

4. Stokes P. // Ann. Bot. 1953. V. 27. № 65. P. 157.
5. Сандина И. Б. // Ботан. ж. 1957. Т. 42. № 4. С. 545.
6. Горовой П. Г. // Зонтичные Приморья и Приамурья (семейство Umbellifera Moris.). Л., 1966. С. 295.
7. Сацыперова И. Ф. Борщевики флоры СССР — новые кормовые растения. Л., 1984. С. 96.
8. Martin A. C. // Amer. Midl. Natur. 1946. V. 36. № 3. P. 513.
9. Иванова И. А., Дудик Н. М. // Составление определителей растений по плодам и семенам. Киев, 1974. С. 43.

УДК 591.524.12(476)

П. А. МИТРАХОВИЧ, В. П. ЛЯХНОВИЧ

СЕЗОННАЯ И МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ТЭС оз. ЛУКОМСКОГО

Исследовали зоопланктон водоема-охладителя ТЭС мощностью 2400 Мвт. Площадь озера 36,2 км², максимальная глубина 11,5 м, средняя — 6 м, объем 243 млн м³. Ранее нами прослежена динамика численности, биомассы зоопланктона и тенденции их изменений в оз. Лукомском с момента пуска ТЭС до 1979 г. [1].

Дальнейшее развитие энергетики и интенсификация тепловодного рыбоводства, основанного на использовании комбикормов, вызовут новые изменения температурного, гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов оз. Лукомского. Результаты, представленные в настоящей работе, помогут проследить изменения в сообществе зоопланктона водоема-охладителя в условиях повышенной антропогенной нагрузки.

Материал и методика

Материалом послужили 1570 проб зоопланктона, собранных 10-литровым планктоночерпачком системы Вовка и цеппелиновой сетью, изготовленной из сита № 70. В летний период пробы отбирали с интервалом 10—15 дней, весной и осенью — 15—30 дней, через каждые 2 м от поверхности до дна.

Наблюдения выполнены в 1978—1984 гг. на двух постоянных пелагических станциях (глубина 8 м), одна из которых расположена на расстоянии 0,8 км от сбросных систем ТЭС (подогреваемая зона), другая удалена на 7 км (контрольная зона с естественным температурным режимом). Разница температуры воды в изучаемых зонах озера по среднесезонному показателю (май — октябрь) составляла 2,5 °С. В 1980 г. дополнительно исследовано развитие зоопланктона в литорали оз. Лукомского.

Для определения численности зоопланктона пробы полностью просчитывали в камере Богорова, за исключением мелких коловраток, которых в период массового развития просчитывали по общепринятой методике. Биомассу ракообразных и коловраток определяли по формулам связи массы и длины тела [2, 3]. Сезонную продукцию зоопланктона вычисляли по сезонным P/V коэффициентам [4]. Суммарную сезонную продукцию зоопланктона (продукцию хищных и мирных) получили по формуле Э. А. Шушкиной [5].

Результаты и их обсуждение

В состав зоопланктона оз. Лукомского входят 33 вида ветвистоусых, 10 видов веслоногих ракообразных и 27 видов коловраток.

Сопоставление наших данных с данными К. А. Черемисовой [6] показывает, что из зоопланктона озера исчезли обитавшие ранее *Cyclops vicinus* Uljan и *Daphnia longispina* (O. F. Müller), но появился не отмеченный ранее *Mesocyclops (Th) crassus* (Fisch).

Сезонная динамика видового состава зоопланктона в подогреваемой и контрольной зонах озера существенно не отличались, что согласуется с данными других авторов [7].

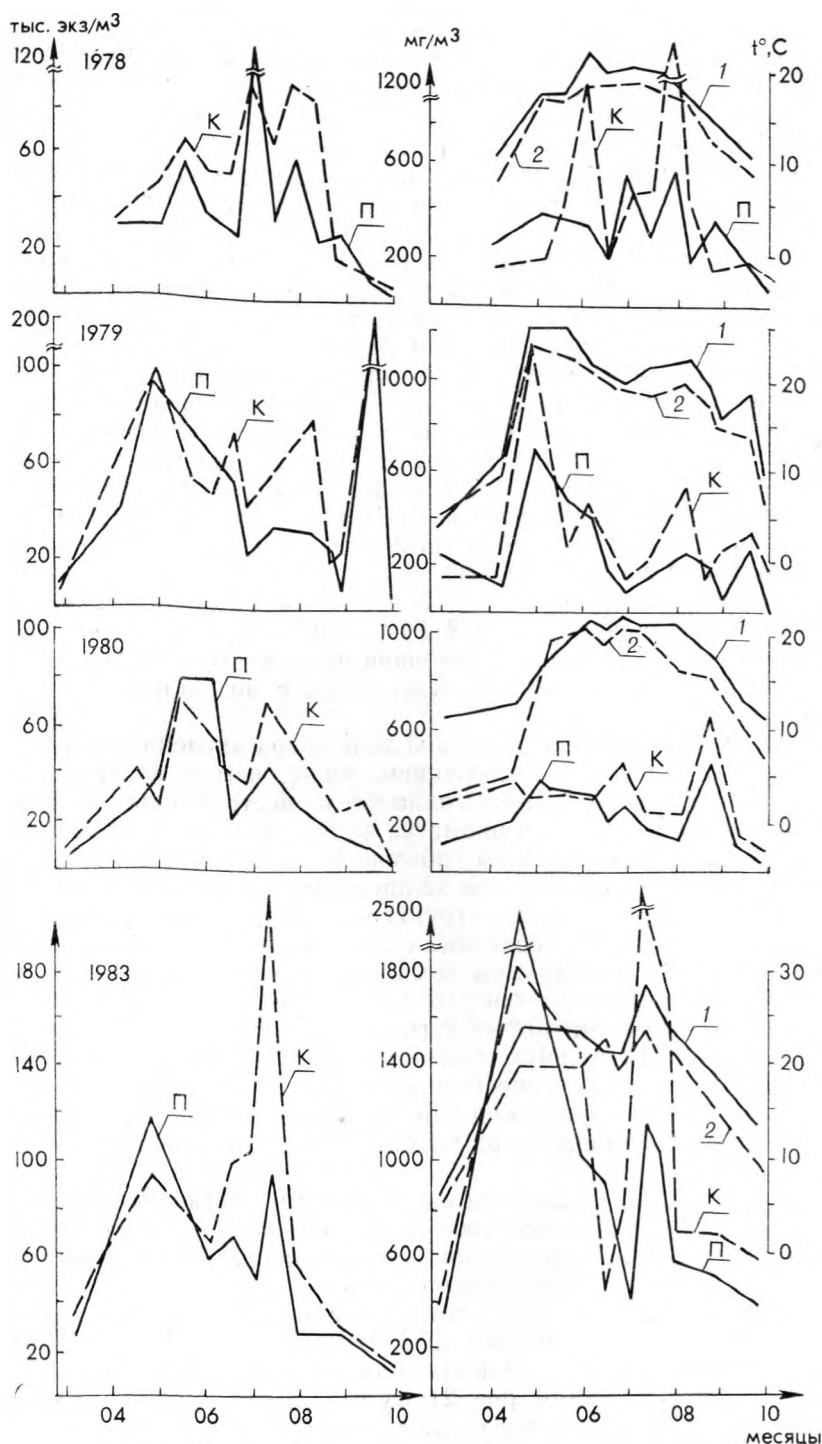


Рис. 1. Сезонная динамика средней численности (тыс. экз/м³) и биомассы (мг/м³) всего зоопланктона в подогреваемой (П) и контрольной (К) зонах оз. Лукомского:

1 — температура воды в подогреваемой, 2 — в контрольной зонах

В литорали оз. Лукомского численность и биомасса зоопланктона в течение вегетационного сезона были ниже, чем в пелагиали. Лишь в середине августа общая численность в литорали достигала 55 % численности зоопланктона пелагиали в результате всплески популяции *Polyarthra*

euryptera Wiers. В середине июня биомасса в литорали составляла 125 % биомассы зоопланктона пелагиали за счет массового развития популяции *Bosmina obtusirostris* Sars. Сравнительно высокая численность и биомасса зоопланктона литорали весной обеспечивались личиночными стадиями *Cyclops strenuus* Fisch, *Mesocyclops* sp. и др.

В июле и октябре 1953 и 1955 гг. количественное развитие зоопланктона литорали оз. Лукомского было значительно выше отмеченного нами в 1980 г. [6].

В сезонной динамике количественного развития зоопланктона пелагиали периоды максимумов и минимумов в разные годы по срокам не совпадают (рис. 1). Различия проявляются в связи со сроками весеннего повышения температуры воды: при более раннем повышении раньше достигается первый максимум развития зоопланктона в обеих изучаемых зонах. Второй, летне-осенний, максимум численности и биомассы четко проявляется в годы с более высоким развитием зоопланктона. Высокую численность и биомассу в основном определяли ракообразные, лишь в октябре 1979 г. более 80 % общей численности зоопланктона образовано коловратками *Ascomorpha escaudis* Perty (137—152 тыс. экз/м³), а в конце сентября 1980 г. 90 % общей биомассы зоопланктона приходилось на долю *Asplanchna priodonta* Gosse.

Соотношение численности зоопланктона оз. Лукомского ($N_{\max}$ летом / $N_{\min}$ зимой) составляло 28 в 1978 и 72 в 1983 г. и находилось в прямой зависимости от его суммарной сезонной продукции. Это хорошо согласуется с данными об увеличении $N_{\max} / N_{\min}$ с возрастанием трофности озер [8].

Характерно, что в подогреваемой зоне озера численность и биомасса зоопланктона, за редким исключением, ниже, чем в контрольной (см. рис. 1). В среднем за сезон ежегодно численность зоопланктона в контрольной зоне на 11—27 %, а биомасса на 29—30 % выше, чем в подогреваемой. Различия обусловлены гибелью зоопланктона в агрегатах ТЭС и выносом его сбросным потоком за пределы подогреваемой зоны [9].

Существенных изменений в структуре доминирующего комплекса зоопланктона пелагиали за последние семь лет не произошло, но заметно возросла роль основной группы доминантов (табл. 1). С 1981 г. в пелагиали озера не отмечена *B. obtusirostris*, а в 1983 г. (в середине июля) в небольшом количестве (0,2—0,4 тыс. экз / м³) вновь появились долго отсутствовавшие *Pompholyx sulcata* Hudson и *Kellicottia longispina* (Kellicott). Изменения среднесезонной численности и биомассы доминирующего комплекса определяли характер многолетней динамики численности и биомассы зоопланктона вообще и его основных групп, в частности (см. табл. 1).

В связи с тем, что подогреваемая зона озера составляет всего 5 % акватории, многолетнюю тенденцию изменений количественного развития зоопланктона пелагиали оз. Лукомского оценивали по контрольной зоне, сохраняющей естественный температурный режим.

Снижение величин численности и биомассы зоопланктона пелагиали оз. Лукомского отмечено нами с 1972 по 1978 г. [1]. С 1980 по 1983 г. наблюдалось увеличение численности планктонных ракообразных в три, биомассы—в шесть раз (см. рис. 2). Суммарная сезонная продукция зоопланктона за эти годы возросла в пять раз (табл. 2).

Особенность многолетней динамики среднесезонной численности и биомассы коловраток оз. Лукомского заключается в том, что при повышении общей численности снижается общая биомасса (см. рис. 2, г), коэффициент корреляции между среднесезонной численностью и биомассой высокий отрицательный (−0,91). Такое противоречивое явление вызвано колебаниями численности и биомассы хищных коловраток (*аспланхна* и синхета).

Среднесезонные величины общей численности зоопланктона за период с 1978 по 1984 г. изменялись в три с половиной раза, а с 1972 по 1980 г.—в шесть раз [1].

Среднесезонные (май — октябрь) величины численности (N , тыс. экз/м³) и биомассы (B , мг/м³) доминирующих видов форм зоопланктона контрольной зоны оз. Лукомского

Виды	1978		1979		1980		1981*		1982*		1983		1984*	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
<i>Daphnia cucullata</i> Sars	6,9	102	1,6	25	2,4	29	10,1	130	6,7	106	15,0	170	9,8	140
<i>D. cristata</i> Sars	0,5	6	2,8	28	1,3	15	2,1	31	0,8	11	1,0	20	4,0	40
<i>Bosmina crassicornis</i> (O. F. Müller)	6,9	40	3,2	19	6,5	34	3,9	26	16,5	170	10,7	80	8,6	80
<i>B. obtusirostris</i> Sars	+	+	0,4	2,7	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Lievin	0,6	31	+	+	+	+	+	+	+	+	3,0	140	2,2	10
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke)	+	14	+	42	+	8	0,6	589	0,2	169	0,3	180	+	+
Прочие ветвистоусые	0,1	1	0,2	+	0,8	2	—	—	—	—	0,1	50	—	—
<i>Eudiaptomus graciloides</i> Lill	7,9	107	3,3	55	1,7	30	5,3	71	16,1	394	17,7	530	19,6	460
Cyclopidae	13,0	73	14,9	116	10,3	86	25,1	201	8,5	315	12,2	120	19,5	310
Прочие веслоногие	0,8	+	+	4	+	+	—	—	—	—	0,1	+	+	+
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	3,7	42	0,3	29	0,5	72	0,6	18	+	+	+	10	—	—
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrb.	2,3	4	6,6	3	5,0	2	8,3	+	0,5	+	2,9	10	+	+
<i>Polyarthra euryptera</i> Wiers	8,0	14	5,0	9	6,0	9	4,7	+	9,7	20	13,9	20	13,9	10
<i>Conochilus unicornis</i> Rouss	1,0	+	3,0	+	2,6	+	25,0	+	32,2	10	7,8	+	44,0	20
Прочие коловратки	0,8	1	14,0	6	8,0	5	+	+	0,8	+	1,5	10	0,3	+

Примечание. Plusом (+) отмечено меньше 0,1; *—среднелетние.

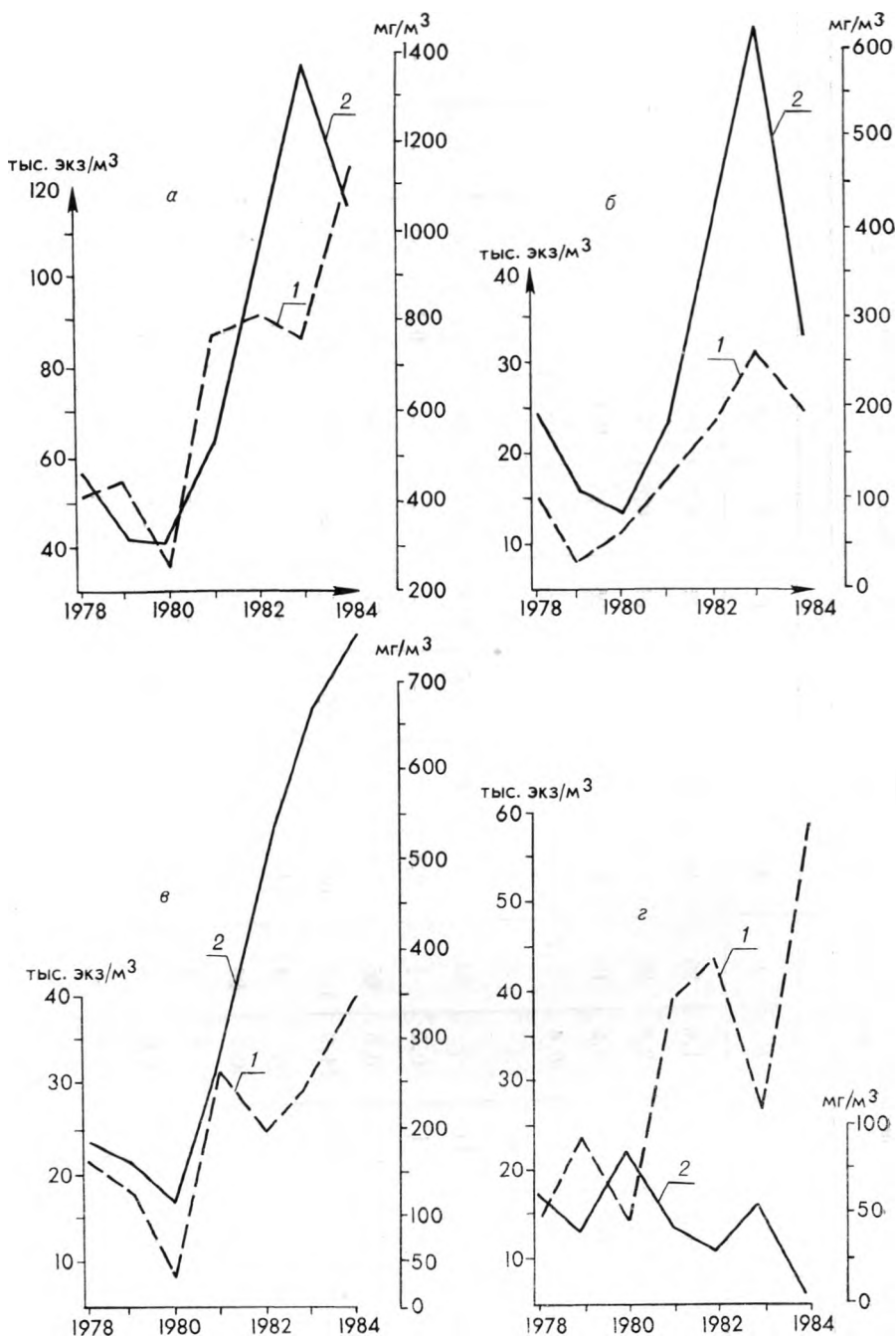


Рис. 2. Многолетняя динамика среднесезонной (май — октябрь) численности (1) и биомассы (2) всего зоопланктона (а), ветвистоусых рачков (б), веслоногих рачков (в) и коловраток (г) в контрольной зоне оз. Лукомского

При снижении суммарной сезонной продукции зоопланктона коэффициент корреляции численности хищных и мирных форм в обеих изучаемых зонах оз. Лукомского равномерно снижался от достоверно положительного в 1978 г. до близкого к нулю в 1980 г. (табл. 3). С увеличением суммарной сезонной продукции к 1983 г. коэффициент корреляции численности этих трофических групп достиг прежних величин; в подогреваемой зоне коэффициенты корреляции постоянно выше, чем в контрольной.

Таблица 2

Среднесезонный (май — октябрь) величины численности (N , тыс. экз/м³), биомассы (B , мг/м³) и сезонная продукция (P , мг/м³/сезон) хищного (x) и мирного (m) зоопланктона в контрольной зоне оз. Лукомского

Показатели	Годы	Cladocera		Copepoda		Rotatoria		Общие	
		x	m	x	m	x	m	x	m
N	1978	0,01	15,0	5,0	16,0	1,39	13,50	6,40	44,50
	1979	0,04	7,92	9,43	12,34	3,37	26,20	12,84	46,46
	1980	0,01	11,78	4,47	7,59	2,78	9,88	7,26	29,25
	1981*	—	16,64	12,0	9,14	4,49	34,17	16,49	59,95
	1982*	0,07	28,03	4,86	3,64	0,27	42,53	5,20	74,20
	1983	0,19	29,99	6,52	5,72	0,98	26,0	7,69	61,70
	1984*	—	24,60	10,72	8,88	—	58,20	10,72	91,68
B	1978	6,50	44,70	51,0	129,60	23,0	34,80	80,50	209,20
	1979	20,46	99,76	84,23	94,60	15,76	31,15	120,45	225,50
	1980	3,92	87,08	53,50	62,85	36,50	50,25	93,92	200,18
	1981*	10,0	177,0	179,0	22,0	9,0	37,0	198,0	236,0
	1982*	85,0	327,0	269,0	531,0	—	27,0	354,0	886,0
	1983	115,0	527,0	103,0	503,0	12,0	41,0	230,0	1071,0
	1984*	—	270,0	253,0	517,0	—	20,0	253,0	807,0
P за сезон	1978	96,0	2425	326	2482	846	1196	5808**	
	1979	285	1226	522	1842	578	928	4385**	
	1980	52	1128	387	992	1380	1710	3660**	
	1981*	72	2667	1677	1907	529	809	6316**	
	1982*	1224	5401	2609	9832	—	608	15714**	
	1983	1684	7232	894	12918	350	982	18777**	
	1984*	—	2716	2716	11341	—	46	13219**	

** Суммарная продукция за вычетом рациона хищников (20 %);

* Среднелетние.

Таблица 3

Коэффициенты положительной корреляции сезонных (май — октябрь) численностей (N) и биомасс (B) хищного и мирного зоопланктона в подогреваемой (П) и контрольной (К) зонах оз. Лукомского

Численность и биомасса	Зоны	1978	1979	1980	1983
N	П	0,877	0,391	0,151	0,783
	К	0,682	0,279	0,085	0,680
B	П	0,485	0,723	0,539	0,581
	К	0,595	0,825	0,503	0,729

Коэффициенты корреляции биомассы хищного и мирного зоопланктона по годам изменялись незначительно и в контрольной зоне были выше, чем в подогреваемой (см. табл. 3.)

Нам удалось установить, что продолжительность цикла развития зоопланктона оз. Лукомского по схеме максимум — минимум — максимум

составляет 10—11 лет. Первая нисходящая «половина» цикла более длительная и прослеживается с 1972 по 1979—1980 гг. [1], вторая, восходящая — по 1983—1984 гг. (см. рис. 2).

Амплитуда колебаний развития зоопланктона в многолетнем цикле, вероятно, усугубляется пищевой конкуренцией популяции дрейссены [10, 11].

Важная роль популяции дрейссены в планктонном сообществе оз. Лукомского подтверждается постоянным доминированием ее личинки в общей численности зоопланктона в летний период [12]. Гибель зоопланктона в системе охлаждения ТЭС, вероятно, в меньшей степени влияет на многолетний цикл и сезонную динамику зоопланктона, имеющего высокий репродукционный потенциал [9].

Возрастание продукционных показателей зоопланктона оз. Лукомского в последние годы, в том числе повышение численности *D. brachyurum* до 9 тыс. экз./м³ в августе, указывает на сдвиг трофности в сторону повышения, но очень низкое развитие популяции *Chydorus sphaericus* O. F. Müller, *B. coregoni thersites* (Poppe) и некоторых других свидетельствует об отсутствии потенциальных возможностей зоопланктона оз. Лукомского возобновить статус эвтрофного водоема в ближайшие годы.

Таким образом, в сообществе зоопланктона пелагиали оз. Лукомского за период 1980—1983 гг. суммарная сезонная продукция возросла в пять раз.

В подогреваемой зоне озера общая численность зоопланктона в среднем за сезон на 20, биомасса на 30 % ниже, чем в контрольной зоне.

Многолетний цикл количественного развития между максимальными значениями среднесезонной численности, биомассы и продукции зоопланктона в оз. Лукомском длится 11 лет.

Список литературы

1. Митрахович П. А., Ляхнович В. П., Бойкова С. А. // Гидробиологический ж. 1983. Т. 19. № 4. С. 60.
2. Балущкина Е. В., Винберг Г. Г. // Общие основы изучения водных экосистем. Л., 1979. С. 169.
3. Винберг Г. Г. // Методы определения продукции водных животных. Минск, 1968. С. 45.
4. Петрович П. Г. // Методы определения продукции водных животных. Минск, 1968. С. 173.
5. Шушкина Э. А. // Науч. докл. высшей школы. Биол. науки. 1964. Т. 4. С. 25.
6. Черемисова К. А. // Тр. БелНИИРХ. Минск, 1960. Т. 3. С. 125.
7. Поливанная М. Ф., Сергеева О. А. // Водоем-охладитель Ладыжинской ГРЭС. Киев, 1978. С. 78.
8. Крючкова Н. М., Рыбак В. Х., Петрович П. Г. // Экологическая система Нарочанских озер. Минск, 1985. С. 127.
9. Митрахович П. А. // История озер в СССР: Тез. докл. 6-го Всесоюз. совещ. Таллин, 1983. Т. 1. С. 140.
10. Ляхнович В. П., Каратаев А. Ю., Митрахович П. А. // Тез. докл. 4-го съезда Всесоюз. гидробиол. об-ва. Киев, 1981. Т. 4. С. 35.
11. Ляхнович В. П., Каратаев А. Ю., Митрахович П. А. // Информ. бюл. Ин-та биол. внутрен. вод АН СССР. 1983. № 60. С. 25.
12. Митрахович П. А., Каратаев А. Ю. // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1986. № 1. С. 38.

УДК 582.282.11

А. И. СТЕФАНОВИЧ

ОБ ЭВОЛЮЦИИ МУЧНИСТОРОСЯНЫХ ГРИБОВ

Грибы семейства Erysiphaceae произошли, вероятно, от таких древних форм грибов, мицелий которых развивался одновременно в тканях отмерших растений и на их поверхности. Потребовалось довольно много времени, прежде чем подобные первичные микромицеты — предшественники мучнисторосяных грибов — перешли от сапротрофного к паразитному способу питания. Эволюция в основном шла таким образом, что