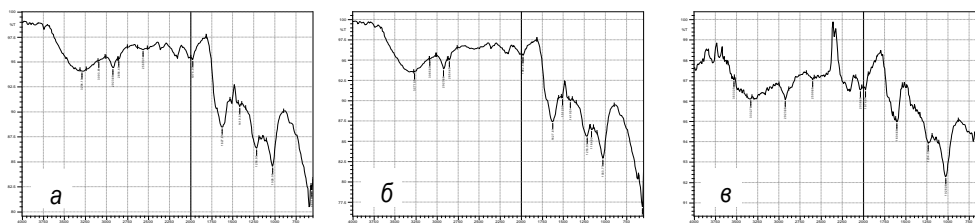
Количественную оценку содержания функциональных групп также проводили основываясь на отношениях оптических плотностей полос поглощения кислородсодержащих и алифатических групп к оптическим плотностям, соответствующим ароматическим полисопряженным системам ( $1630 \text{ см}^{-1}$ ).

Анализ данных показал, что в щелочной и пирофосфатной вытяжках гуминовых кислот с увеличением содержания органического вещества в органогенном слое увеличивается отношение  $D_{1230}/D_{1630}$ , что свидетельствует о повышении доли С–О–карбоновых кислот, сложных эфиров и фенолов ( $y = 0,3136e^{-0,0117x}$  и  $y = 0,7092e^{-0,0028x}$  соответственно) (рис. 8).

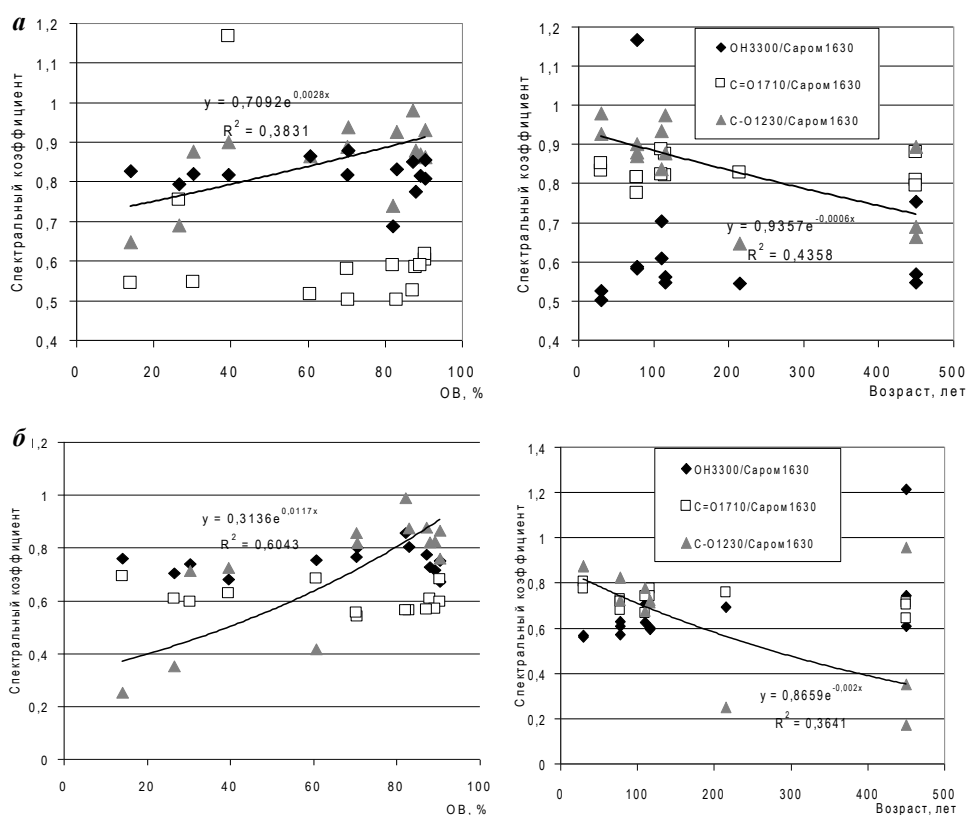
Важным показателем плодородия почв является обеспеченность гуминовых



**Рис.6. ИК-спектры гуминовых кислот органического вещества торфяных почв в пирофосфатной вытяжке: а – через 40 лет после осушения, ПОСМЗиЛ; б – через 80, объект «Марьино»; в – через 450 лет, «Канал Бона»**



**Рис.7. ИК-спектры гуминовых кислот органического вещества торфяных почв в щелочной вытяжке (обозначения а,б и в те же, что и на рис.6)**



**Рис. 8. Спектральные коэффициенты в гуминовых кислотах органического вещества торфяных почв в пиррофосфатной (а) и щелочной (б) вытяжках по данным ИК-спектроскопии**

кислот кислородом. Зависимости насыщенности гуминовых кислот кислородом от срока сельскохозяйственного использования не установлено (рис. 8). Исключение составляет отношение оптических плотностей полос поглощения C-O<sub>1230</sub> и C<sub>саром1630</sub> групп в щелочной и пиррофосфатной фракциях гуминовых кислот. Получена зависимость спектрального коэффициента от длительности сельскохозяйственного использования ( $y = 0,8659e^{-0,002x}$  и  $y = 0,9357e^{-0,0006x}$  соответственно) (рис. 8).

Согласно полученным закономерностям можно сделать вывод, что доля C-O-карбоновых кислот, сложных эфиров и фенолов зависит от содержания ОВ в почве и снижается с его уменьшением. Так как с увеличением длительности сельскохозяйственного использования содержание ОВ в пахотном слое может снижаться, то, соответственно, будет уменьшаться и доля C-O-групп. Наличие данных функциональных групп в органическом веществе почвы обуславливает его способность активно взаимодействовать с минеральными компонентами почвы с образованием органоминеральных соединений, ингибируя тем самым процессы трансформации ОВ [9].

В связи с тем, что после осушения и нормализации водного режима в торфяных почвах начинаются процессы почвообразования, характерные для автоморфных почв, важной характеристикой почвенного плодородия является тип гумусообразования, который определяется соотношением углерода гуминовых кислот ( $C_{Гк}$ ) и фульвокислот ( $C_{Фк}$ ).

Отношение  $C_{Гк}/C_{Фк}$  показало, что во всех почвенных пробах преобладает фульватный тип гумуса  $C_{Гк} : C_{Фк} \leq 0,5$ . Так, через 40, 80, 110, 116, 215 и 450 лет отношение содержания углерода гуминовых кислот ( $C_{Гк}$ ) к содержанию углерода фульвокислот ( $C_{Фк}$ ) соответственно равно 0,25; 0,21; 0,33; 0,38; 0,24 и 0,40.

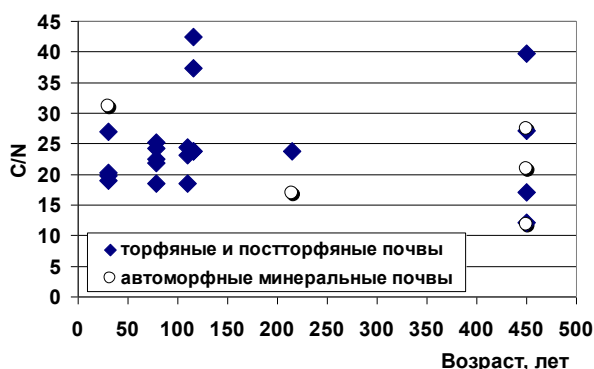


Рис.9. Атомное отношение C:N в почвах в зависимости от длительности сельскохозяйственного использования после осушения

их азотом считают отношение C:N [9, 10]. Установлено, что отношение C:N колеблется в пределах 12,1-42,5 и находится на уровне автоморфных минеральных почв, подстилаемых песками (прилегающих к объектам, с которых были отобраны пробы торфяных и постторфяных почв) (рис. 9).

### Выводы

Анализ фракционного состава и функциональных групп органического вещества торфяных и постторфяных почв показал, что в процессе длительного сельскохозяйственного использования осушенных земель не происходит существенного качественного изменения органического вещества, либо, в основном, отслеживается круговорот большого количества ОВ, поступающего в почву в результате сельскохозяйственного использования.

Все выбранные и проанализированные параметры показывают, что в торфяных и постторфяных почвах после осушения начинают преобладать почвенные процессы, характерные для подзолистых или дерново-подзолистых почв, в результате которых образуется новая почвенная разновидность, подстилаемая торфяником или песком.

Плодородие вновь образованных почвенных разновидностей определяется, прежде всего, уровнем сельскохозяйственного производства.

Полученные данные указывают на то, что в торфяных и постторфяных почвах после осушения начинают преобладать почвенные процессы, характерные для подзолистых или дерново-подзолистых почв, для которых характерно отношение  $C_{Гк}/C_{Фк}$  ниже 1, которое чаще всего опускается до 0,3-0,6 [9]. Этому способствуют и природно-климатические условия.

Важным показателем оценки плодородия почв и обеспеченности

**Литература**

1. Ефимов, В. Н. Торфяные почвы и их плодородие / В. Н.Ефимов. – Л. : Агропромиздат, 1986. – С. 61-66.
2. Тюрин, И. В. Органическое вещество почвы / И. В. Тюрин. – М., 1937. – 176 с.
3. Орлов, Д. С. Практикум по химии гумуса / Д. С. Орлов, Л. А. Гришина М., 1981. – 167 с.
4. Лученок, Л. Н. Методические особенности определения состава органического вещества антропогенно-преобразованных торфяных почв / Л. Н. Лученок, Л. А. Юрко, Т. И. Олимпиева // Мелиорация – 2009. – №1(61). – С. 186-190.
5. Орлов Д. С. Практикум по биохимии гумуса/ Орлов Д. С., Гришина Л. А., Ерошичева Н. Л. – М.: Изд-во МГУ. – 1969. – С. 96.
6. Доспехов, Б. А. Основы методики полевого опыта / Б. А.Доспехов. – М.: Колос, 1982. – 280 с.
7. Лиштван, И. И. Спектральные исследования фракций гуминовых кислот / И. И. Лиштван, Ф. Н. Капуцкий, Ю. Г. Янута и [др.] // Химия твердого топлива. – 2006, № 4. – С. 3-11.
8. Ларина, Г. В. Групповой состав органического вещества торфов Горного Алтая и некоторые структурные характеристики гуминовых кислот / Г. В. Ларина, А. А. Иванов, Н. А. Казанцева // Вестник Томского гос. пед. ун-та. – 2009. – Вып. 3(81). – С. 110-115.
9. Орлов, Д. С. Химия почв: учебник/ Д. С. Орлов – М.: Изд-во МГУ, 1992 – С. 287.
- 10.Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 288 с.

**Summary**

*L.N. Luchenok, E.N. Shkutov, S.G. Baran. Modification in Qualitative Composition of Organic Matter of Peat Soils in Belarusian Polessie as a Result of Long-Term Agricultural Utilization*

Presented: Examination Data on qualitative composition of organic matter in peat soils of various terms of agricultural utilization (40-450 years) followed after drainage. Investigations were carried out by means of fractionation of organic matter and interpretation of derived IR-spectra of bitumen and humic acids. The analysis of investigations results of fractional composition and functional groups of organic matter of peat and postpeat soils showed that in the process of long-term agricultural utilization of drained lands happens no considerable qualitative change of organic matter. All the selected and examined parameters show that in peat and postpeat soils after drainage soil processes typical for podzolic or soddy-podzolic soils resulting in the formation of new soil variety usually with sublayer of peat swamp or sand prevail. Fertility of reformed soil varieties is mainly determined by agricultural production level.

*Поступила 26 января 2010 г.*