

**Ю. М. Бачура, О. М. Храмченкова**

*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,  
г. Гомель, Республика Беларусь*

## **ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ТОРФЯНИКОВ ГОМЕЛЬСКОГО РАЙОНА**

*Изучен видовой состав почвенных водорослей некоторых деградированных торфяников Гомельского района. Выявлено 124 вида почвенных водорослей из 69 родов, 44 семейств, 23 порядков, 9 классов отделов *Chlorophyta*, *Xanthophyta*, *Cyanophyta*, *Bacillariophyta*, *Eustigmatophyta* и *Euglenophyta*. Проведено сравнение таксономической и экологической структуры альгогруппировок данных деградированных торфяников. Отмечен рост участия цианобактериальных водорослей в составе альгосообществ с увеличением рН почвенного раствора. Выделены группы водорослей, приуроченные к исследуемым участкам деградированных торфяников Гомельского района. Полученные данные могут быть использованы для альгодиагностики состояния почв.*

**Ключевые слова:** альгогруппировки, деградированные торфяники, почвенные водоросли

### **Введение**

На территории Гомельского района деградированные почвы занимают около 929,0 га, что составляет 1,2% сельскохозяйственных земель района. К типу деградированных отнесены почвы, подвергшиеся послемелиоративной деградации. Они возникли на месте торфяно-болотных почв и сформированы в результате проведения гидромелиоративных работ и последующего интенсивного использования территории под пашню, а также в результате нерационального природопользования, что вызывало минерализацию органического вещества [1].

Изменение агрохимических свойств почв по мере развития процессов деградации торфяного слоя идет в сторону ухудшения основных характеристик. Изменяется рН почвенного раствора пахотного горизонта, уменьшается емкость поглощения. Пахотный горизонт, образовавшийся в результате перемешивания остатков торфа с подстилающей минеральной породой (рыхлые или связные пески и/или супеси), по сравнению с торфяно-глеевыми почвами имеет более благоприятный температурный режим, но влагообеспеченность его сильно зависит от атмосферных осадков.

Лабильность обмена веществ, высокая устойчивость к резким колебаниям влажности и температуры, недостатку и избытку света и ряду других факторов объясняет широкое распространение водорослей в почвах, быстроту их разрастания [2–4]. Сообщества водорослей являются более надежными индикаторами состояния почвы, чем отдельные виды [5]. Перестройка альгосообществ, обеднение их видового состава, изменение численности водорослей могут служить показателями загрязнения почвы токсическими веществами, а по видовому составу можно судить о выходе эдафических факторов за пределы толерантности.

Целью настоящего исследования было изучение видового состава и структуры альгогруппировок некоторых деградированных торфяников Гомельского района.

### **Материалы и методы исследования**

Пробы почвы отбирали в 2011 г. на участках деградированных торфяников, расположенных на расстоянии 5–7 км от г. Гомеля по общепринятой в почвенной альгологии методике [2]. Участки отличались значениями остаточного содержания органического вещества в агроторфяно-минеральном горизонте и рН почвенного раствора: Дт1 – 20–10,1%, рН = 4,5; Дт2 – менее 5,1 %, рН = 5,3; Дт3 – 20–10,1 %, рН = 5,8; Дт4 – менее 5,1 %, рН = 7,3.

Для выявления видового состава водорослей использовали культуральные методы: почвенные культуры со стеклами обрастания и агаровые культуры. Культивировали водоросли при постоянных условиях: температура  $20 \pm 3$  °С, периодическое освещение с интенсивностью 1800–3000 лк с 14/10-часовым чередованием световой и темновой фаз.

Идентификацию водорослей осуществляли с помощью микроскопа Nikon Eclipse 80i и определителей. Систематическое положение объектов приводили в соответствии с [6]; для видов, отсутствующих в данной сводке, – по данным сайта Algaebase (<http://www.algaebase.org>). Степень развития водорослей оценивали по 3-балльной шкале [7]. Состав жизненных форм определяли в соответствии с классификацией, разработанной Э.А. Штиной и М.М. Голлербахом [8].

Полученные данные обрабатывали с помощью компьютерных программ Microsoft Excel 2010, StatSoft Statistica 7.0. Для оценки сходства видового состава альгогруппировок исследуемых участков использовали метод ранговой корреляции.

### Результаты и их обсуждение

В деградированных торфяниках выявлено 124 вида почвенных водорослей из 69 родов, 44 семейств, 23 порядков, 9 классов 6 отделов (табл. 1).

На долю представителей Chlorophyta приходилось 48,4 % всех видов, Cyanophyta – 25,8 %, Xanthophyta – 12,9 %, Bacillariophyta – 9,7 %, Eustigmatophyta – 2,4 %, Euglenophyta – 0,8 %.

Таблица 1

Таксономическая структура почвенных водорослей деградированных торфяников

Отдел	Число таксонов				
	классов	порядков	семейств	родов	видов
Cyanophyta	1	3	6	13	32
Euglenophyta	1	1	1	1	1
Eustigmatophyta	1	1	1	2	3
Xanthophyta	1	3	7	12	16
Bacillariophyta	1	2	5	7	12
Chlorophyta	4	13	24	34	60
Всего	9	23	44	69	124

Среди Chlorophyta наиболее представлены были порядки хлорофициевых: Scenedesmales (12 видов родов *Bracteacoccus*, *Dictyococcus*, *Scotiellopsis*, *Tetraëdron*, *Scenedesmus*, *Keratococcus*, *Chlorolobion*), Chlorococcales (8 видов родов *Chlorococcum*, *Radiosphaera*, *Tetracystis*, *Apodochloris*, *Macrochloris*) и Protosiphonales (8 видов родов *Chlorosarcinopsis*, *Neochlorosarcina*, *Desmotetra*, *Spongiochloris*, *Kentrosphaera*, *Neospongiococcum*, *Geminella*), а также порядок Chlorellales (9 видов родов *Chlorella* и *Stichococcus*) из требукиофициевых водорослей. Меньшим видовым разнообразием отличались порядки Volvocales, Microthamniales, Trebouxiales, Choricystidales, Codiolales Chlorokybales, Klebsormidiales, Zygnematales и Desmidiales. Среди семейств наибольшее число видов было у Chlorococcaceae, Chlamydomonadaceae и Chlorellaceae (5–7 видов), более половины семейств включали 1–2 вида. Наиболее многочисленными были роды *Chlamydomonas* и *Chlorella* (6 и 5 видов соответственно); *Scenedesmus* (4 вида).

Среди цианей доминировали Oscillatoriales и Nostocales (по 37,5 % от общего числа видов синезеленых водорослей). Осцилляториальные водоросли включали виды родов *Phormidium*, *Oscillatoria* и *Lyngbya*; ностокальные – родов *Anabaena*, *Trichromus*, *Cylindrospermum*, *Nodularia* и *Nostoc*. Представители порядка Crococcoales из родов *Cyanothece*, *Synechocystis*, *Aphanocapsa*, *Microcystis* составляли 18,8 % цианей. Порядок Pseudanabaenales был представлен водорослями рода *Leptolyngbya*. Виды родов *Phormidium* (10) и *Nostoc* (5) составляли 46,9 % общего числа видов цианей.

Xanthophyta в наибольшей степени были представлены Mischococcales (виды родов *Pleurochloris*, *Ellipsoidion*, *Monodus*, *Pleurogaster*, *Characiopsis*, *Heterococcus* и *Heteropedia*) и Tribonematales (виды родов *Bumilleriopsis*, *Bumilleria*, *Xanthonema* и *Tribonema*), на их долю приходилось по 43,8 %. Порядок Botrydiales был представлен 2 видами рода *Botrydiopsis*.

Все выявленные водоросли отдела Bacillariophyta входят в состав порядков Naviculales и Bacillariales. Для деградированных торфяников было характерно преобладание представителей порядка Naviculales, как и для альгофлоры Беларуси в целом, среди них водоросли родов *Luticola*, *Pinnularia*, *Caloneis*, *Navicula*, *Hippodonta* и *Stauroneis*.

Отделы Euglenophyta и Eustigmatophyta были представлены одноименными семействами, в составе которых было выявлено соответственно 1 и 3 вида.

В целом имело место преобладание маловидовых семейств, что свидетельствует об упрощенной организации альгогруппировок.

В почве площадки Дт1 обнаружено 43 вида водорослей, относящихся к 32 родам, 25 семействам, 18 порядкам, 8 классам, 5 отделам (рис. 1). Chlorophyta – 26 видов (60,5 %), Xanthophyta – 18,6 %, Cyanophyta – 11,7 %, Bacillariophyta и Eustigmatophyta – по 4,6 %.

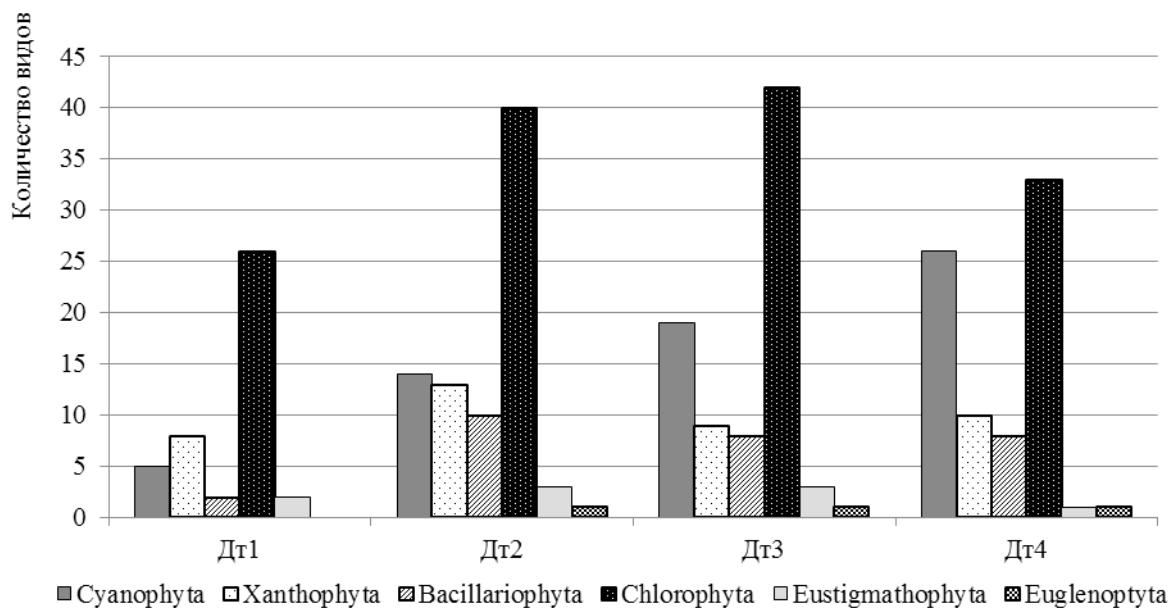


Рис.1. Таксономическая структура альгосообществ деградированных торфяников

Наиболее высокой была встречаемость видов водорослей родов *Botrydiopsis*, *Heterococcus*, *Xanthonema*, *Navicula*, *Hantzschia*, *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Chlorosarcinopsis*, *Chlorella*, *Stichococcus* и *Klebsormidium*.

В почве площадки Дт2 обнаружен 81 вид водорослей, относящихся к 48 родам, 35 семействам, 21 порядку, 9 классам, 6 отделам. Chlorophyta – 40 видов (49,4 %); Cyanophyta – 17,3 %, Xanthophyta – 16,0 %, Bacillariophyta – 12,4 %, Eustigmatophyta – 3,7 %, Euglenophyta – 1,2 %. Активно вегетировали водоросли родов *Aphanocapsa*, *Nostoc*, *Leptolyngbya*, *Eustigmatos*, *Botrydiopsis*, *Pleurochloris*, *Heterococcus*, *Xanthonema*, *Tribonema*, *Luticola*, *Pinnularia*, *Caloneis*, *Navicula*, *Hantzschia*, *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Chlorosarcinopsis*, *Chlorella*, *Stichococcus* и *Klebsormidium*.

В почве площадки Дт3 обнаружено 82 вида почвенных водорослей из 49 родов, 36 семейств, 20 порядков, 9 классов, 6 отделов. Распределение обнаруженных видов водорослей по отделам было следующим: Chlorophyta – 51,2 %, Cyanophyta – 23,2 %, Xanthophyta – 10,9 %, Bacillariophyta – 9,8 %, Eustigmatophyta – 3,7 %, Euglenophyta – 1,2%. Наиболее активно вегетировали водоросли родов *Aphanocapsa*, *Phormidium*, *Nostoc*, *Leptolyngbya*, *Eustigmatos*, *Botrydiopsis*, *Pleurochloris*, *Heterococcus*, *Xanthonema*, *Tribonema*, *Pinnularia*, *Caloneis*, *Navicula*, *Hantzschia*, *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Bracteacoccus*, *Chlorella*, *Stichococcus*, *Gloeotila* и *Klebsormidium*.

Почвенные водоросли площадки Дт4 были представлены 79 видами, относящимися к 46 родам, 34 семействам, 20 порядкам, 9 классам, 6 отделам. Распределение водорослей по отделам было следующим: Chlorophyta – 41,8 %, Cyanophyta – 32,9 %, Xanthophyta – 12,6 %, Bacillariophyta – 10,1 %, Eustigmatophyta – 1,3 %, Euglenophyta – 1,3 %. По сравнению с предыдущими участками, наблюдается значительное увеличение доли синезеленых водорослей (на 21,2 %, 15,6 % и 9,7 % соответственно) и некоторое сокращение числа видов зеленых водорослей. Наибольшей встречаемостью характеризовались водоросли родов *Aphanocapsa*, *Phormidium*, *Anabaena*, *Cylindrospermum*, *Nostoc*, *Eustigmatos*, *Botrydiopsis*, *Pleurochloris*, *Heterococcus*, *Xanthonema*, *Tribonema*, *Navicula*, *Hantzschia*, *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Tetracystis*, *Chlorella*, *Gloeotila* и *Klebsormidium*.

Можно предположить, что полученные данные объясняются связью встречаемости почвенных Cyanophyta со значениями pH почвенного раствора. Распределение вклада Chlorophyta совпадает с таковым для органического вещества в агроторфяно-минеральном горизонте деградированных торфяников. Высокий вклад Bacillariophyta на площадке Дт2, по-видимому, связан с наличием на почве листового опада маловозрастных березы, ивы и сосны, вблизи которых отбирали пробы.

Экологический анализ показал, что большинство водорослей исследованных деградированных торфяников эдафотфильны (рис. 2).

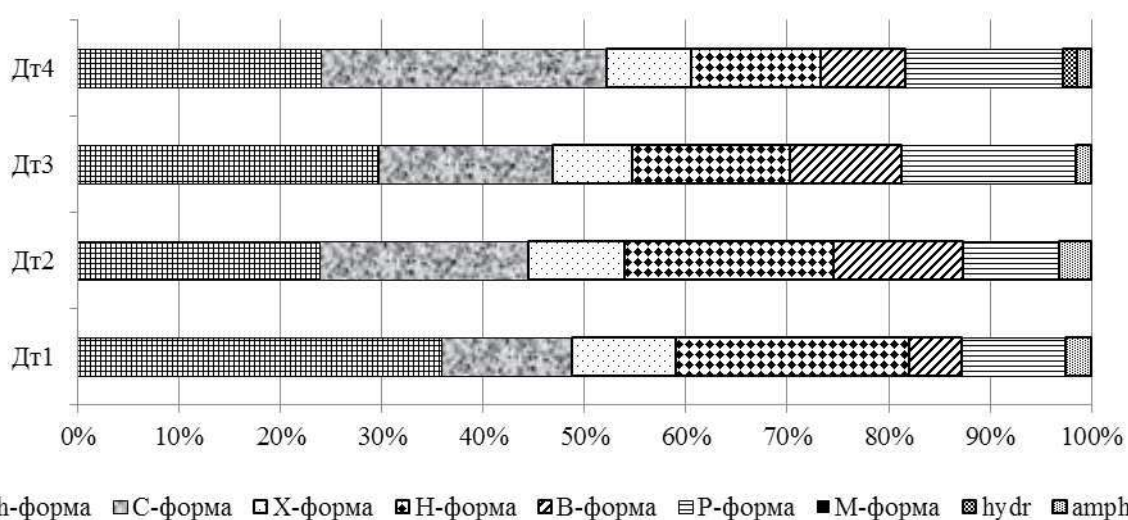


Рис. 2. Экологическая структура альгогруппировок деградированных торфяников

Вклад Ch-форм в структуру альгосообществ совпадает с показателями содержания органического вещества в агроторфяно-минеральном горизонте: 23,2–32,6 для 20–10,1 % и 18,5–21,5 % для содержания органического вещества менее 5,1 %. Вклад C- и H-форм, возможно, связан с ростом значений pH почвенного раствора. Распределение X-, B- и P-форм, по-видимому, отражает характер микроусловий в точках отбора. M-формы не обнаружены.

Путем расчета коэффициентов ранговой корреляции для деградированных торфяников выделены четыре группы водорослей (табл. 2), приуроченных к определенным участкам отбора (обнаружение одного вида из группы указывает на присутствие в почве остальных).

Для участка Dt1 с наименьшим видовым богатством почвенных водорослей и, следовательно, наименее благоприятными условиями для их существования отмечена совместная вегетация двух видов зеленых водорослей: одноклеточного *Macrochloris* sp. и пакетобразующего *Chlorosarcinopsis* sp.

Таблица 2

Встречаемость почвенных водорослей в деградированных торфяниках

Виды водорослей	ЖФ	Встречаемость, баллы			
		Dt1	Dt4	Dt3	Dt2
<i>Macrochloris</i> sp.	?	0.29	0.00	0.14	0.00
<i>Chlorosarcinopsis</i> sp. 2	Ch	1.29	0.00	0.43	0.00
<i>Heteropedia</i> sp.	H	0.00	0.14	0.00	0.14
<i>Stichococcus chlorelloides</i>	?	0.00	0.43	0.00	0.43
<i>Hippodonta capitata</i>	?	0.00	0.57	0.00	0.14
<i>Bumilleriopsis filiformis</i>	?	0.00	0.14	0.00	0.14
<i>Scotiellopsis</i> sp.	?	0.00	0.86	0.14	0.00
<i>Phormidium</i> cf. <i>boryanum</i>	P	0.00	0.57	0.29	0.00
<i>Chlorococcum</i> sp. 2	Ch	0.00	0.71	0.43	0.00
<i>Tetraëdron minimum</i>	Ch	0.00	4.43	2.86	0.00
<i>Tetracystis</i> sp. 2	Ch	0.00	5.29	4.00	0.00
<i>Nitzschia palea</i>	B	0.00	0.14	0.14	0.00
<i>Desmotetra stigmatica</i>	?	0.00	0.29	0.29	0.00
<i>Gloeotila</i> sp.	?	0.00	1.29	1.71	0.00
<i>Phormidium tenue</i>	P	0.00	0.71	5.43	0.00
<i>Phormidium</i> sp. 2	P	0.00	0.29	2.57	0.00
<i>Geminella terricola</i>	?	0.00	0.00	2.29	0.57
<i>Chlorella ellipsoidea</i>	Ch	0.00	0.00	0.86	0.29
<i>Cylindrocystis</i> sp.	C	0.00	0.14	0.00	0.57
<i>Vischeria stellata</i>	amph	0.00	0.00	0.29	0.86
<i>Pinnularia borealis</i>	B	0.00	0.00	6.00	13.71

Примечание: «?» – жизненная форма не определена

Участок Dt4 определяется комплексом из 12 видов водорослей, среди которых представители отделов Chlorophyta (*Stichococcus chlorelloides*, *Scotiellopsis* sp., *Chlorococcum* sp. 2, *Tetraëdron minimum*, *Tetracystis* sp. 2, *Desmotetra stigmatica*, *Gloeotila* sp.), Xanthophyta (*Heteropedia* sp., *Bumilleriopsis filiformis*), Bacillariophyta (*Hippodonta capitata*, *Nitzschia palea*) и Cyanophyta (*Phormidium* cf. *boryanum*). Данная группа на 58,3% состоит из зеленых водорослей; жизненные формы 50% видов не установлены, среди остальных представителей преобладают виды Ch-формы.

Третья группа состоит из синезеленых (*Phormidium tenue*, *Phormidium* sp. 2) и зеленых (*Geminella terricola*, *Chlorella ellipsoidea*) водорослей и специфична для участка Dt3. Эти виды, способны переносить широкий диапазон неблагоприятных условий [4, 9].



Четвертая группа приурочена к участку Дт2 и включает виды из разных отделов: *Cylindrocystis* sp. (зеленые), *Vischeria stellata* (эустигматофитовые) и *Pinnularia borealis* (диатомовые водоросли). Все представители данной группы влаголюбивы.

Представитель зеленых водорослей *Tetracystis* sp. 1 обособлен от выделенных групп водорослей.

### Заключение

В деградированных торфяниках пригорода г. Гомеля выявлено 124 вида почвенных водорослей из 69 родов, 44 семейств, 23 порядков, 9 классов 6 отделов. Из них: Chlorophyta – 48,4 %, Cyanophyta – 25,8 %, Xanthophyta – 12,9 %, Bacillariophyta – 9,7 %, Eustigmatophyta – 2,4 %, Euglenophyta – 0,8 %. Большинство семейств являлись маловидовыми. Многовидовые семейства (Nostocaceae, Phormidiaceae, Chlamydomonadaceae, Chlorococcaceae, Chlorellaceae и Naviculaceae) включали 45 видов (36,3 %). Ведущими родами по числу видов были *Chlamydomonas*, *Chlorella* и *Scenedesmus* (6, 5 и 4 вида соответственно).

На всех участках преобладали водоросли отдела Chlorophyta: 41,8–60,5 %. Отмечен рост числа видов Cyanophyta в составе альгосообществ с увеличением pH почвенного раствора. Вклад Ch-форм в структуру альгосообществ совпадает с показателями содержания органического вещества в агроторфяно-минеральном горизонте: 23,2–32,6 для 20–10,1% и 18,5–21,5 % для содержания органического вещества менее 5,1 %. Вклад C- и H-форм, возможно, связан с ростом значений pH почвенного раствора. Распределение X-, B- и P-форм, по-видимому, отражает характер микроусловий на участках отбора.

Методом ранговой корреляции выделены группы водорослей, приуроченные к исследуемым участкам деградированных торфяников. К участку Дт1 приурочены *Macrochloris* sp. и *Chlorosarcinopsis* sp.; к участку Дт4 – *Stichococcus chlorelloides*, *Scotiellopsis* sp., *Chlorococcum* sp. 2, *Tetraëdron minimum*, *Tetracystis* sp. 2, *Desmotetra stigmatica*, *Gloeotila* sp., *Heteropedia* sp., *Bumilleriopsis filiformis*, *Hippodonta capitata*, *Nitzschia palea*, *Phormidium* cf. *boryanum*, *Phormidium tenue*, *Phormidium* sp. 2, *Geminella terricola*, *Chlorella ellipsoidea* специфичны для участка Дт3; *Cylindrocystis* sp., *Vischeria stellata* и *Pinnularia borealis* – для участка Дт4.

### Список литературы

7. Цытрон, Г. С. Полевая диагностика почв Беларуси. Практическое пособие / Г. С. Цытрон. – Минск : Учебн. центр подг., повышения квалификации и переподгот. кадров землеустроит. и картографогеодез. службы, 2011. – 175 с.
8. Голлербах, М. М. Почвенные водоросли / Э. А. Штина, М. М. Голлербах. – М. : Наука, 1969. – 228 с.
9. Бабьева, И. П. Биология почв / И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : МГУ, 1989. – 336 с.
10. Штина, Э. А. Экология почвенных водорослей / М. М. Голлербах, Э. А. Штина. – М. : Наука, 1976. – 143 с.
11. Экстремальные факторы и биообъекты / В. В. Стрелко [и др.] ; отв. ред. В. В. Стрелко. – Киев: Наук. думка, 1989. – 152 с.
12. Водорості ґрунтів України (історія та методи дослідження, система, конспект флори) / І. Ю. Костіков [та інш.]. – Київ : Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.
13. Кабилов, Р. Р. Выделение почвенных альгоценозов методом Браун-Бланке / Р. Р. Кабилов, Н. В. Суханова, Л. С. Хайбуллина. – Уфа, 1999. – 35 с. (Деп. в ВИНТИ 31.03.99. №1014-В99).
14. Алексахина, Т. И. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов / Т.И. Алексахина, Э.А. Штина. – М. : Наука, 1984. – 98 с.
15. Трухницкая, С. М. Альгофлора рекреационных территорий красноярской урбоэкосистемы / С. М. Трухницкая, М. В. Чижевская. – Красноярск : КрасГАУ, 2008. – 134 с.

**Y. M. Bachura, O. M. Hramchenkova**

### SOIL ALGAE FROM DEGRADED PEATLANDS GOMEL DISTRICT

Soil algae in some degraded peatlands Gomel district were studied. As a result 124 species, 69 genera, 44 families, 23 orders, 9 classes, 6 divisions (Chlorophyta, Xanthophyta, Cyanophyta, Bacillariophyta, Eustigmatophyta, Euglenophyta) were identified. The taxonomical and ecological structures of algae communities were compared. The species composition of algae groups confined to certain areas of degraded peatlands was determined.