

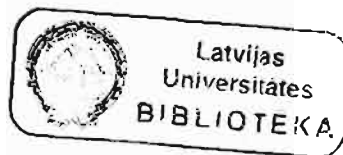
Latvijas Universitāte  
LU Bioloģijas institūts

Ivars Druvietis

**AĻĢES KĀ EKOĻOĢISKĀ STĀVOKĻA RĀDĪTĀJAS  
LATVIJAS ŪDENSTILPĒS**

**ALGAE AS A CRITERION OF THE ENVIRONMENTAL STATE  
IN LATVIA'S INLAND WATER BODIES**

**ВОДОРОСЛИ КАК ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО  
СОСТОЯНИЯ  
ВОДОЕМОВ ЛАТВИИ**



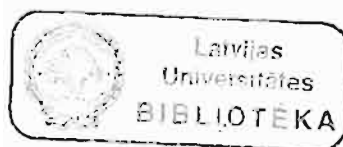
**zinātniskās publikācijas**

**Rīga 1997**

Ivars Druvietis

**AĻĢES KĀ EKOĻOGISKĀ STĀVOKĻA  
RĀDĪTĀJAS LATVIJAS ŪDENSTILPĒS**

**zinātniskās publikācijas**



**Rīga 1997**

**PUBLIKĀCIJAS**  
**LIST OF PUBLISHED PAPERS**  
**СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ**

1. Cimdiņš, P., Druvietis, I., Liepa, R., Parele, E., Urtāne, L., Urtāns, A., 1995: A Latvian Catalogue of Indikator Species of Freshwater Saprobity. - *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences 1/2, Section B: Natural Sciences, Latvijas Zinātņu Akadēmijas Vēstis*: 122 - 133.
2. Druvietis I., 1985: Sārtaļģu atradnes Salacas baseinā. - *Mežsaimniecība un mežrūpniecība*, Nr.3, Lat.ZTIZPI, Rīga: 47 - 48.
3. Druvietis, I., 1987: Sīteres Valsts rezervāta mazo upju algoflora - *Mežsaimniecība un mežrūpniecība* Nr.3 (119), Lat.ZTIZPI, Rīga: 23 -24.
4. Druvietis I., 1987: Ūdenstilpju dzīvais paklājs. - *Zinātne un tehnika*, Nr.6, Rīga: 17 - 18.
5. Druvietis, I., 1992: Comparative studies on Phytoplankton and Periphyton in seven small lakes with Different Trophic State. - *"Aqua Fennica"* 22.2, Helsinki: 143 -151.
6. Druvietis I., 1993: Aļģes kā Latvijas mazo upju ekoloģiskā stāvokļa rādītājs. - *Vispasaules Latviešu zinātņu kongress*. 4. Ekoloģija, mežzinātnes, ģeozinātnes., Rīga.
7. Druvietis, I., 1993: Salacas pieteku fitoplanktona un perifitona monitorings. - *Vides aizsardzība Latvijā: Ziemeļvidzemes Reģionālais Dabas aizsardzības komplekss.*, Rīga: 84 - 91.
8. Druvietis, I., 1995: Phytoplankton periodicity in different state lakeš in Latvia. - *Proceedings of the Latvian Academy Sciences 3/4/ Section B: Natural Sciences, Latvijas Zinātņu Akadēmijas Vēstis*: 98 -100.
9. Druvietis I., Urtāne L., Sprinģe G., Briede A., Kļaviņš M., 1995: Studies on Planktonic Communities in Small Brown water lakes in Teiči Bog Reserve, Latvia. - *"Harmonizing Human Life with Lakes"*, 6th International Conference on the Conservation and Management of Lakes - "Kasumigaura'95", Japan: Vol.2, University of Tsukuba: 856 - 859.
10. Druvietis I., 1995: Fitoplanktons un perifitons. - *Praktiskās hidrobioloģijas rokasgrāmata*, (P.Cimdiņa red.): 31 - 35.
11. Druvietis, I., Sprinģe, G., Urtāne, L., Kļaviņš, M., 1996: Peculiarities of plankton communities in small highly humic bog lakes in Latvia, (abstracts). - *6 -th. Nordic Symposium on Humic Substances*, Finland, in press.
12. Druvietis, I., 1996: Algae as a criterion for the trophic state of shallow lakes in Latvia, (abstracts). - *Dynamics of submerged vegetation in Shallow lakes.*, Lake Hornborga, Sweden, in press.
13. Druvietis, I., 1996: Observations on Cyanobacteria blooms in Latvias inland waters, (abstracts). - *VII International Conference on Harmful Algae*. Vigo-Espana, in press.
14. Druvietis, I., 1997: Peculiarities of Phytoplankton communities in the Cascade of Reservoirs on the River Daugava, (abstracts). - *3 International*

*Conference on Reservoir Limnology and Water Quality, Āeske Budějovice, in press.*

15. Klavins, M., Rodinov, V., Cimdinš, P., Klavina, I., Purite, M. & I. Druvietis, 1996: Well water quality in Latvia. - *Intern. J. Environmental Studies*, Vol. 50: 41-50.
16. Друвиетис, И.Ю., 1978: Развитие фитопланктона Рижского водохранилища в стадии его становления. - *Биологические основы рационального использования животного и растительного мира*. Рига, Зинатне: 203.
17. Друвиетис, И.Ю., 1981: Фитопланктон, как показатель качества воды в Рижском водохранилище. - Рига, Зинатне: 128 - 129.
18. Друвиетис, И.Ю., 1982: Исследования сапробности вод каскада водохранилищ на реке Даугава по фитопланктону. - *Республиканская научно теоретическая конференция Таджикской ССР*, Душанбе, Дониш: 5 - 6.
19. Друвиетис, И.Ю., Рудзрога А.И., 1985: Особенности фитопланктона озера Кубенского. - *Круговорот вещества и энергии в водоемах.*, Вып. 2., Иркутск: 27 - 29.
20. Друвиетис, И.Ю., 1987: Особенности альгофлоры малых рек заповедника Слитере. - *Актуальные проблемы современной альгологии*, Киев, Наукова думка: 63.
21. Друвиетис, И.Ю., 1987: Особенности альгофлоры малых рек Латгальской возвышенности Латв. ССР. - *Биологические ресурсы Балтийского моря*. Вильнюс : 51 - 52.
22. Друвиетис, И. Ю., 1996: Структура и формирование фитопланктона Латвийских озер разного уровня трофии. - *Эколого - физиологические исследования водорослей и их значение для оценки состояния природных вод*. Ярославль: 32 - 33.
23. Зарубов А., Друвиетис И. , 1990: Особенности биоценологических отношений фитопланктона и зоопланктона в водоемах заповедника Крусткални. - *Известия АН ЛССР*, Рига, Зинатне, 2(511): 50 - 59.
24. Лиела Р.А., Друвиетис И.Ю., Мелберга А.Г., Рудзрога А.И., 1983: Изменения трофической структуры микропланктона в условиях ускоренного евтрофирования. - *Трофические связи и их роль в продуктивности природных водоемов*. Ленинград: 130 - 135.
25. Лиела Р.А., Друвиетис И.Ю., Мелберга А.Г., 1984: Влияние различных концентраций биогенных элементов на структуру микропланктона в контролируемых экосистемах. - *Экспериментальная водная токсикология*. Вып. 9., Рига, Зинатне: 171- 184.
26. Лиела Р.А., Цимдинь П.А., Друвиетис И.Ю., Мелберга Д.Г., Пареле Э.А., Родинов В.И., Уртанс А.В., 1987: Биоценологическая структура малых рек Западно - Латвийской приморской низменности. *Известия АН Латв. ССР*. Рига, Зинатне: 98 - 107.
27. Родинов В.И., Цимдинь П.А., Лиела Р.А., Рудзрога А.И., Друвиетис И.Ю., Пареле Э.А., Мелберга Д.Г., 1987: Сравнительная характеристика

- гидрохимического и гидробиологического состояния озера Кубенского.- *Известия АН Латв. ССР*, Рига, Зинатне: 108 - 119.
28. Рудзрога А.И., Друвиетис И.Ю., 1979: Фитопланктон Рижского водохранилища в годы его становления. - *Изучение и освоение водоемов Прибалтики и Белоруссии*. Рига, Зинатне: 29 - 31.
29. Рудзрога А.И., Друвиетис И.Ю., 1981: Особенности развития фитопланктона политрофного и олиготрофного озер. - *Круговорот вещества и энергии в водоемах*, Иркутск: 92.
30. Рудзрога А.И., Друвиетис И.Ю., 1983: Опыт использования водорослевых сообществ в целях классификации малых рек. - *Биологические и рыбохозяйственные исследования водоемов Прибалтики и Белоруссии*, Псков: 45 - 46.
31. Рудзрога А.И., Друвиетис И.Ю., 1984: Альгологические исследования реки Даугава. - *Санитарное состояние реки Даугавы.*, Даугавпилс : 24 - 29.
32. Рудзрога А.И., Друвиетис И.Ю., 1987: Водоросли озер Кирума и Вайдавас. - *Формирование сообществ гидробионтов малых озер и их реакция на возрастающую концентрацию биогенных элементов - Евтрофирование малых озер Латвии*. Рига, Зинатне: 74 - 90.
33. Рудзрога А.И., Друвиетис И.Ю., 1989: Фитопланктон и микрофитобентос р. Салаца - *Биоценотическая структура малых рек. Бассейн реки Салаца*. Рига., Зинатне: 59 - 96.
34. Цимдинь П.А., Родинов В.И., Друвиетис И.Ю., 1978: Функционирование пищевой цепи в водоеме подвергающемся евтрофирующему воздействию дренажных стоков. - Рига, Зинатне: 226 - 228.
35. Цимдинь П.А., Матисоне М.Н., Мелберга А.Г., Друвиетис И.Ю., Родинов В.И., Вейланде Г.Х., 1981: Евтрофирование малых озер Латвии., Киев, Наукова думка: 165 - 166.
36. Цимдинь П.А., Друвиетис И.Ю. Качалова О.Л., Лиела Р.А., Матисоне М.Н., Мелберга А.Г., Пареле Э.А., Родинов В.И., Рудзрога А.И., 1982: Типологические изменения малых озер Латвии. - Рига, Зинатне, *Известия АН Латв. ССР* 3(416): 71 - 79.



# PROCEEDINGS OF THE LATVIAN ACADEMY OF SCIENCES

## 1/2 /1995

SECTION B (pp. 97–140): NATURAL SCIENCES

*SPECIALIZED ISSUE: FRESHWATER RESEARCH*

Introductory Note <i>P. Cimdinš</i>	97	REVIEW: HYDROBIOLOGY	
Nature in Latvia: a brief outline <i>P. Cimdinš</i>	98	Application of saprobity systems in ecological studies of rivers <i>P. Cimdinš</i>	115
REVIEW: LIMNOLOGY		ORIGINAL PAPERS: LIMNOLOGY	
River typology: parameters for evaluation of their environmental state <i>P. Cimdinš</i>	99	A Latvian catalogue of indicator species of freshwater saprobity <i>P. Cimdinš, I. Druvietis, R. Liepa, E. Parele, L. Urtāne, A. Urtāns</i>	122
REVIEW: HYDROBIOLOGY/ENVIRONMENTAL SCIENCE		Zooplankton communities of a group of lakes with different contents of humic substances, in Latvia. Case study: State Teiču Bog Reserve <i>L. Urtāne, M. Kļaviņš</i>	134
Ecological roles of aquatic humic substances <i>M. Kļaviņš</i>	107		

LATVIJAS ZINĀTŅU AKADĒMIJAS VĒSTIS • B DAĻA: DABASZINĀTNES

ISSN 0868-6556

THE LATVIAN ACADEMY OF SCIENCES

## A LATVIAN CATALOGUE OF INDICATOR SPECIES OF FRESHWATER SAPROBITY

P. Cimdiņš, I. Druvietis, R. Liepa, E. Parele, L. Urtāne, A. Urtāns

Institute of Biology:  
Miera ielā 3, Salaspils, LV-2169 LATVIA

*Floristic and faunistic investigations, begun in 1964 by the Laboratory of Hydrobiology, the Latvian Academy of Sciences, became the basis for saprobiological investigations of rivers and streams in Latvia. As a result, Sládeček's [3] lists of indicators of water quality were revised. In our catalogue, the compiled data describes the occurrences of species widespread in rivers and streams of Latvia, and their indicative values. Full saprobiological evaluation is given of 211 phytoplankton species (by I. Druvietis), 61 macrophyte species (by A. Urtāns), 257 species of Rotatoria (by P. Cimdiņš), Cladocera (by L. Urtāne), 116 microbenthos species (Ciliata, by R. Liepa) and 239 macrobenthos species (by E. Parele). Results are summarized in 6 tables, each showing the indication of saprobity, saprobic valency, indicative weight, and saprobic index of each species. Two of the tables are provided with additional indexes.*

**Key words:** indicators, saprobity, Latvia.

### INTRODUCTION

Below, a summary of data obtained in saprobiological investigations of Latvia's rivers is given in form of a catalogue consisting of six tables. Initially, these studies investigated the flora and fauna in 1964, but later the results became the basis for saprobiological evaluation. The obtained results will serve as a starting point for new research aimed towards strategy for global diversity.

Our catalogue of bioindicator species was compiled based on the classical saprobiological methods [1–4] and in accordance with the structure of the saprobiological system of Sládeček [3] and Cimdiņš [5]. The Catalogue contains species of phytoplankton, zooplankton (*Rotatoria*, *Cladocera*), macrophytes, microbenthos (*Ciliata*), and macrobenthos.

### DESCRIPTION OF THE INVESTIGATION AREA

The studies were conducted in Latvia's rivers (total of 174 rivers, four of which are considered to be large), which belong to the Baltic Basin (55°40' and 58°05' northern latitude, 20°58', and 28°14', east longitude). The precipitation per year is 650 mm, 33% of which becomes river runoff. There are 12.4 thous. rivers and streams in Latvia with the total length of about 38 thous. km. The average density of the river net is 0.58 km/km<sup>2</sup>. Latvia's rivers belong to the same type as those

of Scandinavia, eastern Germany, and northern Russia. They obtain their waters from precipitation (rain and melting snow). The period of ice cover in Latvia's rivers is 100–130 days, and the maximum temperature is reached in July, a little above 20 °C. The river slope is not high: in mid-reaches 5–8 m/km, upper reaches 8–10 m/km, very rarely there are stretches of 15 m/km. In lowlands before drainage into the sea, the river slope is 0.2–2 m/km. The river water is slightly or moderately mineralized (200–500 mg/l), belonging to the hydrogen carbonate class. The rivers in Latvia are relatively young (10–11 thous. years) and they originated after the last glacial period. Investigations were carried out in 170 small rivers. (Rivers are considered small in Latvia if their length is less than 100 km and their water catchment area is below 1000 km<sup>2</sup>. There are 770 such small rivers in Latvia.)

The studies were carried out in three seasonal cycles:

- 1) seasonal maturation of biocenoses during stabilization of their development rate (July–August);
- 2) spring and autumn cycles, associated with the highest agricultural pollution, i.e., the periods of more intensive soil cultivation (May and September);
- 3) in winter during the ice cover period (February–March).

The indicator species of freshwater saprobity are given in the following tables.

A LATVIAN CATALOGUE OF INDICATOR SPECIES OF FRESHWATER SAPROBITY

Table 1

PHYTOPLANKTON AS SAPROBIOLOGICAL INDICATORS OF RIVER WATER QUALITY IN LATVIA  
Compiled by I. Druviciis

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>
	s	x	o	β	α	p		
Cyanophyta								
<i>Anabaena affinis</i> LEMM.	β		2	6	2		3	2.0
<i>A. constricta</i> GEITLER	p						10	5 4.0
<i>A. flos-aquae</i> (LYNGB.) BREB.	β		2	6	2		3	2.0
<i>A. solitaria</i> KLEBS.	β-o		4	6			3	1.6
<i>A. spiroides</i> KLEBAHN.	o-β	1	5	4			2	1.35
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) RALFS	β		2	5	3		2	2.15
<i>Calothrix parietina</i> THURET	o		+					1.0
<i>Chroococcus limneticus</i> LEMM.	β-o		5	5			3	1.5
<i>Coelosphaerium dubium</i> GRUN.	β-α			6	4		3	2.4
<i>C. kützingerianum</i> NÄG.	β-o		4	6			3	1.6
<i>C. naegelianum</i> UNG.	β		2	7	1		3	1.85
<i>Gloeocapsa uergida</i> (KÜTZ.) HOLL	o			4	6		3	1.6
<i>Gloeotrichia echinulata</i> (SM.) RICHT.	o-β		+	+				1.5
<i>Gl. natans</i> (HEDW.) RABENH.	β			+				2.0
<i>Gl. pium</i> (AG.) THURET	β			+				2.0
<i>Gomphosphaeria lacustris</i> LEMM.	β			+				2.0
<i>Merismopedlia tenuissima</i> LEMM.	β-α			6	4		3	2.4
<i>Microcystis aeruginosa</i> KÜTZ.	β-α		1	5	4		2	2.35
<i>M. flos-aquae</i> (WITTR.) KIRCH.	β		1	8	1		4	2.0
<i>M. incerta</i> LEMM.	β		1	8	1		4	2.0
<i>M. pulverea</i> (WOOD.) FORTI	β		1	7	2		3	2.15
<i>Nostoc</i> sp.	β			+			5	2.0
<i>Oscillatoria agardhii</i> GOM.	β			6	4		3	2.4
<i>O. brevis</i> (KÜTZ.) GOM.	α				10		5	3.0
<i>O. chalybea</i> MARTENS	α				10		5	3.0

Explanations (for all the six tables):

s, abbreviation of the saprobic degree

x, xenosaprobity

o, oligosaprobity

β, beta-mesosaprobity

α, alfa-mesosaprobity

p, polysaprobity

G indicative weight of species (ranging from 5 to 1)

S<sub>i</sub>, individual saprobic index

+, individual occurrence is very rare

(Additional, for Table 4) hab, habitat: d, swamp biotopes;

e, plankton; f, periphyton; g, benthos; m, acid biotopes (pH < 5.0);

l, lives as ectoparasite

Table 1 (continued)

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>
	s	x	o	β	α	p		
<i>O. chlorina</i> (KÜTZ.) GOM.	p				4	6	3	3.6
<i>O. limnetica</i> LEMM.	o-β		5	5			3	1.5
<i>O. limosa</i> (ROTH.) AGARDH.	α-β				4	6	3	2.6
<i>O. princeps</i> VAUCH.	α				10		5	3.0
<i>O. putrida</i> SCHMIDLE	p				3	7	4	3.7
<i>O. redeckei</i> VAN GOOR	β-o		3	6	1		3	1.75
<i>O. rubescens</i> DE CAND.	β		1	8	1		4	2.0
<i>O. splendida</i> GREV.	α		1	8	1		4	3.0
<i>O. subulissima</i> KÜTZ.	α			2	8		4	2.8
<i>O. tenuis</i> AG.	α			2	7	1	3	2.85
<i>Phormidium autumnale</i> (AG.) GOM.	β-α	1	2	4	3		1	1.95
<i>Pseudonabaena casenata</i> LAUT.	p-α				4	6	3	3.6
<i>Rhabdonema lineare</i> SCHMIDLE et LAUT.	β		2	7	1		3	1.85
<i>Spirulina jenneri</i> (STIZ.) GEITL.	p-α				4	6	3	3.6
Chrysophyta								
<i>Dinobryon bavaricum</i> IMH.	o-β	1	6	3			3	1.25
<i>D. divergens</i> IMH.	β		2	6	2		3	2.0
<i>D. sertularia</i> EHR.	o		6	4			3	1.4
<i>D. stipitatum</i> STEIN	o-β		+	+				1.5
<i>Mallomonas acaroides</i> PERTY	β		2	8			4	1.8
<i>M. tonsurata</i> TEILING	β		3	5	2		2	1.85
<i>Synura uvella</i> EHR.	β		2	7	1		3	1.85
<i>Uroglena volvox</i> EHR.	β			+				2.0
Bacillariophyta								
<i>Achnanthes hungarica</i> GRUN.	α			3	7		4	2.7
<i>A. lanceolata</i> GRUN.	o-β	1	5	4			3	1.35
<i>A. minutissima</i> KÜTZ.	o-β		4	5	1		2	1.65
<i>Amphora ovalis</i> KÜTZ.	β		2	6	2		3	2.0
<i>Asterionella formosa</i> HASS.	β		2	6	2		3	2.0
<i>Attheya zachariasii</i> BRUN.	β-o		4	6			3	1.6
<i>Bacillaria paradoxa</i> GMELIN	β		2	8			4	1.8
<i>Caloneis amphibaena</i> (BORY) CLEVE	β-α		1	5	4		2	2.35
<i>C. silicula</i> (EHR.) CLEVE	o-β		4	5	1		2	1.65
<i>Camplodiscus noricus</i> EHR.	o	1	5	4			3	1.35
<i>Cocconeis pediculus</i> EHR.	β-α		2	4	4		2	2.25
<i>C. placenula</i> EHR.	β		2	6	2		3	2.1
<i>Cycloella comia</i> (EHR.) KÜTZ.	o-β		3	6	1		3	1.75
<i>C. meneghiniana</i> KÜTZ.	α-β			4	6		3	2.6
<i>Cynatopleura elliptica</i> BREB.	β			7	3		4	2.3
<i>C. solea</i> (BREB.) W. SMITH	β-α		1	5	4		2	2.35
<i>Cymbella affinis</i> KÜTZ.	o-β		3	5	2		2	1.85
<i>C. gracilis</i> (RABENH.) CL.	o-β	2	4	4			2	1.25
<i>C. lanceolata</i> (EHR.) V. HEUK.	β		1	9			5	1.9
<i>C. prostrata</i> CLEVE	β			+				2.0

Table 1 (continued)

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>
	s	x	o	β	α	p		
<i>C. ventricosa</i> KÜTZ.	β	2	4	3	1		1	1.35
<i>Diatoma hiemale</i> LYNGB.	x	8	2				4	0.2
<i>D. elongatum</i> AGARDH.	β-o		4	5	1		2	1.65
<i>D. vulgare</i> BORY	β		3	5	2		2	1.85
<i>Epithemia sorex</i> KÜTZ.	β				+			2.0
<i>E. argida</i> (EHRB.) KÜTZ.	β				+			2.0
<i>Eunotia lunaris</i> (EHR.) GRUN.	o-β	3	4	3			2	1.0
<i>Fragillaria capucina</i> DESM.	β		2	6	2		3	2.0
<i>Fr. constrictus</i> (EHR.) GRUN.	β				+			2.0
<i>Fr. crotonensis</i> KITTON	β		2	6	2		3	2.0
<i>Gomphonema acuminatum</i> EHR.	o-β		3	6	1		3	1.85
<i>G. angustatum</i> (KÜTZ.) RABENHORST	o-β	1	3	4	2		1	1.65
<i>G. capitatum</i> EHR.	β				+			2.0
<i>G. constrictum</i> EHR.	β		1	7	2		3	2.15
<i>G. clevei</i> FRICKE	o	4	4	2			2	0.85
<i>G. olivaceum</i> (LYNGB.) KÜTZ.	β	1	3	3	3		1	1.95
<i>G. parvulum</i> (KÜTZ.) GRUN.	β	1	2	4	3		1	1.95
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (KÜTZ.) RAB.	β		1	7	2		3	2.15
<i>G. aenuatum</i> W.SMITH	β		1	8	1		4	2.0
<i>Melosira ambigua</i> (KÜTZ.) GRUN	β		4	5	1		2	1.69
<i>M. arenaria</i> MOORE	o	2	6	2			3	1.0
<i>M. binderana</i> KÜTZ.	β				+			2.0
<i>M. distans</i> (EHR.) KÜTZ.	o	3	5	2			2	0.85
<i>M. granulata</i> (EHR.) RALFS	β		2	6	2		3	1.0
<i>M. italica</i> KÜTZ.	β		4	4	2		2	1.85
<i>M. italica var tenuissima</i> (GRUN.) MULL.	β			8	2		4	2.2
<i>M. varians</i> AG.	β-α	+	2	4	4		2	2.25
<i>Meridion circulare</i> AG.	β-o	1	4	3	2		1	0.75
<i>Navicula cryptocephala</i> KÜTZ.	α		+	2	7	1	3	2.85
<i>N. cuspidata</i> KÜTZ.	β-α			4	6		3	2.6
<i>N. gracilis</i> EHRBG.	β	+	4	4	2		2	1.85
<i>N. rhychocephala</i> KÜTZ.	α		+	3	7	+	4	2.7
<i>N. viridula</i> KÜTZ.	α		1	8	1	4	3	3.0
<i>Nitzschia acicularia</i> W.SMITH	α	1	3	4	2	1	2	2.65
<i>N. angustata</i> KÜTZ.	α		2	8		4	2	2.8
<i>N. apiculata</i> (GREG.) GRUN.	α		1	9		5	2	2.9
<i>N. hungarica</i> GRUN.	α		2	8		4	2	2.8
<i>N. linearis</i> W.SMITH	o-β		4	5	1		2	1.65
<i>N. palea</i> (KÜTZ.) SMITH	α		3	6	1	3	2	2.75
<i>N. signoidea</i> (EHRBG.) W.SMITH	β		2	6	2		3	2.0
<i>Nitzschia vermicularis</i> GRUN	β		7	3		4	2	2.3
<i>Pinnularia gibba</i> EHR.	o	4	4	2			2	0.80
<i>P. major</i> KÜTZ.	β			8	2		4	2.2
<i>P. viridis</i> (NITZSCH.) EHR.	β		1	7	2		3	2.15
<i>Rhizosolenia longiseta</i> ZACH.	o		8	2			4	1.2
<i>Rhoicosphaeria curvata</i> GRUN.	β		3	5	2		2	1.85
<i>Rhopalodia gibba</i> (EHR.) MULL.	o		+					1.0

Table 1 (continued)

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>
	s	x	o	β	α	p		
<i>Stauroneis anceps</i> EHR.	β		+	+				1.5
<i>Stephanodiscus astraea</i> (EHR.) GRUN.	β		2	6	2		3	2.0
<i>St. dubius</i> (FRICKE) MUST.	β		2	7	1		3	1.85
<i>St. hantzschii</i> GRUN.	α			3	7		4	2.7
<i>Surirella biseriata</i> BREB.	β				+			2.0
<i>S. ovata</i> KÜTZ.	β		3	5	2		2	1.85
<i>S. argida</i> W.SMITH	β				+			2.0
<i>Synedra acus</i> KÜTZ.	β		2	6	2		3	2.0
<i>S. pulchella</i> (RALFS) KÜTZ.	β		1	7	2		3	2.15
<i>S. ubra</i> (NITZSCH.) EHR.	β	1	2	4	3		1	1.95
<i>Tabellaria fenestrata</i> (LYNGB.) KÜTZ.	o-β	+	6	4			3	1.4
<i>T. flocculosa</i> (ROTH.) KÜTZ.	o-β	1	4	5			2	1.65
Xanthophyta								
<i>Cocconeis belatophorus</i> LEMM.	o-β		+	+				1.5
<i>Ophiocitium capitatum</i> WOLLE	o		+					1.0
<i>Tribonena viride</i> PASCHER	o-α		+	+	+			2.0
<i>Vaucheria</i> sp.	o-β		+	+				1.5
Pyrrophyta								
<i>Ceratium hirudinella</i> (O.F.M.) SCHRANK	o-β	1	5	4			2	1.35
<i>Cryptomonas curvata</i> EHR.	β		2	6	2		3	2.0
<i>Gymnodinium aeruginosum</i> (PERTY) STEIN EM DEFL.	β-o		3	6	1		3	1.75
<i>Peridinium cinctum</i> EHR.	o-β		5	5			3	1.5
<i>P. bipes</i> STEIN	o-β		6	4			3	1.4
Euglenophyta								
<i>Euglena acus</i> (DUJ.) HÜBNER	β-α		1	5	4		2	2.35
<i>E. caudata</i> HÜBNER	α-p		2	5	3		2	3.15
<i>E. viridis</i> EHR.	p-α		+	1	4	5	2	4.5
<i>Lepocinclis ovum</i> (EHR.) LEMM.	α-β			3	7		4	2.7
<i>Phacus longicauda</i> (EHR.) DUJ.	β-α			4	6		3	2.6
<i>Ph. caudatus</i> HÜBNER	β				+			2.0
<i>Ph. pleuronectes</i> (O.F.M.) DUJ.	β		3	5	2		2	2.2
<i>Trachelomonas caudata</i> (EHR.) STEIN	β		2	5	3		2	2.15
<i>Tr. hispida</i> (PERTY) STEIN	β		2	6	2		3	2.0
<i>Tr. planctonica</i> (SWIR) EM DEFL.	β-o		4	5	1		2	1.65
<i>Tr. volvocina</i> EHR.	β		3	4	3		2	2.0
Chlorophyta								
Volvocales								
<i>Chlamidomonas chrenbergii</i> GOROSCH.	α			2	7	1	3	2.85
<i>Eudorina elegans</i> EHR.	β		2	6	2		3	1.9
<i>Pandorina morum</i> (MÜLL.) BORY	β		3	5	2		2	1.85
<i>Volvox aureus</i> EHR.	o-β			5	5		3	1.5

Table 1 (continued)

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>
	s	x	o	β	α	p		
<b>Chlorococcales</b>								
<i>Actinostrom hantzschii</i> LAGERH.	β		2	6	2		3	2.0
<i>Ankistrodesmus uicularis</i> (A. BR.) KORSH.	β		1	8	1		4	2.0
<i>A. falcatus</i> (CORDA) RALFS	β-α		1	5	4		2	2.45
<i>Boryococcus braunii</i> KÜTZ.	o-β		4	5	1		2	1.65
<i>Chlorella vulgaris</i> BEYERINCH	p-α				5	5	3	3.5
<i>Chodatella quadriseta</i> LEMM.	β		1	7	2		3	2.15
<i>Coelastrum microporum</i> NÄG.	β		2	6	2		3	2.0
<i>Crucigenia rectangularis</i> (A. BR.) GAY	α-β		1	5	4		2	2.35
<i>Cr. tetrapedia</i> (KIRCHN.) W. ET G.S. WEST.	o-β		4	4	2		2	1.80
<i>Dictiosphaerium ehrenbergianum</i> NAEG.	β		1	8	1		4	2.0
<i>D. pulchellum</i> WOOD.	β		1	7	2		3	2.15
<i>Hydrodictyon reticulatum</i> (L.) LAG.	β		3	4	3		2	2.0
<i>Kirchneriella lunaris</i> (KIRCH.) MOEB.	β		3	6	1		3	1.75
<i>K. obesa</i> (WEST) SCHMIDLE	β		3	5	2		2	2.2
<i>Lagerheimia genevensis</i> CHODAT	β		1	7	2		3	2.15
<i>L. wraisslavensis</i> SCHROED.	β		1	8	1		4	2.0
<i>Micractinium pusillum</i> FRES.	β		1	8	1		4	2.0
<i>Oocystis lacustris</i> CHODAT	β		2	6	2		3	2.0
<i>Pediastrum boryanum</i> (TURP.) MENEGH.	β		2	7	1		3	1.85
<i>P. duplex</i> MEYEN	o-β		2	6	2		3	2.0
<i>P. kawraiskyi</i> SCHMIDLE	o-β		+	+				1.5
<i>P. tetras</i> RALFS	β		3	6	1		3	1.75
<i>Polyedropsis spinulosa</i> SCHMIDLE	β		1	8	1		4	2.0
<i>Scenedesmus acuminatus</i> (LAG.) CHOD.	β		2	6	2		3	2.0
<i>Sc. arcuatus</i> LEMM.	β		2	7	1		3	1.85
<i>Sc. bijugatus</i> (TURP.) KÜTZ.	β		2	6	2		3	2.0
<i>Sc. denticulatus</i> LAGERH.	β		1	7	2		3	2.15
<i>Sc. obliquus</i> (TURP.) KÜTZ.	β		1	7	2		3	2.15
<i>Sc. opoliensis</i> RICHT.	β		2	7	1		3	2.15
<i>Sc. quadricauda</i> (TURP.) BREB.	β		2	6	2		3	2.0
<i>Selenastrum bibrainum</i> REINSCH.	β		1	6	3		3	2.25
<i>Tetraedron caudatum</i> (CORDA) HANSG.	β		2	8	2		3	2.0
<i>T. minimum</i> (A. BR.) HANSG.	β		1	7	2		3	2.15
<i>Tetraspora gelatinosa</i> (VAUCH.) DESV.	o	3	6	1			3	1.75
<i>Tetrastrum staurogeniaforme</i> (SCHROED.) LEMM.	β		2	7	1		3	1.85
<b>Ulotrichales</b>								
<i>Draparnaldia glomerata</i> (VAUCH.) AG.	x-o	4	5	1			3	0.65
<i>Euteromorpha intestinalis</i> (L.) LINK	α-β		4	6			3	2.6

Table 1 (end)

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>
	s	x	o	β	α	p		
<b>Microthamnion küzingianum</b>								
NÄG	β-α		+	+				2.5
<i>Oedogonium capillare</i> KÜTZ.	β		+					2.0
<i>Stigeoclonium tenue</i> KÜTZ.	α		3	7			4	2.7
<b>Siphonocladiales</b>								
<i>Cladophora fracta</i> (MULL.) KÜTZ.	β		2	4	4		2	2.25
<i>Cl. glomerata</i> KÜTZ.	β	1	3	4	2		1	1.65
<b>Conjugales</b>								
<i>Anthrodesmus incus</i> (BREB.) HASS	o		+					1.0
<i>Closterium acutum</i> BREB.	β-α		1	5	4		2	2.35
<i>Cl. ehrenbergii</i> MENEGH.	β		1	6	3		3	2.25
<i>Cl. lebleinii</i> KÜTZ.	α			3	7		4	2.7
<i>Cl. acerosum</i> EHR.	α		1	2	7		2	3.65
<i>Cl. lunare</i> (MÜLL.) NITZSCH.	o-β		6	4			3	1.4
<i>Cl. moniliferum</i> (BORY) EHR.	β		1	6	3		3	2.25
<i>Cl. parvulum</i> NÄG.	β		1	7	2		3	2.15
<i>Cl. strigosum</i> BREB.	β-α		2	4	4		2	2.25
<i>Cosmarium boryis</i> MENEGH.	α		1	2	7		2	3.65
<i>Euastrum oblongum</i> (GREV.) RALFS	o		+					1.0
<i>Spirogyra crassa</i> KÜTZ.	β			+				2.0
<i>Sp. fluvialis</i> HILSE	o		+					1.0
<i>Staurastrum gracile</i> RALFS	o-β		+	+				1.5
<i>St. punctulatum</i> BREB.	o-β		+	+				1.5
<b>Rhodophyta</b>								
<i>Charaussia chatybea</i> (ROTH) FRIES	o-β	1	5	4			2	1.35
<i>Barachospermum</i> sp.	x-β	2	5	3			2	1.15
<i>Hildebrandtia rivularis</i> (LIEBM.) J. AG.	o	2	4	3	1		1	1.35
<i>Lenanea fluvialis</i> (L.) AG.	o	1	7	2			3	1.15

Table 2

MACROPHYTES AS SAPROBIOLOGICAL INDICATORS OF RIVER WATER QUALITY IN LATVIA  
Compiled by A. Urāns

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>
	s	x	o	β	α	p		
<i>Aconis calamus</i> L.	β		2	7	1		3	1.85
<i>Alisma plantago aquatica</i> L.	β		3	5	2		3	1.85
<i>Barachium aquatile</i> L.	β		1	6	3		3	2.25
<i>Barachium circinatus</i> SIEBTH.	β-α		1	4	5		2	2.45
<i>Barachium trichophyllum</i> CHAIX	β			8	2		4	2.2
<i>Berula erecta</i> (HUDS.) COVILLE	o-β		6	4			3	1.4
<i>Butomus umbellatus</i> L.	β		2	7	1		3	1.85
<i>B. umbellatus</i> L. f. <i>submersus</i>	β		3	7			4	1.7
<i>Callitriche cophocarpa</i> SENDTNER	β		3	5	2		2	1.85

Table 2 (end)

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>
	s	x	o	β	α	p		
<i>C. hermaphroditica</i> L.	o-β	5	5				3	1.5
<i>C. palustris</i> L.	o-β	4	5	1			3	1.75
<i>C. stagnalis</i> SCOP	β	1	8	1			3	2.0
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	β	1	6	3			3	2.25
<i>Elnodea canadensis</i> MICHX.	β-α	2	5	3			2	2.15
<i>Equisetum fluviale</i> L.	o-β	1	6	3			3	1.25
<i>E. palustre</i> L.	o-β	1	6	3			3	1.25
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	β	2	6	2			3	2.0
<i>Howonia palustris</i> L.	β	3	7				4	1.7
<i>Hydrocharis inorsus-ranae</i> L.	β	2	6	2			2	2.0
<i>Iris pseudacorus</i> L.	β	1	8	1			4	2.0
<i>Lemna gibba</i> L.	β-α		6	4			3	2.4
<i>L. minor</i> L.	β	1	6	3			3	2.25
<i>L. ovalis</i> L.	β	3	5	2			2	1.85
<i>Menha aquatica</i> L.	o-β	1	5	4			3	1.35
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> D. C.	o	1	7	2			3	1.15
<i>M. spicatum</i> L.	β-α	1	5	4			3	2.35
<i>M. verticillatum</i> L.	β	3	6	1			3	1.8
<i>Nuphar lutea</i> (L.) SMITH	β	3	6	1			3	1.8
<i>Nymphaea alba</i> L.	β	2	6	2			3	2.0
<i>N. candida</i> I et C.PRESL	β	3	6	1			3	1.8
<i>Polygonum amphibium</i> L.	β	2	6	2			3	2.0
<i>Potamogeton alpinus</i> BALBIS	o	1	6	3			3	1.25
<i>P. bercholdii</i> FIEBER	β	2	7	1			3	1.85
<i>P. compressus</i> L.	β	2	7	1			3	1.85
<i>P. crispus</i> L.	β-α		5	5			3	2.5
<i>P. frutescens</i> RUPR.	β	3	7				4	1.7
<i>P. granineus</i> L.	o-β	4	5	1			3	1.75
<i>P. lucens</i> L.	β	3	6	1			3	1.75
<i>P. naupis</i> L.	β	3	7				4	1.7 <sup>2</sup>
<i>P. obtusifolius</i> MERTENS et KOCH	o-β	4	6				3	1.6
<i>P. pectinatus</i> L.	α	1	4	5			2	2.45
<i>P. perfoliatus</i> L.	β	2	7	1			3	1.85
<i>P. proclongus</i> WULFEN	o	7	3				4	1.3
<i>P. rutilus</i> WOLFGANG	o-β	5	5				3	1.5
<i>P. zizii</i> KOCH et ROTH	β	3	7				4	1.7
<i>Rorippa amphibia</i> (L.) BESSER	o-β	5	5				3	1.5
<i>Sagittaria arifolia</i> L.	β	4	4	2			2	1.75
<i>Scheuchzeria palustris</i> (L.) PALLA	β-α	2	5	3			2	2.15
<i>Sch. lacustris</i> (L.) PALLA f. <i>subm.</i>	β	2	6	2			3	2.0
<i>Siura laifolium</i> L.	β	1	7	2			3	2.15
<i>Sparganium angustatum</i> REHMANN	β	3	7				4	1.7
<i>Sp. minimum</i> WALLR.	o-β	6	4				3	1.4
<i>Spirodela polymorpha</i> (L.) SCHLEIDEN	β	1	7	2			3	2.15
<i>Straubites aloides</i> L.	β	2	6	2			3	2.0
<i>Typha angustifolia</i> L.	o-β	6	4				3	1.4
<i>T. latifolia</i> L.	β	2	6	2			3	2.0
<i>Utricularia vulgaris</i> L.	β	2	5	3			2	2.15
<i>Veronica beccabunga</i> L.	o-β	1	6	3			3	1.25

Table 3

MICROBENTHOS (CILIATA) AS SAPROBIOLOGICAL INDICATORS OF RIVER WATER QUALITY IN LATVIA  
Compiled by R. Liepa

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>
	s	x	o	β	α	p		
<i>Amphileptus clareidii</i> STEIN	α		2	7	1	3	2.85	
<i>A. tracheliooides</i> (ZACHARIAS)	o-β	6	4			3	1.4	
<i>Aspidisca costata</i> (DUJ.) CLAP. et L.	α		2	8	+	4	2.8	
<i>A. lynceus</i> (O.F.MÜLLER)	α	+	2	8		4	2.8	
<i>Blapharisma coenulcum</i> GAJEWSKAJA	β	2	8			4	1.8	
<i>Bursaria truncatella</i> O. F. MÜLLER	β		8	2		4	2.2	
<i>Cuciomorpha medusula</i> PARTY*	p			1	9	5	3.9	
<i>C. sapropelica</i> KAHL*	p			1	9	5	3.9	
<i>Carchesium pectinatum</i> (ZACHARIAS)	β	2	8			4	1.8	
<i>C. polypinum</i> (LINNAEUS)	α		2	7	1	3	2.85	
<i>Chaenea limicola</i> LAUTERBORN	p			2	8	4	3.8	
<i>Ch. teres</i> (DUJARDIN)	β		7	3		4	2.3	
<i>Chilodonella uncinata</i> (EHRB.)	α		2	6	2	3	3.0	
<i>Ch. cucullus</i> O.F.MÜLLER	α		1	9	+	4	2.9	
<i>Cinetochilum margaritaceum</i> (EHRB.)	o-p	1	3	3	3	1	2.95	
<i>Climacostomum virens</i> (EHRB.)	β	2	8			4	1.8	
<i>Codonella cratera</i> (LEIDY)	β		8	2		4	2.2	
<i>Coleps hirtus</i> (O.F.MÜLLER)	β-α	+	5	5	+	3	2.5	
<i>Colpidium colpoda</i> (LOSANA)	p			2	8	4	3.8	
<i>C. campylum</i> (STOKES)	p			1	9	5	3.9	
<i>Colpoda cucullus</i>	α-p	4	6			3	3.6	
<i>Condylastoma vorticella</i> (EHRB.)	β		9	1		5	2.1	
<i>Cyclidium citrullus</i> (COHN)	α	1	8	1	4		3.0	
<i>C. glaucoma</i> O.F.MÜLLER	α			9	1	5	3.1	
<i>Decatoricha plagia</i> STOKES	α		2	6	2	3	3.0	
<i>Didinium balbianii</i> FABR. DOM.	α-β		5	5	+	3	2.5	
<i>D. nasutum</i> (O. F. MÜLLER)	β-α	+	5	5	+	3	2.5	
<i>Dileptus margaritifer</i> (EHRB.)	o-β	5	5	+		3	1.5	
<i>D. monilatus</i> (STOKES)	β		7	3		4	2.3	
<i>Enchelyodon elegans</i> KAHL	α			10		5	3.0	
<i>Enchelys pupa</i> (O.F.MÜLLER)	β-α	5	5			3	2.5	
<i>Epatella antiquorum</i> (PENARD)*	p			+	10	5	4.0	
<i>E. mirabilis</i> (ROUX)*	p			+	10	5	4.0	
<i>Epistylis plicatilis</i> EHRB.	α		1	7	2	3	3.15	
<i>E. rotans</i> SVEC.	β	+	10			5	2.0	
<i>Euplotes affinis</i> (DUJARDIN)	β-α	+	6	4		3	2.4	
<i>E. patella</i> (O.F.MÜLLER)	β		7	3		4	2.3	
<i>Frontonia acuminata</i> (EHRB.)	β	2	6	2		3	2.0	
<i>Fr. leucas</i> EHRB.	β-α	+	5	5	+	3	2.5	
<i>Glaucoma scintillans</i> EHRB.	p		+	2	8	4	3.8	

\* Asterisks indicate, in addition, the presence of hydrogen sulphide.

Table 3 (continued)

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>
	s	x	o	β	α	p		
<i>Halteria grandinella</i> (O. F. MÜLLER)	β		1	7	2		3	2.15
<i>Hastatella rodians</i> ERLANGER	β		1	6	3		3	2.25
<i>Hemiophysa meleagris</i> (EHRB.)	α-β	+	5	5			3	2.5
<i>H. pleurosigna</i> STOKES	α-β		5	5			3	2.5
<i>H. proclera</i> PENARD	β		8	2			4	2.2
<i>Holophrya nigricans</i> LAUT.	β		10				5	2.0
<i>Holosticha grisea</i> KAHL	α			9	1		5	3.1
<i>H. mystacea</i> (STEIN)	p			3	7		4	3.7
<i>H. similis</i> STOKES	α		1	8	1		4	3.0
<i>Homalozoon vermicularis</i> (STOKES)	β-α	+	6	4			3	2.4
<i>Lacrymaria elegans</i> ENGELM.	β		8	2			3	2.2
<i>L. olor</i> (O.F.MÜLLER)	β-α	+	6	4			3	2.4
<i>Lembadion bullinum</i> (O.F.MÜLLER)	β	+	9	1			5	2.1
<i>L. lucens</i> (MASKELL)	β		9	1			5	2.1
<i>L. magnum</i> (STOKES)	β	+	10				5	2.0
<i>Litonous cygnus</i> (O.F.MÜLLER)	β		10				5	2.0
<i>L. fasciola</i> (O.F.MÜLLER)	α	+	9	1			5	3.1
<i>L. lanella</i> (O.F.MÜLLER)	α		2	8			4	2.8
<i>L. varstaviensis</i> WRZESNIEWSKI	α		3	7			4	2.7
<i>Loxodes magnum</i> STOKES	α-β		5	5	+		3	2.5
<i>L. rostrum</i> (O. F. MÜLLER)	α-β		4	6			3	2.6
<i>L. striatus</i> (ENGELMANN)	α		1	6	3		3	3.25
<i>Loxophyllum helus</i> (STOKES)	β		10	+			5	2.0
<i>L. meleagris</i> (O. F. MÜLLER)	β		8	2			4	2.2
<i>Metopus contortus</i> (QURN.)*	p		1	9	5		3.9	
<i>M. es</i> (O. F. MÜLLER)*	p		2	8	4		3.8	
<i>M. fuscus</i> KAHL*	p		1	9	5		3.9	
<i>M. striatus</i> MCMURRICH	p			+	10		5	4.0
<i>Microthorax pusillus</i> ENGELMANN	α		1	9			5	2.9
<i>Nassula ornata</i> EHRB.	β-α	+	5	5			3	2.5
<i>Oberwainia aurea</i> (EHRB.)	α		3	7			4	2.7
<i>Ophrydium versatile</i> (O. F. MÜLLER)	β		2	8	+		4	1.8
<i>Oxyricha chlorelligera</i> KAHL	α			+	10		5	3.0
<i>O. fallax</i> STEIN	α		1	8	1		4	3.0
<i>O. minor</i> KAHL	β-α	+	5	5			3	2.5
<i>Paramecium bursaria</i> (EHRB.)	β	+	7	3			4	2.3
<i>P. caudatum</i> EHRB.	α			10	+		5	3.0
<i>P. purinum</i> CLAP. et L.	p		1	9	5		3.9	
<i>Parurolepnus musculus</i> KAHL	α		1	8	1		4	3.0
<i>P. piscis</i> (KOWALEW.)	β	+	9	1			5	2.1
<i>Phascodon vorticella</i> STEIN	β	+	8	2			4	2.2
<i>Phialina pupula</i> (O. F. MÜLLER)	β	+	9	1			5	2.1
<i>Plagiopyla nasuta</i> STEIN	p			+	10		5	4.0
<i>Pleuronema coronatum</i> KENT	β	+	7	3			4	2.3
<i>Pl. crassum</i> DUJARDIN	β	+	10				5	2.0

Table 3 (end)

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>
	s	x	o	β	α	p		
<i>Prorodon platyodon</i> BLACHMANN	β	+	10				5	2.0
<i>Pr. tres</i> EHRB.	α		1	9			5	2.9
<i>Pr. viridis</i> KAHL	α		1	6	3		3	3.25
<i>Pseudokronopsis rubra</i> (EHRB.)	β		4	6			3	1.6
<i>Saprodinium dentatum</i> (LAUTERBORN)	p			1	9		5	3.9
<i>Spirostrum ambiguum</i> (O. F. MÜLLER)	α		+	10	+		5	3.0
<i>Sp. minus</i> (ROUX)	α-β		4	6			3	2.6
<i>Sp. tres</i> CLAP. et L.	α		1	7	2		3	3.15
<i>Stentor cocculcus</i> (PALLAS)	α		2	8	+		4	2.8
<i>St. polymorphus</i> (O. F. MÜLLER)	β	+	1	6	3		3	3.25
<i>St. roeseli</i> EHRB.	β-α	1	4	5			2	2.45
<i>Stokesia vernalis</i> WENRICH	o-β	5	5				3	1.5
<i>Strombidium viride</i> STEIN	β-α	5	5				3	2.5
<i>Strongylium lanceolatum</i> KOWALEWSKI	o-β	5	5				3	1.5
<i>Sylonychia mytilus</i> EHRB. COMPLEX	α		2	8			4	2.8
<i>Tetrahymena pyriformis</i> (EHRB.)	p			4	6		3	3.6
<i>Tintinnidium fluviale</i> (STEIN)	β		10				5	2.0
<i>Tintinnopsis cratera</i> HADA	β		10	+			5	2.0
<i>Trachelius ovum</i> (EHRB.)	β	1	9	+			5	1.9
<i>Trichodina pediculus</i> EHRB.	β	2	8				4	1.8
<i>Urocenarum turbo</i> (O. F. MÜLLER)	β-α	5	5				3	2.5
<i>Urolepnus lanella</i> EHRB.	β-α	5	5				3	2.5
<i>U. musculus</i> (O. F. MÜLLER)	β	2	8	+			4	1.8
<i>U. piscis</i> (O.F. MÜLLER)	α	3	7				4	2.7
<i>Uronema marinum</i> DUJARDIN	α		1	8	1		4	3.0
<i>Urostyla grandis</i> EHRB.	α		3	7	+		4	2.7
<i>Urotricha farcta</i> CLAP. et L.	α-β	4	6				3	2.6
<i>U. pusilla</i> PENARD	β-α	+	6	4			3	2.4
<i>Vorticella campanula</i> EHRB.	β	1	6	3			3	2.25
<i>V. convallaria</i> (LINNAEUS)	α	1	9				5	2.9
<i>Zoothamnium arbuscula</i> (EHRB.)	β-α	4	4	2	2		2	2.85

Table 4

ROTATORIA AS SAPROBIOLOGICAL INDICATORS OF RIVER WATER QUALITY IN LATVIA  
Compiled by P. Cimdins

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>	hab
	s	x	o	β	α	p			
<i>Adineta barbata</i> JANSON	x-o	5	5				3	0.5 f	
<i>A. gracilis</i> JANSON	x-o	1	9				5	0.9 f	
<i>A. oculata</i> (MILNE)	o-β	3	7				4	1.7 f	
<i>A. steineri</i> BART.	x	8	2				4	0.2 f,c	
<i>A. vagu</i> (DAVIS)	o-β	2	8				4	1.8 f	

Table 4 (continued)

Taxon	Saprobic Degree						G	Si	hab
	s	x	o	$\beta$	$\alpha$	p			
<i>A. vaga major</i> BRYCE	o	1	9				5	0.9	f
<i>A. vaga rhomboides</i> BERZINS	x-o	4	6				3	0.6	f
<i>Abrochia intermedia</i> (DE BEAUCH)	x	9	1				5	0.1	f
<i>Albertia naidis</i> BAUSF.	o-x	7	3				4	1.3	l
<i>Argonotholca foliacea</i> (EHR.)	o	8	2				4	1.2	l
<i>Ascomorpha ecaudis</i> PERTY	o	6	4	+			3	1.4	e
<i>Aspelia circinator</i> (GOSSE)	o	8	2				4	1.2	f
<i>A. egregia</i> MYERS	x-o	5	5				3	0.5	f
<i>A. leses</i> HARR. et MYERS	o	+	9	1			5	1.1	f
<i>A. chydona europaea</i> HAUER	o- $\beta$	5	5				3	1.5	g
<i>Asplanchna girodi</i> DE GUERNE	o- $\beta$	7	3				4	1.3	e
<i>A. hericki</i> DE GUERNE	o- $\beta$	8	2				4	1.2	e
<i>A. priodonta</i> GOSSE	$\beta$	4	6				3	1.6	e
<i>Brachionus angularis bidens</i> PLATE	$\beta$	2	8				4	1.8	g
<i>Br. calyciflorus</i> PALLAS	$\alpha$		5	5	+	3	2.6	e	
<i>Br. quadridentatus</i> HEERM.	$\beta$		10	+		5	2.0	e	
<i>Br. rubens</i> EHR.	$\alpha$		1	5	4	3	2.9	l	
<i>Br. urceus</i> LINN.	$\alpha$		4	6	+	3	2.6	e	
<i>Bryceola sylvata</i> (MILNE)	o	+	10				5	1.0	f
<i>Cephalodella arcuata</i> WULF.	o	+	10				5	1.0	f
<i>C. auriculata</i> (MÜLL.)	o	9	1				5	1.1	f
<i>C. catellina</i> (MÜLL.)	o- $\beta$	+	5	5			3	1.5	f
<i>C. deformis</i> DONNER	o- $\beta$	4	6				3	1.6	f
<i>C. dixon-nutalli</i> MYERS	$\beta$	2	8				4	1.8	e
<i>C. eudelicata</i> WULF.	x-o	4	6				3	0.6	f,m
<i>C. eva</i> (GOSSE)	o	+	10	+			5	1.0	f
<i>C. eaiqua</i> (GOSSE)	o	+	9	1			5	1.1	f
<i>C. fluvialilis</i> (ZAV.)	$\beta$ - $\alpha$		5	5			3	2.5	f
<i>C. forficata</i> (EHR.)	x-o	4	6				3	0.6	f
<i>C. forficula</i> (EHR.)	o- $\beta$	+	3	7			4	1.7	f
<i>C. gibba</i> (EHR.)	o- $\beta$		2	8	+	4	1.8	g	
<i>C. gibboides</i> (WULF.)	x-o	3	7				4	0.7	f
<i>C. gracilis</i> (EHR.)	o- $\beta$	5	5				3	1.5	e,f
<i>C. hoodi</i> (GOSSE)	o	+	10				5	1.0	f
<i>C. laisi</i> HAUER	x-o	3	7	+			4	0.7	m,f
<i>C. megalopcephala</i> (GLASC.)	o	10	+				5	1.0	f,e
<i>C. megalotrocha</i> WISZN.	o- $\beta$	6	4				3	1.4	g
<i>C. nodosa</i> WULF.	x-o	9	1				5	0.9	e
<i>C. pachydactyla</i> WULF.	x-o	5	5				3	0.5	f,e
<i>C. paxi</i> WULF.	x	10	+				5	0.1	f,e
<i>C. physalis</i> MYERS	x-o	4	6				3	0.6	f,m
<i>C. rcimanei gardi</i> WULF.	o	+	10				5	1.9	f
<i>C. rananei</i> DONN.	$\beta$	1	9				5	1.9	f
<i>C. stervoosi</i> WULF.	o	+	8	2			4	1.2	f
<i>C. tinca conspicua</i> DONN.	o- $\beta$	+	8	2			4	1.2	e,f
<i>C. tenuis</i> KOCH-ALTHAUS	$\beta$	1	9				5	1.9	e
<i>C. ventripes</i> (DIX.-NUTT.)	$\beta$	2	8	+			4	1.8	g
<i>Colurella adriatica</i> (EHR.)	$\beta$	3	7				4	1.7	f
<i>C. colurus</i> (EHR.)	$\beta$	4	6				3	1.6	e,f
<i>C. colurus compressa</i> LUCKS	x	9	1				5	0.1	f,d
<i>C. dicentra</i> GOSSE	$\beta$	+	10				5	2.0	g,d

Table 4 (continued)

Taxon	Saprobic Degree						G	Si	hab
	s	x	o	$\beta$	$\alpha$	p			
<i>C. hindenburgi gastr.</i> HAUER	o- $\beta$	4	6				3	1.6	f,m
<i>C. obtusa aperta</i> HAUER	$\beta$	+	10				5	2.0	f,d
<i>C. obtusa obtusa</i> (GOSSE)	o	+	7	3			4	1.3	f,m
<i>C. oblonga</i> DONNER	$\beta$	+	4	6			3	1.6	f
<i>C. uncinata bicuspid.</i> (EHR.)	o- $\beta$	4	6				3	1.6	f
<i>C. uncinata</i> (MÜLLER)	o	9	1				5	1.1	f,d
<i>C. ornata</i> FAD.	$\beta$	4	6				3	1.6	e
<i>C. tessellata</i> (GLASC.)	$\beta$	2	8				4	1.8	f
<i>C. sinistra</i> CARL.	o	10	+				5	1.0	f,d
<i>Dicranophorus forcipatus</i> (MÜLL.)	o- $\beta$	4	6				3	1.6	f
<i>D. liepolti</i> DONN.	o	10					5	1.0	f
<i>D. secretus</i> DONN.	x-o	6	4	+			3	0.4	f,e
<i>D. uncinatus</i> MILNE	x	6	4				3	0.4	f
<i>Dissotrocha aculeata</i> (EHR.)	o- $\beta$	6	4				3	1.4	f,d
<i>D. hertzogi</i> HAUER	o	10	+				5	1.0	f
<i>D. macrosiyla</i> (EHR.)	o- $\beta$	3	7				4	1.7	f,g
<i>D. medio-aculeata</i> (JANSON)	o	10					5	1.0	f
<i>Dorystoma caudata</i> (BILF.)	o	9	1				5	1.1	f,g
<i>Elosa worallii</i> LORD	x-o	6	4				3	0.4	g
<i>E. spinifera</i> WISZN.	o	9	1				5	1.1	g
<i>Embata laniceps</i> MURR.	o	8	2				4	1.2	f,g
<i>Encentrum cristes</i> ET MYERS	$\beta$	1	9				5	1.9	f,m
<i>E. fluvialilis</i> WULF.	o- $\beta$	5	5				3	1.5	e,f
<i>E. gulo</i> WULF.	o- $\beta$	6	4				3	1.4	f
<i>E. mustela</i> (MILNE)	$\beta$	2	8				4	1.8	g
<i>E. oxyodon</i> WULF.	$\beta$	2	8				4	1.8	g
<i>E. seniplicatus</i> WULF.	o- $\beta$	5	5				3	1.5	f,d
<i>E. wiszniewski</i> WULF.	x-o	5	5				3	0.5	e,f
<i>Eosphora ehrenbergi</i> WEBER	$\beta$	2	8				4	1.8	g,f
<i>E. najas</i> EHR.	o	7	3				4	1.3	f,g
<i>Eothinia lasiobioica</i> BERZ.	x	9	1				5	0.1	f
<i>Euchlanis dilatata</i> EHR.	o- $\beta$	5	5				3	1.5	e,f
<i>Filinia longiseta</i> (EHR.)	o	8	2				4	1.2	e
<i>Floscularia janus</i> (HUDS.)	o	6	4				3	1.4	f
<i>Gastropus stylifer</i> IMHOFF	o	10					5	1.0	f
<i>Habrotrocha a. angusticollis</i> (MURR.)	o	1	9				5	0.9	g
<i>H. aviculata</i> (MURR.)	o	8	2				4	1.2	g
<i>H. aspera</i> (BRYCE)	x-o	4	6				3	0.6	g,m
<i>H. bidens</i> (GOSSE)	o	8	2				4	1.2	g
<i>H. collaris</i> (EHR.)	o	+	9	1			5	1.1	g
<i>H. constricta</i> (DUJ.)	o	+	8	2			4	1.2	g
<i>H. ligula</i> BRYCE	o	+	7	3			4	1.3	g
<i>H. longula</i> BRYCE	o	+	9	1			5	1.1	f,g
<i>H. roeperi</i> (MILNE)	x-o	4	6				3	0.6	f,m
<i>Itura aurita interned.</i> WULF.	o- $\beta$	6	4				3	1.6	f
<i>I. myersi</i> WULF.	$\beta$	2	8				4	1.8	b,f
<i>Kellicouia longispina</i> (KELL.)	$\beta$	2	8				4	1.8	e
<i>Keratella cochlearis</i> (GOSSE)	$\beta$	1	9				5	1.9	e
<i>K. cochlearis hispida</i> LAUT.	o	7	3				4	1.3	f
<i>K. quadrata</i> (MÜLL.)	$\beta$	1	9				5	1.9	e
<i>Lecane acus</i> HARR.	x-o	5	5				3	0.5	f,m
<i>L. clara</i> (BRYCE)	x-o	3	7				4	0.7	f

Table 4 (continued)

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>	hab
	s	x	o	β	α	p			
<i>L. closterocerca</i> (SCHM.)	β	2	8				4	1.8 f	
<i>L. bulla</i> (GOSSE)	β	1	9				5	1.9 f	
<i>L. crenata</i> (HARR.)	o	1	9				5	0.9 f	
<i>L. flexilis</i> (GOSSE)	o	1	9				5	0.9 f	
<i>L. inermis</i> (BRYCE)	o		9	1			5	1.1 f	
<i>L. lasvica</i> BERZINS	x-o	5	5				3	0.5 f,m	
<i>L. l. luna</i> MÜLLER	o-β	6	4				3	1.4 f	
<i>L. lunaris</i> (EHR.)	β	2	8				4	1.8 f	
<i>L. lunaris perplexa</i> (AHLSTR.)	o	1	9				5	0.9 f	
<i>L. stichaea</i> HARR.	o	1	9				5	0.9 f,m	
<i>L. strandi</i> BERZINS	x-o	4	6				3	0.6 f,m	
<i>Lepadella ovalis</i> (MÜLL.)	o		4	6			3	1.6 f	
<i>L. patella</i> (MÜLL.)	o		7	3			4	1.3 f	
<i>L. rhomboides</i> (GOSSE)	o		8	2			4	1.2 f	
<i>L. trida</i> MYERS	o		8	2			4	1.2 f	
<i>L. triptera</i> EHR.	β		3	7			4	1.7 f,m	
<i>Lindia annexa</i> HARR. et MYERS	o		8	2			4	1.2f	
<i>L. torulosa</i> DUJ.	o		9	1			5	1.2 f,g	
<i>Lophocharis salpina</i> EHR.	β		2	8			4	1.8 f	
<i>Macrotrachela decora</i> BRYCE	x	8	2				4	0.2 f,m	
<i>M. gracillima</i> DONN.	x-o	5	5				3	0.5 f,m	
<i>M. insolita</i> KON.	x-o	3	7				4	0.7 f	
<i>M. plicata hirundinella</i> (MYERS)	x	10					5	0.1 f,g	
<i>M. plicata</i> (BRYCE)	o-β	5	5				3	1.5 f	
<i>M. tenuis</i> DONN.	o-β	4	6				3	1.6 f	
<i>Mniobia armata</i> (MURR.)	o		9	1			5	1.1 f	
<i>Monomnata grandis</i> TESSIN	o		10				5	1.0 f	
<i>M. aequalis</i> (EHR.)	o-β	5	5				3	1.5 f	
<i>M. phoca</i> HARR. et MYERS	x-o	5	5				3	0.5 f,m	
<i>Myillina mucronata</i> MÜLL.	β		1	9			5	1.9 f	
<i>M. mucronata spinigera</i> (EHR.)	x-o	5	5				3	0.5 f,g	
<i>M. ventralis ventralis</i> (EHR.)	β		2	8			4	1.8 f	
<i>M. ventralis redunda</i> (EHR.)	o		6	4			3	1.4 f	
<i>Notomnata carbenus</i> (GOSSE)	o		9	1			5	1.1 f,e	
<i>N. copeus</i> (EHR.)	o		9	1			5	1.1 f	
<i>N. paracryptopus</i> BEAUCH.	x-o	5	5				3	0.5 f	
<i>N. tripus</i> EHR.	o		9	1			5	1.1 f	
<i>Philodina acuticornis odiosa</i> MILNE	o-β	5	5				3	1.5 f	
<i>Ph. acuticornis</i> MURR.	o		7	3			4	1.3 f	
<i>Ph. brevipes</i> MURR.	o		5	5			3	1.5 f	
<i>Ph. citrina</i> EHR.	o		8	2			4	1.2 f	
<i>Ph. flaviceps</i> BRYCE	o		8	2			4	1.2 f	
<i>Ph. lepta</i> WULF.	x	9	1				5	0.1 g,m	
<i>Ph. megalotrocha</i> EHR.	o		6	4			3	1.4 f	
<i>Ph. nemoralis</i> BRYCE	x-o	5	5				3	0.5 f,m	
<i>Ph. roseola</i> EHR.	o		10				5	1.0 f	
<i>Pleurotrocha petromyzon</i> EHR.	o		7	3	+		4	1.3 e,f	
<i>P. petromyzon f. gigantea</i>	p						10	5 4.0 e,f	

Table 4 (end)

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>	hab
	s	x	o	β	α	p			
<i>Polyarthra dolichoptera</i> IDELS.	β	2	8				4	1.8 e	
<i>P. minor</i> VOIGT	x-o	5	5				3	0.5 f,m	
<i>P. vulgaris</i> CARLIN	β	2	8				4	1.8 e	
<i>Proales decipiens</i> (EHR.)	o		6	4			3	1.4 g	
<i>P. fallaciosa</i> WULF.	o	1	9				5	1.1 f	
<i>P. globulifera</i> (HAUER)	β	2	8				4	1.8 f,l	
<i>P. micropus</i> (GOSSE)	o	1	9				5	0.9 g	
<i>P. parasita</i> (EHR.)	β	2	8				4	1.8 f,l	
<i>P. theodora</i> (GOSSE)	x-o	3	7				4	0.7 f	
<i>Resticula anceps</i> HARR. et MYERS	β	4	6				3	1.6 g	
<i>R. melandocus</i> (GOSSE)	o		7	3			4	1.3 f,m	
<i>R. venniculus</i> WULF.	o		10				5	1.0 f	
<i>Rotaria elongata</i> (WEBER)	β		10				5	2.0 f,g	
<i>R. haptica</i> (GOSSE)	x-o	6	4				3	0.4 f,m	
<i>R. magna-calcarata</i> (PARS.)	o		9	1			5	1.1 g	
<i>R. macroceros</i> (GOSSE)	β		9	1			5	2.1 g	
<i>R. macrura</i> (SCHRANK)	β		10				5	2.0 g	
<i>R. montei</i> BERZINS	x	10					5	0.1 f,m	
<i>R. murrayi</i> BARTO	β		8	2			4	2.2 f,g	
<i>R. nepanina</i> (EHR.)	p			2	8		4	3.8 e,f	
<i>R. nepanoida</i> HARR.	α		2	8			4	2.8 f,g	
<i>R. quadrioculata</i> (MURR.)	o	1	9				5	0.9 f,m	
<i>R. rotatoria</i> (PALLAS)	o	6	4				3	1.4 f	
<i>R. saprobica</i> BERZINS	p			1	9		5	3.9 e,g	
<i>R. socialis</i> (KELL.)	β		7	3			4	2.3 g,e	
<i>R. tardigrada</i> (EHR.)	β	1	9				5	1.9 g	
<i>R. tridens</i> (MONTET)	β	+	10				5	2.0 g	
<i>Scardium longicaudatum</i> (MÜLL.)	o	1	9				5	0.9 g	
<i>Squatinella rostrum</i> (SCHM.)	o	1	9				5	0.9 f,m	
<i>Synchaeta grandis</i> ZACH.	β	2	8				4	1.8 e	
<i>S. kinna</i> ROUSS.	β	2	8				4	1.8 e	
<i>S. pectinata</i> EHR.	o	6	4				3	1.4 e	
<i>S. stylata</i> WIERZ.	β	4	6				3	1.6 e	
<i>Taphrocampa selenura</i> GOSSE	o		10				5	1.0 f	
<i>Tesudenella pavina</i> HERM.	β	3	7				4	1.7 e,f	
<i>Trichocerca birostris</i> (MINK.)	β	4	6				3	1.6 f	
<i>Tr. bidens</i> (LUCKS)	β	2	8				4	1.8 f,g	
<i>Tr. brachyura</i> (GOSSE)	o		9	1			5	1.1 f	
<i>Tr. capucina</i> (WIERZ.)	β	1	9				5	1.9 f	
<i>Tr. cavia</i> (GOSSE)	o	5	5				3	0.5 f	
<i>Tr. cylindrica</i> (IMH.)	α		3	7			4	2.7 f,e	
<i>Tr. dixon-nualli</i> JENN.	o	5	5				3	1.5 e,f	
<i>Tr. longisea</i> (SCHRANK)	o	8	2				4	1.2 e	
<i>Tr. porcellus</i> (GOSSE)	o	8	2				4	1.2 f	
<i>Tr. ratnus carinata</i> (EHR.)	o	1	9				5	0.9 f	
<i>Tr. rousseleti</i> (VOIGT)	o	1	9				5	0.9 f	
<i>Tr. sulcata</i> (JENN.)	o	8	2				4	1.2 f	
<i>Trichotria tetracus</i> (EHR.)	o	7	3				4	1.3 e	
<i>Tr. pocillum bergi</i> (MEISNER)	o	10					5	1.0 f	
<i>Tr. truncata</i> (WHITTEL)	o	7	3				4	1.3 e,f	

Table 5

## CLADOCERA AS SAPROBIOLOGICAL INDICATORS OF RIVER WATER QUALITY IN LATVIA

Compiled by L. Urzīne

Taxon	Saprobic Degree						G	Si
	s	x	o	β	α	p		
<i>Acropenus harpae</i> BAIRD	o-β		5	5			3	1.5
<i>Alona costata</i> SARS	o-β		5	5			3	1.5
<i>A. guttata</i> SARS	o-β		5	5			3	1.5
<i>A. quadrangularis</i> (O. F. MÜLLER)	β	1	2	5	2		1	1.85
<i>A. rectangularis</i> SARS	β		2	7	1		3	1.85
<i>Alonella excisa</i> FISCHER	o-β		6	4			3	1.4
<i>A. exigua</i> (LILLJEBORG)	o-β		6	4			3	1.4
<i>A. nana</i> (BAIRD)	o-β		4	6			3	1.6
<i>Alonopsis elongata</i> SARS	o		+	+				1.5
<i>Bosmina coregoni coregoni</i> BAIRD	β		2	7	1		3	1.85
<i>B. c. gibbera</i> (SCHOEDLER)	β		2	7	1		3	1.85
<i>B. c. thersites</i> (POPPE)	o-β		5	5			3	1.5
<i>B. c. lilljeborgi</i> (SARS)	o		+					1.0
<i>B. longirostris</i> (O.F.MÜLLER)	o-β	1	4	5			2	1.45
<i>Bythotrephes longimanus</i> LEYDIG	o		+					1.0
<i>Camptocercus lilljeborgi</i> SCHOEDLER	o		8	2			4	1.2
<i>C. rectirostris</i> SCHOEDLER	o		8	2			4	1.2
<i>Ceriodaphnia affinis</i> LILLJEBORG	o-β		5	5			3	1.5
<i>C. pulchella</i> SARS	o-β		6	4			3	1.4
<i>C. quadrangula</i> (O.F.MÜLLER)	o-β	1	4	4	1		1	1.55
<i>Chydorus ovalis</i> KURZ	β-α		+	+				1.5
<i>Ch.sphaericus</i> O.F.M.	o-β		4	5	1		3	1.75
<i>Daphnia cucullata</i> SARS	β		2	7	1		3	1.85
<i>D. cristata</i> SARS	o-β		+	+				1.5
<i>D. longispina</i> O.F.MÜLLER	β		2	6	2		4	2.0
<i>D. pulex</i> LEYDIG	α		2	8			4	2.8
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (LIEVIN)	o-β	+	4	6	+		3	1.6
<i>Euryercus lamellatus</i> (O. F. MÜLLER)	o		6	4			4	1.4
<i>Graptoleberis tesudinaria</i> (FISCHER)	o-β		4	6			3	1.6
<i>Iliocypris agilis</i> KURZ	o-β		2	8			4	1.8
<i>I. sordidus</i> (LIEVIN)	β		8	2			4	2.2
<i>Kurzia latissima</i> (KURZ)	o-β		3	7			4	1.7
<i>Leptodora kindtii</i> (FOCKE)	o-β		4	5	1		2	1.65
<i>Leydigia leydigii</i> (SCHOEDLER)	β		2	6	2		3	2.0
<i>Limnosedia frontosa</i> SARS	o		7	3			4	1.3
<i>Macrothrix hirsutiicornis</i> NORMAN et BRADY	β <sub>1</sub>		+					2.0
<i>M. laticornis</i> (JURINE)	β		3	7			4	1.7
<i>Moina brachiata</i> (JURINE)	α-β		3	6	1		3	2.75
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (SARS)	o-β		+	+				1.5
<i>Paracantha truncata</i> (O. F. MÜLLER)	β		4	6			3	1.6
<i>Pleuroxus oduncus</i> (JURINE)	o-β		5	5			4	1.5
<i>Pl. leavis</i> SARS	o-β		+	+				1.5

Table 5 (end)

Taxon	Saprobic Degree						G	Si
	s	x	o	β	α	p		
<i>Pl. striatus</i> SCHOEDLER	β		3	6	1		3	1.75
<i>Pl. trigonellus</i> (O.F.MÜLLER)	β-o		4	6			3	1.6
<i>Pl. uncinatus</i> BAIRD	o-β		6	4			3	1.4
<i>Polymenus pediculus</i> (L.)	o		6	4			4	1.4
<i>Rhynchotalona falcata</i> SARS	o-β		+	+				1.5
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O. F. MÜLLER)	β		2	6	2		3	2.0
<i>Sida crystallina</i> (O. F. MÜLLER)	o		6	4			3	1.4
<i>Simocephalus aspinosus</i> (KOCH)	β		+	+				1.5
<i>S. venulus</i> (O. F. MÜLLER)	β		4	6			3	1.6

Table 6

## MACROBENTHOS AS SAPROBIOLOGICAL INDICATORS OF RIVER WATER QUALITY IN LATVIA

Compiled by E. Parele

Taxon	Saprobic Degree						G	Si
	s	x	o	β	α	p		
<i>Spongia</i>								
<i>Ephydatia fluviatilis</i> (L.)	β		2	8	+		4	1.8
<i>E. mülleri</i> (LIEBERKUHNS)	β		2	7	1		3	1.85
<i>Eunapius fragilis</i> (LEIDY)	β		2	8	+		4	1.8
<i>Spongilla lacustris</i> (L.)	β		2	8			4	1.8
<i>Coelenterata</i>								
<i>Hydridae</i> sp.	β		2	7	1		3	1.75
<i>Turbellaria</i>								
<i>Dendrocoelum lacteum</i> MÜLL.	β		2	6	2		3	2.0
<i>Euplanaria lugubris</i> O.SCHM.	o-β		4	6			4	1.6
<i>Planaria torva</i> M.SCHULTZE	β-α		8	2			4	2.2
<i>Polycelis cornuta</i> O.SCHM.	o	2	8				4	0.8
<i>P. nigra</i> EHR.	β		2	5	3		3	2.15
<i>Nematomorpha</i>								
<i>Gordius aquaticus</i> DUJ.	o-β	2	8				4	0.8
<i>Oligochaeta</i>								
<i>Aeolosoma hemprichi</i> EHR.	β-α		1	5	4		2	2.35
<i>Aulodrilus plurisetus</i> (PIGUET)	β-α		7	3			4	2.3
<i>A. limnobius</i> BRETSCHER	β		1	8	1		4	2.0
<i>Aulophorus furcatus</i> (MÜLLER)	α		3	6	1		3	2.75
<i>Chaetogaster diaphanus</i> (GRUITH.)	α-β		4	6	+		3	2.6
<i>Ch. diastrophus</i> (GRUITH.)	β-α		1	4	5		3	2.45
<i>Ch. limnaci</i> BAER	β		2	6	2		3	2.0
<i>Criodrilus lacuum</i> HOFFM.	β-o		3	6	1		3	1.75
<i>Dero digitata</i> (MÜLLER)	α		2	7	1		3	2.85
<i>D. dorsalis</i> FERR.	β		8	2			4	2.2
<i>D. obtusa</i> UDEKEM	α-β		3	7			4	2.7
<i>Eiseniella tetraedra</i> (SAVIGNY)	β-o		4	4	2		2	1.75

Table 6 (continued)

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>	
	s	x	o	β	α	p			
<i>Enchytraeus albidus</i> HENLE	α			2	7	1	3	2.85	
<i>Isochaetides newaensis</i> MICH.	o-β		4	5	1		2	1.65	
<i>Limnodrilus claparedeanus</i> RATZEL	p			1	2	7	3	3.65	
<i>L. hoffmeisteri</i> CLAP.	α-p			1	3	6	3	3.55	
<i>L. profundicola</i> (VERR.)	α			1	8	1	4	3.0	
<i>L. udekemianus</i> CLAP.	α-p			+	6	4	3	3.4	
<i>Lumbriculus variegatus</i> (MÜLLER)	β-α		+	2	8		4	2.8	
<i>Nais barbata</i> MÜLLER	β-α			6	4		3	2.4	
<i>N. behningi</i> MICH.	o	1	8	1			4	1.0	
<i>N. breitscheri</i> MICH.	o-β			6	4	+	3	1.4	
<i>N. communis</i> PIGUET	β-o			1	6	3	+	3	2.25
<i>N. elinguis</i> MÜLLER	β			1	7	2		3	2.15
<i>N. pardalis</i> PIGUET	β-α			+	6	4	+	3	2.4
<i>N. pseudobursa</i> PIGUET	o-β			5	5			3	1.5
<i>N. simplex</i> PIGUET	β-α			1	5	4		2	2.35
<i>N. variabilis</i> PIGUET	β-α			+	5	5		3	2.5
<i>Ophidonais serpentina</i> (MÜLLER)	β-α			5	5			3	2.5
<i>Paranais friedi</i> HRABE	β-α			1	5	4		2	2.35
<i>P. litoralis</i> (MÜLLER)	β			+					2.0
<i>Peloscocles serax</i> (EISEN)	β			1	8	1		4	2.0
<i>Piguetiella blanci</i> (PIGUET)	β			1	7	2		3	2.15
<i>Potamothrix bavaricus</i> (OSCHM.)	α					7	3	4	3.3
<i>P. bedoti</i> (PIGUET)	o-β			2	7	1		3	1.85
<i>P. hamnoniensis</i> (MICH.)	α			1	8	1		4	3.0
<i>P. heuscheri</i> (BRETSCHER)	α-β			2	7	1		3	2.85
<i>P. moldaviensis</i> (VEJD.)	β-α			+	5	5		3	2.5
<i>P. vejdoskyi</i> (HRABE)	α-β			4	5	1		3	2.75
<i>Pristina aequisetia</i> BOURNE	β-α			6	4			3	2.4
<i>P. foreli</i> PIGUET	β-o			3	5	2		2	1.85
<i>P. longiseta</i> EHR.	β-α			5	5			3	2.5
<i>Psamunoryctides albicola</i> (MICH.)	α-β			3	6	1		3	2.75
<i>Ps. barbarus</i> (GRUBE)	β-α			1	5	4		3	2.35
<i>Ps. moravicus</i> HRABE	β			1	8	1		4	2.0
<i>Propappus volki</i> MICH.	o			9	1	+		5	1.1
<i>Rhyacodrilus coccineus</i> (VEJD.)	β-o			3	5	2		2	1.85
<i>Rhynchebnis limosella</i> HOFFM.	β			1	8	1		4	2.0
<i>Rh. terratheca</i> MICH.	o-β			6	4	+		3	1.4
<i>Ripistes parasita</i> (SCHMIDT)	o-β			6	4	+		3	1.4
<i>Slavina appendiculata</i> (UDEKEM)	β			1	8	1		4	2.0
<i>Specaria josinae</i> (VEJD.)	β			1	7	2		3	2.15
<i>Sylaria lacustris</i> (L.)	β			1	8	1		4	2.0
<i>Sylodrilus heringianus</i> CLAP.	o	1	8	1	+			4	1.0
<i>Tubifex costatus</i> (CLAP.)	β			8	2			4	2.2
<i>T. ignovus</i> (TOLC)	β			2	7	1		3	1.85
<i>T. tubifex</i> (MÜLLER)	p-α			+	2	8		4	3.8
<i>Urcinialis uncinata</i> (OERSED)	β-α			8	2			4	2.2

Table 6 (continued)

Taxon	Saprobic Degree						G	S <sub>i</sub>	
	s	x	o	β	α	p			
Hirudinea									
<i>Erpobdella nigricollis</i> (BRANDES)	α-β			1	3	6		3	2.25
<i>E. octaculata</i> (L.)	α			+	2	6	2	3	3.0
<i>E. icsiacea</i> SAVIGNY	α-β			3	7			4	2.7
<i>Glossiphonia complanata</i> (L.)	β-α			+	5	5		4	2.5
<i>Gl. concolor</i> (APATHY)	β			+	8	2		3	2.2
<i>Gl. heteroclitia</i> (L.)	β-α			6	4	+		3	2.4
<i>Haemopsis sanguisuga</i> (L.)	β-o			3	7			4	1.7
<i>Helobdella stagnalis</i> (L.)	α-β			2	8	+		3	2.8
<i>Hemiclepsis marginata</i> (MÜLLER)	β			1	8	1		4	2.0
<i>Piscicola geometra</i> (L.)	β			2	6	2		2	2.0
Gastropoda									
<i>Acroloxus lacustris</i> (L.)	o-β			5	5	+		3	1.5
<i>Ancylus fluviatilis</i> (MÜLLER)	o-β	1	4	3	2			2	1.35
<i>Anisus albus</i> (MÜLLER)	β			2	7	1		4	1.85
<i>A. voriculus</i> (TROSCHEL)	β-α			4	6	+		2	2.6
<i>Anniger cristata</i> (L.)	o			7	3			4	1.3
<i>A. vortex</i> (L.)	o-β			6	4			3	1.4
<i>Bithynia leachi</i> SHEPPARD	o-β			3	7			3	1.7
<i>B. tentaculata</i> (L.)	β-α			1	7	2		3	2.15
<i>Lymnaea auricularia</i> (L.)	β-α			1	7	2		3	2.15
<i>L. gluaiosa</i> (MÜLLER)	β			1	8	1		4	2.0
<i>L. palustris</i> (MÜLLER)	β			2	6	2		2	2.0
<i>L. pereger</i> (MÜLLER)	β			+	7	3		4	2.3
<i>L. ovata</i> DRAP.	β-α			5	5			3	2.5
<i>L. stagnalis</i> L.	β-o			2	7	1		4	1.85
<i>L. truncanula</i> (MÜLLER)	o-β			4	5	1		3	1.75
<i>Lithoglyphus naticoides</i>									
C. PFEIFFER	o-β			6	4	+		3	1.4
<i>Physa fontinalis</i> DRAP.	o-β			4	6			3	1.6
<i>Planorbis carinatus</i> MÜLLER	o-β			6	3	1		2	1.45
<i>Pl. planorbis</i> (L.)	β			8	2			3	2.2
<i>Planorbarius corneus</i> (L.)	β-α			1	7	2		3	2.15
<i>Theodoxus fluviatilis</i> (L.)	o-β			7	3			4	1.3
<i>Valvata cristata</i> MÜLLER	o-β			4	6			3	1.6
<i>V. piscinalis</i> MÜLLER	β			3	7	+		4	1.7
<i>V. pulchella</i> STUDER	β	1	2	7				3	1.65
<i>Viviparus coniectus</i> (MILLET)	β			+					2.0
<i>V. viviparus</i> L.	β			2	8	+		4	1.65
Bivalvia									
<i>Amesoda draparnaldi</i> (CLESSIN)	β			1	8	1		4	2.0
<i>A. scaldiana</i> (NORMAND)	β			+	9	1		5	2.1
<i>A. solida</i> (NORMAND)	o-β			2	8			4	1.8
<i>Anodonta cygnea</i> (L.)	β			2	8			4	1.8
<i>A. piscinalis</i> NILSSON	β			1	7	2		3	2.15
<i>A. ponderosa</i> PFEIFFER	β			1	7	2		3	2.15
<i>A. zellensis</i> (GMELIN)	β			2	7	1		3	1.85
<i>Dreissena polymorpha</i> (PALLAS)	o-β			5	5	+		3	1.5

Table 6 (continued)

Taxon	Saprobic Degree						G	Si
	s	x	o	$\beta$	$\alpha$	p		
<i>Euglesa henslowiana</i> (SHEPPARD)	$\beta$		1	8	1		4	2.0
<i>E. ninda</i> (JENYNS)	$\beta$		1	8	1		4	2.0
<i>E. subtruncata</i> (MALM.)	$\beta$		1	8	1		4	2.0
<i>E. succina</i> (CLESSIN IN WEST.)	$\beta$		1	8	1		4	2.0
<i>E. supina</i> (A. SCHMIDT)	o- $\beta$		6	3	1		2	1.45
<i>E. conica</i> (BAUDON)	$\beta$		1	8	1		4	2.0
<i>Margaritana margaritifera</i> (L.)	o	1	9				5	0.9
<i>Musculium creptini</i> (DUNKER)	$\beta$		+	9	1		5	2.1
<i>Pisidium amnicum</i> (MÜLLER)	$\beta$ - $\alpha$		1	5	4		3	2.35
<i>P. inflatum</i> (MUHLFELD IN PORRO)	$\beta$		1	8	1		4	2.0
<i>Pseudoanodonta anatina</i> (L.)	$\beta$		2	6	2		3	2.0
<i>Sphaerium corneum</i> L.	$\beta$ - $\alpha$			6	4		3	2.4
<i>Sph. nitidum</i> (CLESSIN IN WEST.)	$\beta$		2	6	2		3	2.0
<i>Sph. succinum</i> WESTERLUND	$\beta$		+	7	3		4	2.3
<i>Sphaerium rivicola</i> (LAMARCK)	$\alpha$			3	5	2	2	2.85
<i>Unio crassus</i> RETZIUS	$\beta$ -o		6	3	1		2	1.45
<i>U. pictorum</i> (L.)	$\beta$		2	7	1		3	1.85
<i>U. umidus</i> PHILIPSSON	$\beta$		1	7	2		3	2.15
Malacostraca								
<i>Argalis foliaceus</i> (L.)	$\beta$		1	6	3		3	2.25
<i>Asellus aquaticus</i> (L.)	$\alpha$			2	8	+	4	2.8
<i>Astacus fluviatilis</i> FABR.	o- $\beta$	2	6	2			3	1.0
<i>Gammarus pulex</i> (L.)	o- $\beta$	2	6	2			3	1.0
Ephemeroptera								
<i>Baetis fuscus</i> L.	$\beta$ - $\alpha$			3	7	+	4	2.7
<i>B. niger</i> L.	$\beta$		1	7	2		3	2.15
<i>B. muticus</i> L.	o- $\beta$		1	5	4		3	2.35
<i>B. rhodani</i> PICT.	o- $\beta$	1	7	2	+		3	1.15
<i>B. scambus</i> ETN.	o- $\beta$		5	5			3	1.5
<i>B. tricolor</i> TSHERN.	$\beta$			7	3		4	2.3
<i>B. venosus</i> (CURT)	$\beta$		2	5	3		2	2.15
<i>Brachycercus harrisella</i> CURTIS	$\beta$		+	8	2		4	2.2
<i>Caenis horaria</i> (L.)	$\beta$		3	4	3		2	2.0
<i>C. macrura</i> STEPH.	o	2	8				4	0.8
<i>C. rivolorum</i> EAT.	o- $\beta$	2	5	3			3	1.15
<i>C. robusta</i> EAT.	$\beta$		3	4	3		2	2.0
<i>Centroptilum luteolum</i> (MÜLLER)	o- $\beta$		2	7	1		3	1.85
<i>Cloeon dipterum</i> (L.)	$\beta$		3	4	3		2	2.0
<i>Ecdyonurus lateralis</i> (CURT.)	$\beta$		1	5	4		3	2.35
<i>Ephemerella danica</i> MÜLLER	o- $\beta$		5	5	+		3	1.5
<i>Eph. vulgata</i> (L.)	$\beta$		2	6	2		3	2.0
<i>Ephemerella ignita</i> (PODA)	$\beta$		3	4	3		2	2.0
<i>Habrophlebia fusca</i> (CURTIS)	o- $\beta$	1	4	5			2	1.45
<i>H. laeta</i> (MC LACH.)	$\beta$ -o	1	4	5			2	1.45
<i>Heptagenia coarctans</i> (ROST.)	$\beta$		1	8	1		4	2.0

Table 6 (continued)

Taxon	Saprobic Degree						G	Si
	s	x	o	$\beta$	$\alpha$	p		
<i>H. flava</i> ROSTOCK	$\beta$		1	6	3		3	2.25
<i>H. fuscoviridis</i> (RETZIUS)	$\beta$		3	6	1		3	1.75
<i>H. sulphurea</i> (MÜLLER)	$\beta$		1	6	3		3	2.25
<i>Paraleptophlebia submarginata</i> (STEPH.)	o- $\beta$		5	5			3	1.5
<i>Polymitarcis virgo</i> (OLIN)	$\beta$		+	7	3		4	2.3
<i>Potamanthus luteus</i> (L.)	$\beta$		1	6	3		3	2.25
<i>Prospisostoma foliaceum</i>	o		10				5	1.0
Heteroptera								
<i>Aphelocheirus aestivalis</i> FABR.	o- $\beta$		5	5	+		3	1.5
<i>Corixa dentipes</i> (THOMS.)	o- $\beta$		4	4	2		2	1.75
<i>Micronecta minutissima</i> L.	$\beta$		1	7	2		3	2.15
<i>Nepa cinerea</i> L.	o- $\beta$		4	5	1		2	1.75
<i>Notonecta</i> sp.	$\beta$		3	5	2		2	1.85
Megaloptera								
<i>Sialis</i> sp.	$\beta$ - $\alpha$		1	5	4		3	2.35
Odonata								
<i>Aeschna</i> sp.	$\beta$		2	6	2		3	2.0
<i>Agrion virgo</i> (L.)	o		9	1			5	1.1
<i>A. splendens</i> (HARRIS)	o- $\beta$		5	5			3	1.5
<i>Cordulia aenea</i> L.	o- $\beta$		6	3	1		2	1.45
<i>Gomphus vulgarissimus</i> (L.)	$\beta$ - $\alpha$			5	5		3	2.5
<i>Platycnemis pennipes</i> PALL.	o- $\beta$		6	3	1		2	1.45
Trichoptera								
<i>Agapetus comans</i> PICT.	o	5	5	+			3	0.5
<i>Agrylca multipunctata</i> CURT.	$\beta$		1	8	1		4	2.0
<i>Anabolia levais</i> ZETT.	$\beta$ - $\alpha$		+	5	5		3	2.5
<i>A. soror</i> MCLACH	$\beta$		+	8	2		4	2.2
<i>Athripsodes cinereus</i> CURT.	$\beta$		1	8	1		4	2.0
<i>Arctopsyche ladogensis</i> HOL.	o- $\beta$		1	9	+		5	1.9
<i>Brachycentrus subnubilus</i> CURT.	o	2	8				4	0.8
<i>Chimarra marginata</i> (L.)	o	2	8				4	0.8
<i>Cheumatopsyche lepida</i> PICT.	o- $\beta$		4	6	+		3	1.6
<i>Cymus flavidus</i> MCLACH.	$\beta$		1	8	1		4	2.0
<i>Glyphotaelius pellucidus</i> (RETZIUS)	$\beta$		1	8			4	1.9
<i>Goera pilosa</i> FABR.	o- $\beta$		6	3	1		2	1.45
<i>Glossoma venale</i> PICT.	o	2	7	1			3	0.85
<i>Hydroptila tingides</i> EAT.	o	3	7				4	0.7
<i>H. cornuta</i> MOS.	$\beta$		3	6	1		3	1.75
<i>Hydropsyche omanula</i> MCLACH	$\beta$ - $\alpha$		+	6	4		3	2.4
<i>H. instabilis</i> CURT.	o	6	4				3	0.4
<i>H. angustipennis</i> CURT.	o- $\beta$	1	6	3			3	1.25
<i>H. pellucidula</i> CURT	o- $\beta$		4	5	1		2	1.75
<i>Ithytrichia lanellaris</i> EAT.	o	2	7	1			3	0.85
<i>Leptocercus albifrons</i> L.	o- $\beta$		3	7			4	1.7
<i>Lepidostoma hirum</i> FABR.	$\beta$ -o		3	7			4	1.7
<i>Limnephilus flavicornis</i> RAMB.	o- $\beta$		5	5	+		3	1.5
<i>L. nigriceps</i> ZETT.	$\beta$		2	7	1		3	1.85

Table 6 (continued)

Taxon	Saprobic Degree						G	Si
	s	x	o	$\beta$	$\alpha$	p		
<i>L. politus</i> MCLACH.		$\beta$	+	7	3		4	2.3
<i>L. rhombicus</i> L.		$\alpha$ - $\beta$	5	5			3	1.5
<i>L. stigma</i> CURT.		$\alpha$ - $\beta$	5	5			3	1.5
<i>L. vitatus</i> FABR.		$\alpha$ - $\beta$	5	5			3	1.5
<i>Molania angustata</i> CURT		o	10				5	1.0
<i>Micrasena seiferum</i> PICT.		$\alpha$ - $\beta$	5	5			3	1.5
<i>Mystacides longicornis</i> L.		$\beta$ - $\alpha$	+	6	4		3	2.4
<i>M. azurea</i> (L.)		o	1	8	1		4	1.0
<i>Neureclipsis binaculata</i> L.		$\beta$	1	9	+		5	1.9
<i>Odonotoceron albicorne</i> SCOP.		o	7	3	+		4	0.3
<i>Oligoplectrum maculatum</i> FOURC.		o	5	5			3	0.5
<i>Orthotrichia tenersi</i> KOLBE		$\beta$ - $\alpha$	1	7	2		3	2.15
<i>Oxyethira costalis</i> (CURTIS)		$\alpha$ - $\beta$	1	9			5	0.9
<i>Psychomyia pusilla</i> FABR.		$\alpha$ - $\beta$	1	5	4		3	1.45
<i>Plectrocnemia conspersa</i> CURT.		o	2	8			4	0.8
<i>Polycentropus flavomaculatus</i> (PICTET)		$\alpha$ - $\beta$	4	6			3	1.6
<i>Potamophylax stellatus</i> CURT		o	4	6			3	0.6
<i>P. roundipennis</i> BRAUER		o	2	8			4	0.8
<i>Pryganea bipunctata</i> RETZIUS		$\alpha$ - $\beta$	5	5			3	1.5
<i>Pr. striata</i> L.		$\alpha$ - $\beta$	6	4			3	1.4
<i>Pr. grandis</i> L.		o	6	4			3	1.4
<i>Rhyacophila fascinata</i> HAG.		o	2	6	2		3	1.0
<i>Rh. nubilata</i> ZETT.		$\alpha$ - $\beta$	2	4	4		2	1.25
<i>Rh. oblitterata</i> MCLACH.		o	5	5			3	0.5
<i>Silo pallipes</i> FABR.		o	4	6			3	0.6
<i>Timodes waeneri</i> L.		$\alpha$ - $\beta$	3	6	1		3	1.75
<i>Triaenodes bicolor</i> CURT.		o	7	3			4	1.3

Received March 3, 1995

Table 6 (end)

Taxon	Saprobic Degree						G	Si
	s	x	o	$\beta$	$\alpha$	p		
<i>Sericostoma personatum</i> SPENCE		o	3	7			4	0.7
<i>Wonnaldia subnigra</i> MCLACH.		o	5	5			4	0.5
Diptera								
<i>Atherix</i> sp.		o	9	1	+		5	1.1
<i>Bezzia</i> sp.		$\beta$	1	8	1		4	2.0
<i>Chaoborus crystallinus</i> DEG.		$\beta$ - $\alpha$	2	4	4	+	2	2.25
<i>Ch. flavicans</i> MEIGEN		$\beta$ - $\alpha$	1	6	3		3	2.25
<i>Chironomus plumosus</i> (V.D.WULP.)		p- $\alpha$			2	8	4	3.8
<i>Ch. thummi</i> KIEFF.		p- $\alpha$		1	2	7	2	3.65
<i>Culicoides</i> sp.		$\beta$ - $\alpha$	1	4	5		2	2.45
<i>Dicranota</i> sp.		$\beta$	1	8	1		4	2.0
<i>Eristalis tenax</i>		p				10	5	4.0
<i>Simuliidae</i> sp.		$\alpha$ - $\beta$	1	7	2		3	1.15
<i>Tabanus</i> sp.		$\beta$ - $\alpha$	1	5	4		3	2.35

## REFERENCES

- Zelinka, M., Marvan, P. (1961) Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Rheinheit fließender Gewässer *Arch. Hydrobiol.* 57, 389-407
- Pantle, R., Buck, H. (1955) Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse *Gas und Wasser-fach.* 96, 1-604
- Sládeček, V. (1973) System of water quality from the biological point of view *Arch. Hydrobiol., Beih. Ergebnisse Limnol.* 7 (Stuttgart), 1-218.
- Husak, Š., Sládeček, V., Sládečková, A. (1989) Freshwater Macrophytes as Indicators of Organic Pollution *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 17 (6), 693-697.
- Cimdinš, P. (1995) Application of saprobity systems in ecological studies of rivers *Proc. Latvian Acad. Sci. Section B* 1/2, 115-121.

ISSN 0130-9072

LATVIJAS PSR MEZSAIMNIECĪBAS UN MEZRŪPNIECĪBAS MINISTRIJA  
LATVIJAS ZINĀTNISKI TEHNISKĀS INFORMĀCIJAS UN TEHNISKI  
EKONOMISKO PROBLĒMU ZINĀTNISKĀS PĒTNIECĪBAS INSTITŪTS  
LATVIJAS PSR MEZRŪPNIECĪBAS UN MEZSAIMNIECĪBAS ZINĀTNISKI  
TEHNISKĀ BIEDRĪBA

# **mežsaimniecība un mežrūpniecība**

**REFERĀTU KRĀJUMS**

**DIBINĀŠANAS GADS — 1962**

**IZNĀK 6 REIŽES GADĀ**

**3 (101)**

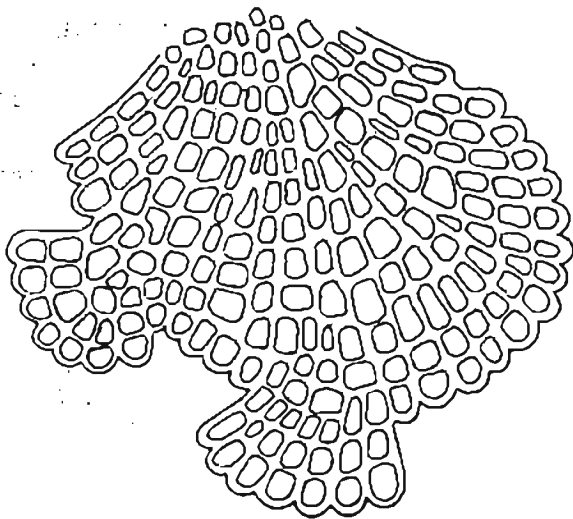
Rīga LatZTIZPI 1985

## Sārtaļģu atradnes Salacas baseinā

### I. DRUVIETIS,

LPSR ZA Bioloģ. inst. Vispārējās hidrobioloģijas labor. jaun. zin. līdzstr.

Salacai un tās baseina mazajām upēm ir raksturīgas perifitona sārtaļģes *Hildebrandia rivularis* (Liebm.) J. Ag. (1. att.). Tās atrodamas Salacas lejtecē, kā arī mazajās upēs, apēnotās vietās ar spēcīgu straumi, uz ņežiem un oļiem kā spilgti sarkani krevveida pārklāji. Tie sedz daļu vai pat visu akmeni vai oļi. Aļģu krevveidīgo lapoņu lielums — no dažiem milimetriem līdz vairākiem desmitiem kvadrācentimetru; tās galvenokārt sastāv no daudziem kopā saaugušiem, pa daļai cits citu pārklājošiem lapoņiem. Pēc H. Skujas datiem, pavedienu šūnas ir 6—10  $\mu\text{m}$  plātas un 0,5—2 reizes garākas par platumu. Tiek uzskatīts, ka *H. rivularis* ir vienā no raksturīgākajām kalnu upju aļģēm.

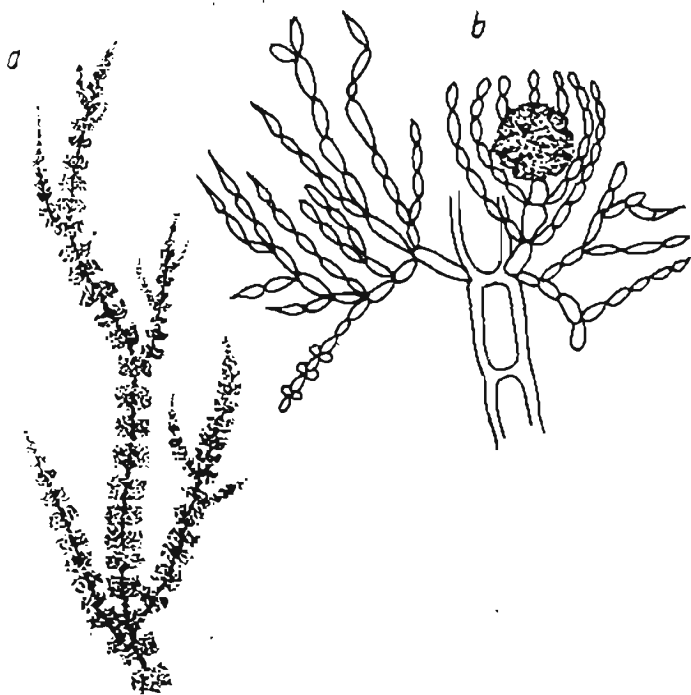


1. att. *Hildebrandia rivularis* (Liebm.) J. Ag. (palielinājums 330 reižu)

Lielā daudzumā šīs aļģes sastopamas Salacas labā krasta pieteku Muncas un Glāžupes smilšakmeņi izgrauztajās grīvās, kur tās praktiski pārklāj lielāko daļu ūdenī esošo akmeņu virsmas. Sārtaļģei *H. rivularis* acīmredzot nepieciešama pietiekama ūdens aerācija, jo tā sastopama tikai tādās vietās, kur ir pastiprināta gāzu apmaiņa. Otrs apstāklis, kas nepieciešams *H. rivularis* augšanai un attīstībai, ir daļējs apēnojums, jo gan Muncā, gan Glāžupē klajumos *H. rivularis* nav atrodama. Arī Salacā tā novērojama apēnotās vietās gar lielākiem akmeņiem un krasta paēnā. Pēc H. Skujas datiem, *H. rivularis* dienasgaismā var augt tikpat labi kā ēnā, taču ilgstoša saules staru iedarbība kavē tās attīstību. Atkarībā no apgaismojuma spilgtuma un citiem ārējiem apstākļiem, mainās *H. rivularis* lapoņa krāsa. Ēnā *H. rivularis* ir gan karmīnsarkana, gan asinsarkana, bet no saules mazāk aizsargātās vietās novērojamas visdažādākās nokrāsu pārejas uz sarkanbrūnu un dzeltenbrūnu.

Salacas kreisā krasta pietekās Korgā, Iģē, Joglā un Ķireles neiztaisnotajā posmā *H. rivularis* atrodama nedaudz, ko varētu izskaidrot ar lielāku ūdens piesārņotību, kā arī ar mazāku ūdens aerāciju. Trīsdesmitajos gados *H. rivularis* bija izplatīta gan Gaujas un Daugavas, gan Ventas un Lielupes baseinos. Salacas baseinā *H. rivularis* atrasta tikai Salacas baseina lejtecē un Ķirelē. Cilvēka darbības rezultātā šīs aļģes ir pazudušas no daudzām upēm, tomēr Salacas baseinā atrasta samērā bagāta *H. rivularis* veģetācija.

Salacas labā krasta pietekās Muncā un Glāžupē ūdenī pie akmeņiem un priekšme-



2. att. *Batrachospermum moniliforme* Roth.  
 a — palielinājums 10 reizi; b — palielinājums 170 reizi

tiem pietiprinājušies pelēkbrūnie, gļotainie *Batrachospermum moniliforme* Roth. (2. att.) lapoņi, kuros var saskatīt no lielām šūnām veidotu centrālo asi un mietura atzarojumus. *B. moniliforme* var veidot līdz 20 cm garus cerus (H. Skuja). Glāzupē atrastas atsevišķas *B. moniliforme* audzes kopā ar zaļajģēm *Draparnaldia glomerata*. Sārtaļģe *Batrachospermum moniliforme* raksturīga tīriem, avotainiem ūdeņiem. Latvijas republikā tā nav pārāk izplatīta. Nelielos daudzumos sārtaļģe atrasta arī Latgales mazajās upēs un strautos. H. Skuja atzīmē, ka *Hildebrandia rivularis* bieži sastopama cenozē ar *Batrachospermum moniliforme*, jo acīmredzot abām sārtaļģu sugām ir līdzīgas prasības pēc tīra, pietiekami aerēta ūdens.

Kā *Hildebrandia rivularis*, tā arī *Batrachospermum moniliforme* ir oligo līdz kseno ūdens tīrības pakāpes rādītāji. Jāatzīmē arī, ka šīs divas sārtaļģu sugas ierakstītas VFR Sarkanajā grāmatā (Rote Liste der Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland).

ISSN 0130-9072

LATVIJAS PSR MEŽSAIMNIECĪBAS UN MEZRŪPNIECĪBAS MINISTRIJA  
LATVIJAS ZINĀTNISKI TEHNISKĀS INFORMĀCIJAS UN TEHNISKI  
EKONOMISKO PROBLEMU ZINĀTNISKĀS PĒTNIECĪBAS INSTITŪTS  
LATVIJAS PSR MEZRŪPNIECĪBAS UN MEŽSAIMNIECĪBAS ZINĀTNISKI  
TEHNISKĀ BIEDRĪBA

# **mežsaimniecība un mežrūpniecība**

REFERĀTU KRĀJUMS

PIEŅĀŠANAS GADS — 1982

IZNĀK 6 REIZES GADĀ

**3 (119)**

Rīga LatZTIZPI 1987

## Slīteres Valsts rezervāta mazo upju algoflora

### I. DRUVIETIS,

LPSR ZA Bioloģijas institūta  
 Hidrobioloģijas laboratorijas  
 jaun. zinātniskais līdzstrādnieks

Slīteres Valsts rezervātā izpētīta triju mazo upju — Pitragupes, Ķikāna un Mazirbes — algoflora. Minētās upes atrodas Dundagas augstienes rietumu nogāzē. Upju baseinās ir jaukta. Šeit praktiski nenotiek saimnieciskā darbība. Pitragupei spilgti izteikta vertikālā zonalitāte, ritrons strauji pāriet potamona cenozēs. Pitragupes augštecē fitoplanktons ir izteikti nabadzīgs. Dominē kramaļģes, *Navicula* un *Synedra* dzimtu pārstāves. Upē biomasas ir zemas, pavasarī tās sastāda 0,01 mg/l, bet vasarā — 0,02 mg/l. Kā pavasara, tā vasaras fitoplanktonā galvenās ir kramaļģes, kas gan vasaras periodā, gan pavasarī aizņem vairāk nekā 90% no kopējā aļģu šūnu skaita un atbilstoši 60% — no kopējās biomasas. Ritronā, noēnotās vietās lielākā daļa ūdenī iegremdēto akmeņu pārklāti ar tumši sarkanajiem *Hildebrandtia rivularis* Liebm. J. Aglipoņiem. Jāatzīmē, ka potamālā šīs aļģes nav ātrastās, kas izskaidrojams ar lēnu ūdens tecējumu un palielinātu apgaismojumu. Pitragupes algoflorā dominē *Oscillatoria tenuis* Agardh., *Anabaena* sp., *Navicula cryptocephala* Kütz., *Navicula gracilis* Ehr., *Nitzschia acicularis* W. Smith., *Nitzschia sigmaidea* (Ehr.) W. Smith., *Synedra acus* Kütz., *Synedra ulna* (Kütz.) Grun., *Amphora ovalis* Kütz., *Gomphonema* sp., *Cymbella affinis* Kütz., *Gomphonema acuminatum* Ehr., *Cymatopleura solea* (Breb.) W. Smith., *Ulothrix* sp., *Odeogonium* sp., *Cosmarium boirytis* Menegh.

Ķikānu un Mazirbi var pieskaitīt pie potamāla tipa upēm. Salīdzinājumā ar pārējām rezervāta upēm, Ķikānā ir daudz bagātāks

fitoplanktons, lai gan lielu daļu no tā (līdz 30%) sastāda tipiskās perifitona aļģu formas. Fitoplanktonā ir divas dominējošās aļģu grupas — kramaļģes un protokokāļu rindas zaļāļģes. Vairākumā ir kramaļģes, piemēram, *Melosira varians* Ag., *Nitzschia acicularis* W. Smith., *Navicula gracilis* Ehr., *Fragillaria* sp., kas sastāda līdz 80% no kopējā aļģu šūnu skaita un atbilstoši 50% no kopējās biomasas. Kopējais aļģu šūnu skaits un biomasas lielāki nekā Pitragupē — atbilstoši 238 tūkst. aļģu šūnu litrā un 0,26 mg/l. Ķikānam raksturīgs kramaļģu—zaļāļģu galveno sugu komplekss: *Cocconeis placentula*, *Caloneis* sp., *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *Diatoma vulgare* Bory., *Fragillaria capucina* Desm., *Cymatopleura solea* (Breb.) W. Smith., *Navicula gracilis* Ehr., *Navicula rhynchocephala* Kütz., *Epithemia zebra* Kütz., *Gyrosigma attenuatum* W. Smith., *Nitzschia acicularis* W. Smith., *Nitzschia sigmaidea* (Ehr.) W. Smith., *Melosira varians* Ag., *Glenodinium gymnodinium* Penard., *Trachelomonas hispida* (Perty) Stein, *Crucigenia tetrapedia* (Kirch.) W. et G. S. West, *Coelastrum microporum* Näg., *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb., *Closterium ehrenbergii* Menegh., *Closterium moniliferum* (Bury) Ehr.

Mazirbe ir raksturīga lēni tekoša augsti eitrofa mazā upe. Tās fitoplanktons ir samērā nabadzīgs. Kopējā fitoplanktona biomasas zema — 0,08 mg/l, bet kopējais aļģu šūnu skaits nepārsniedz 263 tūkst. aļģu šūnu litrā. Spriežot gan pēc biomasas, gan arī pēc aļģu kopējā skaita, Mazirbē dominē perifitona zaļāļģes *Oscillatoria tenuis* Agardh., kuras aizņem līdz 98% no kopējā šūnu skaita un 59% no kopējās fitoplanktona biomasas. Tā kā Mazirbei apkārt ir purvi, tad tās fitoplanktonā bija bieži sastopamas Des-

mīdiju dzimtas zaļģes. Jūnijā Mazirbes augštecē nelielle veidotie ūdenskritumi masveidā bija pārklāti ar sārtaļģēm *Batrachospermum moniliforme* Roth. un *Chantransia lebleinii* Kütz. Taču augustā tajās pašās vietās bagātīgām audzēm uz ūdenskritumu dolomīta tika atrastas zilaļģes *Oscillatoria tenuis* Agardh. un zaļģes *Chaetomorpha linum* Farlow., kā arī nelielā daudzumā *Nitzschia*, *Navicula* un *Synedra* dzimtu pārstāves, kas izskaidrojams ar temperatūras paaugstināšanos vasarā, kā rezultātā notiek galveno sugu nomaiņa. Mazirbes upes piegrunts slānī, kā arī grīvas rajona planktonā lielā daudzumā sastopamas α mezošaprobās kramaļģes *Nitzschia acicularis* un arī zilaļģes *Oscillatoria tenuis* Agardh. Apaugumos dominē *Cladophora glomerata* Kütz., kuras pavedieni bagātīgi pārklāti ar *Cocconeis placentula* Ehr. epifītiem. Mazirbes al-

gotloras galvenās sugas ir *Oscillatoria tenuis* Agardh., *Pseudonabaena catenata* Laut., *Navicula gracilis* Ehr., *Nitzschia acicularis* W. Smith., *Nitzschia sigmoidea* (Ehr.) W. Smith., *Pinnularia gibba* Ehr., *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *Amphora ovalis* Kütz., *Cymbella affinis* Kütz., *Synedra acus* Kütz., *Synedra ulna* (Nitz.) Ehr., *Cocconeis pediculus* Ehr., *Cocconeis placentula* Ehr., *Gomphonema* sp., *Epithemia zebra* Kütz., *Fragillaria capucina* Desm., *Melosira ovariata* Ag., *Melosira italica* Kütz., *Glenodinium* sp., *Euglena acus* (Duj.) Hübker., *Dictiosphaerium chrenbergianum* Naeg., *Trachelomonas hispida* (Perty) Stein., *Trachelomonas volvocina* Ehr., *Chaetomorpha linum* Karlow., *Closterium strigosum* Bréb., *Closterium moniliferum* (Bory) Ehr., *Dinobryon* sp.

# Ūdenstilpju dzīvais paklājs

IVARS DRUVIETIS

Perifitons jeb organismu kopums, kas mīt uz ūdensaugiem un zemūdens priekšmetiem, ļauj spriest par ūdenstilpē notiekošajiem procesiem. To izmanto arī, lai noteiktu akvatorijas piesārņojumu.



**IVARS DRUVIETIS** (dz. 1950. gadā Rīgā) ir Latvijas PSR ZA Bioloģijas institūta Hidrobioloģijas laboratorijas jaunākais zinātniskais līdzstrādnieks. 1980. gadā neklātienē beidzis P. Stučkas Latvijas Valsts universitātes Bioloģijas fakultāti. Zinātniskā darba tēma — ūdens ekoloģisko sistēmu stāvokļa novērtēšana pēc to biocenotiskās struktūras. Pēta ezeru un upju algu floru.

Ja ūdenī iegremdē akmeni, ķieģeli, koka zaru vai kādu citu priekšmetu, tas vispirms pārklājas ar gļotainu mikroorganismu plēvīti, pēc tam uz tā nosēžas aļģes, tad kāpuri, vēziņi un kukaiņi. Dzīvie organismi izveido tādu kā paklāju, kas atvieglo to eksistenci.

Ķ Kādi faktori ietekmē perifitona augšanu? Visu grupu organismiem tie nav vienādi. Svarīgākie perifitiskās cenozes attīstībā ir ūdenstilpes tips (ezers, upe vai strauts), gaisma, ūdens dzidrība un turbulence (virpuļošana), substrāta tips un apstākļi, kādos tas atrodas (dziļums, straumes ātrums, vides skābums, sārmainums, ūdens cietība), bez tam liela nozīme ir barības vielām, slāpeklim, fosforam, ogleklim, kā arī kalcijam, sēram, silīcijam, metāliem, to jonu koncentrācijai un, protams, temperatūrai, sālūmam un ogļskābajai gāzei. Jā-

...st, ka perifitons aug tādā dziļumā, kas nepieejas pietiekami daudz gaismas, tādēļ ir iespējami dzīvības procesi, vispirms fotosintēze. So ūdenstilpes slāni sauc par perifitisko zonu. Palielinoties dziļumam pavājinoties apgaismojumam, veidojas svarā heterotrofas perifitona cenozes. Šīs piemproducēšanas (vielu pārvēršanās ankskos savienojumos fotosintēzes vai nosimēzes rezultātā) procesi noris lēni. Pierādīts, ka, pastiprinoties noēnojumam, uz iegremdētiem priekšmetiem maināte sīvi veidojas perifitona kolonijas, ir arī izņēmumi. Sārtaļģes *Hildebrandtia* ir visbiežāk sastopamas lielā daudzumā, tās veido akmeņiem asinssarkanu lapoņu audzes. Zaļās aļģes ir stipri izplatītas Salacas lejā un tās baseinā mazajās upēs un Pitragupē ezerā rezervātā.

Perifitona produkcijas veidošanā vissvarīgākie faktori ir gaisma un barības vielas. Pastiprinoties turbulencei, ūdens tiek saņemts dziļāk, un līdz ar to var pavājināties saules radiācijas ietekme, traucējot perifitona attīstību.

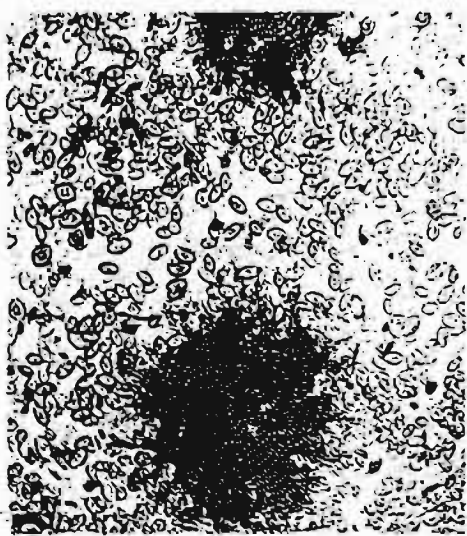
Vēl lielāka ietekme uz perifitona mikroorganismu veidošanos nekā gaismas intensitāte ir pat barības vielām var būt bstrāji tipam. Visaugstākā perifitona produkcija ir uz akmeņainām, klinšainām vietas, bet kalšakmens un smilšu akmeņi ir neproduktīvas.

Straujās upēs lielāko perifitona daļu veido kramaļģes, kuras piestiprinājušās pie bstrāji ar želejveida stiebriem, kā arī pie kramaļģu līdžigie aļģu *Cladophora* parādieni. Smilšu substrātu klāj galvenokārt daudz maigākie zaļāļģu *Oscillatoria* un kramaļģu *Melosira varians* veidi.

Arī traumes ātrums, vilpi un ūdens kustība ir ietekmē perifitona augšanu un produkciju. Ap noteiktu vecumu sākas ūdens šūnām izveidojas «iztukšošanas» zona. Tajā uzkrājušies metabolisma produkti traucē šūnu dzīvības procesus, tādēļ arī to ļoti liela nozīme ir ūdens kustībai, kas vājina šīs zonas ietekmi, nesot no tās metabolisma produktus.

Dažādu sugu asociācijas ietekmē mazāk liels mehāniskā iedarbība, vairāk — skābekļa saturs un tā fluktuācijas. Mērenā straujā ūdens plūsmā aug tikai tās aļģes, kuras piestiprinājušās pie substrāta ar želejveida spilventiņiem vai ar šķēķiem un kuras spēj turēties pretim traumei. Blīvākās perifitiskās cenozes veidojas un upēs parasti sastopamas no traumes aizsargātās vietās.

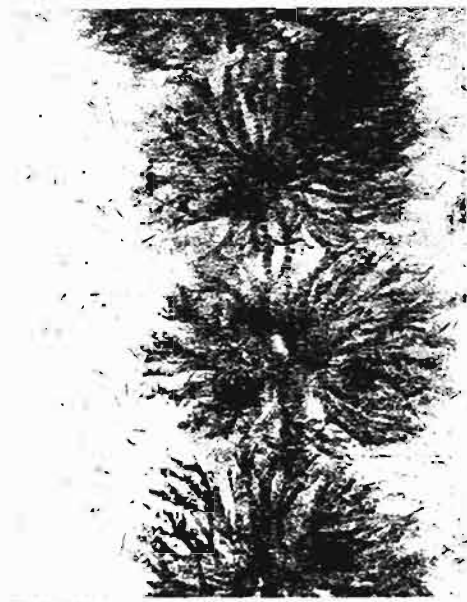
Ūdens kustība ietekmē skābekļa, ogļskābekļa un citu vielu šķīdību, bez tam maina temperatūru un ūdens dzidrību, kas ietekmē perifitisko organismu piestiprināties. Ūdens vilņošanās ezeros un pārmērīgs straumes ātrums upēs traucē perifitona augšanu, kaut gan atse-



Uz ūdeni iegremdēta stiklīņa pēc divām nedēļām izveidojies kramaļģu un zaļāļģu perifitons.

višķas aļģu sugas dod priekšroku ātrai straumei. Ir vērojams «nokasīšanas jeb noskrāpēšanas» efekts, jo perifitons, kas aug uz smilšainas virsmas, ir jutīgāks pret straumi, kas samērā maz ietekmētu perifitonu uz akmeņainas virsmas. Ļoti jutīgi pret ūdens plūsmas darbību ir mazie akmeņi, kuri tiek velti pa upes gultni un tādējādi zaudē perifitona audzes.

Ūdens ķīmiskais sastāvs var nomākt atsevišķu perifitona sugu attīstību. Kalcijam ir ļoti liela nozīme perifitona vides stabila skābuma saglabāšanā, bet tas var arī neļaut dažām toksiskām vielām iedarboties uz dzīvajiem organismiem un neitralizēt sērskābi, kas iekļuvusi ūdenstilpē ar skābajiem lietiem. Perifitonam ir svarīgas karbonātu, nitrātu, fosfora savienojumu un organiskās barības vielas. Pierādīts, ka neliela metālu jonu koncentrācija var pārveidot perifitona cenozes struktūru, piemē-



Sārtaļģe *Batrachospermum moniliforme* (200X palielin.)

Autora foto

ram, veicināt zaļāļģu strauju augšanu cenoze dominējošo kramaļģu vietā. Metāli vai to joni var būt toksiski dažādām perifitona hidrobiontu grupām. Kramaļģes ir daudz jutīgākas pret metālu joniem nekā zaļāļģes.

Perifitonam raksturīga tajā ietilpstošo augu un dzīvnieku aktīva mijiedarbība. Šajā gadījumā jārunā par perifitona trofisko struktūru. Autotrofie organismi jeb producenti (fotosintezējošās un hemosintezējošās aļģes) ir barība heterotrofajiem organismiem, makrokonsumentiem (vienšūņi, sūkļi, sūņeni, moluski, aīrkāju vēziši, mazsaru tārpi un citi bezmugurkaulnieki) un reducentiem (baktērijas, aktinomicētes un sēnes).

Perifitonam ir ļoti liela nozīme attiecīgās ūdenstilpes pašattīrīšanās procesos. Tos veicina aļģes (galvenās skābekļa izdalītājas), mikroorganismi, viciaņi, infuzorijas, mazsaru tārpi, trīsulodu kāpuri un citi bezmugurkaulnieki. Līdz ar to perifitona organismi ir lieliski ūdens piesārņojuma rādītāji. Piesārņotību var noteikt ar perifitona cenozes sugu un trofiskās struktūras analīzi. Piesārņojums var izspiest no perifitona biocenozes tolerantākās hidrobiontu formas, līdz ar to samazinot biocenozē dzīvojošo organismu daudzveidību. Pēc perifitona augu sastāva attiecīgajā ūdenstilpē ir iespējams noteikt tās produktivitāti, kā arī ūdens kvalitāti.

Pētot perifitonu visā upes garumā — ezeros tas ir vienveidīgāks, — var novērot tā organismu galveno sugu kompleksu maiņu. Latvijā tā ir sevišķi izteikta mazajās upēs. Seit perifitona sugu sastāvu un tā maiņu stipri ietekmē gan upes kritums, gan gultnes iezī un to sastāvs, noēnojums; zināmu ietekmi atstāj arī piesārņojums. Kurzemes mazajām upēm Pitragupei un Melnsilupei, kuru augstecē ir liels kritums un ūdens bagāts ar skābekli, raksturīgs tīrs, strauju upju perifitona sugu komplekss, kurā dominē sārtaļģes. Turpretī lejtecē, samazinoties kritumam, skābekļa daudzumam un pastiprinoties apgaismojumam, parādās lēna tecējuma upju perifitona komplekss, kurā dominē zaļāļģes, zaļāļģes un kramaļģes. Upēs, kur straujus posmus nomaina lēni posmi (Tartaka, Asūnica un Indrica Latgalē), mainoties straumes ātrumam, kā arī perifitona piestiprināšanās substrātam, mainās arī sugu kompleksi. Savukārt lēni tekošajās Zemgales upēs, tādās kā Bērze, Misa un Vilce, sugu sastāvs visā upes tecējumā tikpat kā nemainās. Seit dominē pavedienvēda zaļāļģes un zaļāļģes un uz zaļāļģu pavedieniem atrod ļoti daudz epifitisko kramaļģu. Pēc perifitona sugu nomaiņas upē var novērot pašattīrīšanos. Tāpēc hidrobiologi uzskata par ļoti nozīmīgiem perifitona pētījumus, jo tie atklāj ilgā laika posmā ūdenstilpē notiekošus procesus.)

Reprint from  
Aqua Fennica 22, 2 • 1992

Ivars Druvietis

COMPARATIVE STUDIES ON PHYTOPLANK-  
TON AND PERIPHYTON IN SEVEN SMALL  
LAKES WITH DIFFERENT TROPHIC STATE

## COMPARATIVE STUDIES ON PHYTOPLANKTON AND PERIPHYTON IN SEVEN SMALL LAKES WITH DIFFERENT TROPHIC STATE

Ivars Druvietis

Druvietis, I. 1992. Comparative studies on phytoplankton and periphyton in seven small lakes with different trophic state. *Aqua Fennica* 22,2:143–151.

The reserves Krustkalni and Teiči are located on moraine hillocks in the East-Latvian lowland. The lake water is classified as calcium hydrocarbonate type. Phytoplankton and periphyton investigations with analyses on water chemistry have been carried out in 7 small lakes with various trophic levels and anthropogenic impact. Five of lakes are fed by waters from bogs and their algal flora is scarce. Chrysophytes and diatoms are dominating in phytoplankton, whereas the genera *Oedogonium*, *Stigeoclonium* and *Tolypothrix* are prevailing among periphyton. Red alga *Batrachospermum* sp. occurs in small quantities. Two deep lakes in a subglacial depression are distinguished by their rich algal flora dominated by Chrysophyta, Cyanophyta and Bacillariophyta. Also periphyton of these lakes differs from that in the other lakes. A rare euglenophyte species *Strombomonas acuminata* (Schmadra) Defl. was also found in these lakes. The trophic state of the studied lakes varied according to their water sources.

Index words: Larvia, phytoplankton, periphyton.

Ivars Druvietis, Institute of Biology of the Latvian Academy of Sciences LV-2169 Salaspils, 3 Miera Street, Larvia.

### INTRODUCTION

Phytoplankton and periphyton studies were carried out for the first time in 7 small lakes in the reserves Krustkalni and Teiči. The study concerned measurements and analyses on water quality, phytoplankton and periphyton.

In the lakes of Krustkalni reserve relationships between phytoplankton and zooplankton was also studied (Zarubov and Druvietis 1990).

This study concerns biomass, cell density and species composition of phytoplankton and periphyton in relation to the environmental factors. All studied lakes, except one, are without direct anthropogenic impact.

### STUDIED LAKES

The reserves Krustkalni and Teiči occupy a plane of moraine hillocks in the East-Latvian lowland near the town Laudona (Fig. 1). Most of Krustkalni territory is covered by coniferous forests.

Only a small part is under meadows or bogs. In the western part of Krustkalni there are calciferous sediments under one meter thick peat layer (Abele and Miežite 1982). Most part of Teiči reserve is covered

by bogs, which surround also the lakes in area.

All studied lakes were small, with the surface area < 100 ha. Conductivity of the water in Krustkalni lakes is rather high belonging to a calciumbicarbonate type (Table 1). That is typical for most of Latvian surface waters. These lakes are fed by bog waters, surface runoff and springs. Lake waters in Teiči reserve have low conductivity and they are fed by waters from bogs.

### MATERIAL AND METHODS

Periphytic algae were studied in the summer 1988. Samples were collected from the surfaces

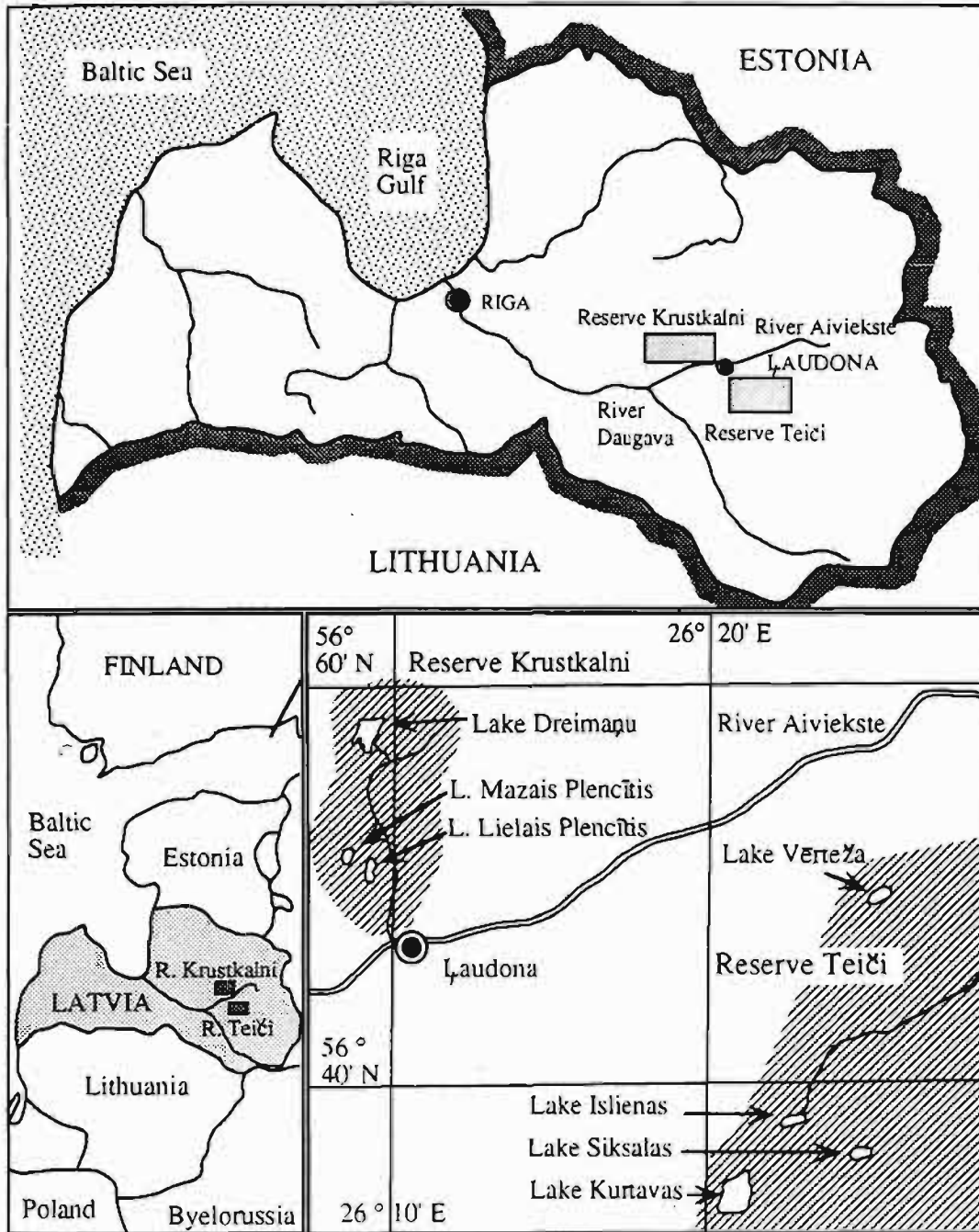


Fig. 1. Location of the studied lakes.

of submerged macrophytes, wood, stones and from artificial substrata. Algal filaments, that adhere closely to the substratum were scraped from a predetermined natural surface area or from an artificial substratum. Samples were fixed with Lugol's solution. Algal samples were quantitatively analyzed by Zeiss bright field microscope. The species were identified with the help of taxonomic literature (Hollerbach 1953, 1959, 1982; Starmach 1964, 1969, 1972). All periphytic samples were collected in shallow lit-

toral zone.

Phytoplankton samples were collected by Ruttner type water sampler. As the lakes are shallow and polymictic, phytoplankton samples were collected at the depth of 0.5 m in pelagial from one station on each lake. Phytoplankton samples were collected in July 1988 (lakes 1, 4, 5, 6, 7) and in September 1988 (lakes 2, 3). Samples were immediately fixed with formalin to 4% solution. Fresh algal mass was established by means of volume measurement method, comparing algal

Table 1. Some hydrographical data on the studied Larvian lakes.

Lake	Surface area ha	Max. depth m	Mean depth m
Reserve Krustkalni			
1. Dreimāņu	49	7.5	4.9
2. Mazais Plencītis	3.2	3.5	2.2
3. Lielais Plencītis	11	0.6	0.1
Reserve Teiči			
4. Islienās	11	2.0	1.0
5. Vērtēža	19	6.4	4.2
6. Kurtavas	74	1.2	0.8
7. Siksālas	15	6.4	3.4

shapes of particular species to geometrical solids and by computing numerosity of population for particular species and their individual volume. Cell numbers were determined by a bright field microscope (Amplival, Karl Zeiss Jena) using magnifications of 100x, 200x and 400x.

Classification of lakes in the reserves were made according to the lake classification worked out in Estonia by Mäemets (1974), who differentiated lakes on the basis of ecological principles into 7 main types and on the basis of the biogeo-circulation into 24 subtypes according to their depth, range of epilimnion, oxygen condition, etc. Main types of this classification are:

- oligotrophic lakes
- semidystrophic lakes
- dystrophic or chthoniotrophic lakes
- eutrophic lakes

- dyseutrophic lakes (= mixotrophic or chthonio-eutrophic lakes)
- alkalitrophic lakes and
- halotrophic lakes.

## RESULTS

Studied seven small lakes in the reserves Krustkalni and Teiči vary on their trophic state and their degree of dystrophy. According to the lake classification worked out in Estonia (Mäemets 1974), the investigated lakes belong to the following groups or subtypes (Tables 1, 2):

- shallow oligotrophic lakes: L. Mazais Plencītis (nr. 2)
- shallow eutrophicated oligotrophic lakes: L. Dreimāņu (nr. 1)
- shallow semidystrophic lakes: L. Vērtēža (nr. 5; Fig. 2)
- shallow dystrophic lakes: L. Islienās (nr. 4), L. Siksālas (nr. 7), L. Kurtavas (nr. 6; Fig. 3)
- very shallow dystrophic lakes: L. Lielais Plencītis (nr. 3; Fig. 4).

The shallow oligotrophic lake Mazais Plencītis (lake nr. 2) in the reserve lies in a subglacial hollow and it is surrounded by forests. The lake vicinity is rich in springs and its bottom is silty. Under the silt layer there are calcareous fresh water sediments. The littoral zone full with aquatic plants ranges within 3–15 m with *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla and *Typha latifolia* L. as dominant species (Table 3). The lake periphyton is

Table 2. Data on water quality in the studied lakes during the summer stratification 1988 (July: lakes 1, 4, 5, 6, 7; September: lakes 2, 3).

Water quality parameter	Unic	Reserve Krustkalni			Reserve Teiči			
		1	2	3	4	5	6	7
pH		7.6	7.4	7.4	7.0	5.4	6.4	5.8
Conduct. (20 °C)	mS m <sup>-1</sup>	28.9	29.3	28.4	9.3	2.2	2.8	2.6
Secchi disc visib.	m	3.5	3.0	0.6	0.6	2.8	0.7	0.8
Colour	mg Pt l <sup>-1</sup>	14	25	51	193	11	117	86
BOD <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> l <sup>-1</sup>	3.31	0.85	–	4.78	2.63	3.30	2.76
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	mg l <sup>-1</sup>	28.0	16.0	16.5	23.3	22.8	12.0	17.3
Ca <sup>2+</sup>	mg l <sup>-1</sup>	51.9	40.5	47.7	15.2	2.2	4.4	4.4
Mg <sup>2+</sup>	mg l <sup>-1</sup>	17.8	22.5	16.2	7.9	1.3	2.6	2.6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg l <sup>-1</sup>	15.6	10.7	11.5	9.9	28.0		
HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	mg l <sup>-1</sup>	287	250	244	122	24	37	49
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	μg l <sup>-1</sup>	7	4	6	0	2	0	4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	μg l <sup>-1</sup>	190	0	0	0	60	0	0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	μg l <sup>-1</sup>	0	6	6	7	2	4	3
Cl <sup>-</sup>	mg l <sup>-1</sup>	5.3	6.7	4.6	4.6	5.3	5.7	6.4



Fig. 2. Lake Vērtēja (Reserve Teiči) (photo: I. Druvietis).



Fig. 3. Lake Kurtavas (Reserve Teiči) (photo: I. Druvietis).



Fig. 4. Lake Lielais Plencītis (Resrve Krustkalni) (photo: I. Druvietis).

very rich and diverse. Altogether 74 algal species were identified from the sample. Chlorophyta and Bacillariophyta were the dominating groups in periphyton. *Scytonema mirabile* (Dillw.) Boen. dominates on plants. *Navicula gracilis* Ehr., *Synedra acus* Kütz., *Mougeotia* sp., *Closterium aciculare* Menegh., *Spirogyra* sp. and *Chamaesiphon* sp. were other common taxa in periphyton. *Strombomonas acuminata* (Schmarda) Defl., which is a rare algal species in Latvia, was also found in periphyton samples.

Phytoplankton of Lake Mazais Plencītis is characterized by small algal biomass and low number of cells. However, it has a high species diversity when compared with the other studied lakes (Fig. 5). *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Dinobryon sertularia* Ehr. and *Mallomonas acaroides* Perty dominated in the summer sample.

Similar to the previous lake the shallow lake Dreimanu also lies in a subglacial hollow. The lake is surrounded by forests, but in a smaller area lake was bordered on meadows with some antropogenic impact. Many springs occur on the lake shores. The littoral zone full with aquatic plants ranges within 3–30 m with the same species as in the previous lake Mazais Plencītis

(Table 3).

Submerged macrophytes have a rich epiphytic algal flora with Bacillariophyta and Chlorophyta as dominating groups. *Cocconeis placentula* Ehr., *Melosira varians* Ag., *Navicula gracilis* Ehr., *Synedra acus* Kütz. and *S. ulna* (Nitzsch.) Ehr. were characteristic taxa in periphyton.

The phytoplankton composition differs only slightly from that of the lake Mazais Plencītis. Besides *Dinobryon sertularia* Ehr., *Fragilaria crotonensis* Kitt. and *Mallomonas acaroides* Perty a considerable amount of *Aulacosira italica* (Ehr.) Simonsen occurs there. In Lake Dreimanu the algal biomass is rather low, but higher than in Lake Mazais Plencītis (Fig. 6).

The shallow semidystrophic lake Vērtēža has no surface discharge. It is located in the Teiči reserve in the middle of a bog. Its water is clear with a peculiar chemical composition where sulphate ions prevail the bicarbonate ions indicating a decreasing buffering capacity (Table 2). Lake has no hypolimnion and its bottom is covered by a silt sapropel, which is in some places 1.1 m deep.

Typical peatbog vegetation is growing on the shores (*Ledum palustre* L., *Chamaedaphne* sp., *Callu-*

Table 3. Dominating aquatic macrophytes in the studied lakes. Macrophyte

	Reserve Krustkalni			Reserve Teiči			
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Carex</i> sp.			+	+		+	+
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.				+			+
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Smith			+	+		+	+
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	+	+	+	+			+
<i>Potamogeton</i> sp.			+	+		+	+
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	+	+	+			+	
<i>Thelypteris palustris</i> Schott			+				
<i>Typha latifolia</i> L.	+	+	+	+		+	+

*na vulgaris* (L.) Hull., *Empetrum* sp. and *Carex* sp.), but no higher vegetation has been found in the lake itself. Lake periphyton is poor. Practically only desmids *Nerium* sp., *Tetmemorus leavis* Kütz., *Closterium moniliferum* (Bory) Ehr., diatom species *Navicula gracilis* Ehr. and blue green alga *Tolypothrix* sp. are growing there. There are many sunken logs and snags on the bottom. On some of them the red alga *Batrachospermum moniliforme* Roth. has been found in small quantities. Phytoplankton is clearly dominated by *Dinobryon sertularia* Ehr. (83 %), *Asterionella formosa* Hass., *Botryococcus braunii* Kütz. and *Glenodinium gymnodinium* Penard. Lake Vērteža has been distinguished among the investigated lakes by the highest phytoplankton biomass (0.411 mg l<sup>-1</sup>).

Three shallow dystrophic lakes are located in Teiči reserve: Islienais, Siksālais and Kurtavas. They are typical brown water lakes surrounded by bogs and with a low water transparency (0.6–0.8 m). Bottoms of the lakes Isliena and Siksāla are covered all over by silt. In some places there are sunken logs and snags. *Salix* sp., *Carex* sp. and *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. are growing on the shores. Among the aquatic macrophytes *Potamogeton* sp., *Menyanthes trifoliata* L., *Nuphar lutea* (L.) Smith and *Typha latifolia* L. are dominating (Table 3).

The bottom of Lake Kurtavas is covered all over by a thick and dense layer of peat. Like in the other shallow oligotrophic lakes *Nuphar lutea* (L.) Smith, *Potamogeton* sp., as well as *Typha latifolia* L., *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla and *Carex* sp. were dominating in Lake Kurtavas.

All three lakes have a rather scanty periphytic flora, the most abundant taxa being *Oedogonium* sp., *Stigeoclonium* sp., *Tolypothrix* sp. and a desmid *Xanthidium antilopaeum* (Breb.) Kütz.

Phytoplankton is characterized in all three dystrophic lakes by low biomass and low number of cells (Figs. 6 and 7). Phytoplankton is

dominated by *Dinobryon sertularia* Ehr., *Asterionella formosa* Hass. and *Oocystis borgei* Snow.

Among all the investigated seven lakes Lake Lielais Plencītis can be classified as a very shallow dystrophic lake. It is located in the Krustkalni reserve nearby the shallow oligotrophic lake Mazais Plencītis and it also lies in a subglacial hollow. The lake is practically overgrown and partly become embogged. Its bottom is covered by a silty sapropel under which lies a freshwater calciferous layer. The lake is of a mixed type, fed by a surface runoff, springs and bogs. The plants growing in the lake are *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla, *Typha latifolia* L., *Carex* sp., *Thelypteris palustris* Schott, *Nuphar lutea* (L.) Smith and *Potamogeton* sp. The algal flora is very poor. Only 6 algal taxa have been found in the periphyton samples with *Navicula gracilis* Ehr. as dominant. Phytoplankton is characterized by low biomass and low number of cells (Figs. 6 and 7) without any clear dominant taxa. Only 5 taxa were found in the phytoplankton sample with *Dinobryon divergens* Imhof, *Mallomonas acaroides* Perty, *Aulacosira italica* (Ehr.) Simonsen and *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb. among them.

## DISCUSSION

The investigated lakes of Krustkalni and Teiči reserves differ not only by their water sources, trophic state and water quality, but also by the quality and quantity of their algal periphyton and phytoplankton.

Lakes Dreimaņu, Mazais Plencītis and Lielais Plencītis are located in Krustkalni reserve close to each other in a subglacial hollow and they are rather similar by their water quality (Table 2). The species richness of periphyton and phytoplankton in the oligotrophic lakes Dreimaņu and Mazais Plencītis is high (Fig. 5). They have same

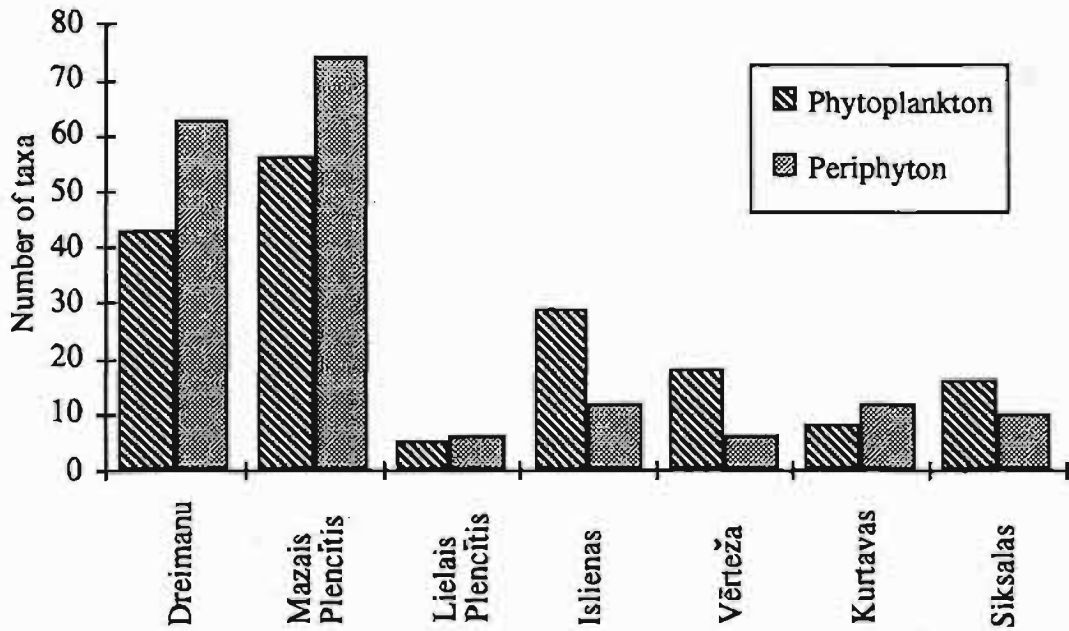


Fig. 5. Number of taxa in phytoplankton and periphyton samples in studied lakes in 1988.

dominating taxa in phytoplankton (*Fragilaria crotonensis* Kitton, *Dinobryon sertularia* Ehr. and *Mallomonas acaroides* Perty) but in Lake Dreimanu besides mentioned taxa also *Aulacosira italica* (Ehr.) Simonsen was abundant indicating an eut-

rophication tendency. That eutrophication of Lake Dreimanu is caused by incoming surface waters with biogenous elements from surrounding fields. In this study, community structure of periphytic algae, particularly epiphytes dominated by

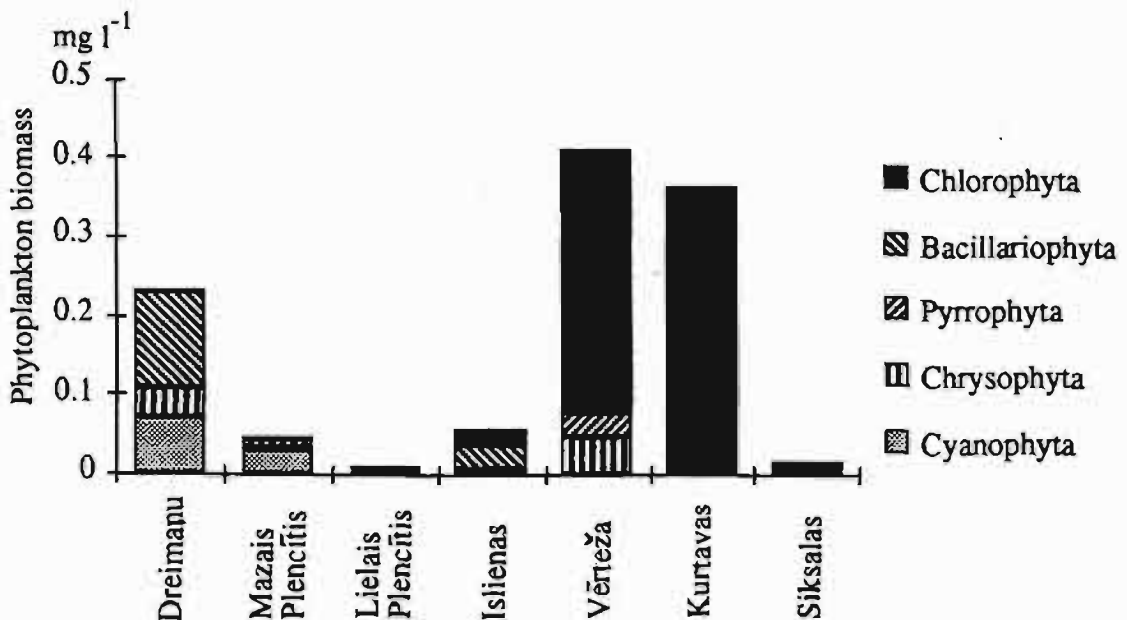


Fig. 6. Phytoplankton fresh biomasses ( $\text{mg l}^{-1}$ ) in the studied lakes during the summer stratification 1988 (July: lakes 1, 4, 5, 6, 7; September: lakes 2, 3).

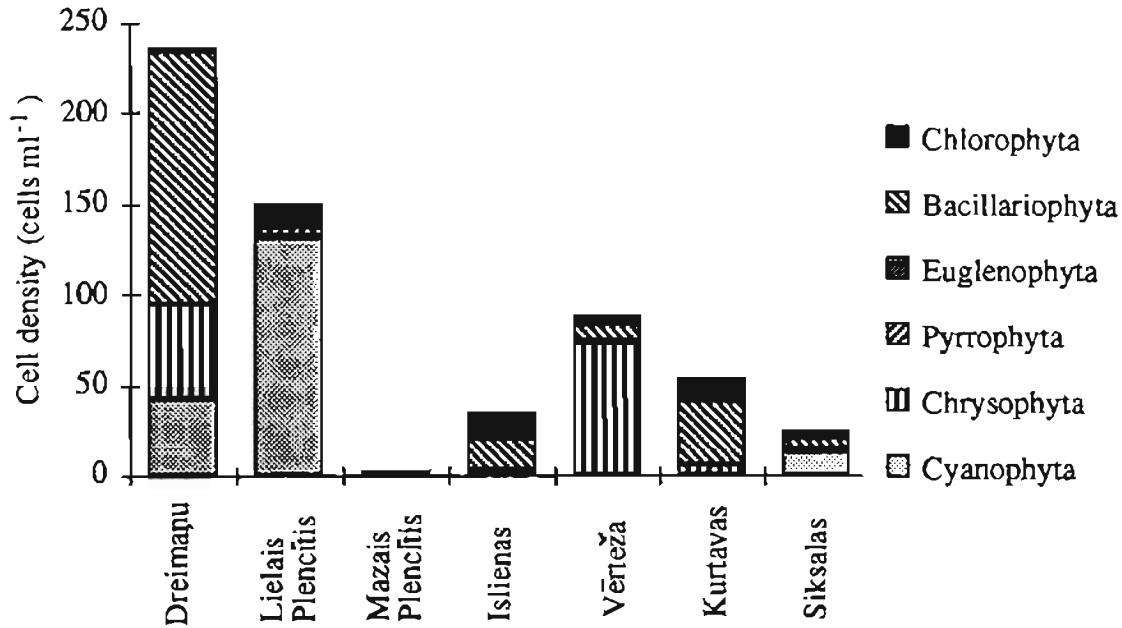


Fig. 7. Phytoplankton cell densities (cells ml<sup>-1</sup>) in the studied lakes during the summer stratification 1988 (July: lakes 1, 4, 5, 6, 7; September: lakes 2, 3).

diatoms and green algae, indicated eutrophication better than phytoplankton. The littoral zone of these lakes is more productive than the pelagial zone.

The shallow, boggy and dystrophic lake Lielais Plencītis located at the end of a subglacial hollow. The chemical properties are rather similar with the previous two lakes (Table 2), but the algal flora both in plankton and periphyton is very poor. The scarcity of algal development was caused by the low nutrient concentrations. This is connected to the boggy surrounding poor with nutrients and numerous springs in the lake vicinity.

The lakes in Teiči reserve. Lakes in Teiči reserve vary very widely by their water colour and the transparency is less than 1 m in all but one lake (Lake Vērtēja). The levels of Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> and HCO<sub>3</sub><sup>2-</sup> are considerably lower in Teiči reserve than in Krustkalni reserve (Table 2). The great amount of humus in lakes surrounded by bogs is of great importance for algal growth e.g. by decreasing the depth of the productive layer. Dystrophic lakes in Teiči reserve (lakes Isienas, Kurtavas, Siksālas) differ essentially from lakes in Krustkalni reserve by much lower species diversities and biomasses both in phytoplankton and periphyton.

In the Teiči reserve Lake Vērtēja is distinguished from all the other in this study. Though the lake is in the middle of a high bog and it has no surface discharge, the electric conductivity and colour are low (2.2 mS m<sup>-1</sup> and 11 mg Pt l<sup>-1</sup>, respectively), as well as the concentrations of

Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> and HCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>. In comparison with the other lakes Lake Vērtēja has a high SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ion concentration (Table 2). It suggests about underground water inflow. Lake Vērtēja is the only one where the red alga *Batrachospermum moniliforme* Roth was observed. The poor complex of the lake phytoplankton with only one dominating species (*Dinobryon sertularia* Ehr.) is close to the poor algal communities in the other lakes of Teiči reserve and differ essentially from communities in lakes of Krustkalni reserve.

## ACKNOWLEDGMENTS

The author express his gratitude to Hydrochemistry Research Group of the Institute of Biology for help in the chemical analyses and to Prof. Pertti Eloranta for revision of the manuscript.

## ZUSAMMENFASSUNG

I. Druvietis: Die vergleichende Untersuchungen des Phytoplanktons und Periphytons in den 7 kleinen Seen mit verschiedener Trophie.

Die Naturschutzgebiete Krustkalni und Teiči befinden sich in der Ebene des Morenenhügellandes in dem ostlettländischen Tiefland in dem Bassin des Aiviekste-Flusses. Das Wasser dieser Seen zählt zu der Ca-Gruppe der Hydrocarbonatenklasse, die dem grössten Teil der lettländischen Gewässer charakteristisch ist. In den 7

kleinen Seen mit verschiedener Trophie und ohne anthropogener Einwirkung wurden die Untersuchungen des Phytoplanktons und Periphytons in den Rahmen des Monitorings der Wasserqualität durchgeführt.

Fünf von den untersuchten Seen ernähren sich von den Sümpfen und haben eine ärmliche Algenflora. In dem Phytoplankton dominieren Chrysophyta und Bacillariophyta. Den führenden Platz in dem Periphyton nehmen *Oedogonium* sp., *Stigeoclonium* sp. und *Tolypothrix* sp. ein. In kleinen Mengen wurden *Batrachospermum* sp. gefunden. Durch reicher Algenflora zeichnen sich 2 vergleichnismässig tiefe Seen aus, die sich in der subglacialer Furche befinden. In dem Phytoplankton dominieren Cyanophyta, Chrysophyta und Bacillariophyta. Dem Periphyton ist eine hohe Artenvielfältigkeit charakteristisch, auch die seltene *Strombomonas acuminata* (Schmarda) Delf. wurde gefunden. Die Seen haben verschiedene Trophie, die vor allem von der Ernährungsweise der Seen bestimmt wird.

## REFERENCES

- Ābele, G.T. & Miezīte, I.J. 1982. Zapovednik Krustkalni (The Krustkalni reserve). – Zinatne, Riga: 7–11. (in Russian)
- Greenberg, A.E., Trusell, P.R. & Clesceri, L.S. (eds.) 1985. Standard methods for the examination of water and waste water: 1043–1101. Washington.
- Hollerbach, M. (ed.) 1953–82. Opređelitel presnovodnih vodoroslei SSSR (Identification guide of freshwater algae of USSR): – Vol. 2 (1953), 8 (1959), 11 (2) (1982). Moskva-Leningrad.
- Mäernets, A. 1974. On Estonian lake types and main trends of their evolution. – In: A. Mäernets (ed.), Estonian wetlands and their life: 29–62. Valgus, Tallinn.
- Starmach, K. (ed.) 1964–72. Flora Ślodkowodna Polski (Freshwater Flora of Poland). – Vol. 6 (1964), 11 (1969), 12 A (1972). Warszawa-Kraków.
- Weitzel, R.L. 1979. Periphyton measurements and application. – In: R.L. Weitzel (ed.), Methods and measurements of periphyton communities. – Amer. Soc. Testing and Materials: 3–33. Baltimore.
- Zarubov, A. & Druvietis, I. 1990. Osobennosti biocenoticheskikh ocnoshenij fito i zooplanktona v vodojomah zapovednika Krustkalni (Peculiarities of biocenotic relations between zooplankton and phytoplankton in the water bodies of the Krustkalni reserve). – Larvijas PSR Zinatnu akademijas Vestis: 50–55. Zinatne, Riga.

Received 27 April 1992

Accepted 15 February 1993



**VISPASAULES  
LATVIEŠU  
ZINĀTŅU  
KONGRESS**

RĪGA, 12. - 17. 7. 1991.

**DALĪBŅIEKU REFERĀTI  
BIOGRĀFIJAS  
ADRESES**

**4**

**RĪGA, LATVIJA**

## ALĢES KĀ LATVIJAS MAZO UPJU EKOLOĢISKĀ STĀVOKĻA RĀDĪTĀJS

Latvijas mazo upju ekoloģiskā stāvokļa novērtēšana pēc fitoplanktona, perifitona un fitobentosa cenožu pētījumiem veikta 70 upēs ar dažādu barošanās tipu (ezeru, purvu, avotu, jaukta barošanās). Upēs ar ezeru barošanos fitoplanktonā dominē limnofilais aļģu sugu komplekss. Upes ir isas, samērā straujas. Līdz ar to antropogēnais faktors nespēj izmainīt fitoplanktona sugu sastāvu. Pieteku fitoplanktons nenozīmīgs. Šī tipa upēs (Latgales augstienes mazās upes) perifitons un fitobentoss reprezentatīvi ataino dažādu faktoru ilgstošas iedarbības rezultātus uz fitocenozēm, tajā pašā laikā fitoplanktons ataino tā ezera ekoloģisko stāvokli, no kura iztek attiecīgā mazā upe. Upes ar purvu barošanos (ZR Vidzemes pacēluma upes) ir lēni tekošas ar nabadzīgu fitoplanktonu. Antropogēnā faktora ietekmē būtiski izmainās gan fitoplanktons, gan perifitons, gan arī fitobentoss. Pat pie neliela lokāla piesārņojuma grunts virsējā slāni parādās zilaļģes – piesārņojuma rādītāji. Fitoplanktons, perifitons un fitobentoss patiesi ataino šī tipa upju ekoloģisko stāvokli. Upēs ar avotu barošanos (daļa upes, kas ietek Baltijas jūrā) dominē nabadzīgs viensūnu kramaļģu un zaļaļģu fitoplanktons. Upes ir samērā straujas, vidēji garas, ar noēnotiem krastiem. Upēs vāji attīstīts fitobentoss. Perifitonā ievērojamā daudzumā sastopamas ēnu mīlošās sārtaļģes, kas uz akmeņiem veido blīvas audzes. Apgaismotās vietās dominē zilaļģes un pavedienvēida zaļaļģes. Šī tipa upēs praktiski tikai perifitons patiesi ataino to ekoloģisko stāvokli. Lielākā daļa mazo upju attiecināmas pie upēm ar jaukta tipa barošanos. Daļa no tām ir piesārņotas, pat stipri piesārņotas (Zemgales līdzenuma upes). Fitoplanktona dominē zilaļģes, viensūnu un daudzsūnu kramaļģes un zaļaļģes. Ievērojamu daļu fitoplanktona veido bentosa aļģes, kuras masveidā attīstās piesārņotās vietās, un, pateicoties straumei, nokļūst fitoplanktonā. Apaugumos dominē zilaļģes, pavedienvēida zaļaļģes un kramaļģes. Šī tipa upēs gan fitoplanktons, gan arī perifitons reprezentatīvi atspoguļo to ekoloģisko stāvokli.

### BIOGRĀFIJA:

Dzimis 1950. gadā, Rīgā. 1980. gadā beidzis Latvijas Universitāti. Latvijas Zinātņu Akadēmijas Bioloģijas institūta jaunākais zinātniskais līdzstrādnieks. 21 zinātniskas publikācijas autors.

### AUTORA ADRESES:

darbā – 229021, Salaspils, Miera ielā 3, Latvijas Zinātņu Akadēmijas Bioloģijas institūts;

mājās – 226056, Rīgā, Berģu ielā 3-37, Latvija.

LR VIDES AIZSARDZĪBAS KOMITEJA  
PĒTĪJUMU CENTRS

## VIDES AIZSARDZĪBA LATVIJĀ



### ZIEMELVIDZEMES REĢIONĀLAIS DĀBAS AIZSARDZĪBAS KOMPLEKSS

- A. SĀKOTNĒJĀ SITUĀCIJA UN IDEJAS
- B. SALACAS BASEINA UPIJU KOMPLEKSĀS IZPĒTES  
MATERIĀLI MONITORINGA SISTĒMAS IZVEIDES KONTEKSTĀ

RĪGA, 1993

I. DRUVIETIS, LZA Bioloģijas institūts

## SALACAS PIETEKU FITOPLANKTONA UN PERIFITONA PĒTĪJUMU MONITORINGS

Lai noteiktu apkārtējās vides stāvokļa izmaiņas un novērtētu Salacas pieteku sanitāro stāvokli, kā arī izpētītu mazo upju aļģu floru, no 1982. gada tiek veikti regulāri algoloģiskie pētījumi. Fitoplanktona sugu sastāvs, biomasa, kā arī perifitona aļģu sugu sastāvs, tā ekoloģiskās īpatnības tika pētītas Salacas pietekās Kīrelē, Nātrē, Igē, Norēnupītē, Korģē, Jaunupē, Ramatā, Dzimumpē, Gāžupē un Melnupē.

### PĒTĪJUMU VIETAS APRAKSTS

Salacas kreisā krasta pietekām raksturīgs vienmērīgs gultnes kritums, bet labā krasta pietekas un Korģe no kreisā krasta pietekām ir dziļi iegrauzušās Salacas ielejas terasē. Lielākai daļai pētāmo upju augštece vai vidustece ir iztaisnotas, taču to grīvu rajoni atrodas aizsargājamā Ziemeļvidzemes reģionālā dabas aizsardzības kompleksa teritorijā. Upju lejteces straujas, stipri noēnotiem krastiem. Degradētie posmi atrodas vietās, kur notiek intensīva zemju apsaimniekošana vai arī rūpnieciskā darbība.

### MATERIĀLS UN METODIKA

Aļģu paraugi ievākti, lai laika gaitā būtu iespējams salīdzināt aļģu attīstību un sugu sastāva izmaiņas degradētajā un neskartajā upes posmā. Daļa rezultātu iepriekš publicēti [4]. Paraugi ievākti dažādos biotopos ritrālā un potamālā sākot ar 1982. gada vasaru. Paraugi tika ievākti un apstrādāti saskaņā ar "Standart Methods for the Examination of Water and Waste Water"(1985). Perifitona un fitobentosa floras pētījumi izdarīti saskaņā ar "Methods and Measurements of Periphyton Communities"(1979). Ūdens saprobioloģiskā analīze veikta saskaņā ar "Унифицированные методы исследования качества вод"(1976).

## REZULTĀTI

### SALACAS KREISĀ KRASTA PIETEKAS

Ķirele augštecē, pie iztekas no Ķiruma ezera, ir kanalizēta. Upes degradētajā posmā fitoplanktonā atainojas Ķiruma ezera samērā bagātīgā aļģu flora, kur dominē kramaļģe *Melosira italica* var. *italica* (Ehr.) Kütz., *M. isiandica* subsp. *helvetica* O. Mū. *Stephanodiscus astraea* (Ehr.) Grun., *Synedra acus* Kütz., *Nitzschia acicularis* W. Sm. subdominantī jāatzīmē *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb., *Anabaena spiroica* Kleb. Vislielākās fitoplanktona biomasas novērotas vasaras mazūdens periodā - 1,8 mg. Upes augštecē gruntis ir dūņaini kūdrainas, uz to virskārtas lielā daudzumā atrodam zīlaļģes *Oscillatoria tenuis* Ag., kramaļģes *Melosira italica*, kā arī nosēdušās planktona aļģes. Gan uz grunts, gan arī uz ūdensaugiem lielā daudzumā atrastas zaļaļģe *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. Aļģu sastāvs ataino tipisku eitrofu biotopu. Lejteces nosacīti neskartajā posmā - Ķirele ir strauja, akmeņaina ar noēnotu upes gultni un dzeltenām smiltīm. Te nedaudz samazinājies fitoplanktona sugu skaits, kā arī pazeminājusies tā biomasas. Tas liecina, ka mazinājusies ezera ietekme uz upes fitoplanktona attīstību. Pašā upes lejtecē uz akmeņiem noēnotās vietās atrastas sārtaļģe *Hildebrandtia rivularis* (Liebm.) J. Ag., kas norāda uz tīra ūdens klātbūtni. Turpat pie akmeņiem piestiprinātajās ūdens sūnās *Fontinalis* sp. dominē *Nitzschia* un *Navicula* dzimtu kramaļģes. Pēc aļģēm saprobiontiem upe novērtējama β-α mezosaproba, kas liecina par ietekmi uz Ķireles, kā arī uz Ķiruma ezera attīstību atstāj kultivētās plāvas un ganības, kurām ir plaša drenāžas sistēma.

Nātrei (Nātrenei) ir mežu - purva tipu ūdensguves baseins. Fitoplanktons upē nabadzīgs. Dominē kramaļģes *Navicula* sp., *Melosira italica*. Upē vasaras aļģu biomasas zemas - līdz 0,088 mg/l. Perifitonā dominē tikai kramaļģes *Cocconeis pediculus* Ehr., *C. placentula* Ehr., *Nitzschia sigmoidea* (Ehr.) W. Smith, *Navicula cryptocephala* Kütz. Upe pēc aļģēm saprobiontiem novērtējama β-0 mezosaproba, ar mazu antropogēno noslodzi.

Iģe ir lielākā un garākā Salacas pieteka. Lielu ietekmi uz Iģes fitoplanktona cenozi veidošanos atstāj augštecē atrodošās ūdenskrātuves, kas upes fitoplanktonā ienes protokokāļu rindas zaļaļģes, galvenokārt *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb., kas veido līdz 40% no kopējās vasaras mazūdens perioda aļģu biomasas (vidējā biomasas 0,012 mg/l). Iģes lejteces fitoplanktonā dominē *Scenedesmus quadricauda*, *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia* sp. Iģes lejtece ir akmeņaina un daļēji noēnota, līdz ar to te izveidojusies bagāta perifitona flora. Perifitonā vadošās ir *Cladophora glomerata*, *Ulothrix zonata* Kütz., *Lyngbia* sp., *Melosira varians* Ag. Noēnotā ritrona daļā konstatētas atsevišķas sārtaļģu *Hildebrandtia rivularis* atradnes. Pēc algoloģiskajiem rādītājiem upe novērtējama kā β mezosaproba.

No Ungurpils ezera iztekošās Joglas augštece ir stipri degradēta, jo tūkusi pakļauta spēcīga antropogēnā faktora ietekmei. Degradētā posma perifitonā galvenokārt dominē zilaļģes *Oscillatoria tenuis*, kas blīvā slānī pārklāj gan pēlēko grunts virskārtu, kā arī ūdensaugus, savukārt zaļaļģes *Cladophora glomerata* lielā masā aizņem upes gultni, kā arī piestiprinājušās pie ūdensaugiem. Ar ūdensaugiem un *Cladophora glomerata* blīvi aizaugušais upes posms darbojas kā filtrs, aizkavējot ezera fitoplanktona pasīvu aizplūšanu uz Salacu, kā arī veicinot planktona aļģu izgulsnēšanos Joglas upē. Fitoplanktonā dominē protokokāļu rindas zaļaļģes un kramaļģes. Vasaras mazūdens perioda vidējā biomasa - 0,75 mg/l. Joglas lejtece Salacas ielejā ir akmeņaina, strauja un samērā noēnota. Pateicoties noēnojumam, kā arī strauvei un līdz ar to ar skābekli bagātajam ūdenim, uz akmeņiem lielā daudzumā atrasti asinssarkanie sārtaļģu *Hildebrandtia rivularis* laponi, kas raksturīgi tīram biotipam. Taču tepat atrodamas arī  $\alpha$  mezosaprobai videi raksturīgās zilaļģes *Oscillatoria tenuis*, *O. princeps* Vauch. pavedieni. Jāsecina, ka labvēlīgajos fizikālajos apstākļos attiecīgajā biotopā dominē aļģes, kuras rāda zemāku saprobitātes pakāpi, nekā tas ir patiesībā, resp., rāda tīrākas vides klātbūtni. Pēc saprobioloģiskās analīzes Joglas upe novērtējama kā  $\alpha$  mezosaproba.

Vienai no isākajām Salacas pietekām Noriņai (Norēnupītei) raksturīgs nabadzīgs vienšūnu kramaļģu fitoplanktons. Vasaras mazūdens perioda vidējā biomasa - 0,071 mg/l. Upes augšteces perifitons un fitobentoss nabadzīgi; to veido atsevišķi *Melosira varians* un *Oscillatoria tenuis* pavedieni. Netālu no ietekas Salacā uz upes atrodas daļēji sagruvis dzimavu aizsprosts, kam pateicoties upes ūdenī tiek palielināts skābekļa daudzums. Patī upes lejtece strauja, akmeņaina, upei noēnoti krasti. Visi minētie apstākļi rada labvēlīgu vidi sārtaļģu attīstībai. Upes gultnē pie akmeņiem piestiprinājušās ūdenssūnas *Fontinalis* sp. audzes, kur mājō daudz kramaļģu un zaļaļģu: *Navicula gracilis* Ehr., *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr., *Closterium moniliferum* (Bory) Ehr., *Cymatopleura solea* (Breb.) W. Smith, *C. elliptica* (Breb.) W. Sm., *Melosira varians*, *Nitzschia sigmoidea*, *Meridion circulare* Agardh. Īpaši jāatzīmē, ka perifitonā atrastas tīru ūdeņu retas sārtaļģes *Chantransia leibleinii* Kütz., *Ch. chalybea* (Roth.) Fries, *Lemanea fluviatilis* Ag., *Batrachospermum moniliforme* Roth., kā arī tīru un strauju ūdeņu zaļaļģes *Draparnaldia glomerata* (Vauch.) Ag. Noriņas upe pēc aļģēm saprobitātiem novērtējama kā 0- $\beta$  mezosaproba.

Salacas pieteka ar vislielāko kritumu (2,4‰) Korgē augštecē pakļauta antropogēnā faktora iedarbībai. Upes grunts virsējā kārtiņa, kā arī ūdeni iegremdētie priekšmeti pārklāti ar zilaļģu *Oscillatoria tenuis* pavedieniem. Fitoplanktonā dominē vienšūru kramaļģes *Nitzschia acicularis*, *Navicula cryptocephala*, kā arī protokokāļu rindas zaļaļģes *Scenedesmus quadricauda*, *Scened. arcuatus* Lemm., *Scened. acuminatus* var. *acuminatus* (Lagerh.) Chod., *Crucigenia rectangularis* (A. Braun.) Gay. Grīvas rajonā, kur straumes ātrums sasniedz 0,5 m/s, ir strauji pieaugušas fitoplanktona biomasas (no 0,032 mg/l augštecē līdz 0,176 mg/l Korges lejtecē). Tas var būt izskaidrojams tādējādi, ka

noskalošanās rezultātā fitoplanktonā iekļūst bentosu un perifitonu apdzīvojošās aļģes ar lieliem šūnu tilpumiem un arī noberztie zilaļģu un kramaļģu pavedienu fragmenti. Grīvas rajonā upes gultne akmeņaina, ar rupju granti vai oļiem, kas ir lielisks substrāts perifitonam. Pie akmeņiem, tāpat kā citu Salacas pieteku straujajos, neskartajos posmos, piestiprinājušās ūdenssūnas *Fontinalis* sp., kur patvērumu radušās kramaļģes *Navicula cryptocephala*, *Navicula gracilis*, *Cymbella cuspidata* Kütz., *Nitzschia acicularis*, *Epithemia sorex* Kütz., *Achnanthes minutissima* Kütz., tāpat arī zilaļģes *Oscillatoria tenuis* un pavedienuveida zaļaļģes *Spirogyra* sp. Straumē, kur liels skābekļa daudzums un arī nekrastos esošajiem kokiem ir pietiekams noēnojums, uz akmeņiem atrodamas sārtaļģu *Hildebrandtia rivularis* plankumveidīgie asinssarkanie lapaņi. Pēc aļģēm saprobiontiem, Korģe raksturojama kā  $\beta$  mezosaproba.

Jaunupe pēc būtības ir kanāls, kas savieno Svētupi ar Salacu, kā rezultātā lielākā daļa Svētupes ūdeņu nonāk Salacā. Upes algoflorā praktiski ataino Svētupes algofloru, kur fitoplanktonā dominē zaļaļģes un kramaļģes. Kā vadošās sugas jāmin *Scenedesmus quadricauda*, *Navicula cryptocephala* un *Scenedesmus acuminatus*. Līdzīgi pārējām Salacas pietekām aļģu fitoplanktona biomasas vasaras mazūdens periodā zemas - vidēji - 0,036 mg/l. Ritrālā grunti veido rupja grants un akmeņi, pie kuriem lielās masās piestiprinājušās zaļaļģes *Cladophora glomerata* un zilaļģes *Oscillatoria tenuis*. Bez tam zem šī *Cladophora glomerata* "paklāja" nitrālā konstatētas nelielas sārtaļģu *Hildebrandtia rivularis* atradnes. Jāatzīmē, ka upes nitrālā Jaunupes gultre, pēc A. Urtāna datiem, aizaugusi līdz pat 40%, savukārt potamālā aizaugums sniedzas pat līdz 70%, kas būtiski samazina straumes darbību, bet augstākie ūdensaugi kopā ar *Cladophora glomerata* pavedienu masām darbojas kā filtrs, traucējot planktona aļģu pasīvu pāmešanu tālāk pa upi un savukārt veicinot to izguisnēšanos grunts virsējā slāni. Bet potamālā ar dūņu slāni klātās grunts virskārtu klāj kramaļģes *Melosira varians* un zilaļģes *Oscillatoria tenuis*, dūņu virsējā slānī nosēdušās planktoniskās aļģes *Scenedesmus quadricauda*, *Sc. acuminatus*, *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia acicularis*. Upes lejtecē, Jaunupes rekultivācijas rezultātā, daļa upes gultnes tika attīrīta no augstākajiem ūdensaugiem. Taču šo vietu tūlīt aizņēma *Cladophora glomerata* un *Oscillatoria tenuis* audzes, kas liecina par organiskajām vielām bagātu ūdeni. Pēc aļģēm - saprobiontiem Jaunupe novērtējama kā  $\alpha$ - $\beta$  mezosaproba.

## SALACAS LABĀ KRASTA PIETEKAS

Ramatal - upei ar vismazāko kritumu - gultne aizaugusi ar augstāko veģetāciju. Upes krastiem pienāk pļavas, kas liecina par biogēno elementu iespējamu ietekmi. Ramatas fitoplanktonā dominē zaļaļģes *Actinastrum hantzschii* Lagerh., *Scenedesmus quadricauda*, *Oocystis borgei* Snow, *Ankistrodesmus* sp., kā arī zilaļģu *Oscillatoria tenuis* fragmenti.

Vasaras mazūdens perioda vidējā biomasa - 0,076 mg/l. Upes gultnē uz akmeņiem piestiprinājušās zilaļģes *Oscillatoria tenuis* un pavedienveida zaļaļģes *Cladophora glomerata*, kuru pavedieni blīvi apauguši ar epifītiskajām kramaļģēm *Cocconeis pediculus*. Uz grunts virsējās kārtas dominē kramaļģes *Melosira varians*, *Cymbella* sp., *Navicula* sp.. Ramata pēc aļģēm saprobiontiem novērtējama kā  $\beta$ - $\alpha$  mezosaproba.

Dzimumpes augštecē, degradētajā upes posmā, praktiski nav straumes, upe ļoti sekla, gultne mālaina. Krasti stipri noēnoti. Upē atrasts ļoti nabadzīgs fitoplanktons, kurā tikai atsevišķi kramaļģu *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia* sp., *Cocconeis placentula* eksemplāri. Aļģu vasaras mazūdens perioda biomasa ļoti zema - 0,007 mg/l. Upes mālainās grunts virsējo slāni veido smilšainas dūņas, kurās atrastas kramaļģes *Cymatopleura solea*, *Navicula cryptocephala*, kā arī sārtāļģes *Batrachospermum moniliforme* Roth. To atrašanos šajā biotopā var izskaidrot ar avotu klātbūtni. Dzimumpes lejtece strauja, akmeņaina. Jūtama upes vidustecē atrodošā diļa ietekme, jo palielinājies sugu sastāvs un arī pieaugusi aļģu biomasa līdz 0,030 mg/l. Te dominē *Ankistrodesmus falcatus* var. *falcatus* (Corda) Ralfs, *Scenedesmus quadricauda*, *Rhoicosphaenia curvata* (Kütz.) Grun., *Surirella linearis* W. Sm. Taču planktonā sastopamas arī tipiskas bentona un perifitona aļģes *Cymbella cuspidata* Kütz., *C. lanceolata* (Ehr.) V. H., *Cymatopleura solea* (Breb.) W. Smith, *C. elliptica* (Breb.) W. Smith, *Gomphonema acuminatum* Ehr., *Rhoicosphaenia curvata* (Kütz.) Grun., *Surirella* sp., *Cymbella turgida* (Greg.) Cleve, kuras, pateicoties strauvei, nobrāztas no substrāta un nokļuvušas ūdens masā. Pie akmeņiem piestiprinājušās ūdenssūnas *Fontinalis* sp., uz kurām atrodas kramaļģes *Meridion circulare* Ag., *Navicula gracilis*, *N. cryptocephala*, *N. rhynchocephala* Kütz., *Nitzschia acicularis*. Upe pēc aļģēm - saprobitātes rādītājam novērtējama kā  $\beta$  mezosaproba.

Glāžupes vidusdaļā, tās degradētajā posmā, upe vijas cauri laukiem. Fitoplanktons te ļoti nabadzīgs, pārstāvētas galvenokārt kramaļģes un protokokaļņu rindas zaļaļģes kā *Navicula cryptocephala*, *Ankistrodesmus* sp., *Nitzschia acicularis*. Vidējā fitoplanktona biomasa vasaras mazūdens periodā - 0,009 mg/l. Upes gultni veido rupja grants, ko plānā slānītī pārklāj detrita un māla daļiņas, kur galvenokārt atrastas kramaļģes *Nitzschia acicularis*, *Amphora ovalis* Kütz., *Surirella* sp. un *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., *Synedra acus* Kütz., *Fragillaria capucina* Desm., *Melosira varians*. Lejtecē upe tek cauri noēnotai gravai, ir akmeņaina, vietām ar stāviem smilšakmens krastiem. Uz akmeņiem atrastas lielas sārtāļģu *Hildebrandtia rivularis* kolonijas, kā arī atsevišķi pelēkbrūnie sārtāļģu *Batrachospermum moniliforme* laponi. Daļa sārtāļģu audžu atrastas kopā ar zaļaļģēm *Draparnaldia glomerata* (Vauch.) Ag., kuras ir 0-X saprobas vides rādītāji. Visām šīm sugām ir līdzīgas prasības pēc tīra, pietiekoši aerēta ūdens. Pie akmeņiem piestiprinājušās ūdenssūnu *Fontinalis* sp. kušķi, kur lielā daudzumā mājot kramaļģes *Diatoma vulgare* Bory, *Nitzschia sigmaidea*, *Gyrosigma* sp., *Navicula gracilis*, *Meridion circulare*. Lejtecē, tāpat kā

upes degradētajā posmā, fitoplanktona biomasas - 0,009 mg/l, kas liecina, ka šajā upē fitoplanktona attīstību nav nekādas blakus ietekmes. Upe pēc saprobioloģiskajiem rādītājiem novērtējama kā  $\beta$  mezosaproba.

No labās puses pietekām vistuvāk grīvai ietekošajai Mālupeī vidustece kanalizēta aizaugusi ar augstākajiem ūdensaugiem. Līdzīgi visām pārējām Salacas pietekām Mālupeī fitoplanktons nabadzīgs, vasaras mazūdens perioda vidējā biomasas - 0,007 mg. Fitoplanktonā dominē *Scenedesmus quadricauda*, *Navicula cryptocephala*, *Fragillaria capucina*, kā arī *Oscillatoria tenuis* fragmenti. Upes gultne mālaina ar smilšu un detritusnesumiem, tajā atrasta bagātīga aļģu flora. Dominē *Melosira varians*, *Closterium moniliferum*, *Cymatopleura solea*, *Amphora ovalis*, *Closterium acerosum* (Schrank) Eh. *Cl. aciculare* (Tuffen) West un *Oscillatoria tenuis* pavedieni. Upes lejtece noēnota, granšainu grūti, kur pie akmeņiem vai oļiem piestiprinājušies atsevišķi ūdensaugi *Fontinalis* sp. kušķi ar samērā bagātu kramaļģu flora. Uz iegremdētām sīkstām atrasti sārtāļģes *Batrachospermum moniliforme* un *Chantransia chalybea*. Bez tam grūti virsē slānīti atstrāumē nogulsņējušās planktona aļģes *Ankistrodesmus* sp., *Scenedesmus quadricauda*, *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *P. tetras* var. *tetras* Ralfs. P. algoloģiskajiem saprobiontiem upe novērtējama kā  $\beta$  mezosaproba.

## IZTIRZĀJUMS

Salacas pieteku fitoplanktona veidošanās procesā liela loma ir upju barošanās tipam. Lielākajai daļai Salacas pieteku ir jaukts barošanās tips, izņemot Korģi un Ķireli, kurē ezeru barošanās tips. Tā kā upju augšteces vai vidustece atrodas lauksaimnieciskas vai rūpnieciskas darbības zonā, upēs vairāk vai mazāk nokļūst ūdeņi, kas bagātināti biogēnajiem elementiem. Taču visu Salacas pieteku degradētajos posmos atrod nabadzīgs fitoplanktons. Lielākās biomasas novērotas Ķirelē Ķiruma ezera algoflorā iespaidā. Degradēto zonu fitoplanktons nabadzīgs, jo upes ir īsas, strauji tekošas, līdz ar biogēnie elementu nespēj iedarboties uz algofloras attīstību. Iedarbība iespējama tikai tālākā upes tecējuma gaitā, kur ar organiskajām vielām bagātinātie ūdeņi no upes degradētā posma nonāk dzimavu dīķos vai arī uzstādītajos, kas veicina algofloras attīstību, un tālāk strāume pasīvi uz Salacu nes jau samērā bagātu fitoplanktonu. Pret fitoplanktonam, Salacas pieteku degradēto posmu fitobentosā un arī perifitonā atrodama aļģu sugas, kas raksturo antropogēnā faktora ietekmi uz attiecīgo upes posmu. Degradēto upes posmi parasti ir kanalizēti, ar nelielu strāumes ātrumu. Līdz ar to uz upes gultnes upē augošajiem ūdensaugiem atrodama zilaļģes *Oscillatoria tenuis* ( $\alpha$  mezosaprobīda rādītājs), pavedienveida zaļaļģes *Cladophora glomerata*, kā arī viensūnu kramaļģes.

*Navicula cryptocephala* un *Nitzschia acicularis*, kas raksturo attiecīgos biotopus kā  $\alpha$  mezosaprobis līdz  $\beta$  –  $\alpha$  mezosaprobis.

Upju neskartajos posmos, galvenokārt Salacas ielejā atrodošās pieteku lejtecēs, no augšpusē esošajiem degradētajiem posmiem vai arī no augštecē esošajiem dīķiem, nonāk jau samērā bagāts fitoplanktons gan sugu skaita ziņā, gan arī fitoplanktona biomasas ziņā. Bez tam fitoplanktonā nonākuši un straumes pasīvi atnesti no perifitona vai arī no fitobentosa atrāvušies zilaļģu *Oscillatoria tenuis*, kramaļģu *Melosira varians* pavedieni. Pateicoties kritumam, kā arī upēs esošajiem akmeņu krājumiem, lejtecēs ūdens ir bagāts ar skābekli, un līdz ar to ir radušies labvēlīgi apstākļi tīra biotopa (O-X saproba) indikatororganismu attīstībai. Jāatzīmē, ka Salacas pietekās atrastās sārtaļģes *Hildebrandtia rivularis*, *Batrachosperum moniliforme*, *Chantransia chalybea* lielā daudzumā ir atrastas arī Slīteres rezervāta mazajās upēs [4], kā arī Latgales mazajās upēs [3]. Tikai Slīteres rezervāta mazo upju attiecīgie biotopi ir daudz tīrāki - O-X saprobi. *Hildebrandtia rivularis* acīmredzot ir jutīga pret pietiekošu ūdens areāciju un ir sastopama tikai vietās ar pastiprinātu gāzu apmaiņu [1]. Otrs apstāklis, kas nepieciešams, lai *H. rivularis* varētu augt un attīstīties, ir zināms biotopa apēnojums, jo kļūstums uz līdzīgiem substrātiem gan Dzīrupē, gan arī Glāžupē tā nav atrodama, bet Salacā novērojama noēnotās vietās gar lielākiem akmeņiem krasta paēnā.

Taču bez O-X saprobitāti apliecinotajām sārtaļģēm tajos pašos biotopos atrodamas arī uz  $\alpha$  –  $\beta$  mezosaprobitāti norādošās zilaļģes un kramaļģes, kas apdzīvo samērā netīrus ūdeņus. Tomēr, pateicoties O-X saprobitātes rādītāju ievērojamam daudzumam, tiek pazemināts saprobitātes indekss Salacas baseina mazo upju lejtecēs: tās it kā ir tīrākas nekā patiesībā. Ļoti liela nozīme ir perifitona un fitobentosa pētījumu vietas izvēlei, jo paraugā, kurš ievākts nitrālā, dominēs aļģes - tīnības rādītājas. Savukārt potamālā iespējama lokāla piesāņojuma ietekme, kas dos daudz lielāku iespēju pētāmo biotopu raksturot kā netīru, tātad paaugstinās saprobitātes koeficientu un rādīs pētāmo biotopu netīrāku, nekā tas ir patiesībā.

## SECINĀJUMI

1. Salacas pieteku fitoplanktona strukturālās izmaiņas, ko izraisa antropogēnais faktors, vislabāk novērojams mazo upju lejteču rajonos.

2. Perifitona algoflora nitrālā uzrāda pazeminātas saprobitātes pakāpes rādītājus, līdz ar to attiecīgais upes posms tiek raksturots tīrāks, nekā tas ir patiesībā.

3. Veicot monitoringa pētījumus mazo upju potamālā, jāizvairās no lokālā piesārņojuma ietekmes; pretējā gadījumā var paaugstināties saprobitātes pakāpes rādītā un attiecīgais upes posms tiks raksturots netīrāks, nekā tas ir patiesībā.

4. Lai reprezentatīvi raksturotu Salacas pieteku pašreizējo piesārņojuma līmeni monitoringa pētījumi jāveic gan upes degradētajā posmā, gan arī nosacīti neskartajā upes posmā, ņemot vērā gan nitrāla, gan arī potamāla īpatnības.

5. Salacas pietekām raksturīgs nabadzīgs fitoplanktons, tā sugu sastāvs un zema biomasas. Pētītās upes raksturojamas kā  $\beta$  –  $\alpha$  mezosaprobās.

## LITERATŪRA

1. Druvietis I. J. Sārtaļģu atradnes Salacas baseinā // Mežsaimniecība un mežtūpniecība - Rīga, 1984. - 47.-48. lpp.
2. Цимдинь П. А., Родинов В. И., Мелберга Д. Г. и др. // Биоценоотическая структура малых рек. Бассейн реки Салаца. - Рига: Зинатне, 1989. - С. 59-96.
3. Друвиетис И. Ю. Особенности альгофлоры малых рек Латгальской возвышенности Латвийской ССР // Биологические ресурсы водоемов бассейна Балтийского моря. - Вильнюс, 1987. - С. 51-52.
4. Лица Р. А., Цимдинь П. А., Друвиетис И. Ю. и др. Биоценоотическая структура малых рек Западно - Латвийской приморской низменности // Изв. АН Латв. ССР. - 1987. - №7. - С. 98-116.



# PROCEEDINGS OF THE LATVIAN ACADEMY OF SCIENCES

## 3/4 /1995

**SECTION B (pp. 97–136): NATURAL SCIENCES**

### *SPECIALIZED ISSUE: FRESHWATER RESEARCH*

Introductory Note <i>P. Cimdiņš</i>	97	Metals in sediments of lakes in Latvia: Analysis and speciation <i>M. Kļaviņš, G. Bajārs, M. Stikāns, A. Briede, V. Rodinovs, A. Lūsis, P. Cimdiņš, K. Valters</i>	113
<b>ORIGINAL PAPERS: HYDROBIOLOGY/ENVIRONMENTAL SCIENCE</b>		<b>ORIGINAL PAPERS: ENVIRONMENTAL SCIENCE</b>	
Phytoplankton periodicity in different trophic state lakes in Latvia <i>I. Druvietis</i>	98	Phosphorus speciation in surface waters of Latvia <i>M. Kļaviņš, A. Briede</i>	119
Eutrophication process in Lake Stropu, Latvia <i>I. Katelo</i>	101	Land use impact on nutrient transport in the Salaca River Basin (in Latvia) <i>A. Briede, M. Kļaviņš, V. Rodinovs</i>	123
<b>ORIGINAL PAPER: HYDROBIOLOGY</b>		<b>REVIEW: ENVIRONMENTAL SCIENCE</b>	
Macrophytes used as indicators of river water quality in Latvia <i>A. Urāns</i>	105	Agricultural impacts on water quality in Latvia and Lithuania: A report of the U.S. Young Investigator Program <i>J. Baker, D. Bosch, P. Bukaveckas, S. Deets, K. Hatfield, P. Heglund, A. Kazakevicius, K. Lohman, A. Mitchell, E. Petrovskis, I. Runge, A. V. Zale</i>	128
<b>ORIGINAL PAPERS: ENVIRONMENTAL SCIENCE/HYDROBIOLOGY</b>			
Bacterial dynamics in the lower reaches of the Daugava River in Latvia <i>G. Sprinģe</i>	108		

**LATVIJAS ZINĀTŅU AKADĒMIJAS VĒSTIS • B DAĻA: DABASZINĀTNES**

## PHYTOPLANKTON PERIODICITY IN DIFFERENT TROPHIC STATE LAKES IN LATVIA

I. Druvietis

Institute of Biology: Miera ielā 3, Salaspils, LV-2169 LATVIA

*This article considers the periodic cycles of phytoplankton species dominance in lakes of variable trophic state in Latvia. Phytoplankton investigations were carried out in 54 lakes during the years 1982 through 1994. The investigated lake water was classified as calcium bicarbonate type. Eutrophication of the Latvian lakes is caused by incoming surface waters with biogenous elements from surrounding fields and from wastewaters. Important phytoplankton groups in the lakes are eutrophic diatom plankton with dominants *Asterionella formosa*, *Fragillaria crotonensis* and *Melosira italica*; eutrophic chlorococcal plankton with dominant *Scenedesmus* spp. and *Pediastrum* spp.; cyanophycean plankton with dominants *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*; oligotrophic diatom plankton with dominant *Cyclotella* spp., *Tabellaria* spp.; chrysophycean plankton with dominants *Dinobryon divergens* and *D. sertularia*, mainly in dystrophic lakes; and oligotrophic chlorococcal plankton with dominants *Botryococcus braunii* and *Oocystis* spp.*

**Key words:** lakes, trophic state, phytoplankton, Latvia.

### INTRODUCTION

Phytoplankton studies were carried out in 54 lakes with different trophic state in Latvia for the purposes of water quality monitoring, environmental planning and hydrobiological research. This study compares the phytoplankton composition between lakes of different trophic state from dys- to hypertrophic. Water conductivity places the lakes as calcium bicarbonate type, typical for most Latvian surface waters. Lakes are fed by runoff waters, bog waters, and springs.

### MATERIAL AND METHODS

Phytoplankton samples were collected by a Ruttner type water sampler in the vernal, early summer and late summer periods. Samples were collected in pelagial and littoral zones. The depth intervals of sampling were selected considering the morphometry of each lake. Samples were fixed with Lugol's solution. Algal samples were analyzed with a Zeiss bright field microscope and taxonomic literature follows [1, 2]. Phytoplankton species which had the largest part of the phytoplankton volume were classified as dominants.

### RESULTS

The studied 54 lakes vary in their trophic state, algae species composition and quantity and the complexity of

the phytoplankton successional stages (Table, Fig. 1). According the classification, the lakes belong to five groups (Table).

Reynolds suggested that planktonic algae will grow when and where they are able to do so: "When" is the key to periodic change; "Where" differentiates periodic sequences in different types of water bodies. Both determine the ability to grow through a complex series of interactions among environmental variables [3].

In the dystrophic range (a typical dystrophic lake of Latvia is shown in Fig. 2), which are mainly small lakes situated in oligotrophic raised bogs without anthropogenic impact, the number of phytoplankton taxa and biomass were low. The most important were *Chrysophyta* and small flagellates, the most frequent being *Dinobryon divergens* and small *Chromulina*

Table

PHYTOPLANKTON IN 54 LATVIAN LAKES INVESTIGATED

Trophic state	Number of lakes	Number of taxa	Mean phytoplankton biomass, mg l <sup>-1</sup>
Dystrophic	12	34	0.02
Oligotrophic	4	72	0.15
Mesotrophic	16	86	0.55
Eutrophic	18	78	1.57
Hypertrophic	4	47	16.50

Type of lake	Vernal period	Early summer	Late summer
Dystrophic	<i>Dinobryon</i> spp., <i>Flagellates</i>		
	<i>Tabellaria</i> spp.	<i>Mallomonas acaroides</i>	
Oligotrophic	<i>Dinobryon</i> spp.		
	<i>Cyclotella</i> spp. <i>Tabellaria</i> spp.	<i>Peridinium willei</i> , <i>Ceratium hirudinella</i>	
		<i>Botryococcus braunii</i> <i>Gomphosphaeria lacustris</i>	
Mesotrophic	<i>Cyclotella</i> spp. <i>Melosira italica</i> <i>Asterionella formosa</i> <i>Oscillatoria agardhii</i>	<i>Mallomonas acaroides</i> <i>Oocystis</i> spp.	<i>Peridinium willei</i> <i>Ceratium hirudinella</i>
		<i>Cosmarium</i> spp. <i>Staurastrum</i> spp.	
Eutrophic	<i>Asterionella formosa</i> <i>Fragillaria crotonensis</i> <i>Stephanodiscus</i> spp. <i>Melosira</i> spp.	<i>Eudorina elegans</i> <i>Pandorina morum</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> <i>Ceratium hirudinella</i> <i>Anabaena</i> spp.
	<i>Scenedesmus</i> spp. <i>Cyclotella</i> spp. <i>Oocystis</i> spp.		
Hypertrophic	<i>Synedra acus</i> <i>Ankistrodesmus</i> spp. <i>Scenedesmus</i> spp.	<i>Coelastrum</i> spp. <i>Oocystis borgei</i>	<i>Aphanizomenon</i> spp. <i>Microcystis</i> spp. <i>Anabaena</i> spp.
	<i>Oscillatoria agardhii</i> , <i>O. redekei</i>		

Fig. 1. Successional trends of phytoplankton assemblages in 54 Latvian lakes, 1982-1994 (according to a concept of Reynolds [3] and Rott [5])

species. The numbers of green algae and diatoms were minimal. Blue-green algae occurred only in a few lakes, but the periphytic red algae *Batrachospermum moniliforme* (rare red algae for Latvia) was found in high abundance [4]. The vernal growth was dominated by chrysophyceans, diatoms and flagellates. In early summer and late summer periods, *Chrysophyceae* dominated, the most important being *Dinobryon* spp. and *Mallomonas* spp.

Under oligotrophic conditions (dominated by small shallow lakes, surrounded by coniferous forests), the number of phytoplankton taxa was higher, but biomass

was small (Table). The most important in the vernal period were chrysophyceans and diatoms. Spring maxima were observed. The summer period phytoplankton is characterized by chlorococcal or peridinean plankton. *Chrysophyceae* were present during all periods investigated. Similar observations were made by Rott [5] on phytoplankton of Tyrolean lakes. These clean lakes, which are situated in the high sphagnum peat bogs, are all under state protection.

In the mesotrophic range (dominated by small shallow and medium shallow lakes under some agriculture impact), numbers of phytoplankton taxa were higher than

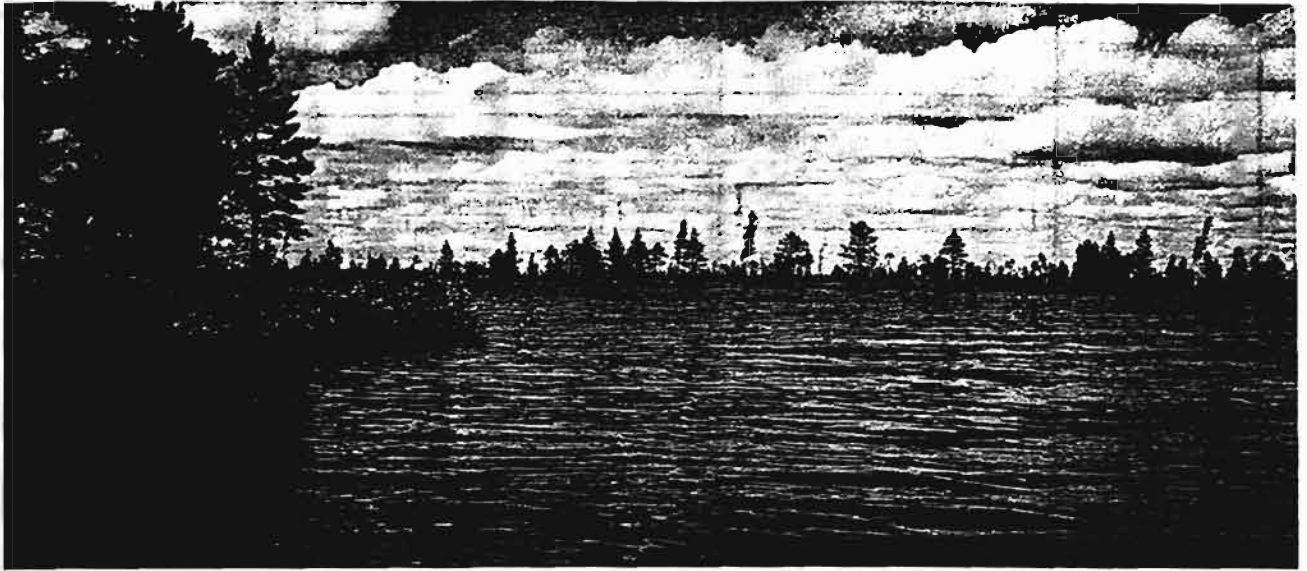


Fig. 2. A typical dystrophic lake in the State Teiču Bog Reserve in Latvia

in oligotrophic lakes, but phytoplankton biomass was higher in late summer due to peridians and greens. The filamentous blue-green algae *Oscillatoria agardhii* occurred in the majority of samples. Diatoms were dominant in the vernal period, the most frequent being *Cyclotella* spp., *Melosira italica* var *tenuissima*, *Asterionella formosa*, causing the spring maxima. Early summer phytoplankton were *Chlorococcales* and *Chrysophyceae*, but in the late summer period *Ceratium hirudinella*, *Peridinium* spp., greens and blue-greens were frequent, causing the summer maxima.

In most eutrophic lakes, which are mainly small shallow lakes under agricultural impact, the vernal period phytoplankton was characterized by dominant diatoms and greens, most frequently by *Asterionella formosa*, *Fragilaria* spp., *Melosira* spp. and *Scenedesmus* spp. Spring maxima were observed. Early summer growth ceased in May, when *Eudorina elegans*, *Pandorina morum*, *Scenedesmus* spp., *Oocystis* spp. and *Cyclotella* spp. dominated. *Microcystis aeruginosa*, *M. viridis* and *Aphanizomenon flos-aquae* were leading species in late summer. *Microcystis* or *Aphanizomenon* blooms were observed in some lakes. *Chlorococcales* species were frequent, especially the number of *Scenedesmus* species.

In the eutrophic lakes, the numbers of phytoplankton taxa were similar to mesotrophic lakes, but phytoplankton biomasses were higher. Spring and summer maxima were typical for eutrophic lakes.

In the hypertrophic shallow lakes, the number of phytoplankton taxa were low, but biomasses were very high, due to many blooms. The vernal period was characterized by dominating diatoms, greens and blue-greens. In early summer and late summer periods, there were algae blooms caused by high loads of biogenous ele-

ments from surrounding fields and from waste waters. Summer phytoplankton was characterized by dominating *Chlorococcales* and blue-greens. Phytoplankton biomass was very high. This group of lakes is not characteristic for Latvia.

The important phytoplankton groups in the investigated 54 lakes were

- Chrysophycean plankton;
- Oligotrophic diatom plankton;
- Oligotrophic chlorococcal plankton;
- Oligotrophic dinoflagellate plankton;
- Mesotrophic or eutrophic diatom plankton;
- Eutrophic chlorococcal plankton;
- Eutrophic dinoflagellate plankton;
- Eutrophic diatom plankton;
- Cyanophycean plankton in eutrophic and hypertrophic lakes.

#### REFERENCES

1. *Определитель пресноводных водорослей СССР* (Identification Guide of Freshwater Algae of USSR) (1953–1982), ред. Голлербах М. М., выпуски 2 (1953), 8 (1959), 11 (2) (1982). (Наука, Москва; Ленинград) (In Russian).
2. *Flora Ślodkowodna Polski* (1964–1972) (Freshwater Flora of Poland), ed. Starmach, K. (Państwowe wydawnictwo Naukowe, Warszawa-Krakow) (In Polish).
3. Reynolds, C. S. (1984) Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability *Freshwater Biology* 14, 111–142.
4. Druvicius, I. (1992) Comparative studies on phytoplankton and periphyton in seven small lakes with different trophic state *Aqua Fennica* 22 (2), 143–151.
5. Rott, E. (1984.) Phytoplankton as biological parameter for the trophic characterization of lakes *Verh. Int. Verein. Limnol.* 22, 1078–1085.

# 第6回世界湖沼会議

霞ヶ浦'95 *6th International Conference  
on the Conservation and Management  
of Lakes - Kasumigaura'95*

---

## 人と湖沼の調和

持続可能な湖沼と貯水池の利用をめざして

*Harmonizing Human Life with Lakes*

*Toward the Sustainable*

*Use of Lakes and Reservoirs*

---

## 論文集

*Proceedings: Vol.2*

---

会期: 1995年10月23日(月)~27日(金)5日間

会場: 筑波大学大学会館・土浦市民会館

Dates: October 23(Mon.)—27(Fri.), 1995 (5 Days)

Venues: University Hall, University of Tsukuba, and Tsuchiura Citizens' Hall



Kasumigaura'95

Studies on Planktonic Communities in Small Brown water Lakes in Teici Bog Reserve, Latvia

Ivars DRUVIETIS, Loreta URTANE, Gunta SPRINGE, Agrita BRIEDE, Maris KLAVINS

An extensive study of small brown water lakes was carried out. The presence of humus substances causes the dark brown colour of the water. The composition, number of individuals of phytoplankton and zooplankton is pure. Bacterioplankton is characterised by low bacterial indices. Trends of eutrophication are observed in some of lakes .

KEYWORDS:

brown water lakes, plankton, eutrophication

Teici State Reserve was established in 1982 to conserve the unique bog ecosystems, the diversity of vegetation and animals. The investigated lakes are located equally along the whole bog area. Teicu bog reserve is situated on moraine hillocks in East-Latvian lowland. It has started its development in Sub Arctic period 9-10000 years ago when mineral depression which was filled with water, started to overgrow with vegetation. The shores of most of the lakes are low and swampy. The lakes are surrounded by *Sphagnum* bog with typical peat bog vegetation (*Ledum palustre*, *Chamaedaphne sp.*, *Calluna vulgaris*, *Empetrum sp.* and *Carex sp.*) either open or covered by trees (pine, bog birch). As typical bog lakes they have not a clearly distinguished littoral zone.

The investigated lakes have a several features in common: acid water reaction, a very low mineralization level, a specific composition of mineral salts which make them different from other lakes from Baltic region (Briede, Zvirgzds, 1993)

Studied 11 lakes were small, with the surface area <100 ha. In the watersheds of Teici State Reserve a considerable part is covered by bogs and wetlands. The overall solidity of lakes is not higher than 1 mg eq/l. The presence of humus substances caused the dark brown colour of the water (130°-406°), the high COD figures (50-110 mg O/l) and low pH (on average 4,0). In total the level of biogenic elements in the lakes of Teici Reserve is close to the ecologically permissible level for the watersheds of the given background but analysing the level of phosphorus and nitrogen presence in some cases it even exceeds this level.

Bacterioplankton of these lakes in total is characterised by low total bacterial number - in most of cases it varies from 1,4 to  $2,6 \times 10^6$  cells ml<sup>-1</sup> in average. Only in 3 lakes lying under an impact of some anthropogenic load tendency of eutrophication is observed as

Institute of Biology, Miera str.3, LV-2169, Salaspils, Latvia

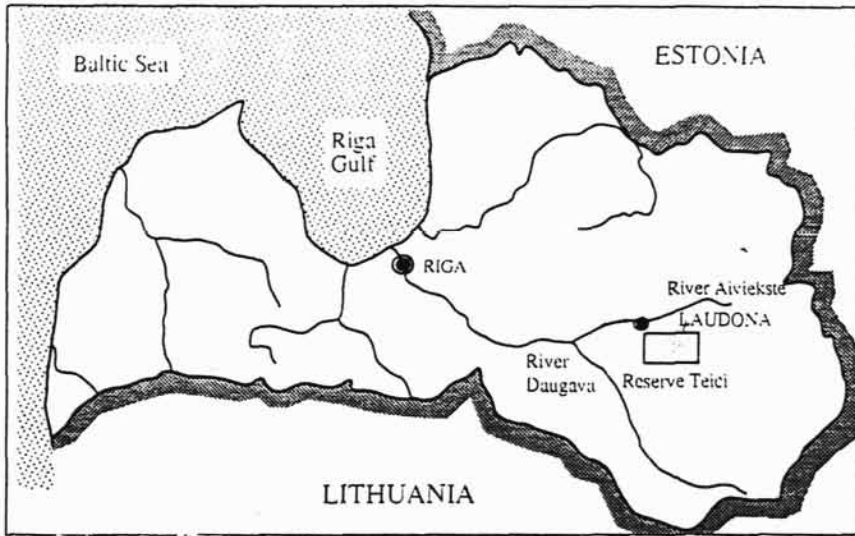


Fig.1 Location of the studied lakes.



Fig.2 Typical lake of Teici Bog Reserve (photo I.Druvietis).

essential increase of total bacterial number which can reach  $9,9 \times 10^6$  cells  $\text{ml}^{-1}$ . Numbers of saprophytic bacteria using easily decomposed organic substances are typically low: on average they are recorded from 20 to 460 cells  $\text{ml}^{-1}$  and their ratios in total bacterial are thousandths of per cent.

An exception is only lakes with low colour, i.e., humic substances - is such ones of saprophytes are noticed in average - 1600 cell  $\text{ml}^{-1}$ .

The most important phytoplankton groups in 8 phonic lakes are Chrysophycean plankton with biomass  $0,02 \text{ mg l}^{-1}$  and dominant species *Dinobryon divergens* and *D. sertularia* in vernal and early summer period, and Chlorococcal plankton with mean biomass  $0,8 \text{ mg l}^{-1}$  and dominant species *Botryococcus braunii* and *Oocystis sp.* in late summer period.

In lakes investigated the number of phytoplankton taxa was low (24), Flagellates were typical for these lakes, but blue-green algae in the phytoplankton were absent. In lakes under some anthropogenic impact phytoplankton is dominated by *Dinobryon sp.*, *Asterionella formosa* and *Oocystis borgei*. The numbers of blue-green algae and diatoms are quite small, but number of phytoplankton taxa is higher (76) and phytoplankton mean biomass is about  $0,5 \text{ mg l}^{-1}$  in vernal period and  $1,5 \text{ mg l}^{-1}$  in summer period. Filamentous blue-green algae *Anabaena sp.* occurred more in the samples of this lake group.

The cell number of *Chrysophyceae* is more variable than that on *Chryptophyceae* like as Ilmavirta (1984) are observed. Chrysophycean plankton is characteristic for acid, small brown water lakes in Teicu Bog Reserve.

The zooplankton communities in 11 lakes of Teici Bog Reserve are characterised by low number of species: there are 4-11 species of Cladocera, 1-2 species of Rotatoria and Cyclopoid copepods with low abundance. Only some of species are truly limnetic: *Diaphanosoma brachyurum*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Bosmina coregoni obtusirostris* as well as occurrence of littoral or benthic and phytophilus species in the limnetic samples - *Polynemus pediculus*, *Acroperus harpae*, *Alonopsis ambigua*, *Pleuroxus aduncus*, *Acroperus elegantus*, *Alonopsis elongata*, *Alonella nana*, *Alona gutatta*. Only one species is usually dominant - *Bosmina coregoni obtusirostris* or *Diaphanosoma brachyurum* in different lakes during summer stratification. In summer period there were the similar content of species for all lakes investigated, but in vernal period there were founded 7 species in total and only 2-3 species which are differ for each lake. Zooplankton species documented in observed lakes are rather common and widely distributed in other lakes of the region. As exception we must mention *Holopedium gibberum*, which in Latvia is recorded only for dystrophic bog lakes (Vadzis, Line, Seisuma, 1976).

Regarding to relationships of zoo and fitoplankton biomass the high ratio observed like as Hessen (1988) is stated in Norway and Zarubov, Druvietis (1990) in Krustkalni Reserve, Latvia.

The biological studies concerning biodiversity of unaffected bog ecosystems as Teici Bog Reserve are fit for long-term studies where they could reflect the probable global changes by local characteristics.

## References

Briede, A., Zvirgzds, A. (1993) Dystrophic lakes studies in Teici State Reserve. International Training Course on Limnological Bases of Lake Management, May, 1993

Druvietis, I. (1992) Comparative studies on phytoplankton and periphyton in seven lakes with different trophic state *Aqua Fenica* 22,2:143-151.

Ilmavirta, K., Huttunen, P., Merilainen, J. (1984) Phytoplankton in 151 Eastern Finnish lakes: Species composition and its relations to the water chemistry *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22:822-828.

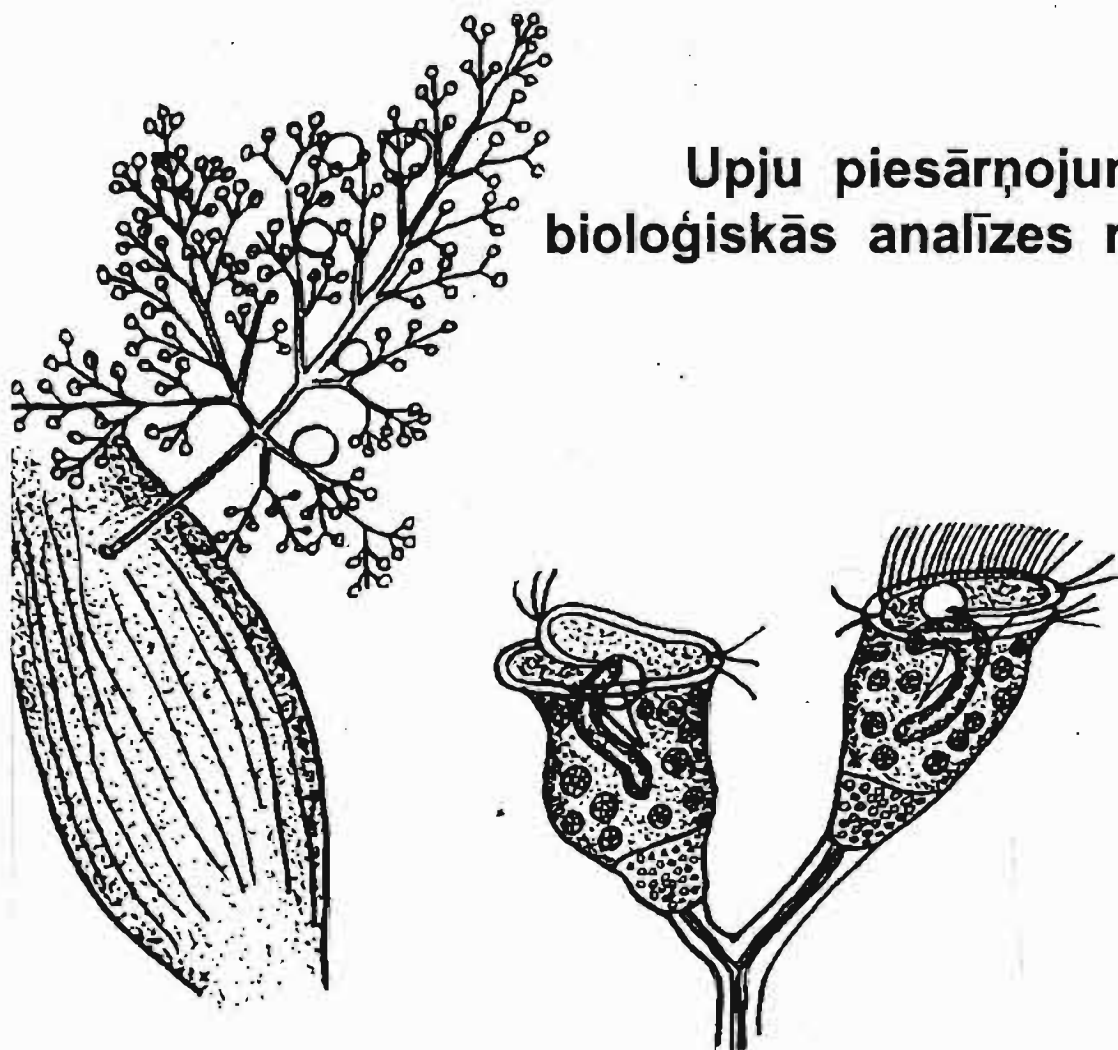
Vadzis, Dz., Line, R., Seisuma, Z. (1976) Zooplankton and macrobenthos in Latvian lakes *Zinatne*, 66-68 (in Latvian)

Zarubov, A., Druvietis, I. (1990) Peculiarities of biocenotic relations between zooplankton and phytoplankton in the water bodies of the Krustkalni reserve *Latvijas PSR Zinatnu Akademijas Vestis*: 50-55 (in Russian).

LR Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija  
Latvijas Vides datu centrs  
LZA Bioloģijas institūts

# PRAKTISKĀS HIDROBIOLOĢIJAS ROKASGRĀMATA

Upju piesārņojuma  
bioloģiskās analīzes metodes



# IEVADS

Ūdeņu piesārņošana vienmēr izraisa dzīvo organismu daudzveidības samazināšanos tajos. Ūdeņi kā dzīves vide kļūst arvien nabadzīgāki. Tradicionālajās ūdeņu kontroles metodēs parasti priekšroku dod ķīmiskajām metodēm, un tās sevi attaisno gadījumos, kad upē ievadītā piesārņojuma koncentrācija ir liela un turpinās ilgstoši. Vājas koncentrācijas nepārtrauktu piesārņojuma ieskalošanos upēs sākuma stadijās ar ķīmiskām metodēm tikpat kā nevar konstatēt, taču piesārņošanas paliekošo ietekmi fiksē dzīvie organismi. Upes kā dzīves vietas kvalitāti jeb upes ekoloģisko stāvokli nosaka dzīvo organismu daudzveidība tajā, tā nosaka arī upes noturību pret iespējamo piesārņojuma ievadīšanu un upes bioloģiskās pašattīrīšanās spējas. Piesārņošanas un pašattīrīšanās procesu kontrolei vispiemērotākā ir ūdeņu kompleksā analīze, kas apvieno gan ekoloģisko, gan ķīmisko analīzi.

Šajā grāmatā ir ietverti to augu un dzīvnieku sugu zīmējumi un apraksti, kuru klātbūtne ūdeņos nepārprotami norāda uz stipra piesārņojuma esamību (pienotavu un komunālie notekūdeņi, notece no fermām un mēslu krātuvēm). Grāmatā aprakstīta arī saprobitātes noteikšanas - aprēķināšanas metode, kuru sekmīgi var izmantot tie speciālisti, kuri prot atšķirt vismaz 12 sugas.

Saprobitātes bioindikatoru sarakstā Latvijas ūdeņiem ir iekļauts vairāk nekā tūkstoš sugu, kas palīdzēs speciālistiem veikt precīzākus aprēķinus. Šajā grāmatā aplūkotas sugas, kuras dod pirmo brīdinājumu par piesārņojuma paliekošu ietekmi upē un dod pamatu meklēt tā rašanās cēloņus un novērtēšanas iespējas jau sākumstadijā.

Grāmata paredzēta vides (upju) kvalitātes kontroles speciālistiem, taču to sekmīgi var lietot arī vides zinātni apgūstošie studenti.

Grāmatas atsevišķas nodaļas sagatavojuši:

*Cilvēka attiecības ar ūdeņiem vēsturiskā skatījumā* - Mirdza Leinerte;  
*Saprobioloģisko pētījumu attīstība Latvijā, Ūdeņu bioloģiskās kontroles metodes, Saprobitāte un tās bioloģiskā analīze, Upju saprobitātes bioindikatoru un saprobitātes aprēķināšana* - Pēteris Cimdiņš;  
*Fitoplanktons un perifitons* - Ivars Druvietis;  
*Zooplanktons un zooperifitons* - Loreta Urtāne;  
*Mikrozoobentoss* - Rasma Liepa;  
*Makrozoobentoss* - Elga Parele, Normunds Kadiķis;  
*Makrofīti* - Andris Urtāns;  
*Bakterioplanktons un bakteriobentoss* - Astrīda Zandmane, Gunta Sprinģe.

Ar šo izdevumu aizsākas sērijas "Praktiskā hidrobioloģija" izdošana.

Sagatavošanā ir turpmākie darbi:

Latvijas upēs sastopamo saprobitātes sugu - bioindikatoru katalogs,  
Upju fona monitorings Latvijā,  
Ezeru monitorings.

# 6. Fitoplanktons un perifitons

## Vispārīgs raksturojums

Fitoplanktons ir mikroskopisku augu - aļģu kopums, kas ūdenī atrodas suspendētā stāvoklī un tiek nests ar ūdens straumi. Mikroskopiskie augi - aļģes tiek iedalīti mikroplanktonā (aļģu izmēri 50-500  $\mu\text{m}$ ), nanoplanktonā (< 50  $\mu\text{m}$ ) un ultraplanktonā (aļģu izmēri vēl mazāki). Aļģu noturēšanos suspendētā stāvoklī sekmē dažādi šūnapvalka izaugumi, kā arī gāzu vakuolas un rezerves vielas. Diennakts robežās novērojamas fitoplanktona vertikālās svārstības: dienā fitoplanktons paceļas virsējos slāņos, bet naktī iegrimst dziļāk. Fitoplanktona sugu sastāvs mainās pa gadalaikiem.

Perifitonu veido aļģes (kā mikroskopiskās, tā makroskopiskās), kas dzīvo, piestiprinājušās uz ūdenī iegremdētiem priekšmetiem, kā arī uz augstāko ūdensaugu zemūdens daļām.

Fitobentosu veido aļģes, kuru dzīve ir saistīta ar ūdenstilpes dibenu - bentālu.

## Fitoplanktona paraugu ņemšana

Fitoplanktona paraugus ņem ar dažādu modifikāciju Rutnera (1.att.) vai arī Molčanova tipa batometriem. Paraugu ņemšanas vietas izvēlas atkarībā no ūdenstilpes lieluma un dziļuma. Seklās upēs, kur gaisma iespiežas līdz dibenam, paraugi parasti tiek ņemti 0,25 - 0,5 m dziļumā, bet dziļākās upēs paraugus ievāc pa horizontiem atkarībā no ūdenstilpes dziļuma un ūdens caurspīdīguma. Šaurās upēs paraugus parasti ņem upes vidū, bet platās - vidū un abos krastos.



1.att. Rutnera tipa batometrs

## Paraugu apstrāde

**Sedimentācijas metode.** Sedimentēšanai paredzēto ūdeni ar batometru iepilda puslitra vai litra pudelēs un konservē ar pāris pilēm formalīna vai Lugola šķīduma. Pudeļu tilpumu izvēlas atkarībā no fitoplanktona attīstības pakāpes. Paraugus uz 3-4 dienām novieto tumšā vietā. Pēc tam ar sifona palīdzību uzmanīgi nosūc virs nosēdušajām aļģēm ūdeni, lai paraugā paliktu 100  $\text{cm}^3$  ūdens. Pirms kvantitatīvas analīzes veikšanas paraugi tiek salieti mērcilindros un pēc nostāvēšanas tumšā (2-3 dienas) to tilpums jāpapildina līdz 5 vai 10  $\text{cm}^3$ . Tad paraugi bez zaudējumiem jāpārlej pudelītēs, kur papildus jākonservē ar 1 vai 2 pilēm formalīna.

**Filtrācijas metode.** Ekspedīcijas apstākļos filtrācijas metodei ir priekšrocības, jo aļģu koncentrēšana uz filtra virsmās notiek ātri, arī aparatūra - Zeica filtrējamais aparāts un vakuumsūknis - ir portatīva. Tiek izmantoti filtri ar poru izmēru 1,2-5  $\mu\text{m}$ . Filtrējamais ūdens paraugs (0,5 vai 1,0l) pirms filtrēšanas tiek konservēts ar 5-10 pilēm formalīna vai Lugola šķīduma. Filtrus ievieto nelielās pudelītēs, kuras uzpilda līdz 5 vai 10  $\text{cm}^3$ , pēc tam paraugu konservē ar 1 vai 2 pilēm 40% formalīna.

## Paraugu analīze

**Mikroskopēšana.** Fitoplanktona paraugus aplūko caurejošās gaismas mikroskopā (*Amplival, Ergoval, Jenoval* u.c.) vai arī ar inversā mikroskopa palīdzību (*K. Ceisa, Leica* u.c.), lietojot palielinājumu no 40 līdz 200 un pat vairāk.

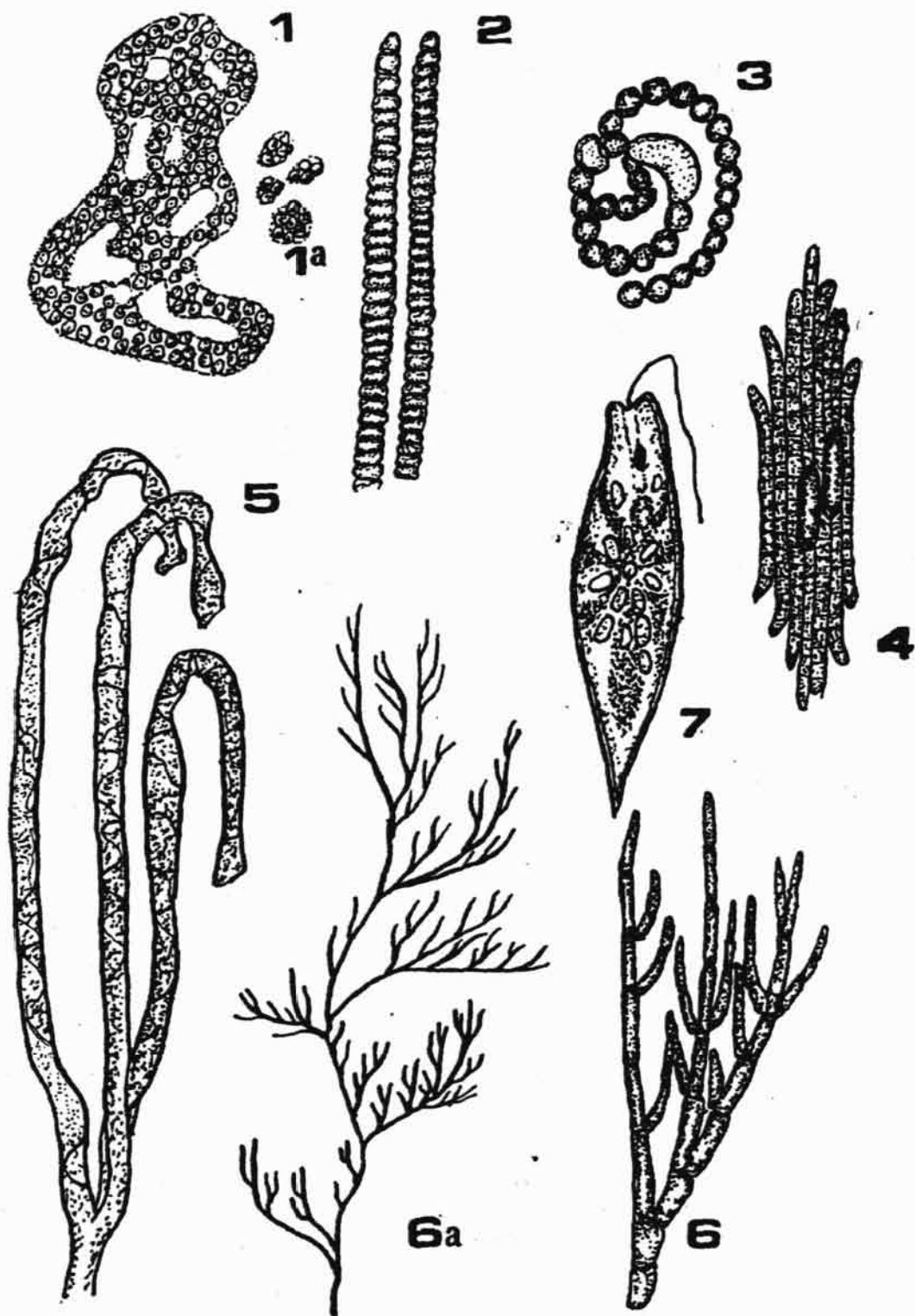
**Biomasa un fitoplanktona kopējā skaita aprēķināšana.** Fitoplanktona biomasu aprēķina pēc "tiešās mērīšanas" metodes. Aprēķina katras aļģu sugas tilpumu, ņemot par pamatu sugas ģeometriskos izmērus (augstums, garums, platums). Aļģu šūnas forma tiek pielīdzināta līdzīgiem ģeometriskiem ķermeņiem. Matemātisku aprēķinu rezultātā tiek atrasts katras pētāmās sugas individuālais tilpums. Tālāk, reizinot paraugā saskaitīto katras aļģu sugas daudzumu ar attiecīgās sugas tilpumu, iegūst katras sugas biomasu izskatītajā ūdens paraugā. Summējot visos izskatītajos paraugos atrasto aļģu sugu biomasu, iegūst kopējo aļģu biomasu, ko pārrēķina uz 1 l vai arī 1 m<sup>3</sup> pētāmā ūdens.

## Perifitona un fitobentosa paraugu ņemšana un apstrāde

Apaugumu aļģes (perifitonu un fitobentosu) ievāc no ūdenī iegremdētiem priekšmetiem, makrofītu, akmeņu virsmām, kā arī no grunts virsējās kārtiņas. Lieto ūdenī iegremdētus priekšmetstikliņus, kā arī citus mākslīgos substrātus. Aļģu pavedienus, kas cieši turas pie substrāta, nokasa ar nazi vai skalpeli. Paraugu ievieto nelielās pudelītēs un fiksē ar 4% formalīnu vai Lugola šķīdumu. Pēc tam paraugus mikroskopē un, izmantojot taksonomisko literatūru, nosaka sugu sastāvu.

## Raksturīgākie piesārņojuma bioindikatori

Aļģu suga	s <sub>i</sub>	x	o	b	a	p	G	S <sub>i</sub>
<i>Microcystis aeruginosa</i>	a		1	5	4		3	2,4
<i>Oscillatoria tenuis</i>	a-b			2	7	1	3	2,85
<i>Anabaena flos-aquae</i>	b		2	6	2		3	2,00
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	b-a		2	5	3		2	2,20
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	a			4	6		3	2,60
<i>Cladophora glomerata</i>	b	1	3	4	2		1	1,80
<i>Euglena viridis</i>	p			1	4	5	2	4,50



2. att. 1, 1a - *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Elenk., 2 - *Oscillatoria tenuis* Ag., 3 - *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb., 4 - *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs., 5 - *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link., 6, 6a - *Cladophora glomerata* (L.) Kütz., 7 - *Euglena* sp.

*Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Elenk. Zilaļģes, kas veido kolonijas. Atsevišķās šūnas 3-7 µm diametrā. Šūnās gāzu vakuolas, ar kuru palīdzību šūnas noturas ūdens virspusē. Aļģes vizuāli atgādina eļļainu zilganzaļu plēvīti. Kolonijas caurumainas.

Ekoloģija un bioloģija. Viena no visizplatītākajām zilaļģēm ezeru, ūdenskrātuvju, lēni tekošu ūdeņu planktonā. Savairojoties masveidā, labvēlīgos apstākļos var izraisīt ūdens "ziedēšanu". Masveidā šīs aļģes ir arī toksiskas.

*Oscillatoria tenuis* Ag. Zilaļģes, mikroskopā redzamas kā zilganzaļi pavedieni bez makstīm. Pavediena diametrs vidēji 8 µm, garums - 160 µm. Pavedienus veido vienādas cilindriskas šūnas. Tikai galotnes šūnas atšķiras no pārējām.

Ekoloģija un bioloģija. Tipiska piesārņojuma rādītāja. Sastopamas notekūdeņos, lielos daudzumos savairojas piesārņotās ūdenstilpēs. Veido zilganzaļas plēvītes uz zemūdens priekšmetiem, augu daļām, kā arī uz grunts kārtas un dūņām. Uz stāvošu ūdenstilpju virsmas šīs zilaļģes var novērot ādainu zilganzaļu peldošu plēvju veidā.

*Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb. Zilaļģes, mikroskopā redzamas kā vairākkārt izliekti pavedieni. Makroskopiski aļģes redzamas kā brīvi peldoši zilganzaļi kamoliņi. Pavedienos bez veģetatīvajām šūnām, kas ir tumšākas, jo satur gāzu vakuolas, ir arī heterocistas. Heterocistas atšķiras no veģetatīvajām šūnām pēc formas un lieluma. Pavedienos bieži var redzēt sporas dažādās attīstības stadijās. Sporām ir graudaina struktūra. Aļģu šūnas apaļas, 6-12 µm diametrā.

Ekoloģija un bioloģija. Plaši sastopamas ezeros, dīķos un lēni tekošās upēs. Var izraisīt ūdens "ziedēšanu". Savairojoties lielās masās, pazemina ūdens kvalitāti.

*Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. Zilaļģes, veido pavedienus, kas ir 4-6 µm diametrā un vidēji 150 µm gari. Pavedieni taisni, zilganzaļi, parasti salīpuši kopā, veidojot kūlīšus, kas ļoti labi saskatāmi.

Ekoloģija un bioloģija. Dzīvo gan jūrā, gan arī saldūdeņos, visbiežāk sastopamas eutrofos ezeros, izraisot ūdens "ziedēšanu". Pateicoties viļņu un vēja darbībai, "ziedošā" aļģu masa var tikt izskalota krastā, kur tā pūst un izraisa piekrastes piesārņošanu. 1992. gada vasarā izskaloto *A. flos-aquae* pūšana tika novērota Vidzemes jūrmalas pludmalē.

*Enteromorpha intestinalis* (L.) Link. Makroskopiska zaļaļģe koši zaļā krāsā, piestiprinājusies pie substrāta (akmeņiem, balķiem u.c.). Šai aļģei ir 1,5 cm plats un 30 cm garš laponis. Pieauguša lapaņa sienīņas sastāv no vienas šūnu kārtas. Laponim ir cauruļveidīgs, dobs vidus, kurā uzkrājas gāzes, kas sekmē lapaņa pacelšanos ūdens virspusē.

Ekoloģija un bioloģija. Sastopama gar Baltijas jūras piekrasti, lielo upju grīvās, ar jūru saistītajos ezeros (ļoti lielā daudzumā Liepājas ezerā). Vietām šīs aļģes sakrājas milzīgās masās, kuras atmirstot piesārņo attiecīgo ūdenstilpi.

*Cladophora glomerata* (L.) Kütz. Zaļaļģe, vienā no Latvijas ūdenstilpēs visbiežāk sastopamajām aļģēm. Veido stipri sazarotus, līdz 30 cm garus lapoņus ar gariem, cilindriskiem segmentiem un lielu centrālo vakuolu. Segmenti ietverti biezā celulozes apvalkā, kas dažreiz ir daudzslāņains, bet nekad nepārglutojas – aptaustot *Cladophora* ir raupta.

Ekoloģija un bioloģija. Visbiežāk sastopama krācainās vietās, piestiprinājusies pie akmeņiem, ūdeni iegremdētām siekstām, pāļiem un dambjiem. Atraujoties no substrāta, brīvi peld ūdenstilpēs pa straumi uz leju, vietām sakrājoties lielās masās. Stipri savairojas ūdenstilpēs, kurās ir paaugstināts biogēno elementu saturs. Tā ļoti bieži atrodama upēs un upītēs, kas plūst cauri lauksaimnieciski izmantojamām zemēm.

*Euglena sp.* Eiglēnaļģes, šūnas līdz 110 μm garas, 10 μm platas. Eiglēnām raksturīgs spīdošs sarkans punkts – “acs”. Šūnas vārpstveidīgas, ar mainīgu ķermeņa formu.

Ekoloģija un bioloģija. Sastopamas galvenokārt stāvošās, ar organiskajām vielām piesārņotās ūdenstilpēs. To klātbūtne aļģu paraugā norāda uz iespējamu organisku piesārņojumu.

## LITERATŪRA

Flora Slodkowodna Polski // Ed. Starmach K.- Warszawa; Kraków, 1964 - 1972.

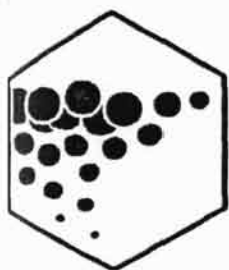
Standard methods for examination of water and waste water // Ed. by Greenberg A.E., Trussel P.R., Clesceri L.S. - Washington, 1985.

Wetzel R.L. Periphyton measurements and application // Methods and measurements of periphyton communities. - Amer. Soc. Testing and Materials.- Baltimore, 1979.

Определитель пресноводных водорослей СССР . - Л. - 1951 - 1983.- . Т. 1 - 8, 12 - 14.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений // Под. ред. В. А. Абакумова. - Л.: Гидрометеиздат, 1983.

Унифицированные методы исследования качества вод. Т1-3. Методы биологического анализа вод. - М., 1976.



# 6th NORDIC SYMPOSIUM ON HUMIC SUBSTANCES

Humic Substances as an  
Environmental Factor



June 9 - 12, 1997, Hämeenlinna/Tavastehus, Finland

Group Coordinating Humus Research in Finland  
Regional Environmental Agency of Häme



## PECULIARITIES OF PLANKTON COMMUNITIES IN SMALL HIGHLY HUMIC BOG LAKES IN LATVIA

I.Druvietis, G Sprinģe, L.Urtāne, M.Kļaviņš\*

*Institute of Biology, 3 Miera st., Salaspils LV-2169, Latvia*

*University of Latvia, 19 blv. Raiņa, Riga, LV-1568, Latvia\**

Key words: plankton, humic lakes, unaffected bog ecosystem

Plankton communities (bacteria-, phyto- and zooplankton) of unaffected bog ecosystems are studied in brown water bog lakes in Ramsar site Reserve Teiči within the limits of monitoring program of Latvia's water bodies. Studied lakes are surrounded by oligotrophic sphagnum bogs. Surface of lakes varies from 10 to 40 ha. Lakes are without littoral zone. Lakes are characterized with the absence of emerged vegetation and very scanty floating vegetation. Submerged vegetation is represented only by *Sphagnum spp.* in coastal zone. Red algae *Batrachospermum spp.* typical for clean waters are founded on sunken logs and snags. The presence of humus substances (up to 300 mg/l) causes the dark brown colour of the water ( $86^{\circ}$  -  $205^{\circ}$ ), the high COD figures (50-110 mg O/l) and low pH (on average 4.0). Lakes have elevated iron contents and lowered rates of nitrification. Due comparatively high concentrations and biological activities of humic substances they influence biological processes in lakes investigated. The composition, number of individuals of phytoplankton and zooplankton is pure. The most abundant phytoplankton species are *Dinobryon divergens*, *Mallomonas acaroides*, *Tabellaria flocculosa*, *Asterionella formosa*. The blue greens are absent. The mean phytoplankton biomass is low - about 0.03-0.60 mg l<sup>-1</sup>. Zooplankton is dominated by low numbers of true limnetic species *Diaphanosoma brachyurum*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Bosmina coregoni obtusirostris* and the occurrence of benthic and phytophilous species such as *Acroperus harpae*, *Alona gutatta*, *Alonopsis elongata*. Biomass of zooplankton varies from 11.5 to 95.5 mg 10<sup>2</sup> l<sup>-1</sup>. Regarding to the relationships of zoo- and phytoplankton biomass the high ratio is observed. Bacterioplankton is characterized by low total bacterial numbers (1.4-2.6 x 10<sup>6</sup> cells ml<sup>-1</sup>). Numbers of saprophytic bacteria using easily decomposed organic substances are low (20 - 460 cells ml<sup>-1</sup>). Some trends between increase in humic substance concentration and increase in total bacterial numbers and total number of zooplankton organisms as well as increase in phytoplankton biomass were observed. Composition of species and biomass of phytoplankton and zooplankton as well as numbers of bacterioplankton is specific for humic lakes and clearly reflect an unaffected state of the bog lakes ecosystems.

**WORKSHOP**

**DYNAMICS OF SUBMERGED VEGETATION  
IN SHALLOW LAKES**



**LAKE HORNBORGA**

**SWEDEN**

**16-20 SEPTEMBER 1996**

**INSTITUTION OF LIMNOLOGY  
UNIVERSITY OF LUND**

**SWEDISH E.P.A.  
LAKE HORNBORGA**

# Algae as a criterion for the trophic state of shallow lakes in Latvia

Ivars Druvietis

Institute of Biology, 3 Miera st., Salaspils LV-2169, Latvia

**Index words:** algae, submerged vegetation, trophic state, lakes

## Introduction

The study concerned floristic analyses on planktonic and periphytic microalgae, macroalgae and submerged vegetation in morphometrically eutrophic shallow lagoon type and bog lakes in relation to the eutrophication processes. Level of anthropogenic impact in lakes is different. The investigated lakes are significant sites for a waterfowl. Some of them (Lake Engures and lakes of bog Reserve Teiči) are Ramsar sites.

## Studied lakes

Lagoon type lakes in Latvia are formed by receding Baltic Sea in Lithorina period. They are situated on a moraine layer and their mean depth is about 1.0-1.5m. The shape of the lakes is elongated with an even coastal line. The lakes areas are submitted to winds facilitating a complete mixture of water layers. Studied lakes are linked due canal with the sea and it is possible for sea brackish water to get into the lake, and they are under some anthropogenic impact.

Bog lakes started its development in Sub Arctic period when mineral depression which was filled with water started to overgrow with vegetation. Some of investigated bog lakes (Lake Murmastienas, Lake Liepsalas) are situated in Ramsar site Reserve Teiči (nesting site of Black throated Diver *Gavia arctica*) in the East-Latvian lowland, and some (Lake Lielezers, Lake Mazezers) in Northern Vidzeme protected area. The lakes are surrounded by oligotrophic sphagnum bogs with typical peat bog vegetation. Bottoms of the lakes are covered all over by a thick and dense layer of peat. As a typical oligotrophic bog lakes they have not a clearly distinguished littoral zone. Lakes are practically without anthropogenic impact.

## Material and methods

Periphytic and planktonic algae were studied in the summer period (1988-1996). Samples were collected from the surfaces of submerged macrophytes, wood, stones and from artificial substrata. Algal filaments that adhere closely to the substratum were scrubbed from a predetermined natural surface area or from an artificial substratum. Phytoplankton samples were collected by Ruttner type water sampler in pelagial and littoral zones. Samples were fixed with formalin and quantitatively and qualitatively analyzed by Zeiss bright field microscope using magnifications of 100x, 200x, 400x.

## Results and discussion

Studied lagoon type (Table 1) and bog lakes (Table 2) differs each from another by water visibility, typical dominated phytoplanktonic and periphytic communities, phytoplankton biomass as well as composition of submerged vegetation.

Shallow clear water eutrophicated calcium rich lake (Lake Engures) is characterized by abundant submerged macrophytes and charophytes vegetation. Phytoplankton composition is

scanty and total phytoplanktonic biomass is low (0.03-0.3 mg l<sup>-1</sup>). Phytoplankton is dominated by *Dinobryon sertularia*, *D. divergens*, *Scenedesmus* spp., *Glenodinium gymnodinium*, *Microcystis pulverea*, *Anabaena* spp., *Synedra acus*. Epiphyton is dominated by *Fragillaria* spp., *Achnanthes* spp., *Epithemia zebra*, *Cymbella* spp., *Closterium* spp., *Cosmarium* spp., *Lyngbia* spp. and by filamentous green algae *Ulothrix* sp., *Mougeotia* sp., *Spirogyra* sp., *Oedogonium* sp.

Shallow mesotrophic lake (Lake Bušnieku) is characterised by widely developed submerged vegetation dominated by *Potamogeton* spp., Charophytes and filamentous algae *Cladophora glomerata*. Epiphyton dominated by diatoms, colonial algae *Gloeotrichia pisum* and filamentous green algae *Ulothrix* sp. Phytoplankton composition is rich, dominated by *Gomphosphaeria lacustris*, *Dinobryon sertularia*, *D. divergens*, *Glenodinium* spp., *Peridinium* spp. Phytoplankton biomass is higher (0.1-0.6 mg l<sup>-1</sup>) than in lake Engures. Lakes Engures and lake Bušnieku have still intermediate water quality, but they are sensitive to further degradation.

Shallow eutrophic lakes (Lake Liepājas, Lake Babītes), are characterised by very abundant submerged vegetation dominated by angiosperms and filamentous algae *Cladophora glomerata*. *Enteromorpha intestinalis* is leading species in brackish waters zone of lake Liepājas. Phytoplankton composition is rich, dominated by blue-greens (*Microcystis aeruginosa*, *Anabaena* spp.), diatoms (*Melosira italica*, *Synedra acus*, *Nitzschia acicularis*) and *Chlorococcales* (*Scenedesmus* spp., *Ankistrodesmus* spp.). Summer period is characterised by *Microcystis aeruginosa* blooming. Mean phytoplankton biomass is high (4.2-16.8 mg l<sup>-1</sup>). Epiphyton dominated by *Cocconeis placentula*, *Oscillatoria tenuis*, *O. princeps*. Some years ago lakes were under heavy anthropogenic impact and now their ecosystems are very fragile and sensitive to additional load. In the eutrophic lakes the numbers of phytoplankton taxa are similar to mesotrophic lakes but phytoplankton biomasses are higher (Druvietis, 1995).

Table 1. Some typical limnological data on the studied lagoon type lakes.

Lakes	Secci disc visib. m	Phytoplankton biomass mg.l <sup>-1</sup>	Periphyton	Submerged macrophytes
Engures	0.6-1.5	0.003-0.3	diatoms, green algae	charophytes
Bušnieku	0.6	0.1-0.6	diatoms, green algae	angiosperms, charophytes
Liepājas	0.4-0.6	0.9-4.2	diatoms, green algae blue greens	angiosperms
Babītes	0.3-0.5	1.5-16.8	diatoms, green algae blue greens	angiosperms

## References

- Druvietis, I. 1992. Comparative studies on phytoplankton and periphyton in seven small lakes with different trophic state. *Aqua Fennica* 22,2:143-151.
- Druvietis, I. 1995. Phytoplankton periodicity in different state lakes in Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy Sciences* 3/4/1995 Section B: Natural Sciences, 98-100.
- Druvietis, I., Urtāne L., Sprinģe G., Briede A., Kļaviņš M. 1995. Studies on Planktonic Communities in Small Brown water lakes in Teiči Bog Reserve, Latvia. , *Harmonizing Human Life with Lakes, 6th International Conference on the Conservation and Management of Lakes -Kasumigaura'95*, *Proceedings: Vol.2* 856-859.
- Urtāne L., Kļaviņš M. 1995. Zooplankton communities of a group of lakes with different content of humic substances in Latvia. *Proc.of Latv. Acad. Sci.*, 1/2, pp. 134-140.
- Zarubov, A., Druvietis, I. 1990. Peculiarities of biocenotic relations between zooplankton and phytoplankton in the water bodies of the Krustkalni reserve. *Latvijas PSR Zinātņu Akadēmijas Vēstis*, 50-55 (in Russian).



VIII INTERNATIONAL  
CONFERENCE ON  
HARMFUL ALGAE



VIGO 1997

## OBSERVATIONS ON CYANOBACTERIA BLOOMS IN LATVIA'S INLAND WATERS

Ivars Druvietis

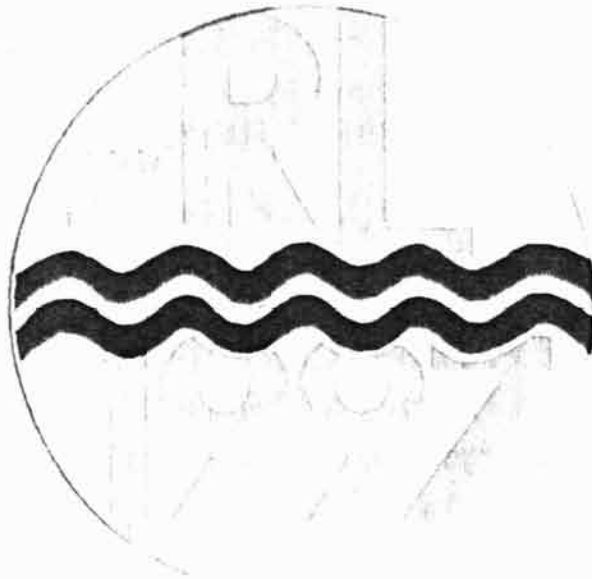
Laboratory of Hydrobiology, Institute of Biology, Salaspils, LV-2169, LATVIA

Most of the recorded cyanobacteria blooms in Latvia's freshwaters are caused by *Microcystis aeruginosa*, which is the most widespread of the noxious species and by either *Aphanizomenon flos-aquae* or *Anabaena spp.* Monitoring reports over the last few years indicate that waterblooms of cyanobacteria are common in eutrophic and hypereutrophic shallow lakes and recreational waterbodies from July till September near by the biggest cities (Riga, Daugavpils, Liepāja). Extensive waterblooms of *Microcystis aeruginosa* are characteristic for hydro-power stations reservoirs on Latvia's the biggest river the Daugava. Waterblooms of potentially poisonous cyanobacteria are observed in water bodies ( Riga reservoir and Lake Mazais Baltezers) which are sources of drinking water for the capital of Latvia Riga. It is stated, that *M. aeruginosa* from lake Mazais Baltezers is toxic. Blooms of *M.aeruginosa* caused fish kill from 1982 till 1987 in some Latvia's eutrophic (Lake Burtnieku) and hypereutrophic (Lake Dūņu, Lake Riebezers) lakes which were under agricultural impact and other human activities. Survey reports on the River Lielupe and small recreational waterbodies indicate on humans affection by cyanobacteria causing typical symptoms, but there are no observations on affected animals . In the last few years due the deep crisis of agriculture and industry there is a reasonable decrease of nutrient enrichment in Latvias waterbodies which would do some changes respect to phytoplankton growth including the cyanobacteria.

Key Words: monitoring, freshwaters, *Microcystis* , *Aphanizomenon*, *Anabaena*

# **3<sup>rd</sup> International Conference on Reservoir Limnology and Water Quality**

**Under the auspices of**  
The Rector of the University of South Bohemia



**Sponsored by**  
International Association for Theoretical  
and Applied Limnology (SIL)  
United Nations Environment Programme (UNEP)  
International Lake Environment Committee (ILEC)  
Czech Limnological Society (CLS)

**České Budějovice, Czech Republic**

## PECULIARITIES OF PHYTOPLANKTON COMMUNITIES IN THE CASCADE OF RESERVOIRS OF THE RIVER DAUGAVA, LATVIA

**Ivars Druvietis**

Laboratory of Hydrobiology, Institute of Biology, University of Latvia, 3 Miera Str. Salaspils, LV- 2169, Latvia

This study reflects the changes in phytoplankton communities and their basic components due to the processes of eutrophication caused by agriculture as well as anthropogenic impact from industrial pollution along the entire length of the Daugava River and the cascade of reservoirs of the river Daugava from the border of Belarus to Riga Gulf. The phytoplankton communities change downstream from the Belarus border to the Cascade of Reservoirs of the Daugava River as a result of anthropogenic factors, flows and self-purification processes:

↓  
↓  
*Chlorophyta+Bacillariophyta+Chlorophyta* (border of Belarus)

↓  
*Cyanophyta+Chlorophyta+Bacillariophyta* (downstream the city Daugavpils)

↓  
*Bacillariophyta+Chlorophyta+Cyanophyta* (oxygen rich rapids)

The change in phytoplankton communities at the cascade of Daugava dams, shows increasing eutrophication and change from river to potamal:

↓  
*Bacillariophyta+Cyanophyta+Chlorophyta+Dinophyta+Chrysophyta* (Pļaviņu reserv.)

↓  
*Cyanophyta+Chlorophyta+Bacillariophyta+Dinophyta* (Keguma reservoir)

↓  
*Cyanophyta+Bacillariophyta+Chlorophyta* (Riga reservoir)

↓  
The communities change by a potamal assemblages replacing a river assemblage. Due to accumulation of biogenic substances, the phytoplankton productivity (high algae biomass) increases in reservoirs. Ideal conditions are created for blue-green blooms, now often observed in reservoirs. Especially in the Riga Reservoir, which is used as a drinking water source, high productivity of the *Microcystis aeruginosa* has been observed.

↓  
*Cyanophyta+Bacillariophyta+Chlorophyta+Euglenophyta+Dinophyta*  
(downstream Riga)

↓  
Riga gulf

The phytoplankton flora of the lower Daugava is affected by pollution from Riga, Daugava hydroelectric cascades and the Riga Gulf. Algae species include the pollution indicator species and mass of *Microcystis* from Riga reservoir and saline species from Riga Gulf. An increasing component of blue-greens shows an increase in the trophic level and degradation of aquatic ecosystems in the lower Daugava.

## WELL WATER QUALITY IN LATVIA

M. KLAVINS, V. RODINOV, P. CIMDINS, I. KLAVINA, M. PURITE  
and I. DRUVIETIS

*University of Latvia, Raina blvd. 19, LV-1568 Riga, Latvia*

*(Received in Final Form March 27, 1995)*

A total of 2500 water samples from drinking water shallow wells and boreholes in rural areas of Latvia were collected. The samples were analyzed for 20 parameters. Well waters in Latvia can be characterized by a high content of organic (humic) substances. Mean values for analyzed water parameters are: 0.17 mg/l NH<sub>4</sub>, 0.016 mg/l NO<sub>2</sub>, 2.90 mg/l NO<sub>3</sub>, 0.028 mg/l PO<sub>4</sub>, 25.53 mg/l Cl, 0.12 mg/l Fe, 7.4 pH, 784 µS/cm conductivity, 24 degrees in PtCo scale color, 7.5 mgequiv/l total hardness. Comparison with water quality criteria adopted in the USA and European Community indicate that water quality is often unsatisfactory. For example, nitrate concentrations exceed standards in nearly 20% of the surveyed wells. The main problems of drinking water quality in Latvia are associated with increased concentrations of nitrogen and organic matter, and increased mineralisation. Concentrations of most water substances are dependent on local factors, and some vary substantially between different regions of Latvia. However, concentrations of heavy metals were excessive in less than 1% of wells, indicating a minimal impact of regional industrial and transboundary pollution on well water quality in Latvia. Water users, Latvian authorities and society have been informed about the obtained results, their assessment and proposed solutions.

KEYWORDS: Drinking water, pollution, water hardness, nitrates, humic substances.

### INTRODUCTION

Surveys of drinking water chemistry are important to citizens, the government, scientists and public health officials. Such studies are greatly needed for future planning of general and drinking water quality. In many countries the impact on drinking water quality have been studied, e.g. water acidification, agricultural pollution, monitoring of drinking water quality near pollution sources.<sup>1-7</sup> However, in Latvia, most inhabitants in rural areas use water from dug wells and shallow boreholes, the water quality of which has not been assessed (similar situation prevails in Eastern Europe and western part of Russia).

The aim of the present study is to provide a general overview of the chemical composition of drinking water and its quality in rural areas of Latvia in relation to local conditions and complexities, as well as to attempt to identify the possible sources of problem.

### MATERIAL AND METHODS

#### *1. Study Area and Well Sampling*

Waters from 2500 wells and boreholes, as well as drinking water in cities throughout Latvia were samples, this covers ca. 18% of the total well number in rural Latvia and

90% of drinking water sources in cities (Figure 1). The selected wells included all typical existing conditions, in relation to landuse, agriculture habits as well as geochemistry. Samples were taken from the water surface of wells using polypropylene bottles (Nalgene). Collected samples were within 24 hours transported to the laboratory and analyzed within one day of storage at +4°C. Well depth, character of landuse, distance to possible pollution sources, well age and construction material used (concrete, wood), as well as relevant parameters for boreholes, were determined.

## 2. Analyses

The temperature of the water was measured *in situ*, but pH, conductivity and total dissolved solids were measured immediately on the arrival of samples to the laboratory (using a Hach Model 44600 Conductivity/TDS Meter). Color was determined spectrophotometrically at wavelength 455 nm in the PtCo scale. Chlorides were determined by silver nitrate titration, sulfates by turbidimetric method and hardness by EDTA titration in the presence of Eriochrome Black T. Nitrates were determined using diazotization of gentisic acid after reduction of nitrates with cadmium; nitrites by their reaction with sulphanylic acid with subsequent reaction with chromothropic acid, but ammonia by the Nessler reagent. Phosphorus content was determined with ammonium molybdate and ascorbic acid, and silica by the ammonium molybdate method.

The concentrations of Na, K, Ca, Mg were determined using a flame photometer Flapho 3 (Carl Zeiss). Fe and F were determined spectrophotometrically (DR-2000) by the ammonium rodanide and SPADNS methods, respectively. Metal (Cd, Pb, Mn, Cu, Zn) concentrations was determined with an atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer 403). The contents of algae, infusories and total coliforms were determined by standard methods. The reliability and accuracy of analytical results were checked using blanks and reference (SLRSS-2 river water, CASS-2 coastal seawater; Analytical Chemistry Standards, Canada) samples. All analytical methods used were based on the standard methods for examination of water and waste water.<sup>8,9</sup>

## RESULTS AND DISCUSSION

The number of wells analyzed and the selected variety of sampling areas (Figure 1) ensured the coverage of all conditions typical for the North Western part of Europe, and reflected the landuse patterns, agricultural habits, geological and geochemical conditions and soil diversity. Since the survey program included analysis of drinking water in small cities of Latvia, the survey program covered 92% of all inhabitants of rural regions in Latvia.

Most rural wells in Latvia are quite shallow (65% of wells are less than 6 m deep, Figure 2), and they are the dominant source for water supply, a common situation in Eastern Europe and Russia. Mainly they are open (78%) and prepared from concrete prefabricated materials (68%), but the remainder are wood wells. The water sources are mostly located in quaternary deposits.<sup>10</sup>

The obtained analytical results (Table I, Figure 3) show a large variation in the composition of the drinking water. For some water parameters the maximum/minimum ratios are more than 100, indicating not only the impact of pollution sources, but also appreciable differences in natural conditions. This is evident in the cumulative frequency distribution curves (Figure 3) of water parameters which are determined by

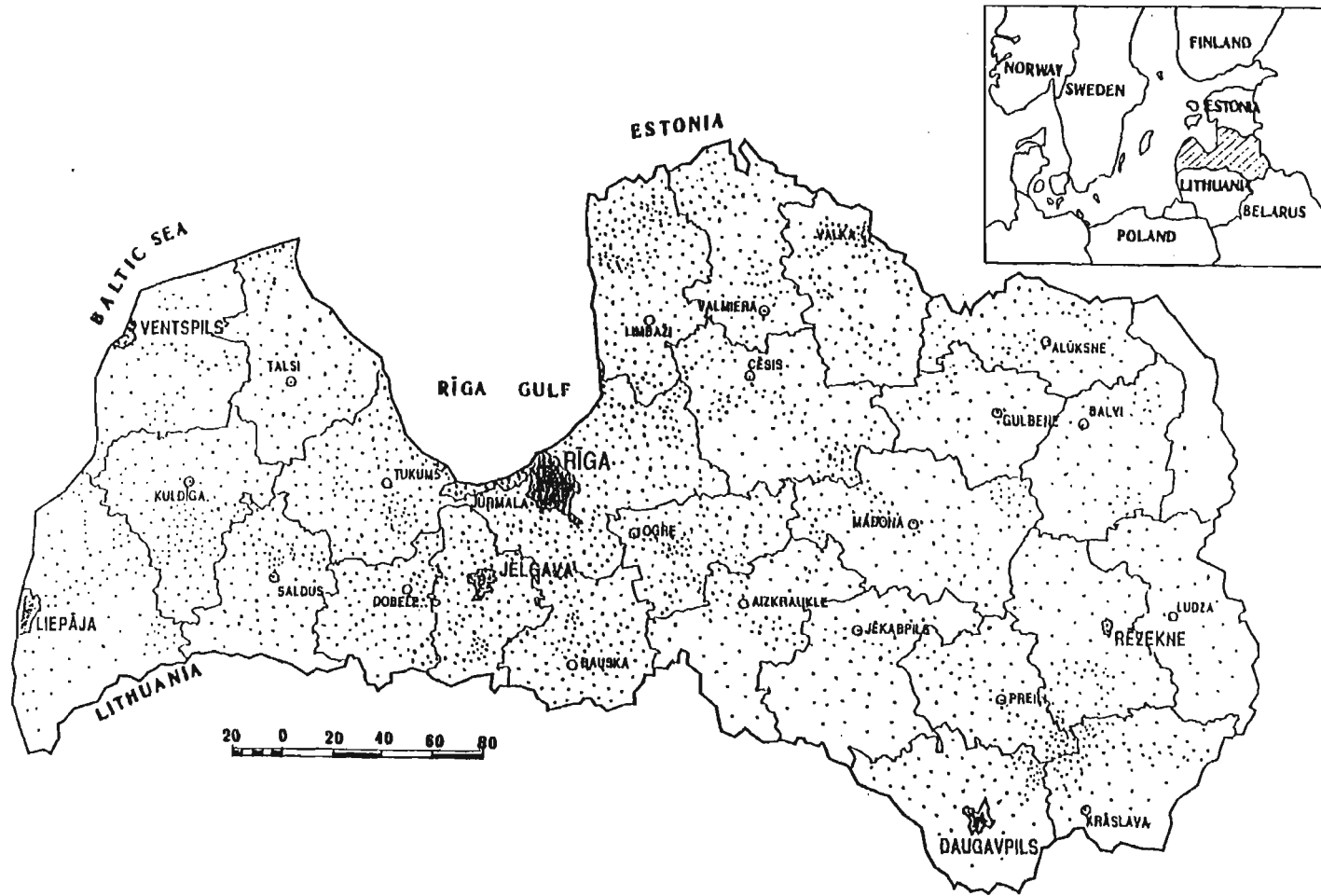


FIGURE 1 Location of sampled wells in Latvia.

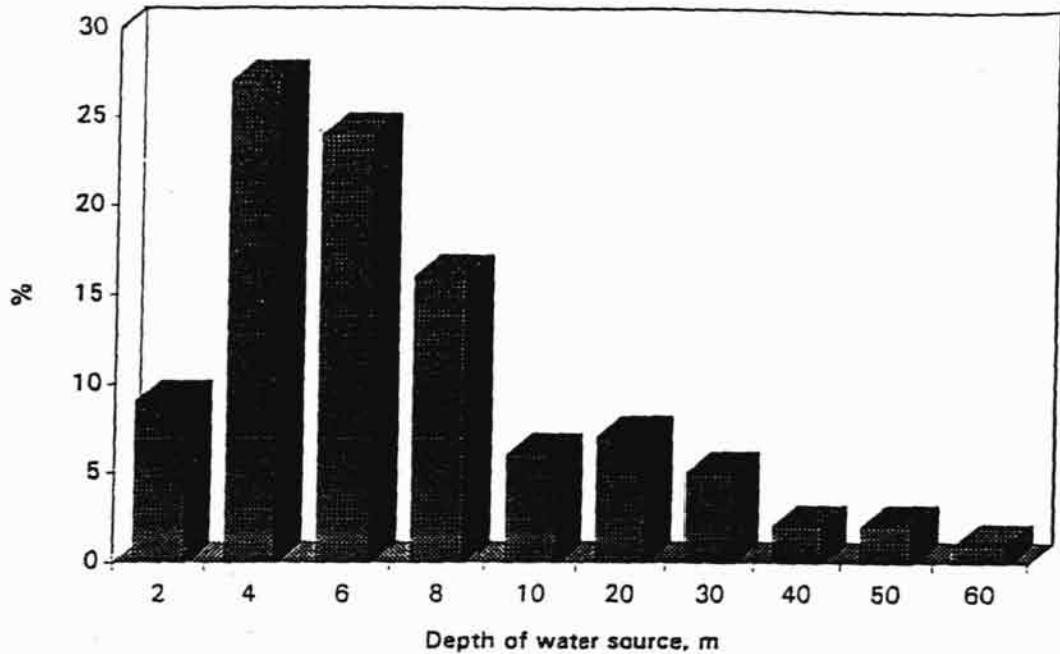


FIGURE 2 Depth of wells in Latvia.

TABLE I  
Concentrations of 27 constituents in drinking water in rural area of Latvia.

Parameter	Unit	Detection limit	Number of samples analyzed	Arithmetic mean	Median	Range	Max/min
Silicon	mg Si/l	0.01	760	3.5	2.43	0.12-19.5	162.5
Aluminium	mg Al/l	0.001	340	0.1	0.10	0.005-0.3	60.0
Iron	mg Fe/l	0.005	2100	0.32	0.12	0-12	240.0
Magnesium	mg Mg/l	0.01	950	23.0	21.0	3-90	30.0
Calcium	mg Ca/l	0.01	950	38.0	31.5	17-170	10.0
Sodium	mg Na/l	0.01	760	9.0	6.0	2-260	130.0
Potassium	mg K/l	0.005	760	6.0	4.5	1-120	120.0
Manganese	µg Mn/l	0.05	320	6.5	3.2	0-95	190.0
Copper	µg Cu/l	0.05	320	1.8	1.4	0.05-15	300
Zinc	µg Zn/l	0.05	320	25.0	18.3	5-500	100
Lead	µg Pb/l	0.1	320	0.8	0.7	0-12	120
Cadmium	µg Cd/l	0.05	320	0.2	0.1	0.01-1.8	36
Cobalt	µg Co/l	0.05	320	4.0	1.4	0-16	320
Nickel	µg Ni/l	0.05	320	3.0	1.8	0-15	300
Fluoride	mg F/l	0.01	340	0.12	0.08	0.05-1.5	30
Chloride	mg Cl/l	0.1	2100	44.1	25.5	2.8-808.4	288.7
Nitrate	mg N-NO <sub>3</sub> /l	0.01	2100	5.44	2.90	0-64	640.0
Nitrite	mg N-NO <sub>2</sub> /l	0.001	2100	0.06	0.016	0-4.28	428.0
Ammonia	mg N-NH <sub>4</sub> /l	0.01	2100	0.19	0.17	0-12	120.0
Sulphate	mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /l	0.01	280	12.0	11.0	0.5-245	490
Phosphate	mg PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> /l	0.001	2100	0.011	0.008	0-8.35	835.0
pH		0.01	2100	7.4	7.40	5.38-8.95	1.7
Conductivity	µS/cm	2.0	2100	884	784	110-2990	27.2
TDS	mg/l	0.5	2100	440	400	55-1500	27.3
Colour	PtCo°	1.0	2100	45	24.1	0.1-551	551.0
Hardness	mg eq/l	0.02	2100	8.28	7.5	0.45-82.2	182.7

100 %

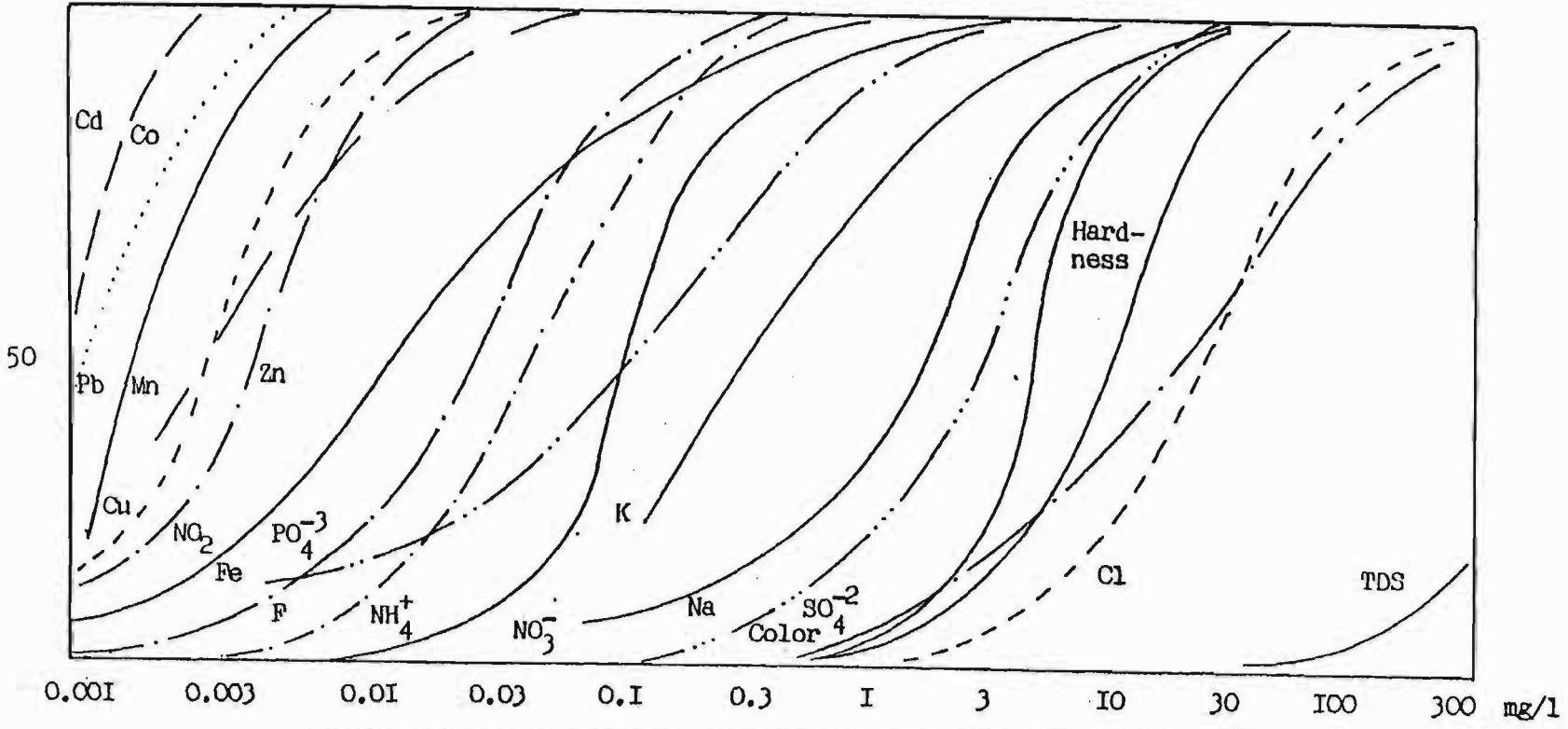


FIGURE 3 Cumulative distribution curves of water parameters in 2500 sampled wells in Latvia (mg/l).

WELL WATER QUALITY IN LATVIA

natural conditions: Fe, K, Na, Ca, Mg, Cl, hardness, color, TDS, conductivity. Also, concentrations of  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$  vary a great deal.

Correlation analysis of 11 constituents (Table II) shows that almost 50% of the coefficients are significant at the 0.0001 level, and that some constituents are correlated with almost all others. This indicates common mechanisms or processes that determine the chemical composition of drinking water<sup>1</sup>:

- weathering of soils and sediments (determines the concentration of Al, Ca, Mg,  $\text{HCO}_3$ , Cl,  $\text{SO}_4$ , TDS, pH, F, Na, Si, Fe);
- transport of salts and particulates from the sea or intrusion of brackish water (Na, Cl,  $\text{SO}_4$ , Mg);
- regional or local agricultural pollution (color,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$ );
- corrosion of water pipes (Fe, Zn, Mn);
- decomposition of organic matter (color).

The weathering of soils, bedrock and sediments determines water mineralization. Concentrations of mineral constituents (Cl,  $\text{SO}_4$ , Ca, Mg,  $\text{HCO}_3$ , K, Na) and water hardness greatly depend on regional factors and are higher in central part of Latvia (Zemgale) where carbonate-rich soils dominate. In Zemgale water is typically hard to

TABLE II  
Drinking water quality criteria in comparison with drinking water quality in Latvia.

Constituent	Unit	Quality criteria				Arithmetic mean in rural waters of Latvia	Concentration range
		European community MAC	community GL <sup>12</sup>	USA MCL <sup>13</sup>	Russia MAC <sup>14</sup>		
Silicon	mg/l	-	-	-	-	3.5	0.12-19.5
Aluminium	mg/l	0.2	< 0.05	0.1	0.5	0.1	0.005-0.3
Iron	mg/l	0.2	< 0.05	0.3	0.3	0.32	0-12
Magnesium	mg/l	50	< 30	-	-	23.0	3-90
Calcium	mg/l	-	< 100	-	-	38.0	17-170
Sodium	mg/l	-	< 20	20	-	9.0	2-260
Potassium	mg/l	12	< 10	-	-	6.0	1-120
Manganese	µg/l	50	< 20	50	100	6.5	0-95
Copper	µg/l	500	< 100	1000	1000	1.8	0.05-115
Zinc	µg/l	5000	< 100	5000	5000	25.0	5-500
Lead	µg/l	50	-	50	100	0.8	0-12
Nickel	µg/l	50	-	150	50	3.0	0-15
Cobalt	µg/l	-	-	5	5	4.0	0-16
Cadmium	µg/l	5	-	10	-	0.2	0-1.8
Fluoride	mg/l	-	1.5	2.0	1.5	0.12	0.05-1.5
Chloride	mg/l	25	-	250	350	44.1	2.8-808
Nitrate	mg/l	< 25	50	10	10	5.44	0-64
		( $\text{NO}_3$ )	( $\text{NO}_3$ )				
Nitrite	mg/l	-	-	0.1 ( $\text{NO}_2$ )	0.2	0.06	0-4.28
Ammonia	mg/l	-	0.05	0.5 ( $\text{NH}_3$ )	2.0	0.19	0-12.0
Sulphate	mg/l	< 25	250	250	250	12.0	0.5-245
Phosphate	mg/l	-	-	-	-	0.011	0-8.35
Hardness	mg-eq/l	-	-	-	-	8.28	0.45-82.2
pH		-	6.5-8.5	-	-	7.40	5.38-8.95
Conductivity	µS/cm	-	-	-	-	884	110-2990
Colour	Pt Co°	-	-	-	-	45	0-551
TDS	g/l	-	-	0.5	-	0.44	0.05-1.5

GL-guide level; MAC-maximum admissible concentration; MCL-maximum contaminant level

very hard and hardness is positively correlated with well depth, conductivity, and calcium and chloride concentrations. These factors stress the impact of weathering and erosion in topsoil layers on water quality. Increased contents of Cl, Na, K and  $\text{SO}_4$  were observed in wells along the coast of the Baltic Sea and Riga Sea Gulf, especially in deeper wells, suggesting intrusion of brackish waters.

From the viewpoint of impact on human health, nitrogen pollution from agricultural and domestic sources is most serious. Figure 4 shows that, in 17% of the wells surveyed, nitrate concentrations exceeded guidelines; this was also observed for ammonia, nitrites and phosphates. For all of these compounds, a decrease of their concentration with well depth is typical, thus indicating that pollution of topsoil layer often determines the general water pollution levels. Since the territory of Latvia is covered with quaternary deposits with high filtration capacity,<sup>11</sup> the high contents of nitrogen compounds in well water can be attributed to agricultural pollution. The same source seems to be responsible for common elevated concentrations of organic matter (tannins/lignins, humic acids, biologically degradable organic substances etc.).

Natural factors, as well as pipe corrosion, cause increased concentrations of iron (Figure 5), which are higher in 22% of the surveyed wells than the EC guideline.

In well water of Latvia, the concentrations of some metals (Pb, Cu, Cd, Mn, Zn) may indicate anthropogenic pollution. In general, the contents of metals are low (guideline values are exceeded in less than 1% of the analyzed samples) and increased metal concentrations were local around waste facilities or other point pollution sources. Fluoride concentrations fit the pattern of heavy metals (Table I).

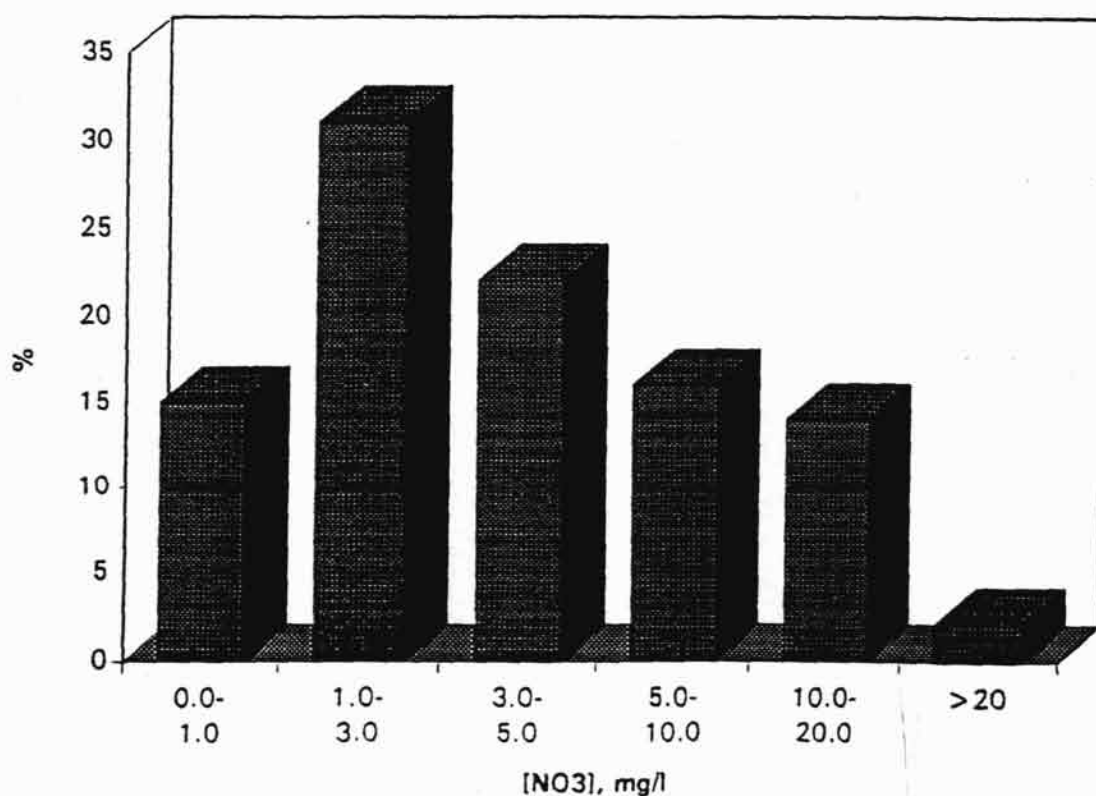


FIGURE 4 Concentrations of nitrates in well waters, Latvia (mg N-NO<sub>3</sub>/l).

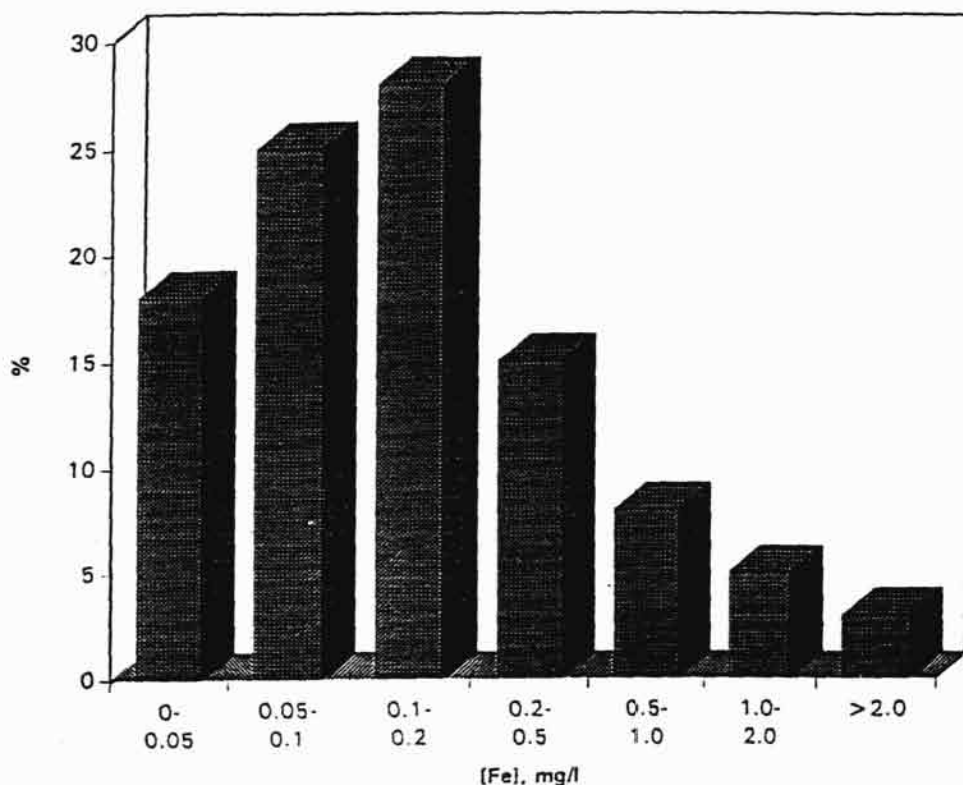


FIGURE 5 Iron concentrations in well waters, Latvia (mg/l).

Since wells in Latvia are shallow and rarely covered, their water in summer warms up. These factors, together with the presence of nutrients in wells create conditions suitable for growth of algae and infusories. Well water in Latvia was found to contain the common living organisms of surface waters.

#### Algae

*Lyngbia sp.*  
*Oscillatoria tenuis* Ag.  
*Navicula gracilis* Ehr.  
*Navicula rhynchocephala* Kütz  
*Nitzschia sp.*

*Navicula cryptocephala* Kütz  
*Microthamnion kuetzingianum* Näg.

#### Infusories

*Coleps hirtus* Nitzsch  
*Didinium nasutum* (O.F. Müller.)

*Euplotes affinis* Dujardin  
*Frontonia leucas* Ehrb.  
*Stentor coeruleus* (Ehrb.)  
*Strombidium s.*  
*Stylonychia mytilus* Ehrb.

Also, total coliform counts were increased in about 20% of the collected samples.

The presence and concentrations of the various organisms are related to seasonal changes of nutrients: the concentrations increase in the autumn/winter and spring seasons, but decrease in the summer. This pattern is similar to that in open water, but not as pronounced.

The most polluted wells typically were found in small villages and towns. A comparison of well water quality with drinking water guidelines of the European Community and the USA (Table III), confirms the significance of polluted drinking water problem in Latvia.

TABLE III  
Kendall correlation coefficients between individual determinations of 14 constituents in rural drinking water in Latvia (significance level in parentheses).

	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Hardness	Conductivity	Cl	Fe	Colour	TDS	pH
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , mg/l	0.0318 (0.212)										
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg	-0.0833 (0.010)	0.2637 (0.000)									
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> , mg/l	0.1404 (0.000)	0.0735 (0.040)	0.0685 (0.006)								
Hardness, mg-eq/l	-0.0434 (0.088)	0.0681 (0.007)	0.1301 (0.000)	-0.0299 (0.234)							
Conductivity, μS/cm	-0.0132 (0.604)	0.1084 (0.000)	0.2005 (0.000)	0.0142 (0.572)	0.6321 (0.000)						
Cl <sup>-</sup> , mg/l	0.0149 (0.558)	0.1593 (0.000)	0.2034 (0.000)	0.0518 (0.039)	0.3890 (0.000)	0.5076 (0.000)					
Fe <sub>tot</sub> , mg/l	0.1697 (0.000)	-0.0800 (0.020)	-0.1206 (0.000)	0.0218 (0.390)	-0.0772 (0.002)	-0.0821 (0.001)	-0.1196 (0.000)				
Colour, PtCo°	0.2562 (0.000)	0.0708 (0.005)	-0.0391 (0.118)	0.1673 (0.000)	-0.1221 (0.000)	-0.0776 (0.002)	-0.0593 (0.018)	0.2887 (0.000)			
TDS, g/l	-0.0140 (0.584)	0.1176 (0.000)	0.1956 (0.000)	0.0261 (0.299)	0.6418 (0.000)	0.9553 (0.000)	0.5171 (0.000)	0.088 (0.000)	-0.0842 (0.001)		
pH	-0.0045 (0.709)	0.0112 (0.655)	-0.1010 (0.000)	0.0013 (0.958)	-0.0651 (0.009)	-0.1073 (0.000)	-0.0282 (0.258)	-0.0355 (0.160)	0.0757 (0.003)	-0.0932 (0.000)	
Well depth, m	-0.0359 (0.224)	-0.0094 (0.774)	-0.0205 (0.478)	-0.0996 (0.001)	0.0186 (0.519)	0.0029 (0.921)	0.0424 (0.142)	-0.0296 (0.00)	0.0113 (0.695)	0.0113 (0.695)	0.0838 (0.04)

## CONCLUSIONS

The conducted survey of well water quality in Latvia indicated that much of the water was polluted. The total number of wells with unacceptable levels of various substances exceeds 20% and the pollution source is most often agriculture. However, improvement of well water quality can be achieved by increasing sanitation and the use of more improved well construction (well cleaning, disinfection, deeper wells) and installation removed from local point sources.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Authors would like to express gratitude to association "Eco-Latvia", its president L. T. Embrehts and The Lynn R & Karl E. Prickett Fund for support.

## REFERENCES

1. T. P. Flaten, "A Nation-wide Survey of Water Chemical Composition of Drinking Water in Norway" *Sci. Total Environ.* **102**, 35-73 (1991).
2. E. Raveendran and I. M. Madany, "The Quality of Groundwater in Bahrein" *Sci. Total Environ.* **103**, 177-183 (1991).
3. N. A. M. E.-Din, I. M. Madany, A. Al-Tayran, A. H. Al-Jubair and A. Gomaa, "Trends in Water Quality in Some Wells in Saudi Arabia" *Sci. Total Environ.* **143**, 173-181 (1994).
4. K. E. Quentin, "Die Nitratsituation in der Bundesrepublik Deutschland" *Acta Hydrochim., Hydrobiol.* **Bd. 16**, 385-396 (1988).
5. B. T. Oral and C. R. Hayes, "Nitrates and Water Supply in the United Kingdom" *Environmental Pollution* **50**, 163-187 (1988).
6. R. Frank, H. E. Braun, B. S. Clegg, B. D. Ripley and R. Johnson, "Survey of Farm Wells for Pesticides, Ontario, Canada" *Bull. Environ. Contamin. Toxicol.* **44**, 410-419 (1980).
7. A. Y. Sangodoyin, "Water Quality in Pipe Distribution Systems" *Environ. Management & Health* **4**, 15-20 (1993).
8. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Washington D.C.: APHA, 1988).
9. *HACH Water Analysis Handbook*, 2nd ed. (Loveland: HACH, 1992).
10. I. Danilans, *Quaternary Sediments in Latvia* (Zinatne: Riga, 1982) (in Russian).
11. I. V. Semenov, *Pollution and Self-purification of Ground Waters of Latvia* (Riga, Zinatne, 1991) (in Russian).
12. M. Carney, "European Drinking Water Standards" *Journal AWWA* **6**, 48-55 (1991).
13. F. W. Pontius, "A Current Look at the Federal Drinking Water Regulations" *Journal AWWA* **9**, 36-50 (1992).
14. A. M. Nikanorov and E. M. Posohov, *Hydrochemistry* (Hidrometeoizdat: Leningrad, 1985) (in Russian).



**БИОЛОГИЧЕСКИЕ  
ОСНОВЫ  
РАЦИОНАЛЬНОГО  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЖИВОТНОГО И  
РАСТИТЕЛЬНОГО  
МИРА**

В.И.Друвиетис

Институт биологии АН ЛатвССР, Саласпилс

РАЗВИТИЕ ФИТОПЛАНКТОНА РИКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА  
В СТАДИИ ЕГО СТАНОВЛЕНИЯ

Рикское водохранилище, так же как находящееся выше Кегумское водохранилище, относится к водохранилищам речного типа. Так как оно было заполнено до запланированной отметки осенью 1975 г., биоценозы фитопланктона здесь находятся еще в стадии формирования.

Сбор материала в Рикском водохранилище проводился летом 1976 и 1977 гг. В пробах фитопланктона определено 45 видов, разновидностей и форм. На первом месте по числу таксонов стоят диатомовые водоросли - 22 вида, на втором - зеленые - 14 видов, затем следуют сине-зеленые - 6 видов, эвгленовые - 2 вида и хризифитовые - 1 вид.

Общее развитие водорослей во время наших исследований было сравнительно незначительным. В среднем биомасса фитопланктона даже в период летнего максимума не превышала 2 мг/л. В начале лета преобладали диатомовые водоросли, которые составляли около 90% всей биомассы. Максимального развития по биомассе фитопланктон достиг в июле, также исключительно за счет диатомовых водорослей.

Преобладали такие виды, как *Melosira italica*, *Asterionella formosa*, *Diatoma elongatum*. В конце лета (в августе) наблюдалась вспышка развития сине-зеленых водорослей, которые составляли около 70% биомассы, 20% биомассы составляли диатомовые. Доминирующими видами были *Microcystis aeruginosa* и *Oscillatoria limnetica*. Судя по видовому составу фитопланктона, на современном этапе существования Рикского водохранилища потамофильный комплекс видов, характеризующийся преимущественным развитием одноклеточных диатомовых и зеленых водорослей и свойственный обычно незарегулированным рекам, почти полностью заменен



**БИОЛОГИЧЕСКИЕ  
АСПЕКТЫ  
ИЗУЧЕНИЯ  
И РАЦИОНАЛЬНОГО  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЖИВОТНОГО  
И РАСТИТЕЛЬНОГО  
МИРА**

ФИТОПЛАНКТОН КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ВОДЫ В  
РИЖСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

И. Ю. Дривиецис

Институт биологии АН Латв. ССР, Саласпилс

В целях установления качества воды Рижского водохранилища по водорослевым показателям начиная с лета 1976 г. проводились исследования фитопланктона. За гидрологические 1976-1980 гг. в толще воды Рижского водохранилища было обнаружено 109 таксонов водорослей, которые распределяются по

отделам следующим образом: синезеленые - 14 (7 показателей сапробности), золотистые - 6 (4), диатомовые - 38 (31), прорифитовые - 2 (1), евгленовые - 2 (1), зеленые - 47 (22).

Видовой состав фитопланктона определяется сезонностью развития отдельных видов и гидрологическими условиями водохранилища. В течение вегетационного периода видовое разнообразие фитопланктона сильно меняется. С окончанием паводка количество видов резко увеличивается и к середине лета достигает максимума в видовом и количественном отношении. По видовому составу в летний период преобладали зеленые водоросли, особенно протокочковые, и нитевидные диатомовые водоросли из рода *Melosira*. По числу клеток в конце лета преобладали синезеленые. Значительного развития достигали также зеленые и хризодитовые водоросли.

Весной, осенью и зимой в фитопланктоне значительно уменьшается число видов зеленых и синезеленых водорослей и ведущим отделом становятся диатомовые.

Из общего числа видов, зарегистрированных в фитопланктоне водохранилища, только немногие встречаются в большом количестве. По величинам биомассы фитопланктона водохранилище характеризуется сравнительно низкой продуктивностью. Максимум в июле 1977 г. составлял только 1,85, в начале августа 1978 г. - 2,8, в июле 1979 г. - 3,1 мг/л. По числу клеток водорослей максимальные величины наблюдались в июле 1977 г., августе 1978 г. и июле 1979 г. и достигали соответственно 1,5, 4,4 и 11,0 млн.кл./л.

Из водорослей, показателей сапробности среды, найдены почти исключительно  $\beta$ -мезосапробные виды. (I = 1,85 в среднем за год). Это позволяет охарактеризовать водохранилище по фитопланктону как  $\beta$ -мезосапробное.

**РЕСПУБЛИКАНСКАЯ  
НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ  
ТАДЖИКСКОЙ ССР,  
ПОСВЯЩЕННАЯ XXVI СЪЕЗДУ КПСС  
(ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ)  
СЕКЦИЯ ЗООЛОГИИ**

Душанбе — 1982

УДК 577.472(28)

И. Ю. Друвинетис

ИССЛЕДОВАНИЯ САПРОБНОСТИ ВОД КАСКАДА ВОДОХРАНИЛИЩ  
НА р. ДАУГАВЕ ПО ФИТОПЛАНКТОНУ

(Институт биологии АН ЛатвССР, г. Рига)

К настоящему времени на р. Даугаве в пределах Латвийской ССР создано три водохранилища: Плявиньское, Кегумское и Рижское. Все три водохранилища речного типа. Создание водохранилищ в результате строительства каскада ГЭС на р. Даугаве существенно изменило гидробиологический режим реки.

Для определения сапробности вод каскада водохранилищ были использованы данные по фитопланктону. Исследования сапробности воды по фитопланктону имеют большое значение, так как фитопланктон, являясь одним из первых звеньев в цепи пищевых взаимоотношений в водоемах, составляет материальную и энергетическую основу всех последующих этапов производственного процесса и может оказать существенное влияние на химический состав вод и самоочистительную способность водоема.

В данном сообщении приводится оценка санитарно-биологического состояния каскада водохранилищ на р. Даугаве по количест-

дв. в 1978 и 1980 гг.

В Плявиньском водохранилище фитопланктон был развит сравнительно слабо. В среднем число клеток планктонных водорослей составило 2441 тно. в литре, а биомасса фитопланктона — 0,267 мг/л. По числу клеток преобладали синезеленые водоросли, которые составили до 90% всего фитопланктона. Из этой группы найдены представители родов *Oscillatoria* и *Aphanizomenon*. По биомассе преобладали зеленые и диатомовые водоросли. Судя по водорослям-показателям сапробиости, Плявиньское водохранилище можно охарактеризовать по фитопланктону как  $\beta$  — мезосапробиое. Индекс сапробиости по Пантле-Буцку равен 1,9.

В находящемся ниже Кегумском водохранилище число клеток составило в среднем 54600 кл./л, а биомасса фитопланктона — 0,019 мг/л. По числу клеток первое место занимали синезеленые водоросли с малым объемом клеток (80% общего числа), а по биомассе преобладали диатомовые водоросли. Доминирующими видами являлись *Aphanizomenon flos-aquae*, а также представители родов *Melesira* и *Navicula*. Индекс сапробиости по Пантле-Буцку — 1,9, что соответствует  $\beta$  — мезосапробиальной степени.

Поскольку Рижское водохранилище начинается у самой Кегумской плотины, в него вместе с водой попадают планктонные водоросли Кегумского водохранилища. Водохранилище по величинам биомассы характеризуется низкой продуктивностью: летние максимумы достигают лишь 1,85–3,1 мг/л; число клеток колеблется от 1,5 до 4,4 миллионов в литре.

По видовому составу в летний период преобладали зеленые и нителлиновые водоросли из рода *Melesira*. В конце лета по числу клеток доминировали синезеленые, значительного развития достигали также зеленые и хризодитовые водоросли. Из водорослей-показателей загрязнения среды найдены почти исключительно  $\beta$  — мезосапробиальные виды (индекс сапробиости по Пантле-Буцку — 1,85).

Таким образом, воды каскада водохранилищ на р. Даугаве по водорослевым показателям можно охарактеризовать как  $\beta$  — мезосапробиальные с низкой продуктивностью фитопланктона.

**АКАДЕМИЯ НАУК СССР**  
**Сибирское отделение**



# **КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВА И ЭНЕРГИИ В ВОДОЕМАХ**

**ВЫПУСК II**  
**СТРУКТУРА И ПРОДУКТИВНОСТЬ**  
**РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ**  
**(ФИТОПЛАНКТОН, ФИТОБЕНТОС,**  
**ВЫСШАЯ ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ)**

**Иркутск**  
**1985**

## ОСОБЕННОСТИ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА КУБЕНСКОГО

Друвиецис И. Ю., Рудзрога А. И.

Институт биологии АН ЛатвССР

Исследования фитопланктона оз. Кубенского проводились в 1982—1984 гг. на 15 станциях, Кроме того, пробы фитопланктона были отобраны в устьях рек, впадающих в оз. Кубенское (Порозовицы, Уфтюги, Кубены, Б. Ельми), и в истоке р. Сухоны.

В результате было обнаружено 233 вида и внутривидовых таксонов водорослей из семи отделов. Ведущее место занимают диатомовые водоросли (98 таксонов). Зеленые водоросли (70 таксонов) представлены главным образом классом протококковых, а сине-зеленые водоросли составляют 54 таксона. В незначительных количествах встречались хризофитовые (9 таксонов), пирофито-

вые (8 таксонов) и эвгленовые (9 таксонов) водоросли. Желто-зеленые водоросли представлены только 2 видами.

Виды, составляющие доминирующий комплекс фитопланктона оз. Кубенского, были сходны все три года и соотношение между отделами водорослей менялось мало. Руководящими видами являлись *Lyngbia limnetica*, *Anabaena scheremetievi*, *A. lemmermannii*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Melosira italica*; *M. ambigua*, *M. granulata*, *Fragilaria crotonensis*.

В пробах планктона присутствовали *Gloeocapsa limnetica*, *Dinobryon divergens*, *D. sociale*, *Euglena* sp., *Phacus caudatus* и протококковые родов *Scenedesmus*, *Pediastrum* и *Crucigenia*, но они не играли существенной роли из-за своей малочисленности. Были найдены единичные экземпляры протококковой водоросли *Dimorphococcus lunatus*, а также представители рода *Desmidiium* — *Spondilosium moniliforme* var *compressum* и *Desmidiium cylindricum*.

Диатомовые водоросли представлены в основном факультативно планктонными формами, сине-зеленые и зеленые — планктонными формами.

Малая глубина озера при большой водной поверхности способствует ветровому перемешиванию и быстрому прогреванию и охлаждению водной массы, что, в свою очередь, влияет на развитие водорослей. Перемешивание водной массы до дна приводит к смыванию перифитона (М. А. Рычкова) и появлению форм перифитона и бентоса в планктоне.

Самые большие биомассы фитопланктона (16—20 мг/л), наблюдавшиеся в августе 1983 г., вызваны подъемом со дна бентических форм диатомовых водорослей (родов *Surirella*, *Cymatopleura*, *Gyrosigma*, *Nitzschia* и др.) в результате интенсивного перемешивания водной массы, однако в то же время сине-зеленые водоросли преобладали по численности, а на отдельных станциях по биомассе. Наблюдалось даже цветение сине-зеленых водорослей *Lyngbia limnetica*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena scheremetievi*, *A. lemmermannii*, биомасса которых достигала 5,5—12,5 мг/л. В августе 1982 и 1984 гг. биомассы были значительно ниже, соответственно 3,3—6,2 и 3,6—9,8 мг/л.

Как по величине биомассы фитопланктона, так и по видовому составу водорослей озеро может быть разделено на три части: северо-западную (биомасса от 3,5 до 6,0 мг/л, доминируют типично планктонные виды диатомовых водорослей), центральную (биомасса от 4,0 до 8,0 мг/л, доминируют диатомовые и сине-зеленые водоросли) и юго-восточную (биомасса от 4,3 до 6,5 мг/л, доминируют сине-зеленые водоросли).

Уменьшение общей биомассы фитопланктона наблюдалось в устьях рек Уфтюги и Кубены, что можно объяснить разбавляю-

ним воздействием воды этих рек, содержащей небольшое количество планктонных водорослей (биомасса соответственно 0,224 и 0,18 мг/л). Фитопланктон в устьях рек Порозовицы и Б. Ельми существенно не влиял на развитие планктона оз. Кубенского (биомасса 3,6 и 4,2 мг/л соответственно). Надо отметить, что в устье р. Порозовицы доминируют сине-зеленые водоросли. Самые большие биомассы фитопланктона (до 28 мг/л) наблюдались в истоке р. Сухоны. По-видимому, это можно объяснить подъемом со дна бентических форм диатомовых водорослей из-за интенсивного перемешивания воды на судоходном пути, а также снижения водообмена самого верхнего участка истока р. Сухоны в меженьный период в результате подпорного действия плотины в 7,5 км от истока.

Прибалтийское бассейновое отделение

Ихтиологической комиссии МРХ СССР

Научный совет по проблемам "Гидробиология, ихтиология и использование биологических ресурсов водоемов" АН Литовской ССР

Институт зоологии и паразитологии АН Литовской ССР

---

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ  
ВОДОЕМОВ БАСЕЙНА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

(Материалы 22 научной конференции по изучению водоемов Прибалтики)

## ВОЗВЫШЕННОСТИ АЛЬГОФЛОРЫ МАЛЫХ РЕК ЛАТГАЛЬСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ ЛАТВИЙСКОЙ ССР

Друветис И.Ю.

(ИБ АН ЛатССР)

Район Латгальской возвышенности имеет широко развитую озерно-речную сеть. Большинство малых рек района можно охарактеризовать как межозерные стоки с озерным питанием. Прилегающие к рекам холмы во многом определяют формирование биоценозов, особенно в период интенсификации сельского хозяйства. Медленно текущие участки рек чередуются со слабовыраженными перекатами. Нами исследованы реки Рушоница, Индрица, Тартака, Яша и Асуница.

В исследованных реках по сравнению с другими малыми реками республики фитопланктон богат. Видовой состав альгофлоры планктона не имеет существенных различий с таковым питающего озера. Численность водорослей значительна - 0,5-8,0 млн. кл/л. Наиболее интенсивно развиты сине-зеленые водоросли (от 0,4-7,0 млн. кл/л), особенно *Lyngbia limnetica* с малым объемом клеток. В летнем фитопланктоне большую роль играют также *Microcystis aeruginosa*, *M. pulverea*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Oscillatoria limnetica*, *Peridinium cinctum*, *Pediastrum boryanum*, *Melosira italica*, *M. ambigua*, *M. islandica* subsp. *helvetica*. Биомасса колеблется от 0,7 до 9,2 мг/л. Доминируют сине-зеленые (0,4-4,2 мг/л) и зеленые (0,15-3,2) водоросли. По течению состав фитопланктона как в ритроне, так и потамоне различается мало. Можно выделить доминирующий комплекс его в малых реках Латгальской возвы-

шенности - *Melosira italica* + *M. ambigua* + *Lyngbia limnetica* + *Woronichinia naegeliana*.

В ритроне малых рек Латгальской возвышенности отмечены богатые лимнореофильные биоценозы перифитона с преобладанием *Cladophora glomerata*, а также в большом количестве красные водоросли *Batrachospermum moniliforme*, *B. sporulans*.

В р. Индриде в затемненных местах сплошным налетом на камнях наблюдалась красная водоросль *Hildebrandtia rivularis*. Здесь также богаты фитореофильные биоценозы во мхах рода *Fontinalis* с преобладанием диатомовых водорослей родов *Synedra*, *Cymbella*, *Navicula*, *Gomphonema*, *Diatoma*. Доминирующим комплексом ритрона является *Cladophora glomerata* + *Batrachospermum sporulans* + *Navicula gracilis*.

Для потамона характерны псаммореофильные и пелореофильные биоценозы. В псаммореофильных биоценозах доминирует *Melosira varians*, *Oscillatoria tenuis*. Пелореофильные биоценозы характерны доминированием сине-зеленой водоросли *Oscillatoria tenuis*. Ведущий комплекс потамона образуют *Melosira varians* + *Oscillatoria tenuis* + *Chaetomorpha linum*.

**АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР**  
**Институт ботаники им. Н.Г.Холодного**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
СОВРЕМЕННОЙ АЛЬГОЛОГИИ**

---

**Тезисы докладов  
I Всесоюзной конференции**

**Черкассы,  
23–25 сентября  
1987 г.**

---

**Киев  
Наукова думка  
1987**

---

**И.Ю.Друвиетис**

*Институт биологии АН ЛатвССР, Саласпилс*

### **ОСОБЕННОСТИ АЛЬГОФЛОРЫ МАЛЫХ РЕК ЗАПОВЕДНИКА СЛИТЕРЕ**

Исследованы три малые реки заповедника Слитере — Питрагупе, Киканс и Мазирбе, расположенные на западном склоне Дундагской возвышенности ЛатвССР. Питание рек смешанное, влияние хозяйственной деятельности на них практически отсутствует. В Питрагупе четко выражена вертикальная зональность, ритрон резко переходит в ценозы потамона, Киканс и Мазирбе относятся к типовой группе потамал. В исследованных реках заповедника Слитере фитопланктон беден, доминируют в основном диатомовые водоросли родов *Navicula*, *Nitzschia*, *Synedra* и протококковые водоросли. Большую долю фитопланктона (до 40%) составляют водоросли перифитона и бентоса, попавшие в толщу воды благодаря вымыванию. Биомассы фитопланктона низкие, от 0,01 до 0,08 мг/л. В ритроне в затемненных местах большинство камней покрыто сплошным налетом красной водоросли *Hildebrandtia rivularis*, в потамале упомянутые водоросли не наблюдались, что объясняется более медленным течением, снижением содержания кислорода и повышенной освещенностью. Часто на камнях прикреплены зеленые водоросли *Draparnaldia glomerata*. Реки заповедника характерны небольшими водопадами, на плитняках которых в большом количестве были найдены красные водоросли *Batrachospermum moniliforme* и *Chantiniisia lebleinii*. Устьевые участки реки, впадающей в Балтийское море, отличаются богатым фитопланктоном. Здесь по общей численности и биомассе доминируют диатомовые и протококковые водоросли, в обрастаниях в небольшом количестве встречаются синезеленые водоросли. Из-за болотистых окрестностей в планктоне часто встречались типичные болотные водоросли рода *Desmidiium*.

Российская Экологическая Академия  
Верхневолжское отделение

Российская Академия Наук  
Научный Совет по проблемам гидробиологии и ихтиологии  
РАН  
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

Гидробиологическое общество РАН  
Борковское отделение

Посвящается  
*Капитолине Александровне  
Гусевой*

**Эколого-физиологические  
исследования водорослей  
и их значение для оценки состояния  
природных вод**

Ярославль  
1996

# СТРУКТУРА И ФОРМИРОВАНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ЛАТВИЙСКИХ ОЗЕР РАЗНОГО УРОВНЯ ТРОФИИ

И.Ю. Друвиетис

Институт биологии АН Латвии, Саласпилс

Исследования фитопланктона в разнотипных озерах Латвии проведены с целью их мониторинга и определения трофического уровня с помощью гидробионтов. Изучали видовой состав и биомассу фитопланктона, а также его сукцессию в 56 озерах разного уровня трофии - от дистрофного до политрофного. Пробы фитопланктона собраны весной, летом и осенью. Глубина и интервалы отбора проб выбраны согласно морфометрическими данными каждого озера. Виды водорослей, составляющих большую часть биомассы, классифицированы как доминанты. Общее число таксонов и средняя биомасса фитопланктона в озерах разного типа представлены следующими величинами:

тип озер	количество озер	число таксонов	биомасса, мг/л
дистрофные	12	34	0.02
олиготрофные	4	72	0.15
мезотрофные	16	86	0.55
евтрофные	18	78	1.57
гипертрофные	4	47	16.50
политрофные	2	44	0.98

В дистрофных озерах, расположенных в олиготрофном болоте без антропогенного воздействия, доминировали золотистые и диатомовые водоросли. Ведущими видами были *Dinobryon divergens*, *Tabellaria spp.*, *Mallomonas acaroides*. Синезеленые водоросли практически отсутствовали, а зеленые найдены в очень малом количестве. Общая биомасса и численность фитопланктона низкие.

Олиготрофные озера (малые лесные озера с минимальной антропогенной нагрузкой) характеризуются низкими биомассами фитопланктона, но относительно большим видовым разнообразием. В весенний период преобладали диатомовые и золотистые водоросли, которых во второй половине лета сменяли динофитовые и хлорококковые водоросли. Ведущие виды - *Dinobryon sertularia*, *D. divergens*, *Cyclotella spp.*, *Peridinium willei*, *Ceratium hirudinella*, *Botryococcus braunii*, *Gomphosphaeria lacustris*.

Мезотрофные озера с минимальной сельскохозяйственной нагрузкой на водосбор характеризуются большим видовым разнообразием и низкой биомассой фитопланктона. Весной доминировали

*Cyclotella* spp., *Aulacosira italica*, *Asterionella formosa*, которые определяли весенний максимум, летом - хлорококковые и золотистые водоросли. Во второй половине лета и в начале осени довольно часто встречались динофитовые, десмидиевые и синезеленые водоросли, которые определяли летний максимум. Основными видами были *Peridinium willei*, *Ceratium hirudinella*, *Cosmarium* spp., *Staurastrum* spp., *Lyngbya* spp..

Эвтрофные мелководные озера испытывают антропогенную нагрузку в основном сельскохозяйственного происхождения. Для них характерны большое видовое разнообразие, а также довольно высокие показатели биомассы фитопланктона. В озерах наблюдался типичный весенний пик диатомовых водорослей с доминирующими видами *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Aulacosira italica*, *Stephanodiscus* spp.. В начале лета в большом количестве найдены зеленые - *Eudorina elegans*, *Pandorina morum*, *Scenedesmus* spp., *Oocystis* spp., а также диатомовые - *Aulacosira italica*, *Cyclotella* spp., *Fragilaria carpicina*. Летом, а также осенью доминировали *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena* spp., вызывающие "цветение" воды. Большую долю биомассы фитопланктона составляли хлорококковые и динофитовые водоросли. В нескольких случаях отмечено "цветение" динофитовыми водорослями *Peridinium* spp. и *Ceratium hirudinella*.

В гипертрофных озерах, испытывающих антропогенное воздействие, наблюдалось малое видовое разнообразие, но очень большие биомассы фитопланктона, благодаря развитию того или иного вида. Весной доминировали диатомовые и протококковые водоросли, а также синезеленые *Oscillatoria agardhii*, *O. redekei*. Летом ведущими являлись протококковые и синезеленые. Летом и осенью отмечено сильное "цветение" воды синезелеными водорослями с очень высокими биомассами фитопланктона. Гипертрофные озера не характерны для Латвии.

В политрофных озерах, зарастающих харофитами и высшей водной растительностью, при минимальном антропогенном воздействии наблюдалось небольшое видовое разнообразие фитопланктона и низкие биомассы. Доминирующими видами выступали хлорококковые, диатомовые и десмидиевые водоросли. Типичные весенние и летние пики фитопланктона не наблюдались.

LATVIJAS PSR ZINĀTŅU AKADEMIJAS

**VĒSTIS**

**ИЗВЕСТИЯ**

АКАДЕМИИ НАУК ЛАТВИЙСКОЙ ССР

IZNĀK REIZI MĒNESI KOPŠ 1947. GADA AUGUSTA  
ВЫХОДИТ ЕЖЕМЕСЯЧНО С АВГУСТА 1947 ГОДА

А. Н. Зарубов, И. Ю. Дривистис

## ОСОБЕННОСТИ БИОЦЕНОТИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В ВОДОЕМАХ ЗАПОВЕДНИКА «КРУСТКАЛНЫ»

Фильтрация и поедание водорослей зоопланктоном играют большую роль в формировании биоценотической структуры водоемов. Избирательное питание коловраток и низших ракообразных, составляющих основу зоопланктона, приводит к изменению состава планктонной альгофлоры. Прессе зоопланктона вызывает снижение численности и изменение видовой структуры фитопланктона прежде всего за счет исчезновения предпочитаемых консументами видов. Так, объектами питания коловраток *Brachionus calyciflorus* являются 12 видов водорослей, размеры которых колеблются в пределах 4,0·6,0—7,1·34,0 мкм, *Synchaeta stylata* — 18 видов, причем они потребляют одиночные и колоннальные водоросли разной формы в зависимости от размеров и частоты встречаемости [3]. В свою очередь падение численности этих сообществ водорослей отрицательно сказывается на развитии зоопланктона, численность которого с некоторым запаздыванием в зависимости от природных условий сокращается адекватно имеющейся пище. Помимо прямого взаимодействия между собой фитопланктон и зоопланктон испытывают также косвенное влияние температуры и гидрохимических факторов водной среды, часто приводящих к ингибированию их популяций.

Целью данной работы является рассмотрение вопроса о влиянии общих физико-химических условий на развитие ценоотических отношений между основными компонентами планктона в разнотипных водоемах заповедника «Крусткалны».

В качестве модельных лотических и лентических систем были использованы реки Светупе и Недрушка, озера Дрейманю, Мазайс и Лиелайс Пленцис, а также известковые пруды на месте бывшего карьера.

Характерной чертой лотических систем является наличие течения, накладывающего свой отпечаток на формирование биоценотической структуры планктона в условиях его постоянного вымывания, что приводит к обеднению видового состава и снижению плотности популяций.

Река Светупе и ее приток Недрушка относятся к малым рекам равнинного типа с небольшими скоростями течения и заболоченными берегами. Ширина Светупе и низовьев Недрушки не превышает 10 м, а максимальная глубина — не более 2,0—2,5 м. Дно реки повсеместно покрыто мощным слоем детритовых илов, однако высшая водная растительность развита довольно слабо, что типично и для донной флоры. По физико-химическим условиям обе реки мало различаются между собой. Температура воды в июне—июле была на 2—4 °С ниже озерной и колебалась на отдельных участках от 16,3 до 18,7 °С. Электропроводность воды в реках составляла 293—326 мС, что несколько выше озерных показателей. Солнечная радиация проникала до самого

дна, создавая благоприятные условия для фотосинтеза водорослей. Значения рН достигали в среднем течении р. Светупе 7,73, но в целом находились в пределах 7,52—7,56 в верхнем и нижнем течении этой реки и в р. Недрушка. Респираторные условия планктона были благоприятными для развития: за исключением истока Недрушки (2,15 мг·л<sup>-1</sup>) содержание растворенного кислорода повсеместно превышало 8,5 мг·л<sup>-1</sup>. В содержании биогенных элементов двух рек отмечаются существенные различия: суммарное количество азота в р. Светупе составляло 0,26—0,40 мг·л<sup>-1</sup>, в то время как в р. Недрушка его концентрация в 2 и более раза превышала указанные значения, достигая 0,75—0,80 мг·л<sup>-1</sup>. Еще более значительная разница отмечалась в содержании минерального фосфора — 0,02—0,05 мг·л<sup>-1</sup> в р. Светупе и 0,10—0,29 мг·л<sup>-1</sup> в р. Недрушка. Общая минерализация воды обоих водотоков достигала 380—396 мг·л<sup>-1</sup>, причем преобладающее значение в ней имели гидрокарбонатные ионы, на долю которых приходилось 270—280 мг·л<sup>-1</sup>, в то время как содержание ионов кальция (48,7—53,0 мг·л<sup>-1</sup>) и магния (17,8—20,0 мг·л<sup>-1</sup>) не испытывало резких флуктуаций.

Своеобразие таких условий обитания определило и бедность видового состава планктона (рис. 1) в лотических системах. Число видов фитопланктона в р. Светупе достигало 23, в р. Недрушка — 14; зоопланктона 21 и 15 соответственно. Видовое отношение фито- и зоопланктона в обеих реках определялось как 1 : 1. В численном выражении фитопланктон составляет 99,9% всего планктона, образуя концентрации клеток 94 000 в 1 л в р. Светупе и 115 600 — в р. Недрушка.

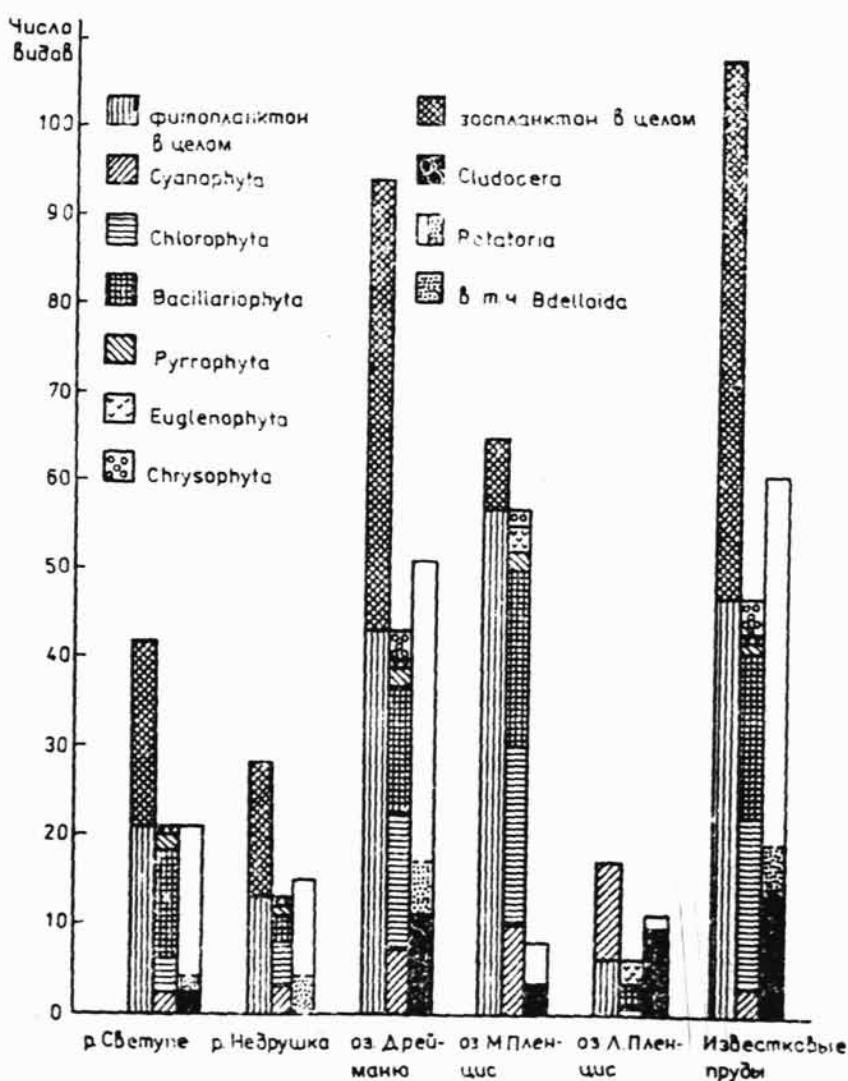


Рис. 1. Видовая структура фито- и зоопланктона водоемов заповедника «Крусткалы»

Однако в исследованных лентических системах значения биомассы фитопланктона снижаются до 65—80% общего веса планктонных организмов и составляют 0,03—0,04 мг·л<sup>-1</sup>. Доминирующими видами являются синезеленые водоросли *Oscillatoria tenuis* и *O. lacustris*, достигающие 87% от общего числа клеток фитопланктона в р. Светупе и 93% в р. Недрушка. Их доля в общей биомассе фитопланктона может достигать 70%. Субдоминирующее положение занимают зеленые и диатомовые водоросли, составляющие 35,7 и 38,7% биомассы фитопланктона в р. Светупе и 14,0 и 10,0% в р. Недрушка соответственно.

В зоопланктоне рек доминировали *Lepadella patella*, *Euchlanis deflexa*, *Colurella colurus*, *Rotaria tardigrada* и *R. rotatoria*, которые являются эврибионтными видами. Ветвистоусые ракообразные, за исключением единичных экземпляров *Bosmina coregoni* и *Ceriodaphnia quadrangula*, отсутствовали, что свидетельствует о неблагоприятной экологической обстановке в этих водотоках.

Наиболее благоприятные условия для развития планктонных сообществ наблюдаются в лентических системах. Крупнейшим природным водоемом такого типа на территории заповедника является оз. Дрейманю. Температура воды в период исследований составляла 21,0 °С летом и 14,0 °С осенью, прозрачность воды превышала 2,5 м. Данные по электропроводности существенных сезонных и пространственных колебаний не испытывали и распределялись в интервале 310—315 мкС. Значения рН также оставались неизменными в течение летне-осеннего периода (7,52—7,58). Содержание кислорода в пределах 8,3—10,7 мг·л<sup>-1</sup> указывало на хорошие респираторные условия планктона. Заповедное оз. Дрейманю отличается от других водоемов минимальной нагрузкой биогенных элементов. Суммарное содержание азота здесь вдвое ниже, чем в р. Светупе и известковых прудах (0,304—0,377 мг·л<sup>-1</sup>), минеральный фосфор в летний период отсутствует вовсе, лишь к осени образуясь в незначительном количестве (0,005 мг·л<sup>-1</sup>). Общая минерализация озерной воды находилась в пределах 384—408 мг·л<sup>-1</sup>, из них 270—280 мг·л<sup>-1</sup> приходилось на гидрокарбонатные ионы, 48,7—53,0 мг·л<sup>-1</sup> — на ионы кальция и 17,8—20,0 мг·л<sup>-1</sup> — на ионы магния. Такие гидрохимические показатели соответствуют фоновым данным для водоемов, не подверженных антропогенному влиянию.

Видовое разнообразие фито- и зоопланктона в оз. Дрейманю выше, чем в вытекающей из него р. Светупе. В нем обнаружено 43 вида водорослей и 51 вид коловраток и ветвистоусых рачков. Видовое отношение фито- и зоопланктона составляет 1,2:1, что в целом типично для лентических водоемов заповедника. Концентрация фитопланктона достигала 40 тыс. кл·л<sup>-1</sup> в открытой части и 240—300 тыс. кл·л<sup>-1</sup> в прибрежной зоне, что в пересчете на биомассу составляет 0,08—0,085 и 0,233—0,823 мг·л<sup>-1</sup> соответственно. Доминирующее положение занимали диатомовые водоросли, на долю которых в открытой части озера приходилось 96% общей численности фитопланктона и 94% его биомассы. В литорали диатомовые составляли 58—60% численности и 53—73% биомассы. Субдоминантами являлись виды из отдела золотистых водорослей, достигшие 2,6% численности и 1,0% биомассы в пелагиали и 16—22 и 4,3—15,4% в литорали соответственно. Значительное распространение получили также зеленые водоросли, в отдельных местах литорали представлявшие 15% численности и 10% биомассы. Смена доминирующих видов происходит от центра озера к периферии, где увеличивается и общее число их видов. В середине озера на глубине 0,5 м доминируют *Cyclotella comta* (11,2 тыс. кл·л<sup>-1</sup>), *Melosira italica* (4,6 тыс. кл·л<sup>-1</sup>) и *M. arenaria* (2,8 тыс. кл·л<sup>-1</sup>) из отдела *Bacillariophyta*, составляющие 47% численности фитопланктона. В прибрежной части ведущую роль в альгофлоре играют *Dinobryon sertularia* (44,8 тыс. кл·л<sup>-1</sup>), *D. divergens* (49,2 тыс. кл·л<sup>-1</sup>), *Fragillaria crotonensis* (81,2—89,8 тыс. кл·л<sup>-1</sup>), *Melosira italica* (46,4—81,2 тыс. кл·л<sup>-1</sup>), *Oscillatoria limnetica* (40,0 тыс. кл·л<sup>-1</sup>), *Microcystis aeruginosa*

(28,0 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$ ) и *Crucigenia tetrapedia* (26,9 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$ ), достигающих 78—88% общей численности. Разнообразие биотопических условий в литоральной части водоема обуславливает доминирование нескольких видов из разных отделов.

Зоопланктон оз. Дрейманю представлен 51 видом и подвидом коловраток и ветвистоусых ракообразных (видовая структура приведена на рис. 1). Концентрация зоопланктона составляет в среднем по водоему 105 экз. $\cdot$ л $^{-1}$ , средняя биомасса — 0,42 мг $\cdot$ л $^{-1}$ . В численном выражении в оз. Дрейманю преобладали коловратки (53,1%), субдоминирующее положение занимали веслоногие рачки (26,7%), ветвистоусые рачки составляли 16,2%. Видовое разнообразие зоопланктона так же, как и фитопланктона, увеличивалось от центра к периферии, причем веслоногие рачки (*Sopropoda*) состояли в основном из науплиальных стадий и видовому разделению не подвергались. В центральной части было обнаружено 18 видов при доминировании *Cyclops* sp., *Kellicottia l. longispina*, *Leptodora kindtii* и *Asplanchna priodonta*, в зарослях макрофитов литоральной части установлено 48 видов с преобладанием *Cyclops* sp., *Bosmina coregoni*, *B. longirostris*, *Kellicottia l. longispina*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris* и *Asplanchna priodonta*. Расширение пищевого спектра в прибрежном поясе высшей водной растительности за счет разнообразия видового состава и массового размножения нескольких видов водорослей способствует созданию условий развития для зоопланктона (как мирного, так и хищного). Недостаток кормового фитопланктона может компенсироваться интенсивным развитием бактериопланктона [1] и органическим веществом различного происхождения.

Озера Л. и М. Пленцис имели сходные физико-химические условия водной среды для развития планктона, но резко отличались друг от друга по видовому составу, численности и биомассе микроорганизмов. Реакция среды (рН) в обоих водоемах была близкой к нейтральной (7,35—7,37), электропроводность при температуре воды 11,5—12,5°C колебалась в пределах 284—293  $\mu$ S. Разница в содержании растворенного кислорода была незначительной (8,23 мг $\cdot$ л $^{-1}$  в оз. Л. Пленцис и 8,70 мг $\cdot$ л $^{-1}$  в М. Пленцис), но по биологическому потреблению кислорода (0,84 мг $\cdot$ л $^{-1}$  в оз. Л. Пленцис и его отсутствие в оз. М. Пленцис) водоемы сильно различались. Заметным было и различие в содержании биогенных элементов, в частности, суммарного азота (0,55 мг $\cdot$ л $^{-1}$  в оз. Л. Пленцис и 0,21 мг $\cdot$ л $^{-1}$  в оз. М. Пленцис). Общая минерализация (340—346 мг $\cdot$ л $^{-1}$ ) и ее составляющие (гидрокарбонатные ионы — 244—250 мг $\cdot$ л $^{-1}$ , ионы кальция — 42—50 мг $\cdot$ л $^{-1}$  и магния — 16—22 мг $\cdot$ л $^{-1}$ ) практически не различались.

Озеро Л. Пленцис обладало обедненным видовым составом планктона. Доминирующими видами фитопланктона здесь были *Melosira italica* (1,5 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$ ) и *Scenedesmus quadricauda* (0,5 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$ ), составляющие 70% общей численности и биомассы водорослей. В видовой структуре зоопланктона численно преобладали ветвистоусые рачки при доминирующем положении видов *Bosmina longirostris* и *Chydorus ovalis*. Биопродуктивность водоема очень низкая (0,0073 мг $\cdot$ л $^{-1}$  фито- и 0,008 мг $\cdot$ л $^{-1}$  зоопланктон) при общей численности водорослей 15,7 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$  и зоопланктона 2 экз. $\cdot$ л $^{-1}$ . Видовое обеднение планктона произошло, по-видимому, после предшествующей вспышки массового развития основных его частей, о чем свидетельствует и полное отсутствие кислорода, используемого на биологические процессы.

В оз. М. Пленцис отмечено максимальное количество видов фитопланктона — 57 — при незначительном видовом разнообразии зоопланктона (8 видов). Однако концентрация водорослей (150 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$ ) была сравнительно невысокой, что сказалось на их суммарной биомассе (0,045 мг $\cdot$ л $^{-1}$ ). Доминирующими видами явились *Oscillatoria limnetica* (65,2 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$ ), *O. lacustris* (65,2 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$ )

и *Crucigenia rectangularis* (10 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$ ), составлявшие 93% численности и 60% биомассы водорослей. Остальные виды были обнаружены в незначительном количестве, чаще всего единично, в том числе в прибрежных обрастаниях найден редкий вид — *Strombomonas acuminata* var. *verrucosa* (Schmarda) из отдела *Euglenophyta*.

Зоопланктон в оз. М. Пленце представлен всего 8 видами, среди которых доминировали *Bosmina longirostris*, *Polyarthra minor* и *Kellicottia l. longispina*. Концентрация организмов незначительная (2—3 экз. $\cdot$ л $^{-1}$ ), биомасса их составляет 0,01 мг $\cdot$ л $^{-1}$ . Все виды относятся исключительно к мирному зоопланктону — фито- и детритофагам. Наблюдаемая диспропорция в развитии фито- и зоопланктона может быть объяснена уже наступившим пиком численности водорослей и еще не последовавшим за ним массовым размножением коловраток, ветвистоусых и веслоногих ракообразных.

К лентическим системам относятся также затопленные известковые карьеры, по характеру физико-химических условий близкие к оз. Дрейманю, но имеющие повышенное содержание биогенных элементов: 0,78—0,80 мг $\cdot$ л $^{-1}$  азота и 0,02—0,03 мг $\cdot$ л $^{-1}$  минерального фосфора. Здесь было обнаружено 47 видов фито- и 51 вид зоопланктона. По сравнению с другими лентическими системами заповедника концентрация водорослей достигала 508 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$ , что в пересчете на весовые единицы составило 0,35 мг $\cdot$ л $^{-1}$ . Массовое развитие получили *Oscillatoria lacustris* (317—408 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$ ), *Dinobryon sertularia* (15 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$ ) и *Melosira italica* (38 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$ ), составляющие 91% общей численности фитопланктона. Основную роль в продукции водорослей играли отделы *Cyanophyta* и *Bacillariophyta* (около 70% биомассы фитопланктона).

Сложная конфигурация сообщающихся между собой затопленных карьеров обусловила биотопическое разнообразие водоема и связанное с ним видовое обилие зоопланктона. Концентрация животных составляла 90 экз. $\cdot$ л $^{-1}$ , биомасса — 0,36 мг $\cdot$ л $^{-1}$ . Доминирующими видами являлись *Kereteella cochlearis*, *K. quadrata*, *Polyarthra minor*, *Asplanchna priodonta*, *Lepadella patella* и *Bosmina longirostris*. В литоральной зоне и обрастаниях широко распространены ветвистоусые рачки и бледлопидные коловратки. Из коловраток отряда *Bdelloda* здесь обнаружены *Adineta grandis*, *Philodina aculicornis odiosa*, *Ph. citrina*, *Rotaria citrina*, *R. macrura*, *R. rotatoria* и *R. tardigrada*.

Рассматривая особенности формирования фито- и зоопланктона в зависимости от физико-химических условий среды в водоемах заповедника «Крусткалы», следует отметить, что в лентических системах резервата при концентрации биогенных элементов не более 0,8 мг $\cdot$ л $^{-1}$  (общий азот 0,7 мг $\cdot$ л $^{-1}$  и минеральный фосфор 0,08 мг $\cdot$ л $^{-1}$ ) наблюдается увеличение числа видов планктонных организмов, а также их количественное развитие, что согласуется с полученными данными по оз. Кирума [2].

Всего в результате исследования различных водоемов заповедника было найдено 114 видов и подвидов фитопланктона и 97 таксонов зоопланктона.

Сходство видов фито- и зоопланктона в рассмотренных лентических и лентических водоемах, рассчитанное по методике Сёренсена [4], показано на рис. 2. Максимальный процент общих видов отмечен для относительно крупных в масштабах заповедника лентических системах, каковыми являются оз. Дрейманю и известковые пруды. По мере ослабления прямых связей между водоемами видовое сходство планктона снижается. В лентических системах общность видов ниже, чем в лентических, что объясняется вымыванием и сносом водорослей и животных течением. В целом, количество общих видов зоопланктона выше, чем фитопланктона.

Биоценотические отношения фито- и зоопланктона подвержены в первую очередь влиянию со стороны температуры и биогенных элемен-

Рис. 2. Видовое сходство планктона различных водоемов заповедника «Крусткалны», рассчитанное по методу Сёрсенена

Фито- планктон / Зоо- планктон	р. Светупе	р. Недрушка	оз. Дрейманю	оз. М. Пленцис	оз. Л. Пленцис	Известковые пруды
р. Светупе		38	33	20	13	21
р. Недрушка	45		28	20	10	27
оз. Дрейманю	42	24		34	16	40
оз. М. Пленцис	28	—	20		3	41
оз. Л. Пленцис	20	—	20	35		12
Известковые пруды	34	21	54	23	20	

тов, значения которых до определенных пределов способствуют развитию этих групп планктона, а затем начинают угнетать. Сопряженное действие температуры свыше  $24^{\circ}\text{C}$  и концентрации общего азота  $0,7 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$  и минерального фосфора  $0,08 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$  вызывают обеднение видового состава планктона за счет массового развития одного-двух эврибионтных видов, численность которых достигает 95% от общего количества. В лотических системах основным фактором формирования видовой структуры выступает также скорость течения, благодаря которой происходит обеднение ценозов в численном и видовом отношениях.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белова С. Л., Левшина Н. А. и др. Сопоставление биомасс фито- и зоопланктона Яузского водохранилища // Трофические связи и их роль в продуктивности природных водоемов. — Л., 1983. — С. 22—28.
2. Лисица Р. А., Друзветис И. Ю. и др. Изменения трофической структуры микропланктона в условиях ускоренного евтрофирования // Там же. — С. 130—135.
3. Рассайко И. Ф., Шафаренко О. С. Роль коловраток *Brachionus calyciflorus* Pallas и *Synchaeta stylata* Wierzejski в элиминации фито- и бактериопланктона реки Березина // Там же. — С. 63—68.
4. Sorensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology, based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons // Vidensk. Selsk. Biol. Skr. — 1948. — Т. 5(4). — Р. 1—34.

Институт биологии АН ЛатвССР

Дата поступления 22.02.89.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ТРОФИЧЕСКИЕ СВЯЗИ  
И ИХ РОЛЬ  
В ПРОДУКТИВНОСТИ  
ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ

Сборник научных трудов  
под редакцией Г. Г. Винберга

ЛЕНИНГРАД  
1983

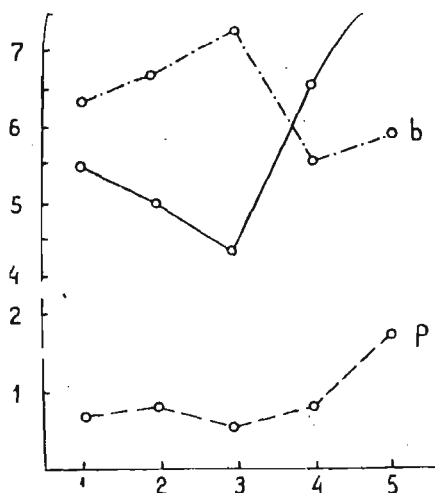


Рис. 1. Динамика суммарной биомассы ( $B$ , мг/л) микропланктона во время эксперимента.

$f$  — фитопланктон,  $b$  — бактериопланктон,  $p$  — протозойный планктон.

Повышение концентрации биогенных элементов улучшает питание водорослей и усиливает их развитие. С другой стороны, несбалансированное поступление биогенов в водоемы может тормозить развитие водорослей; особенно токсичны повышенные дозы фосфора и калия (Lund, 1947). Существуют разногласия по вопросу влияния повышенных концентраций биогенных элементов на водоросли: по мнению одних авторов, увеличивается лишь видовое разнообразие водорослей (Lund, 1947; Rebel, 1959; Marath, 1964); по мнению других, интенсифицируется только деление клеток (Bristol-Roach, 1927; Голлербах, 1936; Кондратьева, 1958; Штина, 1959). Мы пришли к выводу, что возрастающая концентрация биогенных элементов, не превышающая  $NO^{-3}$  0.70 мг/л и  $P_{мин}$  0.08 мг/л вызывает как прирост видового разнообразия всех групп водорослей, так и стимулирует их численное развитие. Прямо пропорционально повышению концентрации фосфора, азота и калия развиваются зеленые водоросли. Максимальное число клеток отмечено при максимальных концентрациях вышеуказанных биогенов (20—34 млн. кл./л при  $NO^{-3}$  0.80 мг/л и  $P_{мин}$  0.12 мг/л), уже через 7 дней после начала эксперимента на поверхности наблюдается пленка, которую образуют зеленые одноклеточные и нитчатые водоросли. Очевидно, «цветение» вызвано главным образом влиянием повышенных концентраций азота (Scwabe, 1963). Развитие синезеленых водорослей *Anabaena flos-aquae*, *A. spiroides*, *Apha-*

ментов в воде. Прирост числа клеток наблюдается лишь при начальных концентрациях биогенов, притом уже во второй половине опыта (через 10 дней) начинается их отмирание. Диатомовые водоросли исчезают уже в первые дни опыта, что указывает на их выраженную чувствительность к возрастающей концентрации биогенов в воде.

В течение всего эксперимента видовое разнообразие инфузорий имеет тенденцию повышаться в первые десять дней, потом следует обеднение видового состава. В естественных условиях экологические последствия евтрофирования также проявляются в обеднении видового состава сообществ, в продвижении в пелагиаль литоральных видов, в массовом развитии немногих форм, в резкой смене максимумов и минимумов численного развития (Ringelberg, 1980). Изменения видового состава инфузорий связаны не с прямым действием нарастающей концентрации биогенных элементов, поскольку не наблюдали их морфологических изменений, а, по-видимому, с косвенным влиянием — через пищевые цепи гидробионтов. Инфузории-стенофагов сменяют инфузории-эврифаги, начинают развиваться мелкие инфузории-бактериофаги и детритофаги, в частности *Microthorax pusillus*, *Enchelys* sp., *Strombidium viride*, особенно *Coleps hirtus*. Массовое развитие *S. hirtus* вызвано тем, что эта инфузория питается главным образом отмершими клетками водорослей, детритом и трупами других простейших, встречающихся в скоплениях детрита (Щербаков, 1969; Мамаева, 1979). Когда начинается массовое отмирание синезеленых водорослей и их оседание на дно экспериментальных емкостей, интенсивно размножаются микроорганизмы (общая численность возрастает в 1.4 раза), а вслед за ними — инфузории-бактериофаги, потом — крупные хищники. В результате показатель видового разнообразия инфузорий достигает максимума ( $d = 0.54$ ).

В политрофных водоемах отмечается минимальное видовое разнообразие инфузорий (Либепа, 1981). Также дальнейшее повышение концентрации биогенных элементов в эксперименте претерпевает лишь небольшое число видов протозойного планктона. Полностью исчезают крупные плотоядные инфузории и доминантными в этих экспериментальных емкостях являются лишь 2 вида — *Strombidium viride*, *Coleps hirtus*. Эти виды (бактериофаги и детритофаги), не имея пищевых конкурентов, достигают высоких численных показателей (до 1.2 тыс. эк/л). Основные факторы, ограничивающие развитие планктонных инфузорий в пресных водоемах, — это нехватка пищи, пресс хищников, т. е. влияние других гидробионтов. В экспериментальных емкостях можно говорить об

ски активными веществами, играют значительную роль в определении структуры и численного состава биоценоза (Гурвич, 1971, цит. по Метейко, 1981). Особенно ярко это выражается в закрытых системах, (рис. 2). Накопление токсинов, выделенных синезелеными водорослями, оказывает летальное действие не только на отдельные виды инфузорий, но и на их потребителей. Трофическая структура сообщества гидробионтов непрерывно меняется в зависимости от их возраста, физиологического состояния и т. д. (Wyatt, 1976). В результате высокой обеспеченности экспериментальных емкостей биогенными элементами сообщество микропланктона обедняется и его трофическая структура упрощается, ибо сохраняются лишь автотрофные гидробионты и первичные микроконсументы. Можно даже говорить о выпадении одного члена (вторичных микроконсументов — хищных инфузорий) из трофической цепи.

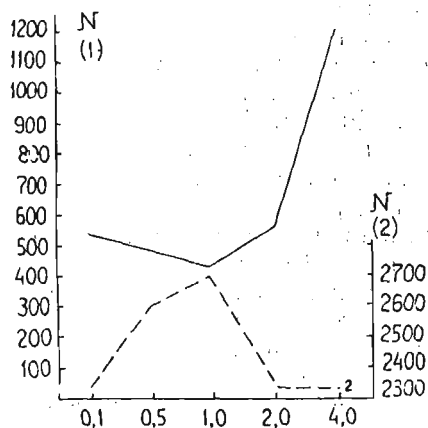


Рис. 2. Изменение численности за время опыта 1 — инфузорий ( $N_1$ , экз./л), и 2 — синезеленых водорослей ( $N_2$ , кл/л  $10^3$ )

На оси абсцисс — варианты опыта.

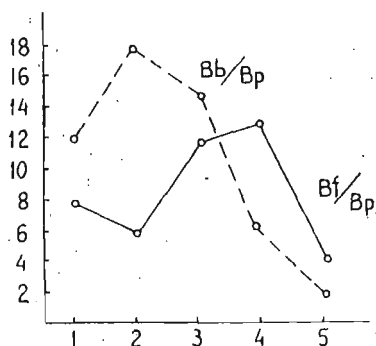


Рис. 3. Изменения индексов ( $B_t/B_p$ ,  $B_b/B_p$ ) в зависимости от концентрации биогенных элементов.

При расчетах мы учитывали лишь начальные члены пищевой цепи — водоросли, микроорганизмы, инфузории. Во время эксперимента пищевые потребности протозойного планктона всегда были удовлетворены, на что указывают высокие показатели индексов  $B_t/B_p$  и  $B_b/B_p$ . Уменьшение индексов отмечено во второй половине эксперимента (рис. 3), что связано с бурным развитием мелких видов инфузорий с

*hirtus*. Как отмечено для морских инфузорий, конкурентное преимущество в сукцессии всегда наблюдается у мелких быстро размножающихся видов (Бурковский, Эпштейн, Молибога, 1980). Интенсивность питания инфузорий находится в прямой зависимости от концентрации пищевых объектов. У каждого вида существует так называемая «концентрация насыщения», при которой жизненные процессы данного вида протекают наиболее оптимально (Wenzel, Liebsch, 1975). В экспериментальных условиях критическая плотность микроорганизмов, ниже которой рост инфузорий отсутствует, равна 5,5 млн. кл./мл (Berk, Colwell, Small, 1976). По этому показателю, инфузории-бактериофаги в экспериментальных емкостях всегда были обеспечены кормовыми объектами, и их пищевые потребности в 1,4—2,1 раза превышали обеспеченность пищей, которая максимальной была в середине, а минимальной — в конце эксперимента.

Накопленные данные позволяют оценить изменения в сообществе микропланктона в условиях нарастающего евтрофирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бабицкий В. А., Михеева Т. М., Инкина Г. А. Гидробиол. ж., 1981, т. 17, № 1, с. 21—27. — Бурковский И. В., Эпштейн В. С., Молибога Н. Н. Зоол. ж., 1980, т. 59, № 3, с. 325—334. — Голлербах М. М. Тр. Бот. ин-та АН СССР, 1936, сер. 2, вып. 2, с. 43—67. — Иоганзен Б. Г., Файзова А. В. В кн.: Элементы водных экосистем. М., 1978, с. 215—225. — Калишилов М. М. Гидробиол. ж., 1978, т. 15, № 1, с. 3—10. — Кондратьев Н. В. Укр. ботаничний ж., 1958, т. 15, № 4, с. 22—30. — Лиена Р. А. В кн.: Крутой говорот вещества и энергии в водоемах. Иркутск, 1981, вып. 11, с. 92—94. — Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. Л., 1974, 60 с. — Мамаева Н. В. Инфузории бассейна Волги. Л., 1979, 150 с. — Метейко Т. Я. Гидробиол. ж., 1981, т. 17, № 4, с. 3—14. — Штина Э. А. Тр. Кировск. сельхоз. ин-та, 1959, т. 13, вып. 25, с. 18—25. — Щербачков А. П. Гидробиол. ж., 1969, т. V, № 2, с. 14—22. — Berk S. G., Colwell R. R., Small E. B. Trans. Amer. Microsc. Soc., 1976, v. 95, N 3, p. 514—520. — Bristol-Roach B. M. J. Agricult. Sci., 1927, v. 17, N 4, p. 31—40. — Jüttner F. Verh. Internat. Verein. Limnol. 1., 1981, v. 21, p. 227—230. Lund I. W. G. New Phytol., v. 46, N 1, p. 26—30. — Marathe K. W. J. Biol. Sci., 1964, v. 7, N 1, p. 11—21. — Rebel C. Beiträge zur Biologie der Bodenalgae. München, 1959, 43 s. — Ringelber g J. Hydrobiol. Bull., 1980, v. 14, N 1, 2, p. 30—35. — Schwabe G. H. Pedobiologia, 1963, v. 2, p. 88—103. — Wenzel F., Liebsch H. Zool. Anz., 1975, bd. 195, N 5—6, s. 318—337. — Wyatt T. In: The ecology of the Seas. Oxford, 1976, p. 341—358.



**ЭКСПЕРИМЕН-**  
**ТАЛЬНАЯ**

**ТОКСИКО-**  
**ЛОГИЯ**

УДК 577.472(28)

Р.А. Лиепа, И.Д. Друзветис, А.Г. Молберга,  
А.И. Рударога

Институт биологии АН Латвийской ССР, Саласпилс

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
НА СТРУКТУРУ МИКРОПЛАНКТОНА  
В КОНТРОЛИРУЕМЫХ ЭКОСИСТЕМАХ**

Поверхностным и грунтовым стоком с сельскохозяйственных территорий выносятся соединения азота и фосфора. Процесс возрастания их концентрации в водоемах отражается на всех ступенях экологической пирамиды.

Цель настоящих исследований - изучить сукцессию сообществ, смену доминантных видов на нижних ступенях упомянутой пирамиды (бактерио-, фито- и протозойного планктона) в результате воздействия возрастающей концентрации биогенных элементов во внешней среде контролируемых экосистем. С учетом того, что не только внесение постороннего органического вещества, но и изоляция от исходного водоема приводят к перестройке биоценоза /5/, мы исследовали только микропланктон, поскольку данное сообщество более целостно можно переносить в экспериментальные емкости.

**Материал и методика**

Формирование сообщества микропланктона, а также изменения трофических соотношений бактерио-, фито- и протозойного планктона исследовали в 20-дневных опытах в вегетационный период (в июле - августе) 1978-1979 гг. в высокоэвтрофном озере. Изолированные емкости (полиэтиленовые мешки объемом 200 л) заполняли озерной водой из лимнической зоны с соответствующим сообществом микропланктона. Разовым внесением нитрофоски, содержащей N (12%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (12%) и K (12%), в них повышали концентрацию азота (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) и фосфора (P<sub>мин</sub>). Минеральное удобрение добавля-

фосфора и азота в воде в разных вариантах эксперимента соответствовали наиболее часто встречающимся концентрациям этих элементов в местах смешивания дренажных и озерных вод и даже в несколько раз превышали эти показатели. Сукцессию сообществ микропланктона в зависимости от начальной концентрации биогенных элементов исследовали в пяти повторностях. После однократного внесения в воду нитрофоски содержание фосфора составило 0,003; 0,015; 0,03; 0,06 и 0,16 мг  $PO_4^{3-}$ /л, общего азота - 0,3; 0,7; 1,2; 2,0 и 3,5 мг N/л.

Полиэтиленовые мешки закрепляли в деревянный каркас и выдерживали в натуральных условиях в течение 20 дней. На продуктивно-деструкционные процессы в емкостях действовал весь комплекс физико-климатических факторов среды, за исключением динамических условий водных масс водоема. На каждый пятый день из экспериментальных мешков отбирали пробы планктона и обрабатывали по общепринятой методике. Эксперимент провели в 5 повторностях. Кроме того, были поставлены 2 контрольных мешка, т.е. с фоновыми условиями водной среды. Для оценки и сравнения полученных данных использовали индекс видового разнообразия Маргелефа /8/ и индекс доминантности /4/, для характеристики взаимоотношений разных групп планктона - индексы  $Bb/Bp$  и  $Bf/Bp$ , где  $Bb$ ,  $Bf$  и  $Bp$  - биомасса бактерио-, фито- и протозойного планктона /1/.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Эксперимент был поставлен в высокоэвтрофном озере Кирума Латвийской ССР. Причиной антропогенного эвтрофирования данного водоема послужило долготлетнее поступление поверхностного стока и дренажных вод с удобренных сельхозугодий и пастбищ. Даже при соблюдении оптимальных норм удобрения при среднегодовом количестве осадков 600-650 мм/год из суглинистых почв вымывается до 52 кг азота, 6 кг фосфора и 66 кг калия /11/, попадание которых в водоемы ускоряет их эвтрофирование.

Микроорганизмы и фитопланктон играют решающую роль в круго-

жороте биогеогенных элементов в водоемах, поскольку они являются начальными звеньями трофической цепи. Избыток питательных веществ определил высокие количественные показатели бактериопланктона в высокоэвтрофном озере: его плотность колебалась от 1,1 до 17,9 млн. кл./мл.

Число клеток планктонных водорослей во время вегетационного периода колебалось от 154 до 400 тыс./л. Доминирующей группой были синезеленые водоросли, главным образом *Anabaena*. Из диатомовых чаще всего отмечались виды родов *Nitzschia* и *Synedra*, из пиррофитовых — *Peridinium* и *Glenodinium*.

Максимальное разнообразие инфузорий пелагиали приурочено к эвфотической зоне глубиной до 1,5 м. Здесь зафиксировано 28 видов инфузорий; доминирующую группу определяют *Coleps hirtus*, *Strongylidium lanceolatum*, *Amphileptus tracheloides*, представители рода *Strombidium* (до вида определены *S. viride* и *S. mirabile*). Средняя численность инфузорий в высокоэвтрофном озере составляла в среднем 4,7 тыс. экз./л с биомассой 0,02 мг/л.

В экспериментальных емкостях каждая структурная часть сообщества микропланктона реагировала на изменения концентрации биогеогенных веществ с разной скоростью.

Во время всего эксперимента наблюдались резкие колебания общей численности бактерий. Так, первый пик отмечен уже через 5 дней, а на 10-й день — спад численности до начальных величин. Второй максимум общей численности микроорганизмов (в среднем в 2 раза превышающий начальные показатели) соответствовал второй половине эксперимента (15-й день наблюдений). Аналогичен ход развития и у гетеротрофных микроорганизмов, однако амплитуда колебаний их количества была шире, что указывает на существенную роль микроорганизмов, особенно гетеротрофных бактерий, в превращении биогеогенных элементов в водоемах. Спад численности микроорганизмов совпал со снижением концентрации фосфора в экспериментальных емкостях. С другой стороны, резкое уменьшение численности бактерий, в том числе гетеротрофных, было одновременно с бурным развитием синезеленых водорослей. Конечно, в

экспериментальных условиях, как и в природной обстановке, весьма трудно уловить влияние каждого отдельного фактора, так как они влияют не изолированно, а в тесном переплетении, и торможение или расцвет какого-либо из них влечет за собой изменения (а может, и нарушение) всего комплекса факторов. Возрастающая концентрация соединений азота и фосфора особенно интенсифицировала размножение азотобактероподобных бактерий, численность которых в среднем возросла в 14 раз. Очевидно, этому способствовало освобождение свободного азота в процессе разложения соединений данного элемента.

В ходе эксперимента нам удалось наблюдать общую закономерность — уменьшение размеров микроорганизмов с возрастанием концентрации биогенных элементов (их длина сократилась в среднем с 2,0 до 1,0 мк и меньше); в результате, несмотря на вспышку генерации бактерий, их биомасса увеличилась мало.

В контрольных емкостях по сравнению с озером общая численность микроорганизмов претерпевала незначительные изменения в первой половине опыта. Количество гетеротрофных бактерий уменьшилось более чем в 3 раза, синхронно протекало развитие азотобактероподобных микроорганизмов. Во второй половине опыта (начиная с 10-го дня наблюдений) отмечалось возрастание как общей численности, так и количества гетеротрофных и азотобактероподобных микроорганизмов. Эти пики мы склонны связывать с отсутствием обмена водных масс, накоплением продуктов метаболизма гидробионтов. Однако синхронность развития гетеротрофных и азотобактероподобных микроорганизмов, наблюдаемая как в озере, так и в контрольных емкостях, оказалась нарушенной лишь в эксперименте с возрастанием концентрации биогенных элементов во внешней среде (рис. 1-3).

Повышение концентрации биогенных элементов улучшает питание водорослей и активизирует их развитие. Несбалансированное поступление биогенов в водоемы может тормозить развитие водорослей; особенно токсичны повышенные дозы фосфора и калия /17/. Существуют разногласия по вопросу влияния повышенных концентраций биогенных элементов: по мнению одних авторов, увеличивается лишь

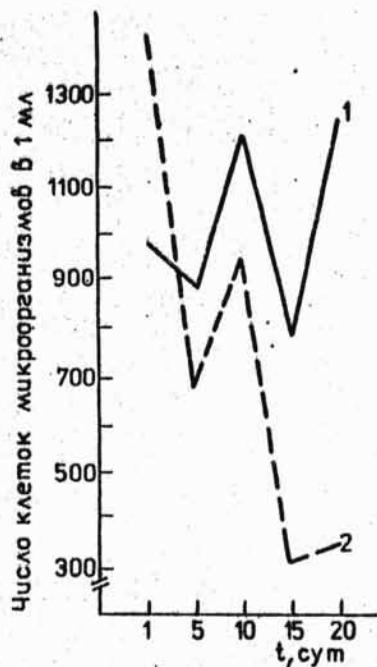


Рис. 1. Динамика гетеротрофных (1) и азотобактероподобных (2) микроорганизмов в озере.

видовое разнообразие водорослей /17-19/; по мнению других, интенсифицируется только деление клеток /3, 6, 12, 15/. Мы пришли к выводу, что возрастающая концентрация биогенных элементов, не превышающая 0,70 мг/л азота и 0,015 мг/л фосфора минерального, вызывает прирост видового разнообразия всех групп водорослей и стимулирует их численное развитие. Прямо пропорционально повышению концентрации фосфора, азота и калия развиваются зеленые во-

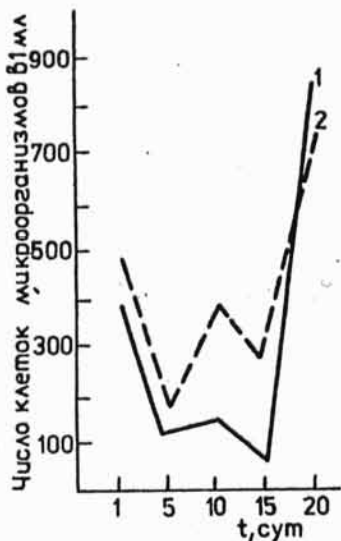


Рис. 2. Динамика гетеротрофных (1) и азотобактероподобных (2) микроорганизмов в контрольном объеме.

дросли. Максимальное число клеток отмечено при максимальных концентрациях указанных биогенов (20–34 млн. кл./л при концентрации общего азота 0,16 мг/л и  $PO_4^{3-}$  3,5 мг/л). Оказывается, значительный прирост числа клеток и появление поверхностных пленок, состоящих из зеленых одноклеточных и нитчатых водорослей, могут вызвать лужные удобрения, попадающие в водоемы. "Цветение" воды приурочено к тем районам водоема, где повышена кон-

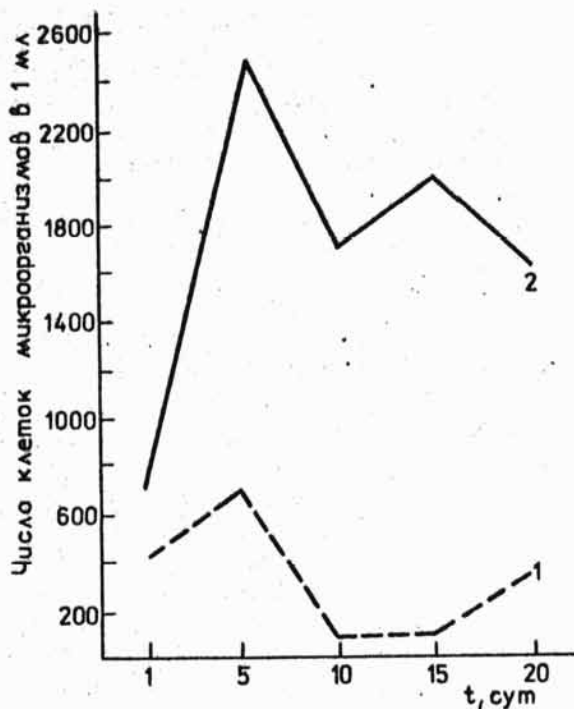


Рис. 3. Динамика гетеротрофных (1) и азотобактероподобных (2) микроорганизмов в эксперименте.

центрация азота, а удобрения калия действуют на эту группу водорослей лишь при обеспеченности фосфором /21/.

Развитие синезеленых водорослей происходит обратно пропорционально увеличению концентрации биогенных элементов в воде. Прирост числа клеток наблюдается лишь при начальных концентрациях биогенов, притом уже во второй половине опыта (через 10 дней)

начинается их отмирание. Как известно /12/, развитие синезеленых водорослей (особенно *Oscillatoria*) усиливается при повышении концентрации минеральных удобрений, но лишь с добавкой извести.

Диатомовые водоросли исчезают уже в первые дни опыта, поскольку они, очевидно, в это время полностью исчерпывают весь Si, содержащийся в экспериментальных емкостях. Соединения же Si являются главным лимитирующим фактором в развитии этих водорослей, так как в других опытах /12/ диатомовые водоросли оказались индифферентными по отношению к воздействию любого вида удобрений.

В результате воздействия повышенных концентраций биогенных элементов происходит смена в доминирующей группе протозойного планктона. В течение всего эксперимента видовое разнообразие инфузорий повышается в первые 10 дней, затем следует обеднение видового состава. В естественных условиях экологические последствия эвтрофирования также проявляются в обеднении видового состава сообществ, продвижении в пелагиаль литоральных видов, массовом развитии немногих форм и резкой смене максимумов и минимумов численного развития /20/.

Изменения видового состава инфузорий связаны не с прямым действием нарастающей концентрации биогенных элементов, а, по-видимому, с косвенным влиянием — через пищевые цепи гидробионтов. Инфузорий-стенофагов сменяют инфузории-эврифаги, начинают развиваться мелкие инфузории — бактерио- и детритофаги, в частности *Microthorax pusillus*, *Euchelus* sp., *Strombidium viridis*, но особенно *Coleps hirtus*. Массовое развитие последней вызвано тем, что она питается главным образом отмершими клетками водорослей, детритом и трупами других простейших, встречающихся в скоплениях детрита /9, 13/. Когда начинается массовое отмирание синезеленых водорослей и их оседание на дно экспериментальных емкостей, интенсивно размножаются микроорганизмы (общая численность возрастает в 1,4 раза), а вслед за ними — мелкие инфузории-бактериофаги и крупные хищники. В результате показатель видимого разнообразия инфузорий

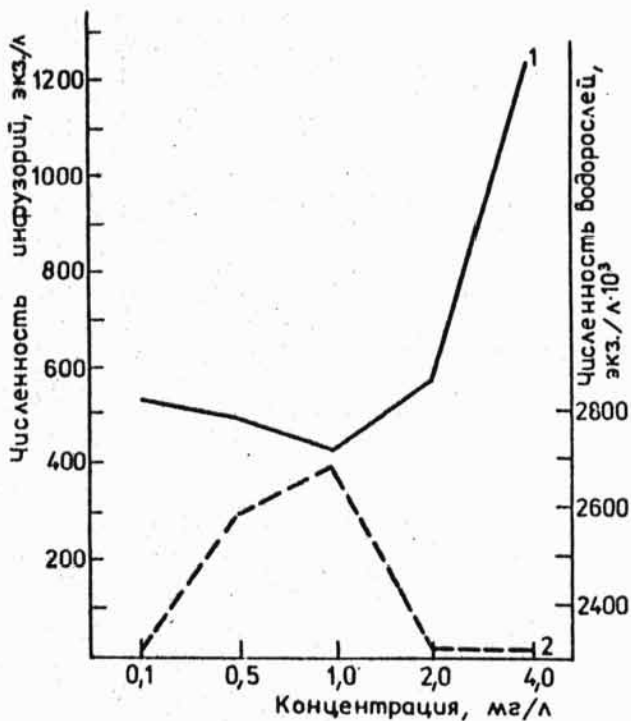


Рис. 4. Динамика численности инфузорий (I) и синезеленых водорослей (2) в эксперименте.

достигает максимума ( $d = 0,54$ ) (рис. 4).

В политрофных водоемах отмечается минимальное видовое разнообразие инфузорий [7]. Дальнейшее повышение концентрации биогенных элементов в эксперименте выдерживает лишь небольшое число видов протозойного планктона. Сокращение видового разнообразия инфузорий сопровождается изменением значимости отдельных ви-

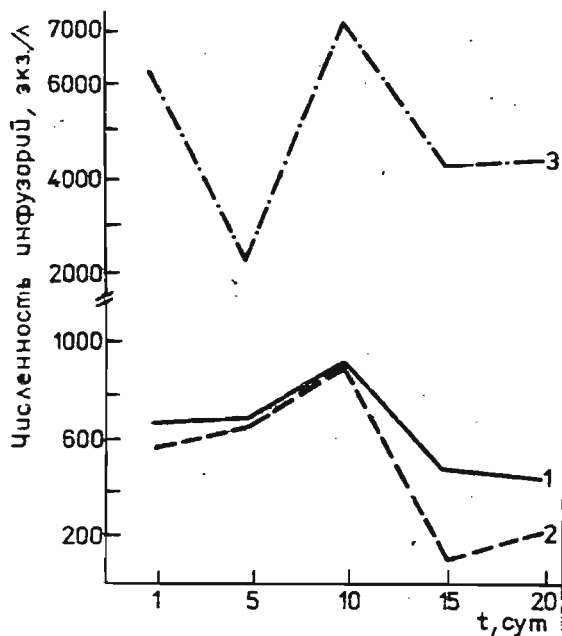


Рис. 5. Изменения численности инфузорий: 1 - эксперимент; 2 - контроль; 3 - озеро.

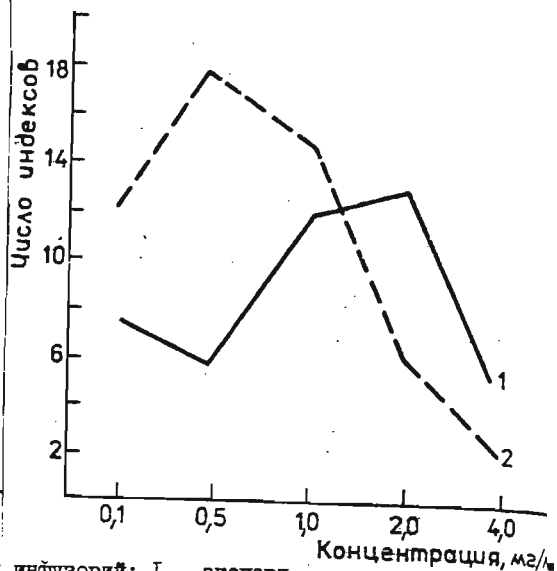


Рис. 6. Изменения индексов  $V_g/V_p$  (1) и  $V_b/V_p$  (2) в зависимости от концентрации биогенных элементов.

не не только на отдельные виды инфузорий, но и их потребителей. Трофическая структура гидробионтов непрерывно меняется в зависимости от их возраста, физиологического состояния и т.д. /23/. В результате высокая обеспеченность экспериментальных емкостей биогенными элементами обуславливает образование обедненного сообщества микропланктона с упрощенной трофической структурой, поскольку сохраняются лишь автотрофные гидробионты и первичные микроконсументы. Можно даже отметить выпадение одного члена (вторичных микроконсументов - хищных инфузорий) из трофической цепи.

В расчетах мы учитывали лишь начальные члены пищевой цепи - водоросли, микроорганизмы, инфузории. Во время эксперимента потребности протозойного планктона в пище всегда были удовлетворены, на что указывают высокие показатели индексов  $Bb / Bp$  и  $Bb / Bp$ . Уменьшение индексов отмечено во второй половине эксперимента вследствие бурного развития мелких видов инфузорий с очень коротким жизненным циклом (рис. 3). Как установлено в отношении морских инфузорий, конкурентное преимущество в сукцессии всегда наблюдается у мелких, быстро размножающихся видов /2/. Интенсивность питания инфузорий находится в прямой зависимости от концентрации пищевых объектов. В экспериментальных условиях критическая плотность микроорганизмов, ниже которой рост инфузорий отсутствует, равна 5,5 млн. кл./мл /14/. Согласно этому показателю, инфузории-бактериофаги в экспериментальных емкостях всегда были обеспечены кормовыми объектами, и их пищевые потребности в 1,4-2,1 раза превышали обеспеченность пищей, максимальную в середине и минимальную - в конце эксперимента.

Таким образом, в результате воздействия возрастающей концентрации биогенных элементов в контролируемых экосистемах меняется структура микропланктона. Уменьшаются размеры клеток микроорганизмов, начинается усиленное развитие азотобактероподобных микроорганизмов. Синезеленые водоросли развиваются обратно пропорционально, а зеленые - прямо пропорционально увеличению концентрации биогенных элементов в воде. Развитие диатомовых водорослей в замкнутых экосистемах полностью подавлено. Возрастаю-

шая концентрация биогенных элементов вызывает уменьшение видового разнообразия инфузорий и усиливает развитие мелких инфузорий с коротким жизненным циклом.

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. Б а б и ц к и й В.А., М и х е е в а Т.М., И н к и н а Г.А. Взаимосвязь в развитии трех структурных компонентов планктона в придонном слое озер. - Гидробиол. журн., 1981, т. 17, № 1, с. 21-27.
2. Б у р к о в с к и й И.В., Э ц ш т е й н В.С., М о л и б о г а Н.Н. Пищевая специализация и трофическая структура сообщества морских псаммофильных инфузорий. - Зоол. журн., 1980, т. 59, № 3, с. 325-334.
3. Г о л л е р б а х М.М. К вопросу о составе и распространения водорослей в почвах. - Тр. Бот. ин-та АН СССР. Сер. 2, 1936, вып. 2, с. 43-67.
4. И с г а н з е н Б., Ф а й з о в а А.В. Об определении показателей встречаемости, обилия, биомассы и их соотношения у некоторых гидробионтов. - В кн.: Элементы водных экосистем. М., Наука, 1978, с. 215-225.
5. К а м ш и л о в М.М. Экологические аспекты загрязнения водных объектов и принципиальные пути борьбы с ним. - Гидробиол. журн., 1978, т. 15, № 1, с. 3-10.
6. К о н д р а т ь е в а Н.В. К изучению размещения синезеленых водорослей в почвах в зависимости от агротехнических приемов. - Укр. бот. журн., 1958, т. 15, № 4, с. 22-30.
7. Л и е ц а Р.А. Формирование ценозов инфузорий в разнотипных озерах Латвийской ССР. - В кн.: Круговорот вещества и энергии в водоемах. Иркутск, 1981, вып. 2, с. 92-94.
8. М а к р у ш и н А.В. Биологический анализ качества вод. Л., З.И.Н., 1974. 60 с.
9. М а м а е в а Н.В. Инфузории бассейна Волги. Л., Наука, 1979. 150 с.
10. М е т е й к о Т.Я. Метаболиты высших водных растений и их роль в гидробиоценозах. Обзор. - Гидробиол. журн., 1981, т. 17, № 4, с. 3-14.

11. Р и н ь к и о Г.Я., Р а м а н е Х.К. Потери макро- и микроэлементов из почвы и необходимость их учета при оптимизации питания растений. - В кн.: Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине. Ивано-Франковск, 1978, с. 220-221.
12. Ш т и н а Э.А. Влияние водорослей на плодородие почв. - Тр. Кировск. с.-х. ин-та, 1959, т. 13, вып. 25, с. 18-26.
13. Щ е р б а к о в А.П. Численность и биомасса простейших в планктоне эвтрофного озера. - Гидробиол. журн., 1969, т. 5, № 2, с. 14-22.
14. В е р к а S. G., C o l w e l l R. R., S m a l l E. B. A study of feeding responses to bacterial prey by estuarine Ciliates. - Trans. Amer. Microscopical Soc., 1976, vol.95, N 3, p. 514-520.
15. B r i s t o l - R o a c h B. M. On the algae of some normal English soils. - J. Agr. Sci., 1927, vol.17, N 4, p.31-40.
16. J u t t n e r F. Biologically active compounds released during algal blooms. - Verh. Intern. Ver. Theoretische Angew. Limnol., 1981, vol.21, p. 227-230.
17. L u n d I. W. G. Observation on soil algae. - New Phytol., 1947, vol.46, N 1, p.26-30.
18. M a r a t h e K. W. A study of effects of green manures of the subterranean algal flora. - J. Biol. Sci., 1964, vol.7, N 1, p. 11-21.
19. R e b e l O. Beiträge zur Biologie der Bodenalgae. München, Fisher, 1959. 43 S.
20. R i n g e l b e r g J. Eutrophication: introduction to the process and some ecological implications. - Hydrobiol. Bull., 1980, vol.14, N 1/2, p. 30-35.
21. S c w a b e G. H. Blaualgen der phototropen Grenzschicht. - Pedobiologia, 1963, Bd 2, S. 88-103.
22. W e n z e l F., L i e b s c h H. Quantitative Untersuchungen zur Nahrungsaufnahme von Stentor coeruleus Ehrenberg. - Zool. Anz., 1975, Bd 196, H. 5/6, S. 318-337.
23. W y a t t T. Food chains in the Sea. - In: The ecology of the Seas / Ed. by Cushing D.H., Walsh J.J. Oxford, McGRAW-HILL Book, 1976, p. 341-358.

LATVIJAS PSR ZINĀTŅU AKADEMIJAS

# VĒSTIS ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК ЛАТВИЙСКОЙ ССР

IZNĀK REIZI MENESI KOPS 1947. GADA AUGUSTA  
ВЫХОДИТ ЕЖЕМЕСЯЧНО С АВГУСТА 1947 ГОДА



УДК 551.482.211

Р. А. Лиєпа, П. А. Цимдинь, И. Ю. Дривниетис,  
Д. Г. Мелберга, Э. А. Пареле, В. И. Родинов,  
А. В. Уртанс

### БИОЦЕНОТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МАЛЫХ РЕК ЗАПАДНО-ЛАТВИЙСКОЙ ПРИМОРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Ведущая роль в нормальном функционировании речных экосистем принадлежит живому веществу — населяющим реки организмам. От структуры биоценозов зависит интенсивность функционирования речной системы, степень ее самоочищения. Малые реки Западно-Латвийской Приморской низменности типологически неодинаковы, причем различия проявляются не только между реками различных типологических групп (быстро- и медленнотекущие), но и внутри рек одной типологической группы. Эти различия связаны с преобразованием структуры биоценозов в зависимости от природных условий, а также от естественной вертикальной зональности рек. Теоретические предпосылки того, что вертикальная зональность рек выражается в смене ритральных биоценозов потамальными по мере отдаленности от истока реки [12], впадением рек в низменных районах на практике редко реализуются.

Реки претерпевают значительные изменения в ходе преобразования их водосбора и русла. В большинстве случаев естественная вертикальная зональность нарушена антропогенной деятельностью. Кроме того, даже в типологически естественном режиме вертикальная зональность в реках Латвии хотя и достаточно сильно выражена, но имеет свои особенности [9], такие, как появление ритральных биоценозов в устьевых районах малых рек при их впадении в Балтийское море и Рижский залив. Этот своеобразный феномен обратной вертикальной зональности рек пока еще недостаточно изучен. Изучение структуры биоценозов и вертикальной зональности рек на всей их протяженности затруднено, поскольку усиленное поступление в окружающую среду продуктов техногенеза оказывает вредное воздействие на биологические компоненты [3], в том числе на биоценотическую структуру и состояние живого вещества в реках. Так что в ряде случаев воссоздание типологических эталонов малых рек и их вертикальной зональности возможно лишь теоретически, при сопоставлении типологически соответствующих рек и выборе для фонового эталона реки тех участков, информативность которых наименее нарушена.

Для выяснения степени сохранности и активности речных биоценозов, биологической информативности речных экосистем (степень сохранности необходимого для нормального существования данной типологической системы генофонда) нами проведены исследования структуры биоценозов малых рек Приморской низменности.

В геологическом отношении эта территория представляет собой отложения живецкого яруса среднего девона. В пределах северо-западной части рассматриваемой территории развиты песчаники, алевроиты, глины, мергели и доломиты (местами с прослоями гипсового камня)

наровской свиты, являющиеся самыми древними отложениями, вскрывающимися в естественных обнажениях на территории Латвии [4]. Дундагскую возвышенность образует поднятие высотой 60—80 м н.у.м., состоящее из четвертичных отложений толщиной 2—8 м, подстилаемых песчаниками среднедевонской системы. Рельеф Приморской низменности образовался в различных стадиях Балтийского ледникового озера. Здесь встречаются самые обширные дюны (в окрестностях Колки и Мазирбе). Характерной чертой территории, по которой протекают рассматриваемые малые реки, следует считать влияние подпорных вод подстилающих пород, уровень которых в отдельных случаях выше уровня грунтовых вод, достигающего 0—5 м. В связи с этим реки питаются как атмосферными осадками, так и грунтовыми и подпорными водами. Заметное влияние здесь оказывает среднедевонская наровская свита, образующая водозадерживающий слой и выходящая местами на поверхность земли. На западном и восточном склоне Дундагской возвышенности встречаются лимногляциальные песчаные отложения Балтийского ледникового озера. На Приморской низменности в северо-западной части преобладают песчано-гравийные отложения Анцилового и Балтийского ледниковых озер. Эти отложения по всему побережью покрыты песчано-гравийными отложениями толщиной от 3 до 10 м. Во всех рассматриваемых малых реках встречаются алювиальные отложения толщиной 0,5—1,0 м, их состав зависит от пересечения рекой различных подстилающих пород. На возвышенных участках, в верховьях рек, встречаются отложения гравия и гальки, в низинных районах — в среднем и нижнем течении рек — отложения песка, ила и органики\*. В основном геологическое строение рассматриваемой территории определяет образование и структуру биоценозов малых рек Приморской низменности.

Исследовательская работа проводилась на 5 малых реках. Рельеф низменности равнинный, полого наклоненный к западу. Наиболее обширную территорию побережья моря занимает полого-волнистая, местами плоская равнина Балтийского ледникового озера. Пониженные участки рельефа заняты болотами [1]. Почвы обследованного района в основном мозаичные, детально они исследованы на территории заповедника «Слитере». На песчаных породах под хвойными лесами в автоморфных условиях доминируют подзолообразование и связанное с ним глееобразование, а в гидроморфных условиях — образование переходных и низинных болот [6, 11]. Влияние хозяйственной деятельности, а также загрязнение малых рек сточными водами в пределах заповедника «Слитере» практически отсутствует, поскольку бассейны этих рек мало населены или вовсе не населены. Лишь в устьевых районах расположены небольшие поселки [8, 13].

Исследовательская работа на малых реках проводилась во время летнего вегетационного периода 1985 года. Прослежено образование структуры сообщества высшей водной растительности, фитопланктона и фитобентоса, бактериопланктона, бактериобентоса, зоопланктона, микро- и макрозообентоса. Пробы отбирали и обрабатывали по общепринятым методам СЭВ [10]. Для сравнения биотопов использовали показатели доминирования, встречаемости, удельного обилия организмов [7, 14].

Река *Пидсуне*. Верхнее течение расположено на Дундагской возвышенности. Река здесь обладает слабовыраженной пойменной долиной, лишь после пересечения крутых склонов возвышенности образуются глубокие, узкие, каньонообразные врезы [1]. Общая длина реки 18 км, она впадает в Рижский залив. Глубина реки не превышает 40—50 см, скорость течения воды 0,1—0,15 м/с. Грунтовые отложения в местах отбора проб — мелкозернистый песок с налетом детрита, местами на отмелях — галька со скоплениями детрита.

\* Авторы признательны инженеру Латгипроводхоза В. Лухаэре за ценные советы при описании геоморфологических особенностей региона.

Высшая водная растительность (ВВР) в реке крайне бедна и состоит из отдельных точечных местонахождений ежеголовника маленького, кубышки желтой и двуклосточника тростниковидного, которые отделены друг от друга продолжительными участками без вегетаций.

На развитие ВВР прямо влияют два фактора — состав донных отложений и затенение русла береговой растительностью. Постоянный транспорт перемытого руслового материала протекает параллельно процессам колонизации ложа реки ВВР от истока до устья. Продвижение ВВР и образование постоянных ассоциаций лимитировано периодическими паводками. На это указывает приуроченность местонахождения ВВР к микрорельефу, защищенному от прямого воздействия течения — на отмелях, за камнями. На миграцию ВВР также указывает именно точечное, не слагающее ассоциации, развитие растительности. Так, в верхнем участке течения в старицах, частично подвергнутых паводкам, более характерна кубышка желтая, а в запрудах в верхней части течения помимо кубышки встречены также рогоз и ряска. Они встречаются отдельными экземплярами по всему течению реки, хотя по гидрохимическим данным река не подвержена повышенной нагрузке биогенами. Характерное наличие этих видов в верхней части течения обусловлено аккумуляцией осадков (осадкоотложением) в запрудах. В нижнем участке отмечено точечное местонахождение представителей мохообразных *Fontinalis antipyretica*.

Фитопланктон и фитобентос р. Пилсупе развит слабо. В планктоне доминируют диатомовые и зеленые водоросли. В перифитоне в основном найдены диатомовые водоросли. Из-за дождей и вымывания грунта в планктоне найдено 30% бентосных водорослей. Биомасса фитопланктона достигает 0,16 мг/л, причем 59% этого количества составляют зеленые водоросли. Общая плотность водорослей 158 тыс. кл./л, по численности доминируют синезеленые водоросли *Oscillatoria tenuis*, которые, очевидно, вымыты из перифитона и указывают на определенную загрязненность.

В зарослях мхов, где скорость течения воды высокая, зоопланктон представлен 8 видами. В биоценозе доминируют коловратки.

В микробиотопе, где заросли задерживают детрит, в контактном слое биоценоз обогащается — здесь отмечено 15 видов коловраток.

Донная макрофауна р. Пилсупе качественно богата (здесь определено 10 групп животных) и количественно обильна (численность организмов достигает 4,0 тыс. экз./м<sup>2</sup>). Удельное обилие олигохет небольшое: 0,04—0,05, они представлены пятью видами наидид и тубифицид.

Для мелкозернистого песка с налетом детрита характерна большая численность бактериобентоса (ББ) — 927,4 млн кл./г сырого грунта, а также повышенная численность аэробных бактерий, развивающихся на рыбопептонном агаре (ГБРПА) — 109,3 тыс. кл./г сырого грунта. Сходная картина развития наблюдается и для бактериопланктона (БП). Общая его численность, по сравнению с другими обследованными реками данного региона, значительна и достигает 7 млн кл./мл. По-видимому, отчасти это связано с геоморфологическим строением реки, поскольку берега здесь высокие, крутые и во время дождей в водосток поступают как аллохтонные органические вещества, на что указывает повышенный показатель БПК<sub>5</sub> — 2,11 мг О<sub>2</sub>/л, так и аллохтонные микроорганизмы.

Протозойный бентос изучали в двух микробиотопах — на суглинке и на заиленном песке. На суглинке обнаружено лишь 2 вида инфузорий. Возможно, что развитие инфузорий здесь тормозят два фактора: повышенная скорость течения воды и мутность контактного слоя вода—грунт. На заиленных песках, где глубина реки 20 см, общая численность инфузорий 680 тыс. экз./м<sup>2</sup>, которую образуют 4 вида.

В целом современное состояние р. Пилсупе соответствует типологически фоновому слабобевтрофному состоянию медленнотекущей реки с

преобладанием биоценозов группы потамал. Характерной чертой этой реки является влияние высокоэвтрофного состояния грунтов на образование структуры биоценозов, обеспечивающее высокую численность особей при сравнительно большом видовом разнообразии. Видовое разнообразие гидробионтов зависит главным образом от внутриводоемных факторов — степени трофности грунтов, скорости течения и типа субстрата, который определяет видовую структуру обрастаний. Интенсивность дрефта и непрерывность повторного заселения биотопов увеличиваются по мере повышения скорости течения, в основном после летних дождей. Вертикальная зональность биоценозов в реке выражена слабо и лишь в некоторых биотопах верховья при большой водности могут образоваться биоценозы группы ритрала, но они неустойчивы из-за отсутствия стабильного водного режима.

Река *Мелнсилупе* берет начало на Дундагской возвышенности и впадает в Рижский залив. Общая длина реки 14 км, скорость течения колеблется от 0,1 до 0,3 м/с. В верхнем течении берега высокие, крутые, река здесь узкая, ее ширина колеблется от 5 до 10 м. Грунты — красный песок, суглинок, глубина не превышает 0,2—0,4 м, скорость течения в верховье реки 0,3—0,4 м/с.

По распределению высшей водной растительности р. *Мелнсилупе* явно можно подразделить на 2 участка — склон Дундагской возвышенности и Приморскую низменность. На верхнем участке ВВР почти полностью отсутствует из-за затенения от береговых морфологических образований и береговой растительности. На урезе воды на песчанике обследованы только мхи, в нижнем течении находятся 4 бобровых запруды, здесь происходит аккумуляция детрита и наблюдаются слабо выраженные двухъярусные ассоциации поручейника широколистного и элодеи канадской и их отдельные экземпляры. Как и в р. *Пилсупе*, в нижней части течения наблюдался транспорт грунта, и конечный учет ВВР нельзя считать полным, так как появление новых видов происходит спорадически, т. е. они могут не наблюдаться в течение определенного времени (время иммиграции). На это указывают отдельные участки стариц, не подвергающиеся паводкам с ассоциациями ряски и элодеи, а также устьевой участок левобережного притока, где доминировала ассоциация разнотравья.

В верхнем течении р. *Мелнсилупе* фитопланктон развит слабо. Средняя биомасса весенних и летних проб почти одинаковая — 0,03 мг/л. Весной ведущими являются диатомовые водоросли рода *Nitzschia*, которые составляют 79% общей численности, но в летних пробах доминируют представители эвгленовых, составляя до 53% общей численности, что указывает на локальное загрязнение. Здесь же на камнях сплошным налетом отмечена красная водоросль *Hildebrandtia rivularis*, являющаяся показателем чистой воды [10], однако по нашим данным она устойчива к загрязнению.

Повышенная скорость течения воды определяет также образование ценозов коловраток. Поэтому в данной реке истинного планктона нет, а биоценозы образуются в соответствии типу субстрата. Так, среди мхов отмечено 15 видов коловраток, а среди элодеи — 12 видов.

Численность организмов зообентоса колеблется от 2,7 до 6,6 тыс. экз./м<sup>2</sup>. Здесь доминируют бокоплавы (до 2,2 тыс. экз./м<sup>2</sup>), личинки хирономид (до 2,8 тыс. экз./м<sup>2</sup>) и ручейников (до 1,1 тыс. экз./м<sup>2</sup>). Доля олигохет здесь ничтожна (лишь 33—88 экз./м<sup>2</sup>, удельное обилие  $D=0,01$ ), что свидетельствует об относительной чистоте р. *Мелнсилупе* в верхнем течении.

Верхнее течение р. *Мелнсилупе* характеризуется большой общей численностью ББ — в июне 764,7 млн кл./г, в августе она достигает 1060,4 млн кл./г. Численность ГБРПА в августе по сравнению с июнем возросла в 6,8 раза, но численность анаэробных бактерий, развивающихся на рыбопептонном агаре (ГБРПА<sub>ан</sub>), — в 19,8 раза, что указывает на усиление анаэробного микробиологического разложения органики.

Быстрое течение реки вызывало взмучивание грунтов и обогащение воды микроорганизмами: БП — 7,1 млн кл./мл в июне и 8,7 млн кл./мл в августе. Численность ГБРПА в среднем 1,9 тыс. кл./мл, ГПРПА — 0,45 тыс. кл./мл, ГБРПА:10 — 5,1 тыс. кл./мл.

В мутном контактном слое на суглинке обнаружено 4 вида инфузорий общей численностью 700 тыс. экз./м<sup>2</sup>. На количественное развитие инфузорий влияют несколько факторов, тесно связанных друг с другом. Определяющими являются повышенная мутность воды и нестабильность поверхностного слоя грунта, где происходит оседание и взмучивание детрита и частиц глины.

В среднем течении р. Мелнсилупе протекает через луга и пастбища, в нижнем — через леса. Ширина реки здесь достигает 10—15 м, скорость течения воды 0,1—0,2 м/с. В местах отбора проб донные отложения образует песок, в углублениях — со слоем детрита.

В устьевом районе реки ведущими являются диатомовые водоросли, которые составляют 88% общей численности и 95% биомассы. Биомасса и численность по сравнению с верхним течением возрастает — 18 тыс. кл./мл и 0,10 мг/л соответственно. В устьевом районе красная водоросль *Hildebrandtia rivularis* не наблюдается.

В нижнем течении реки также обогащается макрозообентос, особенно возрастает численность хирономид (до 8,7 тыс. экз./м<sup>2</sup>) и олигохет (до 0,6 тыс. экз./м<sup>2</sup>). Удельное обилие олигохет небольшое ( $D=0,5$ ).

В нижнем течении р. Мелнсилупе численность ББ в июне и августе сходная — 640,6 и 695,9 млн кл./г, однако интересно, что несмотря на это численность ГБРПА в августе возросла в 14,5 раза — 8,3 и 120,0 тыс. кл./г соответственно, численность ГБРПАан — в 14,4 раза — 7,25 и 104,25 тыс. кл./г, ГБРПА:10 — в 4,1 раза — 78,8 и 325,8 тыс. кл./г соответственно. Гетеротрофной активности способствовало увеличение биохимической активности органики — в августе в 2,7 раза. Бактериопланктон небогат — в среднем 1,6 млн кл./мл, численность ГБРПА — 1,8 тыс. кл./мл, ГБРПАан — 0,49 тыс. кл./мл, ГБРПА:10 — 5,7 тыс. кл./мл.

Видовое разнообразие инфузорий здесь различно по микробиотопам. Так, на песке обнаружено 4 вида общей плотностью 440 тыс. экз./м<sup>2</sup>, на песке с детритом — 8 видов общей плотностью 1 040 тыс. экз./м<sup>2</sup>. Общим для обоих микробиотопов является лишь один вид.

В р. Мелнсилупе ярко выражена вертикальная зональность, четко выделяются два типологически различных участка: 1) верховье, протекающее по склону Дундагской возвышенности и соответствующее по свойствам биоценозов верхним грациям ритрона — горного потока; 2) медленнотекущие участки, протекающие по Приморской низменности и типологически соответствующие потамону. Биоценотическую структуру в верховье реки определяют свойства подстилающих грунтов, субстрат для обрастаний и уровень трофности грунтов. Обрастания мхов и водорослей образуются в основном на камнях, структура и обилие ценозов зависят от влажности. Верховье этой реки можно считать исключением для Латвии, поскольку ценозы, соответствующие типологическому статусу горного ручья — ритрала, в других быстротекущих реках сильно нарушены антропогенной деятельностью. Нижнее течение этой реки также представляет собой своеобразную типологическую группу медленнотекущей реки. Это своеобразие выражается в мелководности, преобладании песчаных грунтов, влиянии подпорных вод и, по-видимому, последующем образовании высокоэвтрофных грунтов со слабо развитыми ассоциациями высшей водной растительности. Реку следует сохранить как типологический эталон сочетания горного ручья с медленнотекущим низовьем.

Длина реки *Питрагупе* 10 км. Она берет начало на Дундагской возвышенности и впадает в Балтийское море. В верхнем течении скорость течения повышенная (от 0,2 до 0,4 м/с), глубина реки не превышает 0,2—0,4 м. Здесь отмечены слаборазвитые ассоциации мохообразных.

Грунты мозаичные, доломитовые плитняки чередуются с песками и заиленными песками. Это определяет расположение биотопа в русле реки, а также зависит от скорости течения воды.

В верхнем течении р. Питрагупе фитопланктон беден, найдены в основном диатомовые водоросли. Биомассы низкие — весной 0,01, летом 0,02 мг/л. Как в весеннем, так и летнем планктоне доминируют диатомовые водоросли, которые составляют и весной, и летом больше 90% общей численности и 60% биомассы. Большинство камней покрыто сплошным налетом красной водоросли *Hildebrandtia rivularis*, на камнях найдены также прикрепленные пучки зеленой водоросли *Draparnaldia glomerata*.

Во мхах на камнях определено 7 видов коловраток.

Сильно заиленные пески богаты микроорганизмами: общая численность ББ 780,8 млн кл./г, численность ГБ<sub>РПА</sub> 295,8 тыс. кл./г, ГБ<sub>РПА:10</sub> 480 тыс. кл./г; в воде общая численность БП 1,2 млн кл./мл, численность ГБ<sub>РПА</sub>, ГБ<sub>РПАан</sub>, ГБ<sub>РПА:10</sub> — 1,1; 0,33; 2,53 тыс. кл./мл соответственно.

В среднем течении река принимает небольшой приток, на котором образованы бобровые запруды. Вода здесь хорошо прогревается, глубина в местах отбора проб 0,4—0,5 м/с. Донные отложения — глинистый ил с примесью песка с богатым слоем детрита — богаты органическими веществами, что способствовало развитию бактериобентоса: общая численность ББ 931,3 млн кл./г, численность ГБ<sub>РПА</sub>, ГБ<sub>РПАан</sub> и ГБ<sub>РПА:10</sub> 77,5; 32,0 и 11,7 тыс. кл./г.

Здесь обнаружено 9 видов коловраток.

Несмотря на высокую толерантность инфузорий к различным абиотическим факторам среды, успешного развития каждый вид достигает в сравнительно узком и специфическом диапазоне фактора.

В слое детрита в массовом количестве развиваются *Frontonia leucas* Ehrb., окрашенные в зеленый цвет. Кроме того, встречались неокрашенные формы (до 120 тыс. экз./м<sup>2</sup>). Исследования водотоков с повышенной сапробностью показывают, что здесь летом часто встречаются инфузории с симбионтами. Возможно, и здесь в бобровой запруде происходит накопление и разложение органических веществ, на что указывает также присутствие сапробионтов, свидетельствующих о наличии в контактном слое сероводорода. Общая плотность организмов в запруде достигает 3,8 млн экз./м<sup>2</sup>.

В нижнем течении р. Питрага протекает через леса. Ширина реки 10—15 м. Донные отложения — песок разной степени заиления.

В планктоне этого района реки найдены в основном бентосные диатомовые водоросли, попавшие в толщу воды благодаря вымыванию. 60% составляет диатомовая водоросль *Synedra ulna*. Здесь так же, как в р. Мелнсилупе, красные водоросли не наблюдались, что, по-видимому, можно объяснить более медленным течением, снижением содержания кислорода и повышением освещенности.

Макрзообентос здесь представлен 8 группами организмов, их количественное развитие усиленное — до 20,9 тыс. экз./м<sup>2</sup>. Основу донной фауны составляют личинки хирономид — до 19,4 тыс. экз./м<sup>2</sup>, симулиды — до 1,8 и бокоплав — до 2,9 тыс. экз./м<sup>2</sup>. Олигохеты (0,3 тыс. экз./м<sup>2</sup>) представлены главным образом тубифицидами. Удельное обилие олигохет ничтожное —  $D=0,01$ .

Пробы отобраны на глубине 0,4 м на чисто промытых песках. Общая численность ББ 240,6 и 228,8 млн кл./г в июне и августе соответственно. Интересно отметить, что, как и в р. Мелнсилупе, при сходной общей численности ББ наблюдаются сильные различия в численности разных групп гетеротрофных бактерий: ГБ<sub>РПА</sub> — 790,0 и 143,0, ГБ<sub>РПАан</sub> — 1,75 и 88,0, ГБ<sub>РПА:10</sub> — 102,1 и 200,0 тыс. кл./г в июне и августе соответственно. Весной преобладают аэробные процессы: разложение легкоразлагаемых органических веществ, а летом — микробиологические процессы, протекающие в анаэробных условиях.

Вода устьевого района богата микроорганизмами (что определяло повышенное БПК<sub>5</sub>) — 6,0 и 5,6 млн кл./мл. Численность ГБРПА в августе возросла в 3 раза по сравнению с июнем, ГБРПА<sub>ан</sub> — в 7,4, а численность ГБРПА:10 — в 2,5 раза.

Детальные исследования структуры сообществ инфузорий песчаных донных отложений показывают, что здесь образовалась группа константных видов.

Видовые сочетания более устойчивы, чем каждый вид в отдельности. Присутствие таких комплексов несомненно увеличивает устойчивость сообщества в целом. На это указывает также численное развитие инфузорий. На промытом песке обнаружено 7 видов, общая плотность — 2,2 млн экз./м<sup>2</sup>.

Р. Питрагупе типологически сходна с р. Мелнсилупе, вертикальная зональность выражена четко, ритрон резко переходит в ценозы потамона. Характерно, что в верховье отмечено локальное воздействие с водосбора, увеличение трофности в обрастаниях. В целом река также соответствует типологически фоновому состоянию рек типовой группы ритрал в верховье, потамал в низовье; реку следует более строго сохранять как типологический эталон.

Длина реки Мазирбе 10 км. На всем протяжении она протекает по территории заповедника, через леса и луга.

В верхнем течении река протекает через заболоченный лес, затем донные отложения образуют доломитовые плитняки, на которых сформировалось несколько миниатюрных водопадов. Доломиты местами покрыты песком. На нем образовался слой опавших листьев разной степени разложения. Для более полного исследования донных сообществ были отобраны в разных биотопах и охватывали по возможности все ложе реки верхнего течения.

В районе истока р. Мазирбе из пруда ВВР характеризует сообщество пруда. Здесь обследована ассоциация поручейник широколиственный головник маленький. На большей своей протяженности река протекает через лес. Здесь характерны заболоченные участки берегов с сфагновых мхов. В среднем течении, проходящем через сенокосные луга, характерны ассоциации кубышки желтой и элодеи. В нижнем течении из-за отсутствия деятельности бобров в ранее обводненных запрудах течение практически отсутствует, река представляет собой евтрофный водоем с характерными для него ассоциациями, с преобладанием из *Typha angustifolia* L., *Sium latifolium* L., *Sparganium emersum* L., *Carex sylvatica* L., *Lemna minor* L., *Stratiotes aloides* L.

В планктоне р. Мазирбе общая биомасса водорослей низкая — 0,08 мг/л, а общая численность 263 тыс. кл./л. Как по биомассе, так и по общей численности доминировали перифитонные синезеленые водоросли, которые составляли до 98% общей численности и 59% общей биомассы. В планктоне благодаря болотистым окрестностям часто встречались типичные болотные зеленые водоросли рода *Desmidiium*.

Был исследован небольшой водопад в верхней части р. Мазирбе, на доломитовых плитняках которого в большом количестве в июне были найдены красные водоросли *Batrachospermum moniliforme*, но в августе в тех же местах — синезеленые водоросли *Oscillatoria tenuis*, зеленая *Chaetomorpha linum* и в небольшом количестве диатомовые водоросли, что можно объяснить повышением температуры, в результате чего происходит смена видового состава.

В пригрунтовом слое в устье р. Мазирбе ниже н/п Мазирбе в большом количестве развиваются диатомовые и синезеленые водоросли, присутствие которых характерно для бета-мезосапробного биотопа. В обрастаниях доминирует кладофора.

Весной отмечена высокая численность ГБРПА — 1114,3 тыс. кл./г и ГБРПА:10 — 1430,0 тыс. кл./г. Общая численность — 742,6 млн кл./г, численность ГБРПА<sub>ан</sub> невысока — 1,75 тыс. кл./г. При повышении температуры воды происходило более активное разложение аллохтонных ве-

ществ, которые накопились в водоеме осенью, а зимой в связи с низкой температурой процесс разложения протекал медленно. В августе на этом участке реки наблюдалась сходная численность ББ — 760,9 млн кл./г, но число ГБ<sub>РПА</sub> уменьшилось в 19 раз, ГБ<sub>РПА:10</sub> — в 9,7 раза, а численность ГБ<sub>РПАан</sub> увеличилась в 16,4 раза. По-видимому, разложение органики происходит в анаэробных условиях.

В воде отмечалось повышенное количество бактерий исследуемых физиологических групп (ГБ<sub>РПА</sub>, ГБ<sub>РПАан</sub>, ГБ<sub>РПА:10</sub>), общая численность БП в августе возросла в 2,6 раза по сравнению с июнем.

В местах наибольшего скопления на песках листьев, корней, древесины — в подвальях — видовое разнообразие инфузорий высокое, всего здесь обнаружено 13 видов инфузорий. Течение реки, достигающее здесь 0,3—0,4 м/с, небольшие водопады — все это обогащает воду и грунты кислородом, в результате чего происходит интенсивная оксидация, и русло покрывается материалом, который в дальнейшем включается в пищевую цепь гидробионтов. Общая численность инфузорий здесь высокая — от 1,6 до 2 млн экз./м<sup>2</sup>. На перекатах песок чисто промытый. Вода также коричневатая. Здесь обнаружено 8 видов инфузорий общей плотностью 2,2 млн экз./м<sup>2</sup>.

В контактном слое вода—грунт, где течение воды уменьшается до минимума, снижается или временно полностью отсутствует дрейф детрита, а также листьев, древесины, корней. Это способствует развитию детритофагов и мелких инфузорий, репродукция которых проходит очень быстро и которые служат пищей инфузориям — консументам.

Сходная картина видового разнообразия и количественного развития инфузорий отмечена в реке непосредственно ниже водопада. Грунт — песок, глубина реки в месте отбора проб 0,3—0,4 м. Здесь обнаружено 9 видов инфузорий, но по численности доминируют 3 вида.

В нижнем течении река сильно меандрирует через заболоченные луга и лес. Верхний слой донных отложений образует торфянистый ил с примесью песка. На поверхности грунта на неглубоких плесах также скопились листья, древесина и другой материал.

В нижнем течении фитопланктон реки беден. Найдены почти исключительно диатомовые водоросли. Общая численность фитопланктона составляет 3,9 тыс. кл./л, а биомасса — 0,03 мг/л.

В зоопланктоне р. Мазирбе отмечено 15 видов, можно говорить о происшедшем здесь перемешивании видов различных ценозов. Наряду с чисто планктонными формами встречаются виды из зарослей *Nuphar*.

Зообентос р. Мазирбе разнообразен: всего определено 13 групп животных. Основу здесь составляют олигохеты (до 4,0 тыс. экз./м<sup>2</sup>), удельное обилие которых велико — 0,35—0,40. Олигохеты представлены 11 видами.

Кроме того, здесь отмечены личинки насекомых: хирономид, ручейников, стрекоз и поденок. В значительном количестве (до 1,5 тыс. экз./м<sup>2</sup>) встречаются также водяные ослики.

Летом в грунтах нижнего течения р. Мазирбе наблюдалось высокое количество ББ — 1026,0 млн кл./г, аэробные и анаэробные ГБ<sub>РПА</sub> представлены в одинаковом количестве — 28 тыс. кл./г, а ГБ<sub>РПА:10</sub> — 750 тыс. кл./г. Численность ГБ<sub>РПА:10</sub> более чем в 27 раз превышает таковую ГБ<sub>РПА</sub>, что указывает на процессы формирования популяции истинной водной микрофлоры, приспособленной к более низким концентрациям органического вещества в воде.

Микроорганизмы воды этого участка реки хорошо развиты — общая численность БП 7,3 млн кл./мл. Гетеротрофная микрофлора небогата — 1,35 тыс. кл./мл ГБ<sub>РПА</sub>, 0,81 тыс. кл./мл ГБ<sub>РПАан</sub>, 2,6 тыс. кл./мл ГБ<sub>РПА:10</sub>. На активно протекающие минерализационные процессы в этом районе указывает также пониженное содержание свободного кислорода (4,8 мг/л).

Всего здесь обнаружено 13 видов инфузорий, из которых 6 составляют константную группу. Эти 6 видов встречаются как на торфе, так

и в зарослях элодеи и на плесах без растительности. Детальные исследования распределения инфузорий в грунте показали, что они встречаются лишь в контактном слое вода—грунт и на поверхности грунта. Уже на глубине 2 см, где образовался переходный слой торф—песок, ни одна инфузория обнаружена не была. Общая численность инфузорий на торфе колеблется от 0,5 до 2,3 млн экз./м<sup>2</sup>.

Р. Мазирбе можно отнести к группе медленнотекущих рек высокоэвтрофного состояния. На реки группы потамал, мелководные с песчаным грунтом, заметное влияние оказывает даже невысокий уровень хозяйственного преобразования водосбора, поступление стоков с водосбора, поскольку потенциал их самоочищения не высок. Фактором, способствующим евтрофированию, следует считать наличие на реке запруд и отсутствие в них бобров. Биоценотическая структура этой реки отражает также влияние прилегающих болот, высокую степень зарастания. Дальнейшее развитие этой реки будет выражаться в снижении видового разнообразия, упрощении видовой структуры. Во избежание этого необходимо либо заселить запруды бобрами, либо увеличить проточность реки сношением дамб.

Длина реки *Киканс* 20 км. Она протекает по Приморской низменности и полностью находится на территории заповедника «Слитере». Донные отложения мозаичные в зависимости от расположения биотопа в русле реки.

По сравнению с остальными малыми реками заповедника «Слитере» р. *Киканс* отличается более богатым фитопланктоном, хотя большую часть планктона составляют водоросли перифитона (до 30%). В фитопланктоне две ведущие группы — диатомовые и зеленые протокочковые водоросли. Как по общей численности, так и по биомассе доминируют диатомовые водоросли, которые составляют 80% общей численности и соответственно 52% биомассы. Общая численность и биомасса водорослей р. *Киканс* значительно больше — 238 тыс. кл./л и 0,26 мг/л соответственно. Синезеленые водоросли в пробах не найдены.

Разнообразие организмов макрозообентоса невелико — всего здесь отмечено 5 групп, однако их количественное развитие усиленное, общая численность достигает 15,5 тыс. экз./м<sup>2</sup>, причем большую ее часть составляют хирономиды — до 15 тыс. экз./м<sup>2</sup>.

Грунты реки богаты микроорганизмами — при общей численности ББ 712,0 млн кл./г численность ГБРПА достигает 165,3 тыс., ГБРПА<sub>ан</sub> — 106,5 тыс., ГБРПА:10 — 353,8 тыс. кл./г. Хорошо развитая донная микрофлора указывает на активно протекающие микробиологические процессы. Превалирует группа микроорганизмов, растущих на разведенном РПА, поскольку донные отложения небогаты органическими веществами (1,48%).

В воде р. *Киканс* также хорошо развиты гетеротрофные микроорганизмы: ГБРПА — 3,1 тыс. кл./мл, ГБРПА<sub>ан</sub> — 1,53, ГБРПА:10 — 10,64 тыс. кл./мл, поскольку БПК<sub>5</sub> в воде достигала 3,8 мг O<sub>2</sub>/л.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биоценотическая структура малых рек Приморской низменности характеризуется сравнительно большим для малых рек Латвии разнообразием, которое поддерживается стабильными физико-географическими условиями на водосборе и гидрологическим режимом большинства самих рек. Наибольшее видовое разнообразие отмечено на участках рек с большой мозаичностью микробиотопов. Это переходные зоны быстро- и медленнотекущих участков. Плотность популяций водных беспозвоночных в основных биоценозах (в перифитонных, псаммореофильных и фитореофильных) достигает своего оптимума. Региональной особенностью малых рек Приморской низменности считаем высокоэвтрофное состояние грунтов ложа (влияние подпорных вод подстилающих пород) и низкий уровень антропогенной нагрузки с водосбора.

Биоценотическая структура малых рек в пределах заповедника «Слитере» характеризуется высокой численностью особей в каждой группе гидробионтов в сочетании с большим видовым разнообразием, которое поддерживается в основном внутриводоемными факторами (скоростью течения, высокой продуктивностью грунтов и донных отложений, свойствами субстрата).

Стабильность существующей биоценотической структуры также поддерживается внутриводоемными факторами: уравновешенностью процессов равномерного оседания и взмучивания детрита поверхностного слоя грунта, устойчивого псамореофильного комплекса. Скорости течения, превышающие 0,4 м/с в период дождей, разрушают структуру биоценозов на песчаных грунтах и приводят к резкому снижению численности особей и количества видов, увеличивают дрейф (р. Пилсупе). Вертикальная зональность четко выражена в реках Питрага и Мелсила, которые необходимо сохранить как типологический эталон сочетания «горного ручья» в верховьях с медленнотекущим низовьем этих рек в пределах Приморской низменности.

Р. Киканс — медленнотекущая с песчаным грунтом и полностью относится к типовой группе потамал. В целом река соответствует типологически фоновому состоянию, ее можно считать эталоном для данного типа рек. Некоторое увеличение ее трофности и даже появление сапробионтов в реке следует считать естественным процессом. Это результат листового опада и разложения листьев в реке, которое более активно происходит именно в летний период, когда интенсивно разлагается опад прошлой осени.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биргер А. Я., Биргер Л. В., Биркис А. П. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые Латвии. Р.: Зинатне, 1979. 543 с.
2. Вейланде Г. Х., Лиена Р. А. Структура биоценозов микробентоса малых рек Латвии. — Гидробиол. журн., 1985, № 1, с. 36—44.
3. Глазовская М. А. Теория геохимии ландшафтов в приложении к изучению техногенных потоков рассеяния и анализу способности природных систем к самоочищению. — В кн.: Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. М.: Наука, 1981, с. 7—42.
4. Даниланс И. Я. Геолого-геоморфологическая характеристика заповедника Слитере и его окрестностей. — В кн.: Охрана примечательных природных объектов в ЛатвССР. Р.: Зинатне, 1975, с. 73—82.
5. Лиена Р. А., Вейланде Г. Х., Мелберга А. Г. Структурно-функциональные исследования речных экосистем Салацкого бассейна. — Изв. АН ЛатвССР, 1984, № 8, с. 80—87.
6. Метанс Г. Некоторые данные о почвах заповедника «Слитере». — Изучение охраняемых природных территорий Латвийской ССР. Тез. докл. Р.: Зинатне, 1982, с. 98—104.
7. Пареле Э. А. Олигохетофауна как показатель сапробиости малых рек. — В кн.: Гидробиологический режим малых рек в условиях антропогенного воздействия. Р.: Зинатне, 1981, с. 127—135.
8. Сейле А. Использование специальных картосхем для научного обеспечения разработки программы научно-исследовательских работ в заповеднике «Слитере». — В сб.: Изучение охраняемых природных территорий Латвийской ССР. Проблемы, результаты, рекомендации. Тез. докл. Р.: Зинатне, 1982, с. 15—19.
9. Цимдинь П. А., Лиена Р. А., Уртанс А. В. Типологическая классификация рек. — Изв. АН ЛатвССР, 1985, № 3, с. 104—112.
10. Унифицированные методы исследования качества вод. Совет экономической взаимопомощи. М., 1977.
11. Bušs M., Kāposts V. Priedes augšanas apstākļi Slīteres rezervāta smiltis augsnēs — Mežsaimniecība un Mežrūpniecība, Nr. 3. R.: LatZTIZPI, 1985, 51.—52. lpp.
12. Illies J. Versuch einer allgemeinen biocönotischen Gliederung der Fließgewässer. — Intern. Rev. Ges. Hydrobiologie, 1961, N 46, S. 205—213.
13. Seile A. Stacionāri ekosistēmu pētījumi Slīteres Valsts rezervātā. — Mežsaimniecība un Mežrūpniecība, Nr. 4. R.: LatZTIZPI, 1983, 3.—4. lpp.
14. Schwerdfeger F. Synökologie. — In: Ökologie der Tiere. Bd 3. Hamburg; B.: Verlag P. Parey, 1975. 451 S.

Институт биологии АН ЛатвССР

Дата поступления 25.02.86.

LATVIJAS PSR ZINĀTŅU AKADEMIJAS

# VĒSTIS ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК ЛАТВИЙСКОЙ ССР

IZNAK REIZI MENESI KOPS 1947. GADA AUGUSTA  
ВЫХОДИТ ЕЖЕМЕСЯЧНО С АВГУСТА 1947 ГОДА



УДК 577.472(28)

В. И. Родинов, П. А. Цимдинь, Р. А. Лиєпа,  
А. И. Рудзрога, И. Ю. Друвнетис, Э. А. Пареле,  
Д. Г. Мелберга

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕРА КУБЕНСКОГО

Экологический аспект обоснования водоохранных мероприятий, особенно при планах межбассейнового перераспределения стока, базируется на количественных и качественных характеристиках состава и свойств воды как среды обитания гидробионтов, на структурно-функциональном анализе биотической части водных экосистем, определяющем потенциальную способность биологического самоочищения, а также на оценке качества воды по критериям биоиндикации. К настоящему времени признано, что эколого-санитарная классификация, отражающая структурно-функциональное состояние водных экосистем, складывается из комплекса гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических показателей в рамках определенного типа поверхностных вод [4].

Озеро Кубенское — один из крупных водоемов Вологодской области — находится в переходной области средней тайги и смешанных лесов. Площадь зеркала озера при среднем многолетнем уровне составляет 400 км<sup>2</sup>, средняя глубина — 2,5 м, площадь водосбора — 14 440 км<sup>2</sup>.

Из многочисленных притоков на долю трех крупнейших — Кубены, Уфтюги и Порозовицы — приходится 95% всего объема речного стока в озеро. Из озера вытекает одна р. Сухона, несущая свои воды в Сев. Двину. Оз. Кубенское входит в состав Северо-Двинского водного пути, который соединяет бассейны Белого, Каспийского и Черного морей.

Впервые комплексные исследования оз. Кубенского проведены Институтом озероведения АН СССР в 1972—1974 годах. Детально разработаны гидрометеорологический режим озера за многолетний период, дана метеорологическая характеристика метеорологических

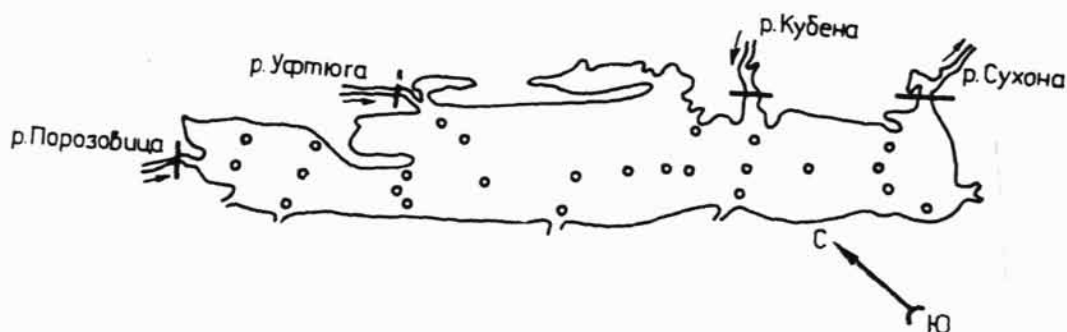


Рис. 1. Схема станций и створов гидрохимических и гидробиологических наблюдений на оз. Кубенском в 1982—1985 гг.

элементов в бассейне озера и над его поверхностью, уровенный и термический режим озера. Представлены сведения о динамике озера (течения, волнение, сейши, сгонно-нагонные явления) за период исследований. Составлен водный, радиационный и тепловой баланс озера за многолетний период. Гидрохимические и гидробиологические исследования за период 1972—1974 годов освещают особенности гидрохимического режима озера и его биотической части [1—3]. В последующие годы гидрохимические и гидробиологические исследования озера в комплексе не проводились.

В 1982—1985 годы Институтом биологии АН ЛатвССР проведены экспедиционные полевые исследования озера по гидрохимическим (минерализация, ионный состав, содержание органических, биогенных веществ и др.) и гидробиологическим (бактерио-, фитопланктон, зоопланктон, микрозообентос и макрозообентос) показателям на 28 станциях и в створах крупных притоков и истока озера (рис. 1). Данные исследования в вегетационный период при сопоставлении с аналогичными гидрофизическими, трофическими, бактериологическими показателями и данными по сапробности за 1972—1974 годы позволили уточнить современное гидрохимическое и гидробиологическое состояние озера, определить тенденцию изменения уровня его трофности за последнее десятилетие.

Ввиду невозможности организации регулярных круглогодичных наблюдений на озере сравнение гидрохимических и гидробиологических показателей только вегетационного периода вполне оправдано, так как период максимума вегетации наиболее характеризует потенциальные возможности экосистемы озера в трансформации и переработке органических веществ, поступающих как извне, так и образующихся в результате внутриводоемных процессов. Причем в этом случае качество воды наиболее целесообразно характеризовать по минимальным и максимальным значениям гидрофизических, гидрохимических и гидробиологических показателей, а также по преобладающим показателям.

Исследования 1982—1985 годов проводились при относительной стабильности среднегодового уровня озера около его среднееголетнего значения (за исключением уровня 1985 г., рис. 2), а во внутригодовом ходе уровней за эти годы отмечалось повышение амплитуд колебаний отклонений среднемесячных уровней, обусловленных повышенными уровнями по сравнению со средними многолетними месяцев холодного периода (зима — начало весны) и пониженными, сравнимыми с экстремально маловодными годами, — в теплый период года (лето—осень). По сравнению с 1972—1974 годами среднегодовой сток из озера в 1982—1985 годы был выше в 1,4—1,9 раза, т. е. за последние годы водообменность озера возросла. Гидрометеорологические условия периодов исследований 1982—1985 годов позволили наблюдать гидро-

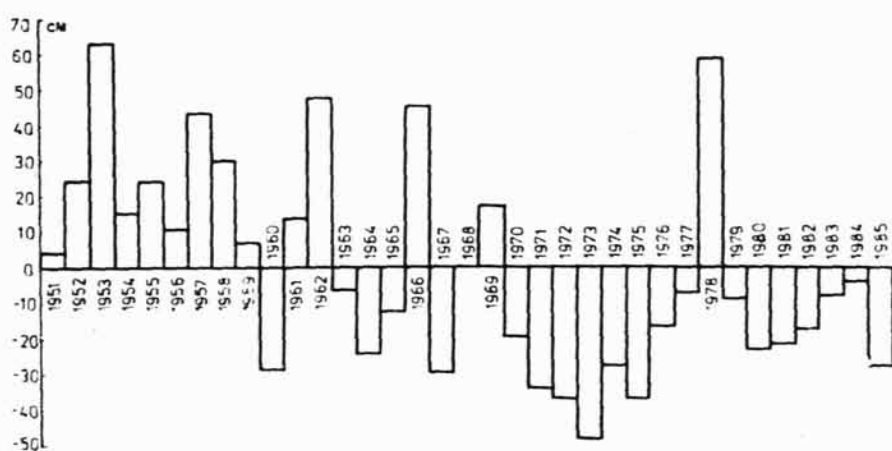


Рис. 2. График отклонений средних годовых уровней от Кубенского от среднего расчетный период (1951—1985 гг.)

ОБЩАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И ИОННЫЙ СОСТАВ ВОДЫ ОЗ. КУБЕНСКОГО

Год, месяц	Минерализация	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>
		мг/л					
1972 август	149	84,2	26,3	2,6	24,2	7,9	3,6
1973 июль	161	80,3	38,8	2,5	27,1	8,3	3,9
1974 август	138	61,0	36,7	2,9	24,1	8,0	4,8
1982* август	255	146,4	26,4	16,5	38,1	16,2	11,3
1983 август	219	141,2	26,9	6,5	30,2	13,2	7,9
1984 август	205	124,4	22,0	9,5	30,8	12,0	7,8
1985 июль	188	115,3	17,5	9,2	26,0	9,1	11,3

\* Только юго-восточная часть озера.

химический и гидробиологический режим озера при двух крайних ситуациях основного воздействующего фактора в динамике водных масс — ветрового перемешивания: в 1982, 1984, 1985 годах — при отсутствии значительного ветрового воздействия (штилевые условия) и в 1983 году — при значительной ветровой обстановке.

На фоне указанных гидрологических и гидрометеорологических условий 1982—1985 годов гидрохимический и гидробиологический режим озера имел нижеследующие особенности в сравнении с аналогичными данными 1972—1974 годов.

1. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Гидрохимическую особенность озера определяют условия формирования стока на водосборной площади, степень влияния которого на процессы и свойства озера высока (показатель отношения площади водосбора к площади озера более 36). По показателю условного водообмена (около 4) озеро относится к транзитно-аккумуляционному типу, вследствие чего его гидрохимическая инерция невелика [1].

По величине общей минерализации оз. Кубенское относится к группе среднеминерализованных озер переходной области средней тайги и смешанных лесов. Сравнение величин общей минерализации аналогичных сезонов 1972—1974 и 1982—1985 годов указывает, что за последнее десятилетие наблюдается увеличение общей минерализации воды озера, в среднем примерно на 25—40% (табл. 1). Возможным следствием увеличения минерализации является увеличение притока в озеро на протяжении последних пяти лет, особенно в осенне-зимних сезонах, более многоводных, чем в 1972—1974 годах и предшествую-

ПРЕДЕЛЫ КОЛЕБАНИЙ ОБЩЕЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И ОСНОВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ И 1982—1985 гг.

Год	Минерализация, мг/л	рН	Кислород		Цветность, град
			мг/л	%	
1972—1974	154	8,2—8,3	8,6—11,8	81—131	36—61
1982	257—386	7,5	8,5—8,8	85—87	92—121
1983	190—248	7,9—8,2	9,0—11,1	92—109	56—105
1984	188—227	7,2—8,2	7,0—9,1	80—107	61—80
1985	172—208	7,2—8,0	6,7—8,5	73—90	45—115

Таблица 1

HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>
экв.-%					
68	27	4	60	33	7
60	37	3	62	31	7
61	35	4	60	32	8
77	14	9	58	25	17
80	14	6	52	37	11
74	16	10	53	36	11
74	16	10	53	30	17

щих им годах. Минерализация воды основных трех притоков, как правило, всегда повышена по сравнению с озером (табл. 2).

По ионному составу вода озера относится к гидрокарбонатному классу кальциевой группы, и преобладание гидрокарбонатных ионов и ионов кальция остается показательным для данного озера (табл. 1). В сравнении с предыдущими годами исследований можно отметить увеличение абсолютного содержания ионов HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Mg<sup>2+</sup> и особенно ионов

Таблица 2

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ВОДЫ В УСТЬЯХ ОСНОВНЫХ ПРИТОКОВ  
ОЗ. КУБЕНСКОГО, МГ/Л

Основной приток	1972 июль	1973 июль	1974 август	1982 август	1983 август
р. Порозовица	—	—	—	—	255
р. Уфтыюга	610	433	335	—	279
р. Кубена	326	339	144	386	323

щелочных металлов и хлора. Так, если 10 лет назад экв.-% катионов Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup> не превышал 8, то в настоящее время он в среднем составляет 10—11 и анионов хлора 6—10 (до 4 экв.-% в предыдущие годы). Соответственно уменьшилось относительное содержание ионов кальция и сульфатов.

Существенных различий в величинах общей минерализации и ионном составе по акватории и по глубине озера не обнаруживается; несколько повышенная минерализация — на 20—30 мг/л по сравнению с открытой частью озера выявлена в предустьевых районах.

Таблица 3

ХАРАКТЕРИСТИК ОЗ. КУБЕНСКОГО ПО СРЕДНИМ ДАННЫМ 1972—1974

Окисляемость перманганатная, мг О <sub>2</sub> /л	БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	Фосфор минеральный, мг/м <sup>3</sup>	Азот	
			аммония, мг/л	нитратов, мг/л
11,5—12,6	1,5—2,8	0—2	0,02—0,04	0,0
16,2—20,1	0,7—2,1	5—18	0,17—0,24	0,0
12,8—18,6	1,2—2,9	18—246	0,14—0,31	0,00—0,04
13,1—18,3	0,3—2,5	1—19	0,10—0,15	0,0—0,02
11,0—27,2	0,8—2,9	10—40	0,16—0,30	0,0

Распределение основных гидрохимических показателей: абсолютного и относительного содержания кислорода, величин рН, окисляемости, БПК<sub>5</sub>, цветности и биогенных веществ позволяет прямо или косвенно судить о формировании качества воды как результате функционирования живых компонентов и круговорота веществ в них, что наряду с гидробиологическими показателями позволяет судить как о положении водного объекта в системе биолимнологической (трофической) классификации вод, так и о тенденции к изменению уровня трофии.

В табл. 3 приведены сравнительные данные по вышеуказанным показателям за сходные периоды наблюдений 1972—1974 и 1982—1985 годов. Сопоставление крайних значений наблюдаемых величин оправдано, так как большинство этих элементов являются лимитирующими в развитии первичных звеньев гидробионтов.

В распределении величин рН и содержания кислорода воды сравниваемых годов значительных расхождений не обнаруживается — указанные пределы колебаний этих величин не выходят за рамки обычных сезонных флуктуаций в данный период наблюдений. Повышенные величины содержания кислорода в 1983 году обусловлены большей ролью атмосферной инвазии кислорода в результате ветрового перемешивания. Значительного градиента содержания кислорода по вертикали в летние сезоны не обнаруживается даже в устойчивых штилевых условиях. Абсолютное и относительное содержание кислорода, а также рН в периоды максимума летней вегетации в основном обусловлены фотосинтетической деятельностью фитопланктона и высшей водной растительности, когда насыщение кислородом в поверхностных слоях достигает 81—109%, в придонных — 78—95%.

Более значимые различия обнаруживаются в показателях, характеризующих содержание растворенных органических и биогенных веществ в воде озера. Так, в сезоны летней вегетации 1982—1985 годов минимальные значения цветности и перманганатной окисляемости в основном соответствовали максимально наблюдаемым соответствующим величинам в сходные периоды 1972—1974 годов, а также существенно расширились пределы колебаний указанных величин. Если в 1972—1974 годах в августе колебания цветности находились в пределах 39—61 град, перманганатной окисляемости — 11,5—12,6 мг O<sub>2</sub>/л, то за последние годы соответственно в пределах 45—121 град и 11,0—27,2 мг O<sub>2</sub>/л. Косвенным подтверждением увеличения цветности воды оз. Кубенского служит сужение пределов показателей прозрачности, измеренной белым диском, от 0,9—1,0 м в 1972—1974 годах до 0,2—0,5 м в 1982—1985 годах.

Количество нестойкого органического вещества, судя по величинам БПК<sub>5</sub>, не превышающим 3,0 мг O<sub>2</sub>/л, в воде озера по-прежнему невелико, и этот показатель, а также отношение перманганатной окисляемости и бихроматной, которое во все периоды наблюдений превышало 40%, в максимуме 60%, указывают на преобладание в органическом комплексе форм, устойчивых к деструкции.

Повышение в озерных водах концентрации растворенных питательных веществ — азота, фосфора в виде минеральных соединений или в составе аллохтонных органических соединений — один из основных признаков евтрофирования водоемов.

Исследования баланса биогенных веществ в 1972—1974 годах выявили снижение концентрации фосфатов и нитратов до аналитического нуля в вегетационный период, что позволяет судить о лимитирующей роли этих элементов в развитии фитопланктона. К настоящему времени, по крайней мере по концентрации одного из этих элементов (фосфатов), можно утверждать, что в экосистеме озера они находятся в избытке, а общий уровень и диапазон колебаний минеральных соединений фосфора и азота существенно возросли (табл. 3). При сходных гидрометеорологических условиях вегетационного периода можно ориенти-

ровочно утверждать, что концентрация азота в аммонийной форме в воде озера возросла за последнее десятилетие в 4—7 раз, а минерального фосфора — от 2 до 9 раз. При благоприятных условиях минимального ветрового перемешивания и гомогенного прогрева водной толщи в концентрации общего фосфора преобладает органическая форма, примерно на 50—60%. В условиях значительного ветрового перемешивания, такого как наблюдалось в 1983 году, когда концентрация взвешенных веществ в воде была более чем в 3 раза выше обычно фоновой, в поступлении фосфорных соединений в воду главная роль переходит к донным отложениям. В этом случае среднее содержание минерального фосфора в поверхностных слоях озера достигает 61,5 мг/м<sup>3</sup>, в придонных — 101,1, а в среднем по озеру до 52 мг/м<sup>3</sup>, что почти в 8—9 раз больше, чем, например, в 1984 году, и доля органического фосфора не превышала 30% общего его содержания. Концентрация соединений железа и кремния также имеет тенденцию к возрастанию за последнее десятилетие. Это обусловлено, с одной стороны, возросшим уровнем их накопления в донных осадках, а с другой стороны (по кремнию) — снижением роли диатомовых водорослей в планктонном комплексе, о чем будет сказано ниже.

В целом анализ сезонных гидрохимических показателей, уровень их межгодовых колебаний указывают на мезотрофный тип оз. Кубенского. Однако в результате исторического развития, а также отчасти и антропогенного воздействия за последнее десятилетие произошло определенное изменение гидрохимического фона озера, выражающееся в возрастании как уровня, так и пределов колебаний содержания органического вещества и основных биогенных элементов, ускоряющих процесс евтрофирования, — соединений фосфора и азота.

## 2. ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

*Микробиологические.* В практике гидробиологического анализа бактериологические показатели характеризуют качество воды и донных отложений не только в момент взятия пробы, но и дают представление об интенсивности процесса самоочищения водоемов, поскольку бактерии в первую очередь ответственны за разрушение накапливающегося в водоемах органического вещества.

Сопоставление микробиологических показателей оз. Кубенского за сходные сезоны 1973—1974 и 1982—1984 годов указывает на возрастание численности бактерий как в воде, так и в донных отложениях. Увеличились как крайние значения пределов колебаний общей численности бактерий и сапрофитов, так и их средние значения (табл. 4).

Таблица 4

ПРЕДЕЛЫ КОЛЕБАНИЙ И СРЕДНИЕ ВЕЛИЧИНЫ (В СКОБКАХ)  
ЧИСЛЕННОСТИ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА И БАКТЕРИОБЕНТОСА  
ОЗ. КУБЕНСКОГО В 1972—1974 И 1982—1984 гг.

Год, месяц	Бактериопланктон		Бактериобентос	
	общая числ. бактерий, млн кл/мл	гетеротрофных аэр. бактерий, кл/мл	общая числ. бактерий, млн кл/г	гетеротрофных аэр. бактерий, тыс. кл/г
1973, август	0,7—3,4(1,6)	25—3780(640)	38—170	104—403 (сентябрь)
1974, август	0,7—1,9(1,1)	45—1832(425)	—	—
1982*, август	3,4—4,0(3,8)	300—1780(1050)	1848**	35,5**
1983, август	4,0—6,5(5,2)	500—4980(2115)	239—644	11,5—93,8
1984, август	1,4—10,1(4,1)	30—2960(370)	291—799	4,5—58,2

\* Только юго-восточная часть озера.

\*\* Данные одной станции.

В плоских мелководных озерах с высоким показателем открытости, каким является оз. Кубенское, главная роль в распределении бактериопланктона принадлежит притокам и ветровому воздействию. Высокие микробиологические показатели августа 1983 года в значительной степени обусловлены интенсивной ветровой обстановкой этого периода. Однако и при штилевых условиях, как, например, в августе 1982 и 1984 годов, общая численность бактериопланктона в 2,4—3,7 раза выше, чем в аналогичные периоды 1973—1974 годов. В меньшей степени нагледен прирост гетеротрофной микрофлоры. Известно, что развитие этой группы микроорганизмов связано с содержанием биохимически активного органического вещества в озерах. Судя по величинам БПК<sub>5</sub>, их содержание в озере за прошедшее десятилетие изменилось незначительно, что обусловило сходность количественных показателей гетеротрофных аэробных бактерий за сравниваемые периоды. Таким образом, бактериопланктон оз. Кубенского косвенно отражает увеличение степени евтрофирования озера, когда при увеличении уровня содержания общего растворенного органического вещества и концентрации бактериопланктона снижается доля минерализованного бактериями органического вещества от общего его содержания. В таких условиях часть органического вещества не успевает минерализоваться в водной толще, что ведет к его накоплению в озере. Анализ общей численности бактерий в поверхностном слое донных отложений показал увеличение их за прошедшее десятилетие примерно в 2,7—3 раза.

В пространственном распределении микробиологических показателей по акватории озера наблюдалась та же тенденция, что и в 1973—1974 годах — зоны с повышенным количеством бактерий, как правило, приурочены к устьям крупных притоков (Порозовицы, Уфтьюги, Кубены), а также к юго-восточной части озера, что подтверждает фактор постоянного стока органического вещества в эту часть озера, а затем в р. Сухону. В этой части озера постоянно отмечены микроорганизмы — индикаторы загрязнения (серобактерии, спирохеты, нитевидные бактерии).

**Фитопланктон.** Водорослям принадлежит ведущая роль в индикации изменения качества воды в результате евтрофирования водоема: при соответствующем ухудшении качества воды сукцессия видового состава особенно отчетливо проявляется в сообществе фитопланктона. Наиболее надежным в этом случае является видовой состав летнего фитопланктона, в особенности комплекс доминантов.

В таксономическом составе и процентном соотношении между отделами комплекс планктона за прошедшее десятилетие изменился незначительно: в 1972—1973 годах отмечено 224, а в 1982—1985 годах — 250 таксонов водорослей (табл. 5).

Таблица 5

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПРОЦЕНТНОЕ СООТНОШЕНИЕ  
МЕЖДУ ОТДЕЛАМИ ВОДОРосЛЕЙ В 1972—1973 И 1982—1985 гг.

Отдел водорослей	1972—1973 гг.		1982—1985 гг.	
	Число таксонов	%	Число таксонов	%
Синезеленые	40	18	54	22
Золотистые	7	3	9	3,5
Диатомовые	83	37	98	39
Желтозеленые	5	2	2	1
Пирофитовые	7	3	8	3
Евгленовые	11	5	9	3,5
Зеленые	71	32	70	28
Всего:	224	100	250	100

Большинство видов синезеленых и зеленых водорослей относятся к истинно планктонным формам, диатомовые представлены в основном факультативно планктонными и донными формами.

По мере усиления процесса евтрофирования появляются изменения в доминировании и увеличении биомассы фитопланктона. Наиболее характерным результатом этих изменений является переход к господству синезеленых в планктоне. Их видовой состав и количество за последние 10 лет претерпели сравнительно значительные изменения. Во время исследований в начале 70-х годов при средних биомассах фитопланктона 3,5—4,6 мг/л синезеленые водоросли составляли всего от 2,8 до 20%. По нашим данным, в материалах, собранных в озере за 1982—1984 годы, эта группа водорослей составляла в среднем от 30—50% (1982, 1984 гг.) до 73% (1983 г.) и по акватории озера даже может достигать более высоких величин общей биомассы, как, например, в юго-восточной части озера в 1984 году — до 90%.

Самые большие биомассы фитопланктона (16—20 мг/л) наблюдались в августе 1983 года. Это было вызвано подъемом со дна бентических форм диатомовых водорослей (родов *Surirella*, *Cymatopleura*, *Gyrosigma*, *Nitzschia* и др.) в результате интенсивного перемешивания водной массы, но, однако, синезеленые водоросли преобладали по численности и биомассе. Наблюдалось цветение синезеленых водорослей *Lyngbia limnetica*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena scheremetjevii*, *A. lemmermannii*, биомасса которых достигала 5,5—12,5 мг/л. В августе 1982 и 1984 годов биомассы были значительно ниже, соответственно от 3,3 до 6,2 и от 3,6 до 9,8 мг/л.

По видовому составу в 1973 году доминировали главным образом колоннальные виды синезеленых. Отмечалось повышение численности *Microcystis*, *Gloeocapsa*, *Aphanothece clathrata*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Woronichinia naegeliana*, *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Merismopedia punctata*. Не было выявлено большого развития нитчатых форм синезеленых. В пробах, собранных в 1984 году, доминировали нитчатые виды синезеленых водорослей, особенно характерные для бета-мезосапробных вод. Как массовые формы, определяющие общую картину фитопланктона, отмечаются виды синезеленых водорослей *Lyngbia limnetica*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena lemmermannii*, *Microcystis pulverea*. Надо отметить, что по числу клеток синезеленые водоросли на всех станциях составляли не менее 90% общего числа клеток планктонных водорослей.

Десятилетие назад группа диатомовых водорослей играла основную роль в продукционных процессах оз. Кубенского. В это время диатомовые преобладали в планктоне и составляли до 90% общей биомассы. Как видно из вышесказанного, в настоящее время их роль перешла к синезеленым водорослям, так как их численность, а местами также и биомасса, значительно превосходят диатомовые. Видовой состав диатомовых водорослей не претерпел значительных изменений. Также и в нашем материале доминировали *Melosira italica*, *Diatoma elongatum*, *Asterionella formosa*. Не отмечалось заметных изменений и в других группах водорослей. Судя по значительному развитию синезеленых водорослей, наблюдаемому за последние годы, можно сделать заключение о повышении сапробности оз. Кубенского от олиго- до бета-мезосапробного состояния в 1972—1973 годах и до бета-мезосапробного — в 1982—1984 годах.

**Зоопланктон.** В основном изменения в составе зоопланктона могут быть следствием нарушения сложившегося в водоеме соотношения популяций фитопланктона, растительоядных видов и планктоноядных рыб, составляющих пищевую цепь. Одним из последствий такого нарушения могут быть изменения состава фитопланктона из-за повышения уровня трофии, которые, в свою очередь, отражаются на возможности использования водорослей зоопланктоном. Однако колебания количественных и качественных показателей зоопланктона не в меньшей сте-

Таблица 6

ПРОЦЕНТНОЕ СОТНОШЕНИЕ ПО ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЕ  
РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП ЛЕТНЕГО ЗООПЛАНКТОНА В ОЗ. КУБЕНСКОМ

Год	<i>Rotatoria</i>		<i>Cladocera</i>		<i>Copepoda</i>	
	числен., %	биомасса, %	числен., %	биомасса, %	числен., %	биомасса, %
1973	4	1	67	81	29	18
1974	2	5	33	72	65	23
1983	18	7	58	85	24	8
1984	16	1	62	92	22	7

пени связаны и с другими факторами, не имеющими связи с увеличением нагрузки питательными веществами, например, наличием межгодовых различий в термике и динамике водных масс, распространением паразитов и др. Поэтому зачастую в сравнении с фитопланктоном зоопланктон менее показателен в оценке процессов евтрофирования. В то же время, учитывая, что многие виды зоопланктона относятся к стенобионтным организмам, возможно использовать их в качестве надежных индикаторов качества вод, особенно озер и водохранилищ.

Данные последних лет указывают на увеличение средних биомасс летнего зоопланктона от 0,75 г/м<sup>3</sup> в 1973—1974 годах до 3,10 г/м<sup>3</sup> в 1983—1984 годах.

В качественном составе летнего пелагического зоопланктона во все годы исследований преобладали виды — индикаторы мезотрофно-евтрофного состояния вод: *Cladocera* — *Daphnia cucullata*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina coregoni gibbera*, *Daphnia cristata cederstroemi*, *Lepidodora kindtii*, *Eudiaptomus graciloides*; *Rotatoria* — *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina*, *Conochilus unicornis*.

При общем неизменном составе руководящих форм зоопланктона за последнее десятилетие отмечаются некоторые различия в структуре основных групп сообщества, во всяком случае в пределах сравниваемых периодов исследований. Сравнение численности и биомассы летнего зоопланктона 1973—1974 и 1983—1984 годов показывает уменьшение в биомассе планктона доли копепод с 17—23 до 7—8%, по численности это уменьшение менее показательно.

Соответственно несколько возросла доля других групп: по численности — коловраток, по биомассе — кладоцер (табл. 6).

Сравнение данных по зоопланктону за 1984 и 1983 годы показывает, что благоприятные гидродинамические условия 1984 года (прогрев водных масс до 20—22 °С и отсутствие значительного ветрового перемешивания) являются оптимальными для интенсивного развития зоопланктона, когда в системе питательные растворенные вещества — фитопланктон—зоопланктон последний занимает доминирующую роль и тем самым увеличивается роль зоопланктона в процессах биологического самоочищения и биоактивность всей планктонной системы.

В целом зоопланктон оз. Кубенского отражает тенденцию к евтрофированию мезотрофных и слабоевтрофных озер, когда увеличивается численность и биомасса зоопланктона, в основном за счет усиления роли коловраток и кладоцер.

*Протозойный бентос.* Простейшие являются высокочувствительными индикаторами сапробного состояния водоемов. Исследования протозойного бентоса в оз. Кубенском велись только в 1982—1984 годах. В открытой части озера на серых глинистых илах с налетом детрита видовой состав инфузорий однородный, видовое разнообразие невелико, в среднем встречается 7 видов. Это в основном: *Coleps hirtus*, *Strombidium viride*, *Tintinopsis cratera*, *Tintinnidium* sp. Общая численность инфузорий в среднем до 1,6 млн экз./м<sup>2</sup>. Индекс сапробности (по Пантле-Букку) колебался в пределах 1,8—3,0, т. е. от умеренно загрязненного до загрязненного.

Таблица 7

СРЕДНЯЯ ЧИСЛЕННОСТЬ И  
БИОМАССА БЕНТОСА ОТКРЫТОЙ  
ЧАСТИ ОЗ. КУБЕНСКОГО  
В РАЗЛИЧНЫЕ ГОДЫ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Год исследований	Численность, экз./м <sup>2</sup>	Биомасса, г/м <sup>2</sup>
1972	2150	5,9
1973	2300	9,4
1974	3540	12,8
1982	1240	3,6
1983	3745	4,8
1984	1460	23,9

Таблица 8

ЧИСЛЕННОСТЬ И БИОМАССА БЕНТОСА  
ОЗ. КУБЕНСКОГО В УСТЬЯХ ПРИТОКОВ  
В РАЗЛИЧНЫЕ ГОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Река	Численность, экз./м <sup>2</sup>	Биомасса, г/м <sup>2</sup>
1972 VII		
Порозовица	5320	18,5
Уфтыюга	18140	11,2
Кубена	240	0,1
1983 VIII		
Порозовица	11520	16,6
Уфтыюга	10600	13,2
Кубена	5480	2,4

В литоральной части озера на биотопах илистых песков с примесью мелкого детрита и не полностью разложившихся остатков древесины развиваются в основном 7 видов при средней численности до 1,6 млн экз./м<sup>2</sup>. Индекс сапробности в пределах 2,0—2,2.

В устьевых районах крупных притоков значительное развитие инфузорий отмечается только в устье р. Порозовицы. Видовой состав инфузорий здесь более богатый — до 10 видов общей численностью 1,8 млн экз./м<sup>2</sup>. В сообществе доминируют бета-мезосапробные виды, но здесь также отмечены инфузории-индикаторы загрязнения.

В устьевых районах рек Уфтыюги и Кубены протозойный бентос скудный (3—4 вида общей численностью менее 0,7 млн экз./м<sup>2</sup>), в основном бета-мезосапробные виды, лишь в контактном слое вода—грунт устья р. Кубены в массовом количестве отмечалась *Vorticella anabaena* (олигосапробный вид) на синезеленых водорослях *Anabaena*.

*Макрозообентос*. Распределение макрозообентоса изучалось как в центральной открытой части озера, так и в прибрежной зоне и в устьевых районах притоков.

Дно центральной части озера на глубине 3—4 м покрыто однородными серыми глинистыми илами с примесью раковин кладоцер. Здесь в августе 1982—1984 годов, как и в 1972—1974 годах, доминировали личинки двукрылых семейства хирономид и олигохеты семейства тубифицид. Количественно зообентос в открытой части озера сравнительно небогат (табл. 7). Сопоставление данных за 10 лет показывает, что в открытой части озера зообентос развивается без особых изменений и количество бентобионтов остается в пределах 1—4 тыс. экз./м<sup>2</sup> при массе 3—24 г/м<sup>2</sup>.

В прибрежной зоне озера грунты состоят из илистых песков с примесью мелкого растительного детрита и древесных остатков. Здесь численность бентобионтов увеличивается, она колеблется от 840 до 7600 экз./м<sup>2</sup>. Видовое разнообразие организмов повышается: наряду с тубифицидами появляются наидиды, а также личинки ручейников и моллюски. Развитие бентоса вызвано влиянием притоков и разнообразием биотопов дна.

Наибольших показателей численность и биомасса бентоса озера достигает в местах впадения рек (табл. 8), которые обогащают донные отложения озера органическими веществами. В устьевом районе р. Порозовицы выявлен самый богатый донный биоценоз. Среди илистых глин с налетом детрита было обнаружено 35 видов бентобионтов (в составе 8 групп зообентоса).

В устьях рек Порозовицы, Уфтыюги и Кубены доминируют олигохеты, удельное обилие которых 45—67%; они здесь представлены 15 видами. В меньшем количестве найдены личинки хирономид и моллюски.

Сопоставление наших данных с предыдущими годами исследований показывает, что в устьевых районах притоков количество бентобионтов

значительно увеличилось лишь в устьевом районе р. Кубены (табл. 8). Зообентос в устьях остальных двух значительных притоков озера подвергся меньшим изменениям.

Данные по бентосу в районе истока р. Сухоны показали, что типичные речные олигохеты *Potamothrix moldaviensis* поступают в озеро. Это подтверждает наблюдения, по которым р. Сухона при периодическом изменении направления течения в период весеннего половодья видоизменяет донный биоценоз юго-восточного плеса озера за счет возрастания роли речных олигохет [3].

В целом, согласно зообентической классификации озер, крупное мелководное оз. Кубенское относится к типичным хириноидно-олигохетным озерам мезотрофного типа, встречающимся и на территории Прибалтики. На это указывает высокое удельное обилие (86—97%) хириноид и олигохет в бентосе озера, доминирующих среди бентобионтов почти во всех его частях.

Необходимо отметить, что нами впервые для оз. Кубенского найдено 25 видов донных организмов: *Crustacea* — *Argulus foliaceus*, *Trichoptera* — *Ecnomus tenellus*, *Cyrrnus trimaculatus*, *Molanna albicans*, *Athripsodes cinereus*, *Ceraclea annulicornis*, *Mystacides longicornis*, *Triaenodes bicolor*, *Limnephilus politus*, *Limnephilus marmoratus*; *Mollusca* — *Viviparus contectus*, *Anadonta subcircularis*, *Pisidium inflatum*, *Euglesa suecica*, *E. dupuiana*, *E. nitida*; *Oligochaeta* — *Dero digitata*; *Specaria josinae*, *Piguetiella blanci*, *Amphichaeta leydigi*, *Chaetogaster setosus*, *Potamothrix moldaviensis*, *P. heuscheri*, *Propappus volki*, *Bryozoa* — *Paludicella articulata*.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительная оценка результатов наблюдений за содержанием основных химических показателей в вегетационный период, определяющих функционирование биологического комплекса озера за годы исследований 1972—1974 и 1982—1985, указывает на тенденцию к увеличению степени трофности оз. Кубенского. На процесс евтрофирования указывает возрастание за указанный период средней минерализации воды озера и прежде всего содержания основных биогенных элементов, вызывающих евтрофирование, — минерального фосфора и соединений азота, существенно расширились пределы их сезонных колебаний. Поступление фосфора с поверхностным притоком, концентрация его в воде озера и соотношение минеральной и органической его форм (высокая доля минерального фосфора) свидетельствуют об избытке данного элемента в воде и донных отложениях и о большой роли антропогенной составляющей в поступлении фосфора в озеро за последнее десятилетие. Содержание соединений азота за рассматриваемый период также возросло, хотя это увеличение протекает со значительно меньшей скоростью, чем концентрации фосфора. Также, судя по показателям цветности воды и окисляемости, повышено содержание в воде озера органики в устойчивых к деградации формах.

Изменение гидрохимического фона озера повлекло определенное изменение таксономического состава экологических групп гидробионтов, в большей степени фитопланктона, как группы автотрофных организмов, быстро реагирующих на повышение обеспеченности питательными веществами, в меньшей — зоопланктона и зообентоса, которые реагируют на изменение экологических условий опосредованно. Отмечено значительное повышение биомассы фитопланктона, главным образом за счет синезеленых водорослей, которые доминируют в озере в настоящее время (от 40—50 до 80—90%), тогда как преобладающими в 1972—1974 годах были, как правило, диатомовые (до 80%). Изменение состава фитопланктона, увеличение роли синезеленых (показатель евтрофирования) уменьшают возможности пищевого использования их зоопланктоном, прежде всего рачками-фильтраторами и,

как следствие, приводят к нарушению последующих цепей трофической связи в экосистеме озера вплоть до ихтиофауны. Во всех группах преобладают виды-индикаторы, указывающие на умеренное загрязнение, локально на сильное, воды и донных отложений оз. Кубенского.

В то же время анализ межгодовых флуктуаций гидрохимических показателей, а также качественный и количественный анализ функционирования основных биоценозов показывают, что экосистема озера еще достаточно сбалансирована, чтобы поддерживать высокое видовое разнообразие экологических групп гидробионтов, обеспечивающих озеру высокую продуктивность, а также соотношение продукционно-деструкционных процессов, в результате которых еще происходит частичное самоочищение водоема. Об этом говорит сравнение данных по гидрохимии и гидробиологии 1983 и 1984—1985 годов.

Итак, к настоящему времени в результате исторического развития и нарастающего в последние десятилетия антропогенного воздействия оз. Кубенское можно охарактеризовать как мезотрофное с некоторыми признаками евтрофного озера.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Озеро Кубенское. Ч. 1. Л.: Наука, 1977. 308 с.
2. Озеро Кубенское. Ч. 2. Л.: Наука, 1977. 220 с.
3. Озеро Кубенское. Ч. 3. Л.: Наука, 1977. 168 с.
4. Романенко В. Д., Оксюк О. П., Жукинский В. Н. Гидробиологические аспекты экологического обоснования межбассейновых перебросок стока. — Водные ресурсы, 1983, № 2, с. 141—151.

Институт биологии  
АН ЛатвССР

Дата поступления 25.02.86.

**ИЗУЧЕНИЕ  
И  
ОСВОЕНИЕ ВОДОЕМОВ  
ПРИБАЛТИКИ  
И БЕЛОРУССИИ**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ  
XX НАУЧНОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ**

А.И.Рудзюга, И.Ю.Друвиетис  
(Институт биологии АН ЛатвССР)

ФИТОПЛАНКТОН РИЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА  
В ГОДЫ ЕГО СТАНОВЛЕНИЯ

Рижское водохранилище, так же как расположенное выше Кегумское водохранилище, относится к водохранилищам речного типа. Так как до запланированной отметки оно было выполнено осенью 1975 г., биоценозы фитопланктона находились в нем в стадии формирования.

Исследования материала по фитопланктону в Рижском водохранилище начались летом 1976 г. До настоящего времени в толще воды водохранилища нами было обнаружено 102 вида и разновидности водорослей, которые распределяются по группам оледующим образом: сине-зеленые - 14, золотистые - 4, диатомовые - 38, пиррофитовые - 2, эвгленовые - 2 и зеленые - 42. Многие из найденных видов не являются планктонными, а представляют собой формы обрастаний и бентоса, увлекаемые потоком воды в ее толщу. Особенно велико число таких факультативно планктонных форм среди диатомовых. Здесь только около 30% - истинно планктонные формы. Факультативно планктонными являются также оба вида эвгленовых и значительная часть протококковых.

Видовой состав фитопланктона в течение вегетационного периода сильно изменяется. С окончанием паводка количество видов резко увеличивается и достигает максимума в середине лета. Обогащение видového состава фитопланктона в весенний период происходит главным образом за счет диатомовых и зеленых водорослей, летом - за счет диатомовых, золотистых, сине-зеленых и зеленых водорослей. К осени количество видов водорослей в планктоне водохранилища резко сокращается. Из общего числа видов, зарегистрированных в

~~лимитового~~ ~~такого~~ водохранилища, только немногие встречаются в большом количестве. В настоящее время здесь доминируют колониальные диатомовые и зеленые водоросли, характерные для планктона стоячих вод. Так называемый пеламофильный комплекс видов, свойственный рекам, в которых преобладает развитие одноклеточных диатомовых и зеленых водорослей, в водохранилище почти полностью замещен лимнофильными видами.

В зависимости от сезонов года фитопланктон Рижского водохранилища имеет свои особенности. Ранней весной численность и биомасса водорослей сравнительно бедны. В марте биомасса фитопланктона составляла 0,006-0,214 мг/л, а численность клеток водорослей - 96-1495 тыс./л. По количеству видов и биомассе преобладали диатомовые водоросли. В конце мая во всем водохранилище по количеству видов преобладали зеленые и диатомовые водоросли. Остальные группы в течение всего весеннего периода были сравнительно слабо развиты. К концу весеннего периода состав водорослей был более разнообразным, а их биомасса - значительно выше, чем в начале периода.

К июню общая биомасса и численность водорослей значительно возросли. В это время диатомовые водоросли составили 58%, а сине-зеленые - 40% биомассы. Самые большие биомассы наблюдались в июле, составляя на равных станциях 0,26-1,85 мг/л.

В осенний период число видов фитопланктона в водохранилище снизилось. Так, в октябре биомасса, большую часть которой (97%) составляли диатомовые водоросли, была равна 0,004-0,117 мг/л; общее число клеток колебалось от 50 до 380 тыс./л. В зимнее время количество найденных в водохранилище водорослей также было невелико. В феврале биомасса фитопланктона составляла 0,02-0,034 мг/л, число клеток и планктонных водорослей - 439-577 тыс./л.

Характер распределения биомассы фитопланктона в водохранилище зависит от гидрологических условий. Одним из решающих факторов, определяющих распределение фитопланктона по продольной оси, является проточность: в районах с большой проточностью общая биомасса по направлению к плотице уменьшается, в районах с незначительной скоростью течения — возрастает.

Весьма неравномерно распределение биомассы фитопланктона и по сечению водохранилища. Здесь заметное влияние оказывает ветровое течение, особенно в период массового развития сине-зеленых водорослей. Наиболее высокая биомасса этих водорослей, как правило, отмечается в районе нагонных ветров. Вследствие значительной проточности на протяжении всего вегетационного периода определенной закономерности в распределении биомассы фитопланктона в Рижском водохранилище в зависимости от глубины не наблюдается.



БАЙКАЛ 1981г

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

# КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВА И ЭНЕРГИИ В ВОДОЕМАХ

ВЫПУСК I

ЭЛЕМЕНТЫ БИОТИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА

Иркутск  
1981

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ПОЛИТРОФНОГО И ОЛИГОТРОФНОГО ОЗЕР

Рудзрога А. И., Друвиетис И. Ю.

Институт биологии АН Латв. ССР.

Как показывают литературные данные, дренажные, а также поверхностные стоки с культивированных пастбищ и других сельскохозяйственных земель, где применяются минеральные удобрения, содержат повышенное количество биогенных элементов. Эти вещества, попадая в реки и озера, улучшают питательные условия водорослей, вызывая евтрофирование водоемов.

В настоящее время нет единогласия по отдельным вопросам воздействия повышенного содержания биогенных элементов на планктонных водорослей. Так, имеются различные взгляды по вопросу, на что влияют минеральные удобрения: на количество клеток или на видовой состав водорослей. Большая часть авторов (Голлербах, Штина, Bristol-Roach и др.) утверждают, что повышенное количество биогенных элементов способствует увеличению числа клеток водорослей, но не способствует увеличению разнообразия видов. С другой стороны, встречаются указания на то, что при повышенном содержании биогенных элементов увеличивается и разнообразие видов планктонных водорослей (Gitl, Lund, Rebel и др.).

Нами были проведены исследования фитопланктона политрофного и олиготрофного озер Латвийской ССР. В политрофном озере во время максимального развития фитопланктона (в конце июля) общая биомасса водорослей составила 5,5—8,5 мг/л, численность — выше 1,5 млн. кл./л. В это же время в планктоне было найдено 36 таксонов водорослей: 14 Chlorophyta, 8 Cyanophyta, 8 Bacillariophyta, 3 Pyrrophyta, 2 Euglenophyta, 1 Chrysophyta. По количеству клеток преобладали сине-зеленые водоросли (58—69%).

В олиготрофном озере в июле биомасса фитопланктона составила 1,5—2,2 мг/л, численность — 350—520 тыс. кл./л. Всего найдено 57 таксонов планктонных водорослей: 25 *Vaccillariophyta*, 16 *Chlorophyta*, 10 *Cyanophyta*, 3 *Pyrrhophyta*, 3 *Chrysophyta*.

При сравнении обоих озер, видно, что общее число таксонов водорослей выше в олиготрофном озере, главным образом, за счет диатомовых, число таксонов которых более чем в 3 раза выше, чем в политрофном озере. В политрофном озере встречались преимущественно *Nitzschia acicularis*, *Asterionella formosa*, *Melosira varians*. Не были найдены такие виды, как *Fragillaria crotonensis*, *F. intermedia*, *Tabelaria fenestrata*, *T. flocculosa* и др., которые встречались в олиготрофном озере.

Количество таксонов остальных отделов водорослей в олиготрофном озере было примерно таким же, как в политрофном. Различия видового состава зеленых водорослей в обоих озерах незначительны. По количеству клеток из зеленых водорослей в политрофном озере доминировали *Scenedesmus quadricauda*, *Sc. acuminatus*, *Sc. bijugatus* в олиготрофном — *Coelastrum microporum*, *Pediastrum tetras*, *P. duplex*, *Crucigenia tetrapedia*, *Staurastrum paradoxum*. Из отдела сине-зеленых водорослей в политрофном озере доминировали *Aphanizomenon flos-aquae* в олиготрофном — *Aphanizomenon flos-aquae*. Из пиррофитовых водорослей в обоих озерах встречались *Peridinium cinctum*, *Ceratium hirudinella* и *Glenodinium gymnodinium*. Представители *Euglenophyta* (виды родов *Euglena* и *Phacus*) были найдены только в политрофном озере.

Таким образом, в летнее время биомасса и число клеток фитопланктона олиготрофного озера были в 4 раза меньше, чем политрофного. В то же время число таксонов планктонных водорослей политрофного озера составило 65% от числа таксонов фитопланктона олиготрофного озера. Наши исследования показывают, что в условиях повышенного содержания биогенных элементов в воде увеличивается общая биомасса фитопланктона, но уменьшается число таксонов водорослей, особенно диатомовых.

МИНИСТЕРСТВО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР

---

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
ПО ПРОМЫШЛЕННОМУ И ТЕПЛОВОДНОМУ РЫБОВОДСТВУ  
НПО ПРОМРЫБВОД

---

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ОЗЕРНОГО И РЕЧНОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА (ГОСНИОРХ)

Псковское отделение

---

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ И РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОЕМОВ ПРИБАЛТИКИ

Тезисы докладов XXI научной конференции  
по изучению и освоению  
водоемов Прибалтики и Белоруссии

*(Псков, сентябрь 1983 г.)*

*Том 1*

развития в осеннее время. Часто вместе с этими руководящими видами в сообществе обнаруживаются виды родов *Cyclotella*, *Melosira* и др. Видовым составом этого сообщества диатомовых характеризуются реки в большинстве случаев.

Более детально состояние малых рек можно определить по сообществам бентических водорослей, которые отличаются большим разнообразием видового состава. Так, для сравнительно чистых (олигосапробных) участков рек характерны водорослевые сообщества с преобладающими видами *Meridion circulare* C. A. Ag. и *Achnanthes lanceolata* (Breb.) Grunow. Вместе с этими видами часто обнаруживается также *Gomphonema angustatum* var. *producta* Grunow, а иногда также *Cymbella naviculiformis* Auersw. и др. Такие сообщества встречаются на камнях, стеблях высших водных растений, а также на донных илах в окрестностях истоков родников, например в притоках рек Гауя и Вента, и характеризуют участок реки как олигосапробный.

Участки малых рек, загрязненных до  $\beta$ -мезосапробной степени, часто характеризуются водорослевыми сообществами, в которых преобладающей является диатомовая водоросль *Melosira varians* C. A. Ag. Такие сообщества часто можно обнаружить на отдельных участках многих малых рек республики, особенно на камнях, корягах, дне реки; иногда хлопья, состоящие из ниток этой водоросли, свободно плавают в воде.

Сообщества бентических водорослей с доминирующими видами *Navicula cryptocephala* Kütz. и *N. viridula* (Kütz.) Kütz. характерны для участков рек с  $\alpha$ - до  $\beta$ -мезосапробных вод. В малых реках это сообщество часто встречается ниже населенных пунктов, например в р. Цицере ниже г. Салдус, р. Тебре ниже г. Айзпите и др. В пробах бентоса вместе с доминирующими видами регулярно встречаются диатомовые *Navicula cuspidata* Kütz., *N. gracilis* Ehrenb., *Surirella ovata* Breb., реже — *Melosira varians* C. A. Ag., и *Diatoma vulgare* Bory.

Сообщества с преобладанием  $\beta$ -мезосапробной диатомовой водоросли *Cocconeis placentula* (Ehrenb.) Cleve в малых реках характерны для водорослевых обрастаний на *Cladophora glomerata*, стеблях высших водных растений и на камнях. Часто наряду с этими видами в большом количестве встречается *Melosira varians* C. A. Ag. Сообщество было найдено на отдельных станциях почти всех исследованных рек и характеризует соответствующие участки как  $\beta$ -мезосапробные.

Для участков малых рек ниже объектов, спускающих в воду большие количества органических соединений, характерны сообщества, состоящие почти полностью из синезеленой водоросли *Oscillatoria limosa* C. A. Ag. Почти черные скопления этой водоросли в таких местах сплошь покрывают дно реки, а также подводные предметы. Нередко к этому виду присоединяются синезеленые водоросли *Oscillatoria tenuis* C. A. Ag., *O. limnetica* Lemm., *O. chalybea* (Mert.) Gomont., а из диатомовых — *Navicula cryptocephala* Kütz.

Частота встречаемости выделенных нами шести, а также других сообществ водорослей даст возможность охарактеризовать реку в целом и на этой основе выработать классификацию малых рек.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ЛССР  
ДАУГАВПИЛСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ЗООЛОГИИ И ФИЗИОЛОГИИ

САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ВОД  
РЕКИ ДАУГАВЫ  
(методические материалы )

А.И.РУДЗРОГА, И.Ю.ДРУВИЕТИС  
Институт биологии АН Латв.ССР  
АЛЬГОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕКИ ДАУГАВЫ

Даугава является крупнейшей рекой Латвийской ССР и имеет большое значение в народном хозяйстве республики. К настоящему времени на реке построен каскад гидроэлектростанций, состоящих из трех звеньев—Плявиньская, Кегумская и Рижская ГЭС, начато строительство Даугавпилсской ГЭС и проектируется Ливанская ГЭС. Водохранилище Рижской ГЭС используется как источник водоснабжения г.Риги. Река имеет значение как бассейн для обезвреживания сточных вод городов, находящихся на ее берегах. В связи с этим гидробиологические исследования реки в целях характеристики ее состояния имеют большое значение.

В настоящей работе кратко рассмотрены собственные альгологические исследования, а также литературные сведения.

Первые альгологические исследования на р.Даугаве были проведены в 1924 г. в составе комплексных работ, связанных с расширением канализационной сети г.Риги. Полученные данные не были опубликованы. Дальнейшие сборы водорослей в устьевом участке реки проводились с 1929 по 1930 гг. Всего было определено 78 таксонов водорослей, в том числе 13 синезеленых, 5 жгутиковых, 34 диатомовых, 26 зеленых (Pāvels, 1931).

~~Исследованиями~~ фитопланктона верхнего участка реки (выше и примерно в 50 км ниже г. Витебска) были проведены О. Л. Акимовой (1948). Река выше г. Витебска была оценена по фитопланктону как олигосапробная, в пределах города — как бета-мезосапробная. Установлено, что в 50 км ниже города происходит полное самоочищение городских стоков. Как доминирующие таксоны водорослей в этой работе отмечаются синезеленые *Gloeosarva limnetica*, *Gomphonasteria lacustris*, *Anabaena flos-aquae* диатомовые *Melosira granulata*, *meneghiniana*, *Fragillaria crotonensis* из зеленых — *Pediastrum duplex*, *P. boryanum*, *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus quadricauda*.

В устьевой области р. Даугавы исследования фитопланктона снова были проведены в 1947 — 1951 гг. На основе видового состава планктонных водорослей был проведен биологический анализ воды. Сделан вывод, что в устьевой области санитарное состояние р. Даугавы является неудовлетворительным.

С целью исследования состава фитопланктона на всем протяжении р. Даугавы (на территории Латв. ССР) летом 1961 и 1963 гг. были проведены экспедиции от границы Латв. ССР до впадения реки в Рижский залив. Данные этих исследований опубликованы в работах А. Я. Кумсаре (1961, 1964 и др). В 1967 г. вышла монография А. Я. Кумсаре "Гидробиология реки Даугавы", в которой охарактеризована гидробиология реки при наличии одного (Кегумокого) водохранилища.

Во время экспедиций Лаборатории общей гидробиологии Института биологии АН Латв. ССР, проведенных в 1978 и 1980 гг., был собран альгологический материал в среднем и нижнем течении р. Даугавы, начиная от пос. Сураж (БССР). Альгологические пробы были собраны в середине вегетационного периода (июль-август). В пределах БССР в планктоне преобладали зеленые протокочковые водоросли *Scenedesmus quadricauda*, *Sc. bijugatus*, *Crucigenia rectangularis*. Максимальное число таксонов планктонных водорослей

здесь 81, в том числе 13 синезеленых, 29 диатомовых, 1 пиррофитовая и 38 зеленых. Биомасса фитопланктона небольшая (в среднем 0,07-0,25 мг/л.). По водорослям-показателям степени сапробности участок реки от пос.Сураж до пос.Друя оценен как бета-мезосапробный.

Фитопланктон реки от пос.Друя до г.Даугавпилс в общем также характеризуется преобладанием зеленых протококковых водорослей, но иногда значительную долю составляют синезеленая водоросль *Oscillatoria planctonica* или *O. tenuis*. Средняя биомасса фитопланктона составляет от 0,18 до 0,25 мг/л. По водорослевым показателям участок характеризуется как бета-мезосапробный, но в отдельных местах-как альфа - (бета)-мезосапробный.

В пределах г.Даугавпилса и особенно ниже города видовой состав фитопланктона реки характеризуется показателями высокой сапробности, такими как синезеленая водоросль *Oscillatoria tenuis* и диатомовая *Navicula cryptocephala*. Кроме зеленых водорослей *Scenedesmus quadricauda*, *Sc. bijugatus*, *Sc. acuminatus* здесь, особенно выше г.Даугавпилса, сравнительно часто обнаруживается нитчатая диатомовая водоросль *Melosira varians*. Биомасса фитопланктона в пределах города достигает 0,72 мг/л, т.е. она выше, чем выше и ниже города. По индикаторным водорослям состояние реки выше г.Даугавпилса характеризуется как бета-мезосапробное, ниже города как альфа-мезосапробное.

Участок реки от г.Даугавпилса до г.Екабпилса характеризуется медленным течением. Во всех створах доминирующим видом по числу клеток является синезеленая водоросль *Aphanizomenon flos-aquae*, часто встречаются *Oscillatoria planctonica* и *O. tenuis* из этого же отдела, зеленые протококковые водоросли *Scenedesmus quadricauda*, *Sc. acuminatus*, *Sc. bijugatus* и виды рода диатомовой водоросли *Melosira*. Биомасса фитопланктона колебалась в пределах 0,18-0,59 мг/л. Максимальное число видов планктонных водорослей было 78, в том числе 13 синезеленых, 27 диа-



~~Водоросли в водохранилище~~  
*Microcystis aeruginosa*. Весной и осенью наиболее распространёнными были диатомовые, такие как *Melosira islandica*, *Cyclotella stelligera*, *Stephanodiscus hantzshii*, *Synedra ulna*, *S. acus*, *Asterionella formosa*;

В летнем планктоне преобладали зеленые водоросли, в основном протококковые *Pediastrum duplex*, *P. boryanum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Sc. acuminatus*, *Crucigenia quadrata*, *C. rectangularis*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Coelastrum microporum*, *Kirchneriella lunaris*, *Ankistrodesmus acicularis* и др. Из диатомовых водорослей часто встречались виды *Melosira granulata*, *M. ambigua*, *Nitzschia bolivatica*. Биомасса фитопланктона колебалась от 0,02 до 0,8 мг/л.

По водорослевым показателям Керумское водохранилище можно охарактеризовать как бета- мезосапробное, но иногда в отдельных местах встречаются также альфа-мезосапробные водоросли.

Заполнение Рижского водохранилища закончилось осенью 1975 г. Исследования фитопланктона этого водохранилища нами проведены в 1976-1980 гг. Всего обнаружено 109 таксонов водорослей, которые распределяются по отделам следующим образом: синезеленые 14, золотистые-6, диатомовые - 38, пиррофитовые - 2, эвгленовые - 2 и зеленые - 47. По видовому составу в вегетационный период преобладают зеленые водоросли *Scenedesmus quadricauda*, *Sc. bijugatus*, *Crucigenia tetrapedia*. По числу клеток в конце лета преобладают синезеленые водоросли, особенно *Microcystis aeruginosa*. Из общего числа видов, зарегистрированных в фитопланктоне водохранилища, только немногие встречаются в большом количестве. Биомасса фитопланктона в среднем ниже 1,0 мг/л. Максимальные величины биомассы отмечены в 1977 (1,85 мг/л), 1978 (2,8 мг/л) и 1979 гг. (3,1 мг/л). По водорослям -

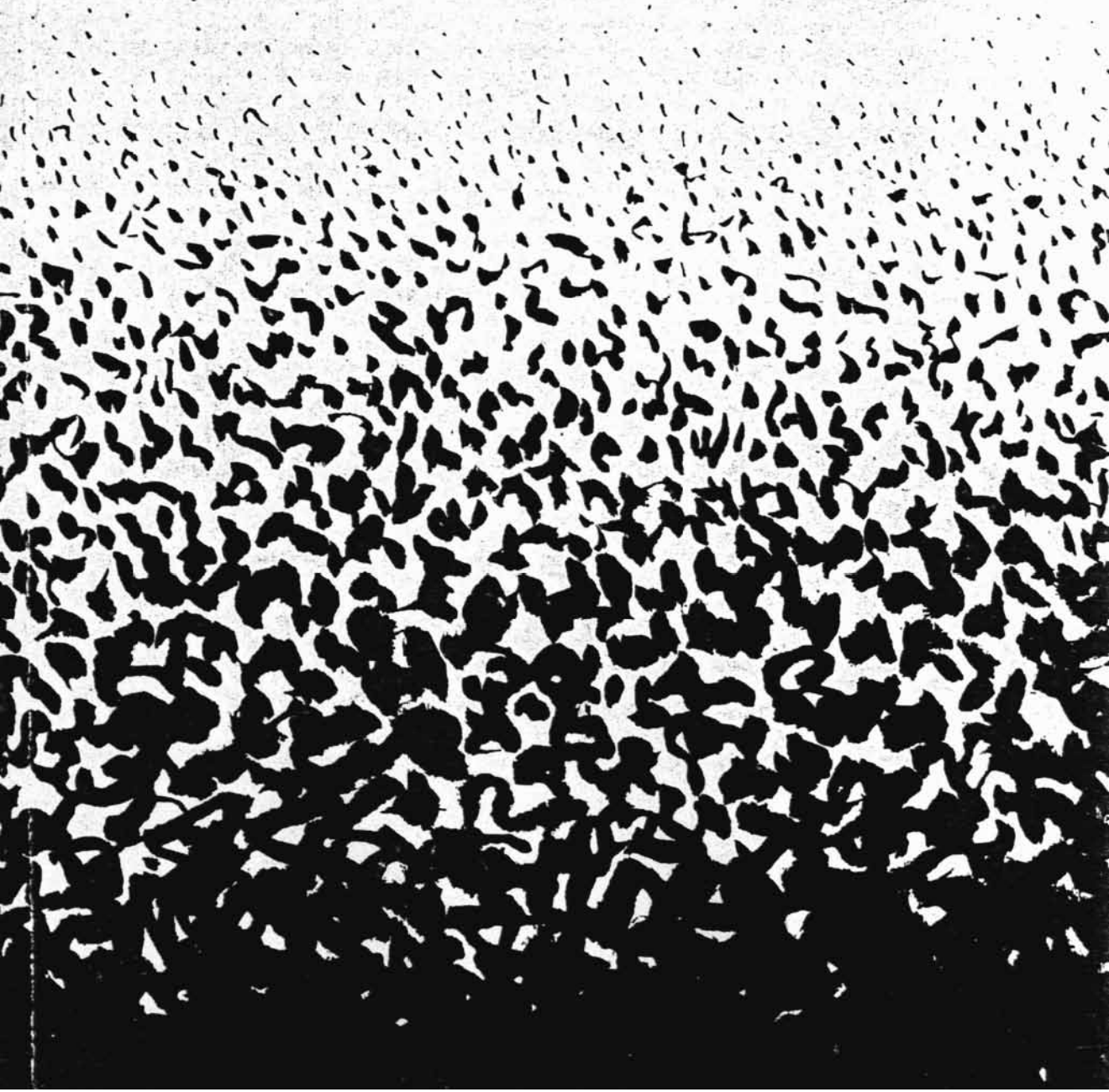
показателям степени сапробности среды, Рижское водохранилище характеризуется как бета - мезосапробное.

Во всех трех водохранилищах даугавского каскада ни разу не наблюдалось "цветение" воды, что объясняется, главным образом, большим водообменом и связанной с ним мутностью воды, а также небольшим количеством биогенных элементов. Это отличает водохранилище р.Даугавы от водохранилищ равнинных рек Европейской части СССР.

На видовой состав фитопланктона устьевой области р.Даугавы от нижнего Бьефа Рижского водохранилища до устья влияют такие факторы, как сточные воды коллекторов г.Риги, воды каналов и рукавов реки, а также постоянное поступление солоноватых вод Рижского залива с соответственной флорой водорослей. Кроме типичных пресноводных видов, здесь, особенно в придонных слоях воды, почти постоянно можно обнаружить солоноватоводные диатомовые (*Thalassiosira baltica*, *Coscinodiscus granii*, *Chaetoceros wighamii*, пиррофитовые (*Gonaulax catenata*, *Dinophysis baltica*) и синезеленые (*Aphanizomenon flos aquae*, *Nodularia sp.*).

По данным А.Я.Кумаре (1967), в устьевой области р.Даугавы было обнаружено 127 таксонов водорослей, в том числе 15 синезеленых, 4 хризофитовых, 37 диатомовых, 1 желтозеленая, 4 циррофитовых, 5 эвгленовых и 61 зеленых. Динамика развития отдельных отделов водорослей в устьевой области реки синхронна со всей рекой и Рижским заливом. По нашим данным, устьевой район р.Даугавы можно характеризовать как бета-мезосапробный, в отдельных районах - как альфа-мезосапробный. Процессы биологического самоочищения вод р.Даугавы в устье не заканчиваются и продолжаются в Рижском заливе.

# ЕВТРОФИРОВАНИЕ МАЛЫХ ОЗЕР ЛАТВИИ



**Авторы:**

**Р. А. Лиена, О. Л. Качалова, П. А. Цимдинь, А. Г. Мелберга,  
А. И. Рудзрога, М. Н. Матисоне, В. И. Родинов, Х. К. Рамане,  
Г. В. Паэгле, Э. А. Пареле, М. П. Лейнерте, А. К. Зандмане,  
И. Ю. Друвиетис, Г. Х. Вейланде, А. В. Урганс, Р. В. Юрмалиетис**

**Ответственный редактор**

**Г. П. Андрушайтис**

**АКАДЕМИЯ НАУК ЛАТВИЙСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ**

**ЛАТВИЙСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ВСЕСОЮЗНОГО  
ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА**

**ЕВТРОФИРОВАНИЕ МАЛЫХ ОЗЕР ЛАТВИИ**



**РИГА „ЗИНАТНЕ” 1987**

~~ОЗЕРА~~ 21. ФОРМИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ ГИДРОБИОНТОВ  
МАЛЫХ ОЗЕР И ИХ РЕАКЦИЯ НА ВОЗРАСТАЮЩУЮ  
КОНЦЕНТРАЦИЮ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

### ВОДОРОСЛИ ОЗЕР КИРУМА И ВАЙДАВАС

В оз.Кирума альгологические пробы брали в течение пяти лет (с 1976 по 1980 г.) в различные сезоны. В оз.Вайдавас пробы брали только в 1979 г. Пробы фитопланктона отбирали батометром Рутнера на глубоководных станциях, а также простым зачерпыванием воды на литоральных станциях и с поверхности воды. Пробы объемом 1 л фиксировали 4%-ным раствором формалина и концентрировали с помощью фильтрации через мембранные фильтры марки "Синпор" (ЧССР).

В пробах, собранных в июле 1976 г. в оз.Кирума, биомасса фитопланктона составляла 2,312 мг/л. Доминирующими являлись диатомовые водоросли, составлявшие 69,7% биомассы. Второе место по биомассе занимали синезеленые водоросли, составлявшие 27,8%. Увеличение биомассы фитопланктона в июле происходило в первую очередь за счет диатомеи *Melosira islandica*. В последующие годы интенсивность развития этого вида резко увеличивалась сразу после вскрытия ледового покрова в озере, достигая максимума в конце мая. После весенней вспышки развития наблюдалось снижение биомассы этой водоросли и во второй половине лета начиналось выпадение этого вида из фитопланктона. Из синезеленых водорослей летом 1976 г. широкораспространенным видом был *Anabaena circinalis*.

Что касается развития фитопланктона весной, то в последующие годы оно различалось как по биомассе комплекса водорослей, так и по скорости ее нарастания. В весенний период наибольшая биомасса фитопланктона отмечалась в 1977 г. (1,821 мг/л), наименьшая - в 1979 г. (0,214 мг/л).

Летний период развития фитопланктона в озере начинается в начале июня с установления некоторой термической стратификации и продолжается до начала сентября. Конец летнего периода совпадает с полным нарушением термической стратификации при ветровом перемешивании воды. Но надо отметить, что в таком мелководном озере, как Кирума, даже в летнее время термическая стратификация является непостоянной и часто разрушается, особенно во второй половине лета. В течение лета, как правило, отмечается один пик биомассы, чаще всего в июле, иногда в июне. Доминирующей группой водорослей в фитопланктоне в это время являются диатомовые (в 1976, 1977 и 1980 гг.). В остальные годы доминировали зеленые водоросли.

В 1977 г. нарастание биомассы летнего фитопланктона началось в июне, а максимальная биомасса отмечалась во второй половине августа (4,834 мг/л). В это время доминировали диатомовые водоросли, составлявшие 48,8% биомассы (1,149 мг/л). В видовом составе этой группы летом 1977 г. преобладали диатомовые из рода *Melosira*, чаще всего *Melosira islandica* var. *helvetica*. Из других видов диатомовых чаще были отмечены *Stephanodiscus astraea*, *Synedra acus* и *Nitzschia acicularis*. Субдоминантными по биомассе во время максимального развития фитопланктона летом 1977 г. были зеленые водоросли *Scenedesmus quadricauda* и *Staurastrum paradoxum* с максимальной биомассой 1,745 мг/л. Синезеленые водоросли, среди которых доминирующими видами являлись *Anabaena circinalis* и *A. spiroides*, составляли 20,7% биомассы.

Самая большая биомасса фитопланктона в летнее время в оз. Кирума во время наших исследований наблюдалась летом 1978 г. Максимум был установлен в середине июля (8,303 мг/л) при интенсивном развитии зеленых протококковых водорослей *Scenedesmus quadricauda*, *Chlorella vulgaris* и *Pediastrum boguanum*, а также летних видов диатомовых *Melosira granulata*, *Stephanodiscus astraea* и

биомасса в это время составляли зеленые водоросли - 89,6% (7,443 мг/л). Развитие синезеленых водорослей в 1977 г. было слабым. Эта группа с доминирующими видами *Anabaena circinalis* и *Aphanizomenon flos-aquae* составляла только 6,87% биомассы. В середине августа началось уменьшение биомассы, обусловленное резким уменьшением количества зеленых протокочковых водорослей.

В 1979 г. с начала июня отмечалось интенсивное нарастание биомассы зеленых и диатомовых водорослей. Из диатомовых в первую очередь были отмечены *Diatoma elongatum* и *Melosira islandica* var. *helvetica*, а из синезеленых - *Anabaena circinalis*. Максимум биомассы фитопланктона в оз. Кирума достигался в конце июля и составлял 4,406 мг/л. В это время диатомовые водоросли составляли 42,8% (1,886 мг/л), а зеленые - 36,1% (1,588 мг/л). Субдоминантом являлись хризофитовые водоросли с доминирующим видом *Dinobryon sertularia*.

В целом по биомассе фитопланктона летний период был наиболее продуктивным в 1978 г., когда общая биомасса составляла 8,303 мг/л. В 1976, 1977 и 1979 гг. преобладали диатомовые водоросли, в 1978 г. - зеленые. В начале лета доминирующим видом была диатомовая водоросль *Melosira islandica* var. *helvetica*, в середине и во второй половине лета - *Melosira granulata*, *Stephanodiscus astraea* и *Synedra acicularis*. Из зеленых водорослей во все годы исследований первое место по биомассе занимали зеленые протокочковые, особенно *Scenedesmus quadricauda*. В середине лета 1976 и 1977 гг. наблюдалось также интенсивное развитие синезеленых водорослей с доминирующим видом *Anabaena spiroides* и субдоминантом *Aphanizomenon flos-aquae*. Осенний период начинается в конце сентября с осенней циркуляции и продолжается до ледостава. В это время в планктоне опять появляется холодноводная диатомовая водоросль *Melosira islandica* var. *helvetica* и диатомовые начинают иг-

рать главную роль в формировании биомассы фитопланктона. Субдоминантными являются синезеленые водоросли, иногда отдельные виды зеленых протококковых водорослей. Максимальная биомасса осеннего комплекса фитопланктона была отмечена в 1977 г., хотя абсолютная биомасса была невысокой (0,348 мг/л).

В целом для фитопланктона оз.Кирума характерно преобладание диатомовых, зеленых и синезеленых водорослей по биомассе. В сезонной динамике биомассы выделяется один максимум – летний (в июле и августе). В это время наблюдается массовое развитие летних диатомовых (*Melosira granulata*, *Stephanodiscus astraea*, *Synedra ulna*), зеленых протококковых (*Scenedesmus quadricauda*, *Pediastrum bogranum*) и синезеленых водорослей (*Anabaena spiroides*, *Aphanizomenon flos-aquae*). Общая биомасса в течение вегетационного периода изменялась от 0,001 до 8,303 мг/л, а в среднем за время наших исследований оставляла 3,744 мг/л. Среднегодовая биомасса была около 1,050 мг/л.

Наибольшее значение в развитии фитомикробентоса оз. Кирума имеют представители диатомовых, зеленых, синезеленых и евгленовых водорослей. Наиболее богатыми по видовому составу среди диатомовых водорослей являются роды *Navicula* и *Nitzschia*. Однако многие из них встречаются редко и в небольшом количестве. Некоторые виды навикул интенсивно развиваются в прибрежной мелководной зоне озера, являясь руководящими видами донных сообществ. Из последних более характерными являются *Navicula viridula* и *N. cryptocerphala*. Из видов рода *Nitzschia*, также развивающихся в фотической зоне, самыми многочисленными являются *N. sigmoidea*, *Nitzschia vermicularis* и *N. hungarica*. Третьим по количеству видов фитомикробентоса оз.Кирума является род *Pinnularia*, из которого только *Pinnularia major* и *P. viridis* встречаются часто. Среди крупных диатомей представлены роды *Sarirella*, *Cumatopleura* и

~~двух видов: Surirella robusta, Gumatopleura elliptica, Gyrosigma attenuata и G. kuetzingii.~~ Из рода *Fragillaria* вид *F. construens* постоянно встречается в прибрежной зоне озера; значительно реже отмечен вид *P. intermedia*. Виды родов *Synedra*, *Eunotia*, *Cocconeis*, *Achnanthes* и др. встречаются спорадически и чаще всего в небольшом количестве. Многие из них предпочитают селиться на живых растениях, стебли и листья которых являются для них удобным субстратом.

Большую роль в донных сообществах оз. Кирума играют виды родов *Melosira*, *Stephanodiscus* и *Cyclotella*. Эвритопность видов *Melosira italica*, *M. granulata*, *Stephanodiscus astraea*, *Cyclotella kuetzingiana* и *C. meneghiniana* явилась результатом распространения их по всей акватории озера.

В течение всего периода открытой воды на дне оз. Кирума присутствовали представители зеленых водорослей. По видовому разнообразию эта группа водорослей лишь немного уступает диатомовым, однако обильны лишь некоторые виды, которые влияют на структуру донных сообществ водорослей. Наибольшее значение для донных сообществ озера имеют представители протококковых водорослей, такие, как виды родов *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Coelastrum* и *Dictyosphaerium*, а из десмидиевых — *Closterium* и *Cosmarium*.

Из других отделов значительная роль в фитомикроценозах бентоса принадлежит синезеленым водорослям. Среди этого отдела большим разнообразием видов выделяется род *Oscillatoria*, представители которого большей частью развиваются на дне озера. Часть видов осциллятории в донных микроценозах встречаются в начальный период своего развития. Из представителей этого отдела широко распространены по акватории озера *Oscillatoria tenuis* и *O. limosa*, реже — *O. lauterbornii*. Значительная роль принадлежит виду *O. tenuis*, который развивается по всему дну озера. *O. tenuis* вместе с

*O. limosa* в летнее время образует черно-зеленые пленки на субстратах мелководий, особенно на заиленных песках. Вид *O. planctonica* широко распространен на дне водоемов Латвии и одновременно в большом количестве может встречаться в придонном слое и верхнем горизонте воды. *O. lauterbornii* - мало распространенный вид не только в Латвийской ССР, но и в водоемах всего Советского Союза, встречается лишь на сильно заиленном грунте местами в прибрежной зоне озера.

Разнообразны по видовому составу также роды *Microcystis*, *Anabaena*, *Gloeosarcina* и *Merismopedia*. *Microcystis pulverva* вместе с *Gloeosarcina turgida*, *Anabaena planctonica* и *A. flos-aquae* развивается на мелководьях. *Microcystis aeruginosa*, в летнее время обитающий в планктоне озера, летом в большом количестве встречается также на дне озера. Дело в том, что многие планктонные виды синезеленых водорослей первую стадию развития проходят на различных субстратах водоема. К этой группе относится и *Aphanizomenon flos-aquae*, постоянно присутствующий на дне водоема. Многие синезеленые водоросли, характерные для евтрофных водоемов, в оз. Кирума представлены одним или двумя видами. Такими являются виды рода *Holopedia*, а также *Coelosphaerium dubium*, *Gomphosphaeria lacustris* и *Woronichinia* sp. В общем синезеленые водоросли в фитомикrocенозах играют сравнительно большую роль.

Из эвгленовых водорослей наиболее разнообразны роды *Trachelomonas* и *Euglena*. За ними следуют роды *Phacus*, *Leposinclis* и *Strombomonas*. Большинство видов эвгленовых не встречены в большом количестве. Лишь отдельные представители рода *Euglena*, главным образом *E. viridis* и *E. acus*, входят в состав некоторых фитоценозов как второстепенные виды. К таким также относятся виды рода *Trachelomonas* - *T. volvocina* и *T. hispida*. Другие отделы водорослей (желтозеленые, золотистые и пиррофитовые), в

\_\_\_\_\_ степени связанные с дном, представлены небольшим числом видов. Кроме того, они обычно встречаются редко и единичными экземплярами.

### Фитоценоз Bacillariophyta

В оз.Кирума обнаружено несколько вариантов этого фитоценоза. Руководящими видами этого фитоценоза являются *Melosira italica*, *M.granulata* и *Amphora ovalis*, характерными видами первого и второго порядка – *Navicula cryptocerphala*, *Nitzschia vermicularis*, *Melosira varians*, *Fragillaria construens*, а также другие широко распространенные виды. Некоторые из них являются планктонными видами, которые периодически опускаются на дно и входят в состав сообщества бентоса. Значительное развитие бентических диатомей озера заметно с ранней весны до поздней осени. Оно как по времени, так и по занимаемым биотопам совпадает с развитием синезеленых водорослей, что приводит к образованию других фитоценозов (*Bacillariophyta*+*Cyanophyta* или *Cyanophyta* + *Bacillariophyta*). Руководящий вид *Melosira italica* наиболее многочислен в прибрежной мелководной зоне. Для него в озере характерны два типа развития – весенний и осенний, когда основная масса этой водоросли концентрируется в верхнем горизонте воды. Но даже в период интенсивного размножения *Melosira italica* в планктоне она встречается и на дне озера.

### Фитоценоз Bacillariophyta + Chlorophyta

В видовом составе этого фитоценоза определенную роль играют зеленые водоросли, которые на дне озера местами встречаются вместе с диатомовыми с мая по октябрь. Наиболее характерными из них являются протококковые *Scenedesmus quadricauda*, *Pediastrum boryanum*, *Coelastrum microporum* и *S.sphaericum*, из десмидиевых – *Closterium lanceolatum*

и некоторые виды хламидомонад из вольвоксовых. В этот же период как в планктоне, так и в бентосе размножаются *Stephanodiscus astraea*, *Cyclotella meneghiniana* и типичные бентические диатомовые водоросли *Navicula gastrum* и *Fragillaria construens*, занимающие руководящее положение в фитоценозе *Bacillariophyta*+*Chlorophyta*. По своей структуре варианты фитоценоза *Bacillariophyta* + *Chlorophyta* относятся к полимиксному типу фитоценозов, флористический состав вариантов и их количественное развитие на протяжении года неодинаково. Наибольшее количество модификаций этот фитоценоз образует в теплый период года, т.е. с конца весны до сентября. Значительное участие в формировании донных биоценозов кроме диатомовых и зеленых в некоторых вариантах принадлежит синезеленым и евгленовым водорослям. С увеличением глубины количество зеленых водорослей резко уменьшается.

#### Фитоценоз *Chlorophyta* + *Bacillariophyta*

По видовому составу и количественному развитию зеленых водорослей этот фитоценоз очень близок к предыдущему, но в местах с низкой концентрацией диатомовых роль зеленых водорослей в сообществе возрастает. Руководящими видами из зеленых водорослей являются *Scenedesmus quadricauda*, *Sc. acuminatus* и *Coelastrum* sp., из диатомовых — виды родов *Stephanodiscus*, *Nitzschia*, *Amphora* и др. Иногда при массовом оседании диатомовых водорослей из планктона зеленые водоросли могут оказаться на втором месте. Структура данного фитоценоза характеризуется полимиксностью, что обусловлено богатством видового состава и многочисленностью характерных видов.

Образование фитоценоза *Chlorophyta* + *Bacillariophyta* в оз. Кирума начинается весной, т.е. с момента интенсивной вегетации зеленых и диатомовых водорослей. Однако в этот период наблюдается подъем в верхний горизонт воды многих

в количестве на дне, поэтому их количество на дне бывает не так велико, как летом и осенью.

#### Фитоценоз Bacillariophyta + Cyanophyta

На мелководьях озера, в местах развития синезеленых и диатомовых водорослей, главным образом видов родов *Navicula*, *Oscillatoria* и *Aphanizomenon*, и при скоплении планктонных диатомей, главным образом видов рода *Melosira*, образуется сообщество Bacillariophyta + Cyanophyta. Это сообщество появляется уже в конце весны, когда начинается интенсивная вегетация диатомовых и синезеленых водорослей. Более мощного развития оно достигает к концу лета – первой половине осени. Фитоценоз встречается отдельными пятнами, состоящими из широко распространенных диатомей и синезеленых с небольшой примесью зеленых и евгленовых водорослей.

Во второй половине лета резко возрастает значение как истинных обитателей дна, так и планктонных форм. Увеличивается плотность таких видов, как *Navicula cryptocephala*, *Melosira varians* и *Stephanodiscus astraea*, возрастает также частота встречаемости клеток и спор *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae* и колоний *Microcystis aeruginosa*. В условиях мелководья и слабого течения при оптимальном световом режиме видовой состав фитоценозов весьма разнообразен. Вариант фитоценоза Bacillariophyta + Cyanophyta, в котором руководящим видом является *Melosira granulata*, чаще всего встречается в центральной зоне дна озера.

#### Фитоценоз Cyanophyta + Bacillariophyta

Этот фитоценоз отличается от последнего тем, что первое место в составе руководящих видов принадлежит синез-

зеленым водорослям. Синезеленые водоросли *Microcystis aeruginosa*, *M. pulverea*, *Oscillatoria tenuis* и др. образуют разнообразные сообщества, среди которых часто развиваются диатомовые, что ведет к формированию фитоценоза *Cyanophyta + Bacillariophyta*. Такая перегруппировка видового состава этого сообщества зависит главным образом от периодичности развития водорослей. Многие виды синезеленых водорослей, например виды родов *Aphanizomenon*, *Anabaena* и *Microcystis*, начинают свое развитие на дне, зачастую задолго до всплывания их в верхний горизонт воды.

Фитомикробентос оз. Вайдава во время наших исследований летом 1978 г. качественно был сравнительно богат. Важную роль здесь играют диатомовые водоросли, образующие на поверхности грунта пленки. В некоторых местах аналогичные налеты на грунте образуют и синезеленые водоросли. Заметная роль на дне озера принадлежит также представителям зеленых (главным образом протококковых) и еугленовым водорослям.

Среди диатомовых водорослей наиболее разнообразны роды *Navicula* и *Nitzschia*. Большинство из них встречаются единично и в небольшом количестве. Но некоторые виды родов *Navicula* и *Nitzschia* достигают высокой численности, занимая руководящее положение в донных сообществах или чаще входя в состав характерных видов. К таким видам относятся *Navicula cryptocephala*, *N. cuspidata*, *Nitzschia vermicularis* и *N. palea*. В большом разнообразии представлены крупные виды родов *Pinnularia* и *Surirella*, из которых чаще других встречаются *Pinnularia major*, *Surirella robusta* и *S. biseriata*. Многие из вышеуказанных организмов являются руководящими или характерными видами фитоценозов озера. К категории крупных организмов также относятся представители родов *Sumatopleura* и *Gyrosigma*, из которых более широко распространены *Sumatopleura elliptica*, *S. solea*, *Gyrosigma attenuatum* и *G. acuminatum*. В дон-

... роль принадлежит также  
родам диатомовых водорослей *Melosira*, *Fragillaria* и *Diatoma*. Планктонные виды рода *Melosira* (*M. islandica* и *M. italica*) в бентических сообществах чаще встречаются в начале лета, а *Melosira varians* - в течение всего вегетационного периода. Из рода *Fragillaria* в озере широко распространен вид *F. constricta*, лентовидные колонии которого встречаются как на донных илах, так и на водных макрофитах. Значительно реже обнаруживается *Diatoma vulgare*. Виды родов *Eunotia*, *Synedra*, *Achnanthes* и *Caloneis* а также *Stauroneis* попадают спорадически и в небольшом количестве. Представители родов *Cymbella*, *Gomphonema*, *Epithemia* и многие другие в донных пробах встречаются редко и единично.

На втором месте по разнообразию видов стоят зеленые водоросли, из которых протококковые не уступают по количеству видов синезеленым водорослям. Из протококковых самым разнообразным по видовому составу является род *Scenedesmus*, в котором наиболее распространен *S. quadricauda*. Этот вид иногда встречается в большом количестве и является в ряде фитоценозов руководящим видом. Широко распространен и род *Pediastrum*, особенно вид *P. boguanum*. Многочисленные виды других протококковых водорослей, а также вольвоксовых и десмидиевых встречаются в летнем бентосе не часто. Но присутствие их на дне озера мы наблюдали в течение всего периода исследований. Этот факт подтверждает мнение многих альгологов, согласно которому в мелководных местах озер континента трудно провести грань между различными экологическими группами организмов.

Третье место по численности видов в озере занимает синезеленые водоросли. Наиболее разнообразными являются роды *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Lyngbya* и *Microcystis*. Виды рода *Oscillatoria* являются руководящими в некоторых фитоценозах озера. К таким видам относятся *O. tenuis*,

*O. lacustris* и др. Среди представителей рода *Anabaena* чаще всего встречается *A. lemmermannii*, среди *Microcystis* - *M. pulverea* и *M. aeruginosa*, однако роль последних в фитоценозах весьма незначительна. Виды родов *Lynghya* и *Phormidium* встречаются редко.

#### Фитоценоз Bacillariophyta

В летнее время в оз. Вайдава в бентосе преобладают диатомовые водоросли, образующие во многих местах темно-бурые пленки на поверхности донных отложений. На прибрежных песках большое развитие получает характерный набор типично донных форм и в первую очередь крупные диатомеи *Sumatopleura elliptica*, *Surinella robusta*, *Gyrosigma attenuatum*, *G. acuminatum*, *Pinnularia major* и др. В состав этих фитоценозов входят также более мелкие диатомовые водоросли. Из них наиболее распространенными являются *Navicula cryptocerphala*, *Fragillaria construens* и *Amphora ovalis*. Кроме того, вместе с диатомовыми встречаются также синезеленые водоросли *Oscillatoria tenuis* и *Aphanizomenon flos-aquae*, зеленые *Scenedesmus quadricauda* и *Pediastrum boryanum* и евгленовые *Trachelomonas hispida*. В связи со значительным разнообразием условий существования в озере состав фитоценоза *Bacillariophyta* сильно варьирует. Почти на каждой станции обнаруживается иной видовой состав водорослевого населения с иным количественным соотношением видов, относящихся к разным отделам, что, вероятно, обусловлено микрoэкологическими условиями существования. Руководящие виды этого фитоценоза, так же как и большинство бентических водорослей, приурочены к фотической зоне. Многие виды бентических диатомовых водорослей способны образовывать сообщества на разнообразных субстратах (органических и минеральных), а также переходить от свободного образа жизни к прикрепленному. *Navicula cryptocerphala* и *Fragillaria construens* часто

~~на стеблях и листьях макрофитов.~~ В период обсыхания прибрежного грунта при небольшом понижении уровня воды подвижные формы диатомовых уходят в нижние влажные слои грунта. Особенно такой способностью обладают виды рода *Navicula*. Приспособляемость организмов к различным условиям обитания свидетельствует о большой потенциальной способности их к сохранению вида.

В центральных, более глубоких участках озера, где световые условия на протяжении длительного периода неблагоприятны, бентические водоросли развиваются слабо. Здесь в число основных видов фитоценоза часто входят *Melosira granulata* и другие виды, максимальная вегетация которых приурочена к верхним горизонтам воды. В этих фитоценозах бентические водоросли иногда занимают второстепенное место. К таким относится, например, *Surirella robusta*. Распространение и значительное развитие *S. robusta* в условиях слабой освещенности характерно для многих диатомей с крупными пластичными хроматофорами. Характерно также, что в водоемах, дно которых покрыто жидким илом, крупные диатомовые не встречаются. Обычно диатомей с тяжелыми створками обитают на песчаном или песчано-илистом грунте.

#### Фитоценоз Chlorophyta + Bacillariophyta

С нарастанием биомассы зеленых протококковых водорослей, особенно на заиленных песках прибрежной зоны, на глубине до 1,0 м происходит формирование фитоценоза Chlorophyta + Bacillariophyta. Руководящими видами из зеленых водорослей являются *Scenedesmus quadricauda* и *Pediastrum bogranum*, из диатомовых — *Navicula cryptocerhala*, *Fragillaria construens* и *Melosira granulata*. В экологическом отношении состав данного фитоценоза отличается от многих других фитоценозов тем, что здесь значительную роль играют бентопланктонные организмы. Способность зеленых про-

тококковых водорослей, особенно широко распространенных видов *Scenedesmus quadricauda*, *Pediastrum boryanum*, *P. duplex*, *Coelastrum sphaericum*, *C. microporum* и др., развиваться в разных биотопах, в планктоне и на дне определяет трофику мелководных участков озера. По-видимому, всплывание этих водорослей в верхний горизонт воды происходит постоянно, особенно в периоды слабого развития фитопланктона, т.е. весной, в конце лета и осенью, когда создаются благоприятные условия для их вегетации в планктоне. Проведенные исследования показывают, что на дне озера основное ядро фитоценоза *Chlorophyta* + *Bacillariophyta* сохраняется, хотя количественные соотношения зеленых водорослей могут изменяться.

#### Фитоценоз *Chlorophyta* + *Cyanophyta*

Этот фитоценоз в оз. Вайдава встречается изредка. Руководящим видом из зеленых водорослей является *Scenedesmus quadricauda*, а из синезеленых - *Oscillatoria tenuis*. Данное сообщество обычно обитает на заиленных песках и илах в мелководной прибрежной зоне. Несмотря на высокую численность синезеленых по сравнению с зелеными их удельный вес ниже последних, что объясняется мелкими клетками вида *Oscillatoria tenuis*, являющегося руководящим видом фитоценоза. В экологическом отношении основная роль принадлежит бентическим и бентопланктонным организмам.

#### Фитоценоз *Cyanophyta* + *Chlorophyta* + *Bacillariophyta*

В летнее время, при оптимальной вегетации планктонных синезеленых водорослей, увеличивается также их количество на дне озера. Частично переселяясь на дно, планктонные синезеленые водоросли в это время составляют в отдель-

~~Водоросли являются основной частью донного населения.~~ Главную часть этой группы водорослей составляют *Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa*. Скопление этих водорослей на дне озера в местах развития *Scenedesmus quadricauda* и *Navicula cryptocephala* приводит к образованию фитоценоза *Cyanophyta + Chlorophyta + Bacillariophyta*. По видовому составу этот фитоценоз немногочислен. Около 50% численности клеток фитопланктона составляют вышеуказанные два вида синезеленых водорослей — *Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa*.

Во всех микрофитоценозах оз. Вайдавас ведущая роль принадлежит диатомовым и синезеленым водорослям. В донных фитоценозах представлены водоросли разных экологических групп: бентические, бентопланктонные и планктонные. Среди вариантов фитоценоза *Bacillariophyta* ведущая роль обычно принадлежит бентическим формам. В последних часто руководящим видом является *Melosira granulata*. Из синезеленых часто преобладающими видами являются *Microcystis aeruginosa* и *Aphanizomenon flos-aquae*. В вариантах с присутствием синезеленых водорослей преобладают планктонные формы. Короткий срок наблюдений и недостаточное число проб не позволяют дать полную характеристику всех фитомикроценозов.

Как уже указывалось, фитоценозы более подробно исследованы в оз. Кирума, поскольку пробы в этом озере собирались в течение 5 лет в различные времена года. В оз. Вайдавас такие исследования проводились в течение одного года и только летом. Результаты исследований фитомикробентоса оз. Кирума показали, что ценозы водорослей на дне водоема сравнительно хорошо развиты также и в холодное время года и в связи с этим имеют большое значение в продуктивности водоема почти в течение всего года. Максимальное развитие бентических водорослей наблюдается в литоральной зоне. Но надо отметить, что постоянно обитающими там организмами.

являются только массовые виды водорослей с широким ареалом распространения, приспособившиеся к жизни в разнообразных экологических условиях.

Ценозы фитомикробентоса в общем можно распределить на два типа: 1) бентос мелководий, т.е. бентос фотической зоны водоема, распространенный от берега до глубины 2-3 м; 2) бентос глубинной зоны, постоянно находящийся в условиях слабой освещенности (с глубины 4-5 м и глубже). Эти два типа различаются по видовому составу водорослей и степени их вегетации. В оз. Кирума встречается только первый тип фитомикробентоса. Доминирующий комплекс организмов мелководной зоны состоит главным образом из представителей четырех систематических групп: Chlorophyta, Cyanophyta, Bacillariophyta и Euglenophyta. Более значительная роль в биологической продуктивности озера принадлежит диатомовым и синезеленым водорослям. В прибрежной зоне представители родов *Navicula*, *Nitzschia*, *Lynbya*, *Oscillatoria*, *Scenedesmus*, *Coelastrum* и др. в летнее время достигают большого обилия. Многие из перечисленных форм образуют на грунте налеты различного цвета. При волнении водных масс донные комплексы фитомикробентоса иногда разрушаются. Но с наступлением штилевой погоды происходит восстановление фитомикробентоса за счет как оседания водорослей, так и их размножения. В течение года в озере часто происходит смена одних фитомикробентосов другими.

В оз. Вайдавас как более глубоком также были собраны пробы для характеристики фитомикробентоса глубинной зоны. С увеличением глубины и ухудшением светового режима резко уменьшается флористический состав фитомикробентоса и его биомассы. Характерной чертой видового состава фитомикробентоса является большое количество планктонных форм, оседающих на дно из слоя воды. В большом количестве здесь были найдены виды родов *Melosira* и *Microcystis*, споры *Arhanizomenon* и *Anabaena*. Из типичных обитателей бентоса в этой зоне встречаются *Navicula* (разные виды), *Me-*

*Tovitia varians*, разные виды родов *Oscillatoria* и *Lyngbya*. В самых глубоких местах развиваются в основном представители рода *Oscillatoria* с большой примесью планктонных организмов.

Короткий срок наблюдений и недостаточное количество проб не позволяют дать полную характеристику всех микрофитоценозов бентоса оз. Вайдава. Но, по имеющимся данным, озеро можно охарактеризовать как мезотрофный водоем с признаками загрязнения в отдельных районах. Структура фитомикробентоса оз. Кирума характеризует его как сильноэвтрофированный водоем. Главный признак этого — преобладание в летнее время среди бентических водорослей представителей родов *Cyanophyta* и *Chlorophyta*. По видовому составу фитомикробентос близок к таковому в удобряемых рыбоводных прудах.

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ АН ЛАТВИЙСКОЙ ССР  
ЛАТВИЙСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ВГБО АН СССР

# БИОЦЕНОТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МАЛЫХ РЕК

БАССЕЙН РЕКИ САЛАЦА



РИГА „ЗИНАТНЕ“ 1989

## **Авторы:**

**П. А. ЦИМДИНЬ,  
В. И. РОДИНОВ,  
Д. Г. МЕЛБЕРГА,  
Г. Х. СПРИНЬГЕ,  
А. Г. МЕЛБЕРГА,  
А. И. РУДЗРОГА,  
И. Ю. ДРУВИЕТИС,  
Р. А. ЛИЕПА,  
Э. А. ПАРЕЛЕ,  
О. Л. КАЧАЛОВА,  
А. А. ЗВИРГЗДС,  
А. В. УРТАНС,  
А. И. ЗАРУБОВ.**

## ФИТОПЛАНКТОН И МИКРОФИТОБЕНТОС р.САЛАЦА

## 3.1. Фитопланктон

Река как биотоп планктонных организмов существенно отличается от стоячих водоемов. Для развития планктонных водорослей в р.Салаца, так же как и в других реках, важное значение имеют два обстоятельства, действие которых сильно сказывается на планктонных водорослях вниз по течению. Развитие и характер распределения фитопланктона, во-первых, обусловлены течением реки и, в немалой степени, турбулентностью потока воды. Последнее оказывает главным образом механическое воздействие на водоросли планктона. В р.Салаца это выражается в повреждении более чувствительных видов водорослей, попадающих в реку из оз.Буртиньку, как, например, *Anteriorionella formosa*, *Dinobryon sertularia*, *D. divergens* и др., встречающиеся только у самого истока реки из озера и иногда в местах с более медленным течением. Вторым фактором, определяющим развитие фитопланктона реки, является то, что вместе с речным потоком вниз по течению движутся не только планктонные водоросли в вегетационном состоянии, но и их покоящиеся стадии.

Видовой состав планктонных водорослей р.Салаца в большой мере определяется озером Буртиньку. Мы имеем в виду только почти планктонные организмы, живущие в толще воды, без которых не может быть полного представления о планктонных биоценозах. В литературе широко распространено мнение, что весь фитопланктон занесен из стоячих водоемов и пассивно движется вниз по течению реки.

В р.Салаца несомненная связь между видовым составом фитопланктона оз.Буртиньку и таковым реки наблюдается только на начальном ее участке. Вниз по течению эта связь становится

фитопланктона р.Салаца и других рек Латвийской ССР, наличие зачатка планктона — лишь одно условие для развития речного фитопланктона.

Планктонные водоросли р.Салаца, жизненный цикл которых развивается в условиях текущих вод, условно можно разделить на три группы. К первой группе относятся виды, которые нормально развиваются в речном планктоне. Эти водоросли вниз по реке полностью проходят цикл своего развития, нередко вниз по течению их количество увеличивается, и в некоторые сезоны года они могут играть видную роль в составе фито-планктона реки. Из группы сине-зеленых водорослей сравнительно мало представлены виды, типичные для речного планктона. Большинство видов, встречаемых у истока р.Салаца из оз.Буртняеку, скоро выпадают из планктона реки. К таким, например, относятся виды *Microcystis aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae* и почти все виды рода *Anabaena*. Среди фитопланктеров р.Салаца, особенно в среднем и нижнем течении, к таким можно отнести некоторые виды родов *Dactyloosporis* (*D. raphidicoides*, *D. fusicularis*), а иногда и *Gomphosphaeria lacustris*. Иногда, особенно во второй половине лета, в планктоне реки в значительном количестве развиваются пятчатые сине-зеленые водоросли из родов *Oscillatoria* и *Lyngbia*, попавшие в планктон из обрастающих.

Из водорослей, характерных для речного планктона, в р.Салаца наиболее богатыми по видовому составу являются зеленые водоросли, особенно протокочковые. К таким относятся некоторые виды из родов *Ankistrodesmus* (*A. falcatus* вместе с var. *acicularis* и var. *mirabilis*, *A. setigera* и др.), *Crucigenia* (*C. rectangularis*, *C. quadrata*), *Tetraedron minimum* и, особенно, представители рода *Scenedesmus* (*Sc. abundans*, *Sc. quadricauda*, *Sc. bijugatus* и др.). Обыкновенно число клеток этих водорослей вниз по течению увеличивается. Напри-

мер, развитие своеобразных диатомовых выносов по течению в июле 1968 г. характеризуют следующие данные:

Створ	Число клеток
Исток р. Салаца	I 210
Выше г. Мазсалаца	I 180
Ниже г. Мазсалаца	2 100
Выше г. Стайцале	8 220
Ниже г. Стайцале	10 880
Выше г. Салацгрива	8 240

Виды таких родов, как *Dictyosphaerium* и *Pediastrum*, также иногда играют важную роль в планктоне р. Салаца и могут быть зачислены в первую группу планктонных водорослей.

Из диатомовых водорослей к первой группе можно отнести вид *Nitzschia acicularis*. К этой группе принадлежат также некоторые центрические одноклеточные диатомовые водоросли, например *Stephanodiscus hantzschii* и *Cyclotella comta*, которые иногда в сравнительно большом количестве встречаются в летнее время по всей длине реки.

В связи с механическим воздействием течения и турбулентности воды на планктон р. Салаца быстро выпадают такие виды диатомовых водорослей, как *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Tabellaria fenestrata*, *Atheya zachariasii* и др. Нежный панцирь или разветвленные колонии этих видов водорослей не выдерживают воздействия турбулентных потоков воды.

Ко второй группе мы относим виды, которые в целом переносят жизнь в реке, размножаются здесь, но, как правило, не достигают преобладающего положения среди планктонных организмов в какие-либо сезоны года. Из синнезеленых водорослей к этой группе относятся некоторые виды из порядка *Chroococcales*, например *Gloeosarcla limnetica*, *Gomposphaeria arcuata*, *Merismopedia* sp. Эти виды водорослей сравнительно

Часть встречается в составе планктона реки во второй половине лета, начиная с августа. Как более типичные зеленые планктонные водоросли, которые также в летнее время встречаются по всей длине реки, к этой группе можно отнести многие зеленые протоккокковые водоросли. По данным наших исследований, к таким можно отнести *Ankistrodesmus convolutus*, *Crucigenia irregularis*, *Cr. minuta*, *Cr. tetrapedia*, *Oocystis parva*, *O. rhomboidea*, *Sc. arcuatus*, *Sc. armatus*, *Tetraedron* sp. и другие виды. Из диатомовых водорослей к этой группе принадлежат некоторые одноклеточные виды, в первую очередь из рода *Cyclotella*: *C. kuetzingiana*, *C. meneghiniana*, *Sc. stelligera*. Сюда можно отнести также многие виды зеленых протоккокковых водорослей из родов *Scenedesmus*, *Pediastrum* и др.

К третьей группе относятся виды планктонных водорослей, не выносящие условий текущих вод, которые, попав в реку тем или иным путем, выпадают из состава планктона. Из сине-зеленых водорослей к таким в р. Салаца можно отнести вид *Microcystis aeruginosa*, который иногда во второй половине лета вызывает "цветение" воды в оз. Буртняку. Но, попав в реку, этот вид быстро выпадает из состава фитопланктона. Из зеленых водорослей к этой группе, вероятно, следует отнести виды родов *Volvox*, некоторые *Chlamydomonas* и др., из диатомовых водорослей — хрупкие одноклеточные и колониевые виды, которые не выдерживают механического воздействия турбулентности воды. На такие виды уже указывалось выше. К этой группе относятся также многие виды из хризофитовых водорослей, особенно представители рода *Dinobryon* (*D. sertularia*, *D. sociale*, *D. divergens*).

Границы между указанными выше группами видов водорослей являются очень подвижными и до некоторой степени условными. Не всегда и не для всех видов на практике можно со всей определенностью дать оценку их жизнеспособности в различных условиях. Для этого были бы необходимыми долгие систематические

ние исследований. Если скорость течения реки определяет самую возможность существования фитопланктона, то его состав, количественное развитие, соотношение организмов, характер сезонных изменений — все это определяется не только течением, но и множеством других факторов, действующих в нем. Важную роль при этом играют также биологические свойства организмов.

Чтобы охарактеризовать годовой цикл развития фитопланктона, ниже приведены данные исследований 1986 г. на створе около 6,5 км от устья реки. Небольшое расстояние от устья реки показывает, что здесь мы имеем дело с фитопланктоном, полностью оформившимся и, таким образом, характерным для р. Салаца. В 1986 г. пробы фитопланктона собирались каждый месяц, начиная с февраля и кончая декабрем.

За 1986 г. фитопланктон р. Салаца характеризуется следующим. В феврале и марте планктонные водоросли были развиты слабо. Обнаружено только несколько видов диатомовых водорослей. Чаще всего это были нитчатые виды из этого отдела, особенно *Melosira italica* (18 600 кл/мл) и *M. ambigua* (4400 кл/л). Кроме того, обнаружено несколько экземпляров эвфритной водоросли *Cocconeis pediculus*, попадавшей в планктон из обрастаний на нитчатых зеленых водорослях. Биомасса фитопланктона в феврале составляла 0,032, а в марте 0,47 мг/л.

В апреле наблюдалось более выраженное разнообразие видов планктонных водорослей, хотя общая биомасса фитопланктона оставалась небольшой — 0,038 мг/л. Доминировали также нитчатые диатомовые водоросли *Melosira ambigua* (6900 кл/л), *M. italica* (4300 кл/л), *M. italica var. tenuissima* (3100 кл/л). Кроме того, были обнаружены одноклеточные диатомовые водоросли, как-то: *Cyclotella comta*, *Nitzschia acicularis*, попавшие в планктон из обрастаний *Cocconeis placentula* и *C. pediculus* и из бентоса — *Melosira*

*varians*, *Navicula gracilis*, *Nitzschia* sp. Из других отделов в первые три месяца исследования обнаружены только отдельные экземпляры сине-зеленых водорослей, случайно занесенные в планктон, — *Oscillatoria tenuis* и *O. princeps*.

В мае наблюдался значительный прирост биомассы фитопланктона — до 0,139 мг/л. Кроме диатомовых водорослей появились в небольшом количестве зеленые, особенно *Scenedesmus quadricauda* (1900 кл/л). По числу клеток, так же как в предыдущие месяцы, первое место занимали нитчатые диатомовые водоросли *Melosira ambigua* (26 400 кл/л) и *Melosira italica* (12 500 кл/л). Особенно резко увеличилось число весенних одноклеточных диатомовых, как типично планктонных видов, так и занесенных в планктон из обрастаний и бентоса. Чаще из этих водорослей бывали обнаружены *Diatoma elongatum* (7200 кл/л), *Nitzschia acicularis* (1000 кл/л), *Synedra acus* (1400 кл/л), *Meridion circulare* (6700 кл/л), *Synedra ulna* (500 кл/л).

В июне отмечалось некоторое уменьшение биомассы планктонных водорослей, главным образом за счет выпадения весенних видов диатомовых. Но в это время встречались представители всех главных отделов планктонных водорослей — сине-зеленые, зеленые и диатомовые. Сине-зеленые водоросли составили 61,8% по числу клеток и 17,9% по биомассе. Из этого отдела встречалась главным образом *Aphanizomenon flos-aquae* (54 000 кл/л). Диатомовые водоросли из всего количества фитопланктона по числу клеток составили 34,1%, а по биомассе 51,3%. Были обнаружены главным образом одноклеточные диатомовые *Fragillaria intermedia* (18 000 кл/л), *Fr. sarcinica* (3600 кл/л), *Cocconeis placentula* (1300 кл/л), *Navicula caryocarpala* (1000 кл/л). Из зеленых водорослей самыми распространенными в это время были протококковые из рода *Scenedesmus*, особенно *Sc. quadricauda* (1000 кл/л) и *Sc. opoliensis* (1000 кл/л). Кроме того, в небольшом коли-

этого отдела под названием *Microcystis* (800 кл/л). Обнаружены также зеленые водоросли из рода *Buglena* (1200 кл/л). Общая биомасса фитопланктона в июне составляла в реке 0,61 мг/л.

В составе фитопланктона в июле ведущее место занимали зеленые водоросли. Представители этого отдела составляли 95,5% биомассы и 59,5% числа клеток. Главным компонентом фитопланктона р.Салаца в это время являлась зеленая протокочковая водоросль *Scenedesmus quadricauda* (34 600 кл/л). Сравнительно часто из представителей этого рода встречались *Sc. arcuatus* (7700 кл/л) и *Sc. ariculatus* (3800 кл/л), а также виды *Ankistrodesmus angustatus* (4300 кл/л), *Crucigamia quadrata* (7700 кл/л), *Coelastrum microrogum* (1000 кл/л). Все эти виды — типичные представители планктонных водорослей. Из диатомовых водорослей типичные планктонные виды не были найдены. В нескольких экземплярах отмечены некоторые одноклеточные диатомовые водоросли, занесенные в планктон из ценозов бентоса и обрастаний, — *Cymbella turgida*, *Cocconeis pediculus*, *C. placentula*. Представители сине-зеленых водорослей обнаружены не были. Общая биомасса водорослей в июле составляла 0,083 мг/л.

В августе наблюдалось небольшое увеличение количества фитопланктона, главным образом за счет увеличения количества диатомовых водорослей. Общая биомасса планктонных водорослей составляла 0,105 мг/л, 87,3% этого количества приходилось на диатомовые, а 12,7% — на зеленые водоросли. По числу клеток эти величины соответственно были равны 69,3 и 30,7%. Из зеленых водорослей, так же как в предыдущем месяце, преобладали *Scenedesmus quadricauda* (11 200 кл/л). Из других видов можно отметить *Staurastrum paradoxum*, *Coelastrum microrogum*, *Ankistrodesmus angustatus*. Количество клеток каждого из этих видов водорослей составляло приблизительно 1000 кл/л.

из диатомовых водорослей, как и в предыдущем месяце, преобладали одноклеточные формы, главным образом занесенные в планктон из бентоса и обрастаний. К таким относятся некоторые виды рода *Navicula*, *Diatoma vulgare*, *Cocconeis placentula*, *C. pediculus*. Из планктонных видов были отмечены *Navicula caryosperhala*, *Synedra ulna*, *Nitzschia acicularis*. Из нитчатых диатомовых водорослей обнаружена *Melosira ambigua* (1600 кл/л).

В сентябре наблюдался выраженный спад развития зеленых водорослей и увеличение — диатомовых. По числу клеток зеленые водоросли оставили только 5,5%, а диатомовые — 68,1%, а по биомассе соответственно 14,8 и 82,8%. Остальные — окне-зеленые водоросли, главным образом занесенные в планктон из обрастаний. Из этого отдела как самый распространенный вид отмечен *Oscillatoria tenuis* (22 200 кл/л). Из зеленых водорослей чаще всего были обнаружены представители вида *Scenedesmus quadricauda* (5800 кл/л). В количестве нескольких экземпляров отмечены еще *Coelastrum microrogum*, *Cosmarium botrytis* и др. Среди диатомовых водорослей встречались как нитчатые, так и одноклеточные виды. Так, из нитчатых видов были отмечены *Melosira ambigua* (7200 кл/л), *M. italica* (2900 кл/л), *M. islandica* var. *helvetica* (1800 кл/л), а также вид, занесенный в планктон из бентоса, — *Melosira varians* (1900 кл/л). Более распространенными одноклеточными видами в сентябре были *Fragillaria sarcinina* (58 600 кл/л), *Diatoma vulgare* (2900 кл/л), *Epithemia zebra* (1400 кл/л), *Navicula caryosperhala* (1000 кл/л), *N. gracilis*, *N. radiosa* и др. Таким образом, большая часть видов диатомовых водорослей, обнаруженных в планктоне в это время, являются видами, типичными для бентоса и обрастаний и занесенными в планктон турбулентностью воды.

Увеличение биомассы фитопланктона наблюдалось в октябре, главным образом за счет нитчатых диатомовых водорослей *Melosira ambigua* (333 200 кл/л), *Melosira italica*

(142 800 кл/л), *M. islandica* var. *helvetica* (50 000 кл/л). Одноклеточные виды встречались в сравнительно небольшом количестве. Были обнаружены *Stephanodiscus hantzschii* (2200 кл/л), *Navicula caryocerosphala* (1700 кл/л), *Fragillaria crotonensis* (61 600 кл/л), *Zyngdra acuta* (1190 кл/л и др. Из зеленых водорослей отмечен только *Scenedesmus quadricauda* в нескольких экземплярах. Общая биомасса фитопланктона в октябре составляла 0,647 мг/л, из которых как по биомассе, так и по числу клеток диатомовых водорослей было более 98%.

Особенно интенсивное развитие нитчатых диатомовых водорослей наблюдалось в ноябре. Были обнаружены те же виды, что и в октябре, но в большем количестве: *Melosira italica* (368 000 кл/л), *M. islandica* var. *helvetica* (124 000 кл/л), *M. ambigua* (248 000 кл/л), *M. italica* var. *tenuissima* (32 000 кл/л). Из одноклеточных видов диатомовых водорослей отмечены *Asterionella formosa* (6400 кл/л), *Tabellaria floeculosa* (5000 кл/л), *Cocconeis pediculus* (2400 кл/л), *Cocconeis placentula* (1800 кл/л) и др. Водоросли, представляющие другие систематические отделы, в ноябре обнаружены не были. Общая биомасса фитопланктона в это время составляла 1,293 мг/л.

В декабре наблюдался спад развития планктонных водорослей. Были обнаружены почти только нитчатые диатомовые *Melosira ambigua* (180 000 кл/л), *M. italica* (164 000 кл/л) и *M. italica* var. *tenuissima* (120 000 кл/л). Общая биомасса уменьшилась почти в 2 раза и составила в декабре 0,672 мг/л.

Количественные и качественные показатели развития фитопланктона р. Салаца показаны в таблицах 9, 10.

Приведенный выше годовой цикл развития фитопланктона в общем является типичным для этой реки. Некоторые отклонения иногда наблюдаются в связи с колебаниями температуры воды и солнечной радиации по отдельным годам. Так, в летнее время иногда отмечалось увеличение количества диатомовой водорос-

Биомасса фитопланктона р.Салаца по

Месяц	Отдел			
	Сине-зеленые		Евгленовые	
	мг/л	%	мг/л	%
Февраль	0,002	0,5	0	0
Март	0,001	0,5	0	0
Апрель	0,004	10,5	0	0
Май	0	0	0	0
Июнь	0,017	28,3	0,011	17,8
Июль	0	0	0,008	10,2
Август	0	0	0	0
Сентябрь	0,006	2,4	0	0
Октябрь	0	0	0,010	1,6
Ноябрь	0	0	0	0
Декабрь	0	0	0	0

Количество клеток водорослей в р.Салаца

Месяц	Отдел			
	Сине-зеленые		Евгленовые	
	кл/л	%	кл/л	%
Февраль	20 200	51,8	0	0
Март	33 400	58,8	0	0
Апрель	21 200	55,1	0	0
Май	0	0	0	0
Июнь	54 000	61,8	1200	1,3
Июль	0	0	1000	0,8
Август	0	0	0	0
Сентябрь	32 100	26,4	0	0
Октябрь	0	0	1100	0,2
Ноябрь	0	0	0	0
Декабрь	0	0	0	0

месяцам 1986 г.

Т а б л и ц а 9

водорослей				Всего	
Диатомовые		Зеленые			
мг/л	%	мг/л	%	мг/л	%
0,030	99,5	0	0	0,032	100
0,047	99,5	0	0	0,048	100
0,034	89,5	0	0	0,086	100
0,137	99,0	0,001	1,0	0,138	100
0,031	51,3	0,002	2,6	0,061	100
0,015	17,7	0,059	72,1	0,082	100
0,07	69,4	0,032	30,6	0,034	100
0,214	82,8	0,038	14,8	0,258	100
0,637	98,4	0,001	0,16	0,648	100
1,293	100,0	0	0	1,293	100
0,673	100,0	0	0	0,673	100

по месяцам 1986 г.

Т а б л и ц а 10

водорослей				Всего	
Диатомовые		Зеленые			
кл/л	%	кл/л	%	кл/л	%
12 200	48,2	0	0	32 400	100
23 400	41,2	0	0	56 800	100
16 900	44,9	0	0	38 100	100
57 100	98,6	1 900	3,2	59 000	100
29 800	34,1	2 400	2,8	87 400	100
3 800	3,1	102 900	96,1	107 700	100
22 000	87,3	3 200	12,7	25 200	100
83 100	68,1	6 700	5,5	121 800	100
542 600	98,9	4 500	0,9	548 200	100
686 800	100,0	0	0	686 800	100
357 600	100,0	0	0	357 600	100

hantzschii и др. /35/. Во второй половине лета, особенно в годы с повышенной температурой воды, иногда наблюдается массовое развитие сине-зеленой водоросли *Aphanizomenon flos-aquae*.

Необходимо отметить, что химический состав воды р. Салаца является благоприятным для развития водорослей, особенно диатомовых. По данным Аувиньяна /4/, концентрация биогенных веществ здесь сравнительно высокая. Особенно это можно сказать о кремниевых солях, содержание которых не является лимитирующим фактором для развития организмов фитопланктона. Важно указать также на сравнительно большое содержание азота и фосфора, что во многом определяет довольно высокую продуктивность фитопланктона р. Салаца.

### 3.2. Микрофитобентос

Микрофитобентос является одним из важнейших компонентов биоценозов водорослей водоемов различного типа. Способность отдельных видов водорослей прикрепляться к различным субстратам и образовывать своеобразные микрофитоценозы имеет большое значение в накоплении органического вещества в водоеме. В настоящее время в связи с комплексным рациональным использованием водоемов (рыбное хозяйство, гидростроительство и т.д.) интерес к фитомикробентосу возрос. Длительное время предметом исследований были главным образом планктонные водоросли. Только последние 20 лет ученые стали уделять внимание и микроскопическим организмам бентоса, в том числе микрофитобентосу. Проблема изучения донных фитоценозов объединяет вопросы, связанные с закономерностями распределения организмов и их развитием в водоемах различного типа.

Схематические исследования микрофитобентоса р. Салаца

вместе с другими гидробиологическими исследованиями проводилась нами начиная с 1962 г. К микрофитобентосу относим все виды водорослей, жизнь которых в той или иной мере связана с дном водоемов. Сюда относятся формы, прикрепленные ко дну или целиком лежащие на дне, а также поселяющиеся на различных погруженных в воду предметах. В процессе своего расселения бентосные водоросли, даже на небольшом пространстве, встречаются с весьма различными местообитаниями — участками дна, лежащими на дне камнями, водными макрофитами и др. В соответствии с этим их видовой состав очень разнообразен. Пресноводные бентосные водоросли в подавляющем большинстве мелкие и даже микроскопические. Только харовые достигают крупных размеров. Многие из бентосных водорослей растут, оставаясь всю жизнь прикрепленными ко дну или к погруженным в воду предметам. В р. Салаца, например, из зеленых водорослей к таким принадлежат виды родов *Stigeoclonium*, *Ulothrix*, *Gladophora*, а также харовые. Другие (например, зеленые *Spirogira*, *Mougeotia*, *Zygnema*, некоторые виды *Gladophora* и др.) вначале развиваются на дне, а затем крупными массами всплывают на поверхность, поднимаясь многочисленными застрявшими между нитями пузырьками кислорода, выделенного ими в процессе фотосинтеза. Такое явление в р. Салаца в летнее время часто наблюдалось на участках с медленным течением или с почти стоячей водой (приустьевой участок реки, бывший Стайцальский подпор воды и др.). Дiatомовые водоросли, за исключением небольшого числа колониальных прикрепленных форм, массами лежат на дне или перемещаются по нему.

При исследовании микрофитобентоса р. Салаца были выделены следующие главные группировки: 1) литореофильные микрофитоценозы — на камнях, скалах, искусственных сооружениях и др.; 2) фитореофильные — на водных макрофитах; 3) поаммореофильные — водорослевые ценозы на песчаном дне; 4) пеллореофильные микрофитоценозы — на илстом грунте.

Литореофильные микрофитоценозы в р. Салаца широко распространены. По их характеру эти ценозы можно распределить следующим образом: нитчатые; нитчато-кустистые; диатомовые и восточные. Каждый из этих литореофильных микрофитоценозов

~~характеризует определенную экологическую обстановку соответствующего участка реки.~~

Нитчатые водоросли, растущие на камнях, скалах и др., в р.Салаца представлены главным образом отделом *Chlorophyta*. Самыми распространенными родами этого отдела являются *Cladophora*, *Ulothrix* и *Oedogonium*. По всей длине реки распространены  $\beta$ -мезоаэробные виды *Cladophora glomerata* и *Cl. fracta*. Последний вид в прикрепленном виде развивается только в начальных стадиях своего развития. Через некоторое время водоросли оторвутся от субстрата и будут свободно плавать в воде. Из других родов в реке отмечены виды *Ulothrix zonata*, *U. tenuissima*, *Oedogonium unilatum*.

Обрастания, состоящие из представителей родов *Zygnema* и *Spirogira*, в реке встречаются сравнительно редко и характеризуют менее загрязненные биотопы. Они встречаются главным образом в окрестностях родников, впадающих в реку. На нижнем течении реки, в пределах г.Салацграва, где в реку проникают болотные воды и река находится под усиленным влиянием антропогенных факторов, в обрастаниях камней также широко распространены зеленые водоросли *Zateregnospha intestinalis* и *Z. proliferata*. Вместе с видами *Cladophora glomerata*, *Vaucheria* sp. ster., сине-зеленые *Calothrix parietina*, *Anabaena laxa*. Также микрофитоценозы свидетельствуют об интенсивных процессах эвтрофирования этого участка реки.

Несколько выше среди микроскопических микрофитоценозов р.Салаца встречаются нитчато-кустовые ценозы. Эти ценозы главным образом наблюдаются на участках реки, находящихся под влиянием повышенного содержания органических веществ, например ниже пос.Стайцале. Они представлены в первую очередь сине-зелеными нитчатыми водорослями *Oscillatoria brevis*, *O. formosa*, *O. princeps*, *Fragmidium melle*, *F. retzii*, *Spirulina jennepi*.

В р.Салаца широко распространены литорескопические микро-

Фитоценозы, образуемые диатомовыми водорослями. Налеты диатомовых водорослей от светло- до темно-бурого цвета на камнях обычно наблюдаются на участках реки с замедленным течением. В составе этих микрофитоценозов обычно доминируют виды одноклеточных диатомовых водорослей *Gomphonema parvulum*, *G. olivaceum*, *Fragillaria sarcinica* var. *sarcinica*, *F. sarcinica* var. *lancoolata*, *Nitzschia*, *Diatoma elongatum*, *Achnanthes minutissima*. Такой видовой состав характерен для  $\beta$ -мезосапробных участков реки. В окрестностях выхода родников, кроме указанных выше видов, встречаются также *Seratoneis arcus*, *Meridion circulare*, *Gomphonema intricatum*. На участках реки с сапробностью от  $\alpha$ - до  $\beta$ -мезосапробной степени (например, ниже пос. Стайцелю) бурные налеты на камнях образуют диатомовые водоросли *Melosira varians*, *Nitzschia amphioxys*, *Navicula cryptocerphala* var. *cryptocerphala*, *N. cryptocerphala* var. *veneta* вместе с некоторыми вышеупомянутыми видами. Часто среди таких фитомикроценозов наблюдаются почти чистые культуры вида *Melosira varians*.

Литоресфильные фитомикроценозы на каменистом субстрате с преобладанием видов синне-зеленых водорослей из рода *Nostoc* встречаются сравнительно редко. Такие фитомикроценозы обнаружены главным образом на прибрежных песчаниках, например на участке реки между нас.п. Мерники и Лагасте. В таких местообитаниях, особенно в более затененных местах, обычно встречаются *Nostoc humifugum* и *N. muscorum*, которые составляют основную массу этих обрастаний. Встречаются здесь и другие виды из рода *Nostoc*, а также другие синне-зеленые водоросли, например *Gleocarya gurestris*, *G. aeruginosa*, *Stigonema tomentosum*, *Petalonema crustaceum*, *Scytonema varians*, а также *Nostoc zetterstedtii* и *N. coeruleum*. Нередко среди колонии ностоков встречаются колонии видов *Rivularia* и *Gleotrichia*, *R. aquatica*, *G. pisum*, реже *R. haematodes*. В литоресфильных биоценозах также постоянно развиваются десмидиевые и протокочковые водоросли, среди них ви-

да из родов *Cladophora*, *Chara*, *Ceratophyllum*, *Cosmarium*, *Hydrocotyle*  
*Cl. moniliferum*, *Cl. aserosum*, *St. punctulatum*, *Cosmarium*  
*turpinii*, *C. reniforme*, *C. botrytis*.

Фитореофильные микрофитоценозы р.Салаца по видовому со-  
ставу близки литореофильным биоценозам, так как вышние водные  
растения также являются твердым субстратом. Однако между эти-  
ми местообитаниями имеются некоторые различия экологических  
условий, основными из которых являются более медленное тече-  
ние среди зарослей вышних водных растений, а также то обстоя-  
тельство, что органический субстрат вышних водных растений  
каждую осень погибает, существуя, таким образом, только ог-  
раниченное время.

В видовом составе фитореофильных микрофитоценозов в  
р.Салаца большую роль играют диатомовые водоросли, особенно  
 $\alpha$  - и  $\beta$  - мезосапробные виды. Также часто на стеблях и  
листьях вышних водных растений, особенно во второй половине  
лета, в составе этих микрофитоценозов встречаются нитчатые  
водоросли, главным образом представители отделов *Chlorophy-  
ta* и *Cyanophyta*. В зеленых нитчатых водорослях ведущую  
роль играют *Cladophora glomerata* и равные виды родов *Oedog-  
onium* и *Chaetophora*.

Ниже пос.Стайцелю, в приустьевом районе и других более са-  
пробированных участках р.Салаца в составе фитореофильных ми-  
крофитоценозов часто доминируют оме-зеленые водоросли, осо-  
бенно некоторые виды родов *Lunghia*, *Anabaena oscillaroides*,  
*Tolypothrix tenuis* f. *tenuis*, *T. tenuis* f. *lanata*, *Gloeotri-  
chia pisum*, *Naralosiphon fontinalis*, в некоторых местах так-  
же *Salothrix natans* и *S. stagnalis*. Ниже бумажной фабрики  
Стайцелю, где дно реки покрыто илстыми отложениями и отхо-  
дами бумажной промышленности, на стеблях вышних водных рас-  
тений в виде оливетных обрастаний обнаруживаются *Anabaena*  
*inaequalis*, а также виды рода *Pseudoanabaena* - *P. catenata*,  
*P. tenuis*.

Изучали также фитореофильные микрофитоценозы, которые

можно обозначить как эпифитные ценозы второго порядка. Эти ценозы развиваются на различных эпифитных нитчатых водорослях, особенно на зеленых. Излюбленным субстратом для них являются виды зеленых водорослей из родов *Gladophora* и *Oedogonium*, реже - *Spirogyra*, *Zygnema* и *Mougeotia*, а также более крупные диатомовые; в том числе *Melosira varians*. Из эпифитных диатомовых водорослей самыми характерными из вышеуказанных видов являются *Epithemia zebra* var. *zebra*, *E. zebra* var. *yalonica*, *E. sorax*, *E. turgida*, *Rhopalodia gibba*, а также виды родов *Synedra*, *Cymbella*, *Gomphonema*. Из последних наиболее часто отмечены *Synedra ulna* с разновидностями, *Gomphonema ventricosa*, *G. acuminatum*, *Cocconeis placenticula*, *C. pediculus*.

Вместе с вышеуказанными диатомовыми как вторичные эпифиты часто отмечены зеленые и сине-зеленые водоросли. Так, среди окоренений зеленых нитчатых водорослей, а также водяных мхов и ноотоков постоянно развиваются десмидиевые и протоккокковые. Это в первую очередь виды родов *Cosmarium*, *Closterium*, *Staurastrum*. По видовому составу более распространенными являются *Cosmarium punctulatum*, *C. formosulum*, *C. botrytis*, *C. laeve*, *C. turpinii*, *C. granulatum*, *C. reniforme*, *Closterium ehrenbergii*, *Cl. acerosum*, *Staurastrum punctulatum*.

Виды сине-зеленых водорослей *Calothrix ramenskii*, *Tolyrothrix tenuis* f. *tenuis*, *T. tenuis* f. *lanata* часто встречаются как эпифиты второго порядка на шаровидных колониях *Gloeotrichia* и *Rivularia*, а также на *Chaetophora* и *Draparnaldia*. Из последних более распространенной является *Chaetophora elegans*. Среди сине-зеленых водорослей, растущих как эпифиты на *Gladophora glomerata*, к числу маорсовых относятся виды рода *Chamaesiphon*, главным образом *Ch. curvatus* и *Ch. inorustans*, а также *Lyngbia limnetica* f. *limnetica* и *L. limnetica* f. *granulifera*. На нитях *Vaucheria* как более характерные можно отметить виды сине-зеленых водорослей *Chamaesiphon curvatus*, *Clastidium setigerum*, *Lyngbia kuetzingii*.

Летом 1968 г. нами был исследован видовой состав обрастающих водорослей на некоторых видах высших водных растений.

В обрастаниях на камыше преобладали диатомовые водоросли равнообразного видового состава. Из этой группы наибольшего развития достигли *Tabellaria fenestrata*, *T. flocculosa*, *Melosira varians*, *Fragillaria sarcocina*. Из зеленых водорослей чаще других встречались некоторые протококковые (виды родов *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, *Pediastrum*), *Oedogonium* sp. ster. и некоторые деомидиевые. В начале августа перифитон на камыше достиг максимального развития ( $52,8 \text{ г/м}^2$ ). В это время в обрастаниях доминировали *Tabellaria flocculosa*, *T. fenestrata*, а из зеленых - *Oedogonium* sp. ster. и *Vulbochaete* sp. ster. Осенью, в октябре, биомасса водорослей на камыше составляла  $24,2 \text{ мг/м}^2$ . Преобладали диатомовые, среди них доминировали *Melosira varians* и *Didymosphaenia geminata*, а из зеленых нитчатых водорослей - *Coleochaete soluta*.

Наибольшего развития на тростнике достигли диатомовые водоросли *Tabellaria sarcocina*, *T. fenestrata*, *T. flocculosa* и *Melosira varians*, а из зеленых водорослей - *Oedogonium* sp. ster.

В конце августа количество перифитона на тростнике достигло  $52,4 \text{ г/м}^2$ , причем главную роль в это время играли зеленые водоросли. Осенью по биомассе преобладали диатомовые, а среди них - *Melosira varians* и *Didymosphaenia geminata*.

Поамморофильные микрофитоценозы широко распространены по всему течению р. Салаца. Такие ценозы встречаются на участках рек с песчаным дном. В летнее время дно таких участков, особенно в местах с замедленным течением, покрывается зеленовато-бурым или зеленым налетом. Основу их преимущественно составляют одноклеточные водоросли отделов *Chlorophyta* и *Cyanophyta*, а также *Bacillariophyta*.

Зеленые водоросли на поверхности днаков в р. Салаца представлены главным образом протококковыми и деомидиевыми водо-

рослями. Из протококковых в таких местах развиваются преимущественно виды рода *Scenedesmus*. Наиболее распространенными из них являются *Scenedesmus acuminatus* var. *acuminatus*, *Sc. acuminatus* var. *biseriatus*, *Sc. bijugatus*, *Sc. obliquus*. Иногда встречаются также виды родов *Ankistrodesmus* и *Tetrapedia*. Вместе с деомидиевыми протококковые водоросли иногда оставляют основу зеленых налетов на донных песках реки. Из деомидиевых водорослей в поверхностном слое "зеленых песков" среди выявленных разнообразных таксонов деомидиевых водорослей часто развиваются виды рода *Cosmarium* - *C. impressulum*, *C. tumidum*, *C. laeve*, *C. pusillum*, а также *Staurostrum punctulatum*.

Сине-зеленые водоросли на песках реки обнаружены главным образом на участках, более загрязненных органическими соединениями. Чаще всего в таких местах представлены виды *Chroococcales*, *Mostracales* и *Oscillatoriales*. К более массовым сине-зеленым водорослям относятся *Anabaena variabilis*, *A. inaequalis*, *Microcystis grevillei*, вместе с которыми всегда присутствуют еще виды родов *Oscillatoria*, *Phormidium*, особенно *Oscillatoria limosa*, *O. quadriperforata*, *O. splendida*, *Lyngbia aestuarii* и ряд других.

В ряде мест на заиленных песчаных грунтах развиваются каровые водоросли (*Charophyta*).

Из диатомовых водорослей, обильно встречаемых в поаммонифицированных микробиоценозах реки, обнаружены также виды, которые встречаются в составе планктона и других ассоциациях. Одним из обыкновенных видов на песках реки является *Melosira varians*, которая встречается вместе с другими типично донными диатомовыми водорослями.

К бентическим микрофитоценозам также необходимо отнести дернины водорослей, в летнее время плавающие на поверхности воды в местах с замедленным течением. Эти дернины представляют собой оторвавшиеся от грунта скопления водорослей, скрепленные илом. Обычно основу этих дернин в р.Салаца сос-

~~Таким образом~~ ~~отдельные~~ виды родов *Spirogyra*, *Vaucheria*, *Oedogonium* и др. Среди нитей этих водорослей встречаются в большом количестве эпифитные и донные диатомовые *Surirella linearis* var. *linearis*, *S. linearis* var. *constricta*, *Cymatopleura solea* var. *solea*, *C. solea* var. *rugosa*, *Navicula rhynchoccephala*, *N. cryptoccephala*, *N. radiosa*, *Hantzschia aphyxus*, *Achnanthes minutissima*, *Stauroneis* sp. Присутствуют также некоторые представители эпифитной диатомовой флоры — *Epithemia turgida*, *E. sorax*, *Synedra vaucheriae*, *Rhopalodia gibba*.

Пелореофильные микрофитоценозы в р. Салаца встречаются реже, чем псаммореофильные. В общем видовой состав водорослей в этих ценозах сравнительно однообразный. Такие микрофитоценозы на участках заиленного дна образуют главным образом синне-зеленые водоросли вместе с диатомовыми. Вариант микрофитоценоза с ведущим видом *Microcystis aeruginosa* занимает участок реки вблизи истока из оз. Буртиньку. Синне-зеленые водоросли здесь на заиленном д. з. представлены видами *Microcystis aeruginosa*, *M. pulverea*, *Lyngbia hieronimusii*, *Oscillatoria tenuis*, *Anabaena planctonica*, *Fragillaria constrictans*. Образование такого сообщества происходит во второй половине лета, часто среди разреженных зарослей выходящих водных растений. Большинство характерных и второстепенных видов этих микрофитоценозов являются планктонными и бенто-планктонными водорослями. Очень часто присутствие последних зависит от концентрации их в планктоне оз. Буртиньку, из которого река вытекает.

Ниже по течению, в окрестностях г. Мазолаца, встречаются пелореофильные микрофитоценозы с повышенным присутствием диатомовых водорослей. Здесь на илах и заиленных песках на синне-зеленых водорослях встречаются главным образом *Oscillatoria tenuis*, а иногда *O. tenuis* f. *subgrassa* и *O. tenuis* f. *tergestina*, которые достигают высокой численности, образуя на дне реки плотно лежащие дерновины, которые при

полнения всплывают на поверхность воды в виде хлопьев различной величины. Здесь на замедленных участках реки, где течение не превышает 2 м/с, происходит не только накопление планктонных *Bacillariophyta*, за счет их оседания (*Melosira granulata*, *Melosira italica*), но и массовое развитие типичных обитателей дна — *Nitzschia hungarica*, *Gyrosigma attenuata*, *Sargarella ovata*, *S. tenera*.

Своеобразные пелореофильные микрофитоценозы образовались в подпруженной части реки выше плотины у бумажной фабрики Стайцале. Здесь на заиленном дне, покрытом отходами фабрики, кроме синне-зеленых водорослей иногда в заметных количествах встречаются зеленые протококковые и некоторые евгленовые водоросли. Сообщества синне-зеленых водорослей здесь образуют виды *Anabaena scheregetievi*, *Oscillatoria tenuis*, *Microcystis aeruginosa*, к которым местами присоединяются зеленые протококковые водоросли *Scenedesmus quadricauda*, *Sc. acuminatus*, различные виды рода *Ankistrodesmus*, *Pediastrum bogranum* и др. Ценозы евгленовых водорослей образуют *Trachelomonas volvocina*, *T. intermedia*, *T. hispida*, *Euglena viridis*, *E. caudata*, *E. acus*.

Особенности гидрологического режима устьевых районов реки (в пределах г. Салацгрива) определяются главным образом притоком речных и нагоном морских вод. На заиленном грунте здесь немалая роль в донных сообществах принадлежит зеленым водорослям (особенно протококковым). В этой группе род *Scenedesmus* наиболее богат в видовом отношении (22 таксона), но только *Sc. quadricauda* играет руководящую роль в донных сообществах этого района. Из других видов протококковых водорослей здесь встречаются *Ankistrodesmus acicularis*, *A. angustus*, *Pediastrum bogranum*, *P. duplex*, *Oocystis submarina*, *Crucigenia quadrata*. Из синне-зеленых водорослей встречаются *Oscillatoria limosa*, *Anabaena scheregetievi*, *Aphanizomenon flos-aquae* (солонатоводная форма, заходящая из Рижского залива в устье реки), а из диатомовых — *Fragillaria paucistrans*, *Melosira italica*, *Gymatopleura elliptica*, *Cyclo-*

Рассмотренные нами группы микрофитобентоса в виде мозаики чередуются между собой по всему течению реки. Их распределение определяется скоростью течения реки, характером состава грунта на дне реки, степенью зарастания отдельных участков, а также различными внешними факторами, главным образом антропогенными.

### 3.3. Систематический состав водорослей

Исследования видовой состава водорослей р. Салаца вместе с другими гидробиологическими исследованиями проводятся с апреля 1962 г. и с некоторыми перерывами продолжают-ся до настоящего времени. До этого систематические исследования водорослей этой реки не проводились. 6 видов водорослей из р. Салаца отмечены в работах Скуп /82, 83/. Этими видами являются *Aphanothese castagnei* (Breb.) Rabenh., *Gleocarya montana* Kütz., *Microsterias stux-melit sis* (Nhr.) Hal., *Chromulina rosanoffii* Butschli, *Closterium venus* Kütz., *Staurastum gracile* Ralfs. До настоящего времени по исследованиям планктона, бентоса и обрастаний из р. Салаца нами определено 296 таксонов водорослей, которые по отделам распределяются следующим образом: Cyanophyta 81, Chrysophyta 6, Pyrrophyta 8, Euglenophyta 11, Chlorophyta 121, Charophyta 4, Rhodophyta 4, Bacillariophyta 61. Ниже приводится полный список обнаруженных таксонов водорослей с краткой характеристикой их распространения.

Отдел Cyanophyta  
Класс Chroococcales

*Hyphochloa elongatus* Nitzg. - ниже пос. Стайцале, бентос, единично.

*Chaetoderma lineare* Schmidle et Daut. - на о. П. Вещуге,  
бентос, единично.

*Dactyloscopus acicularis* Lemm - ниже по о. Стайцелле,  
планктон, очень редко.

*D. tharidicoides* Hansg. по о. Лагате, прибрежный планк-  
тон, очень редко.

*Merismopedia glauca* (Vhr.) Nitzg. - обычна в летнем планкто-  
не по всей реке.

*M. elegans* A. Br. - в летнем планктоне по всей реке, нередко.

*M. tenuissima* Lemmerm. - во многих местах в планктоне и в  
обрастаниях.

*Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Elenk. - в летнее время вызы-  
вает "цветение" воды в оз. Буртняку, откуда попадает в ре-  
ку.

*M. aeruginosa* f. *viridis* (A. Br.) Elenk. - в летнем планктоне  
реки, особенно в верхнем течении.

*Microcystis flos-aquae* (Wittz.) Kirsh. - вместе с предыдущим  
видом.

*M. grevillei* (Hans.) Elenk. - в летнем планктоне по всей ре-  
ке.

*M. pulverea* f. *pulverea* (Wood.) Forti - в летнее время часто  
встречается в оз. Буртняку, откуда попадает в реку.

*M. pulverea* f. *incerta* (Lemm.) Elenk. - вместе с основным ви-  
дом.

*Aphanothese castagnei* (Breb.) Rabenh. - редко в устьевой об-  
ласти в летнее время.

*A. alabens* (Breb.) Elenk. - редко в планктоне у истока.

*A. microscopica* Nitzg. - редко по всей реке.

*Glossosarva alpina* Nitzg. emend. Brand. - в обрастаниях на бере-  
говых песчанниках во многих местах.

*Gl. limnetica* (Lemmerm.) Hollerb. - в планктоне по всей ре-  
ке, сравнительно часто.

*Gl. magna* (Breb.) Kütz. - на береговых песчанниках.

*Gl. minor* (Kütz.) Hollerb. - в планктоне и на донном иле,  
редко.

- ~~Список видов.~~ в планктоне и на береговых  
песчаниках, по всей реке, часто.
- G. montana* Kütz. - на песчаниках, редко, пос. Стайцле,  
нас.п. Лагасте.
- G. ripustris* Kütz. - на береговых песчаниках, во многих  
местах.
- G. turgida* (Kütz.) Hollerb. - в летнем планктоне по всей  
реке довольно часто.
- G. turgida* f. *maxima* (Nyg.) Hollerb. - вместе с предыдущим  
видом.
- G. varia* (A. Br.) Hollerb. - так же.
- Coelosphaerium dubium* Grun. - в планктоне по всей реке,  
редко.
- G. kuetszingianum* Näg. - так же.
- Gomphosphaeria aronina* var. *aronina* Kütz. - часто в планк-  
тоне в летнее время, особенно в верхнем течении.
- G. aronina* var. *cordiformis* (Wolle) Elenk. - вместе с преды-  
дущим видом, редко.
- G. lacustris* Chod. - часто в летнем планктоне.
- Woronichinia naegeliana* (Ung.) Elenk. - в планктоне по всей  
реке, редко.

#### Класс Chaetoesiphonae

- Chaetoesiphon curvatus* (Borzi) Nordst. - эпифит на макрофи-  
тах, редко.
- Chaetoesiphon incrustans* Grun - эпифит на макрофитах, особен-  
но на *Cladophora*, сравнительно часто.
- Chaetoesiphon minutus* (Rostaf) Lemm. - вместе с предыдущим  
видом, редко.

Класс Hormogoneae

- Nostoc punctiforme* (Kütz.) Hariot - обычна в литоральной зоне на макрофитах.
- N. oeruleum* (Lyngb.) Elenk. - на водных растениях, редко.
- N. kuhlmani* (Lemm.) Elenk. - как предыдущий вид.
- N. linckia* (Roth.) Elenk. - на подводных камнях, ниже нас.п. Лагаче.
- Anabaena constricta* (Ssaf.) Geitl. - на илистых участках дна.
- Anabaena cylindrica* Lemmerm. - приустьевой участок реки, в планктоне и на водных растениях.
- Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Gréb. - распространена в летнем планктоне по всей реке.
- A. oscillarioides* Borgy - во многих местах на водных растениях.
- A. oscillarioides* f. *cylindrica* (Playf.) Elenk. - во многих местах на водных растениях.
- A. spirioides* Kleb. - распространена в летнее время в планктоне устьевой области.
- A. variabilis* Kütz. - на донных илах во многих местах.
- Cylindrocapsa licheniforme* (Borgy) Kütz. - на донных илах ниже пос. Стайцале, редко.
- C. stagnale* (Kütz.) Born. et Flah. - как предыдущий вид.
- Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs - часто в оз. Бургняку, откуда попадает в реку. Часто в планктоне приустьевой области.
- Vodularia spongiigena* Mert. - в планктоне приустьевой области, редко.
- Scytonema alatum* (Berk.) Borgi - на камнях ниже г. Мазоалаца, редко.
- Sc. musohrus* (Dillev.) Ag. - как предыдущий вид.
- Tolythrix distorta* (Fl. Dan.) Kütz. - на водных мхах, местами.

- C. tenuis* Kütz. - на высоких водных растениях по всей реке.
- Calothrix braunii* Born. et Flah. - на камнях ниже г. Мавсалапа, редко.
- C. gypsophila* (Kütz.) Thur. - на камнях и береговых почва-никах во многих местах.
- C. parietina* (Näg.) Thur. - как предыдущий вид,
- C. parietina* f. *brevis* Erceg. - так же.
- Rivularia coadunata* (Sommerf.) Foslie - на камнях и водных растениях, местами.
- Rivularia dura* Roth. - в приустьевой области, на *Oedogonium*, редко.
- Gloeotrichia natans* (Hedw.) Rabenh. - в планктоне у истока, редко.
- Gloeotrichia pisum* (Ag.) Thur. - так же.
- Oscillatoria amonea* (Kütz.) Gom. - в иле и на подводных растениях, по всей реке, редко.
- O. obalybea* (Mert.) Gom. - в иле и на камнях по всей реке, нередко.
- O. chlorina* (Menegh.) Gom. - в иле ниже пос. Стайцель.
- O. formosa* Borg. - на камнях у г. Мавсалапа.
- O. limosa* Ag. - на илистых грунтах, сравнительно часто.
- O. limnetica* Lemm. - в планктоне у истока летом, нередко.
- O. princeps* Vauch. - на иле в местах с медленным течением.
- O. tenuis* Ag. - часто на иле, подводных предметах и растениях по всей реке.
- Spirulina jenneri* (Hass.) - на иле ниже пос. Стайцель.
- Sp. tenuissima* Kütz. - так же.
- Phormidium ambiquum* Gom. - на иле выше г. Салацгрива.
- Ph. autumnale* (Ag.) Gom. - так же.
- Lunobia aestuarii* (Mert.) Liebm. - на иле в приустьевой области.

- L. epiphytica* Hieron. - эпифитно на нитчатых зеленых и ои-не-зеленых водорослях, нередко.
- L. hieronimusii* Lemmerm. - в планктоне ниже пос. Стайцэле, редко.
- L. kuetsingii* (Kütz.) Schmidle - эпифитно на нитчатых водорослях и высших водных растениях, нередко.
- L. limnetica* Lemm. - в планктоне у истока, летом сравнительно часто.
- Schizothrix calcicola* (Ag.) Gom. - на береговых пещаниках, ниже пос.п. Лагаоте.
- Homocothrix juliana* (Menegh.) Kirchn. - на камнях и водных растениях по всей реке, редко.

Отдел Chrysophyta  
Класс Chrysoomonadineae

- Chromulina rosanoffii* Bütschli - у г. Салацгрива, в планктоне.
- Hallemonas ascarides* Perty - в планктоне во второй половине лета.
- Hallemonas caudata* Ivanoff - как предыдущий вид.
- Dinobryon divergens* Imh. - попадает в реку из оз. Бу. Лянеку.
- D. sertularia* Ehr. - так же.
- D. sociale* Ehr. - так же.

Отдел Rhyzophyta  
Класс Rhyzomonadineae

- Rhyzomonas erosa* Ehr. - в планктоне в приустьевой области, редко.
- Rh. ovata* Ehr. - вместе с предыдущим видом.

Класс *Peridineae*

- Glenodinium elaptiewskyi* (Ost.) Schiller - в планктоне,  
редко.
- Glenodinium gymnodinium* Parnard - как предыдущий вид.
- Peridinium cinotum* (O.F.M.) Ehr. - в планктоне по всей реке.
- P. willei* Huitf.-Kaas - в планктоне по всей реке, редко.
- Gonyaulax catenata* (Lea) Kof. - в планктоне устьевой об-  
ласти. Попадает из Рижского залива.
- Ceratium hirudinella* (O.F.M.) Bergh. - в планктоне потока,  
редко.

Отдел *Euglenophyta*

Класс *Euglenophyceae*

- Trachelomonas hispida* (Perty) Stein - в планктоне по всей  
реке.
- Tr. hispida* var. *punctata* Lemm. - вместе с предыдущим видом.
- Tr. volvocina* Ehr. - в планктоне по всей реке.
- Euglena acus* Ehr. - местами в планктоне и на донных илах.
- Euglena viridis* Ehr. - редко, в устьевой области, на илах.
- Leptocinclis fusiformis* (Carter) Lemm. - в планктоне ниже  
пос. Стайцелю.
- Monomorpha pumum* (Ehr.) Mergsch. - в планктоне по всей  
реке, редко.
- Phacus acuminatus* Stokes - как предыдущий вид.
- Ph. curvicauda* Swir. - так же.
- Ph. longicauda* (Ehr.) Duj. - так же.
- Ph. pleuronectes* Duj. - в планктоне, редко.

Отдел *Chlorophyta*

Класс *Volvocaceae*

- Chlamydomonas intermedia* Chodat - эпифит на нитчатых во-  
дорослях.

- Chl. reinhardii* Dang. - как предыдущий вид.
- Gonium pectorale* Müller - в планктоне ниже г.Мазолаца, весной.
- Pandorina morum* (Müll.) Borg - в планктоне по всей реке, редко.
- Eudorina elegans* Ehr. - как предыдущий вид, но более часто.
- Volvox aureus* Ehr. - отдельные экземпляры в планктоне у истока реки.

#### Класс Chlorococcales

- Characium acuminatum* A. Br. - эпифит на нитчатых водорослях и высших водных растениях, часто.
- Characium ovatum* Reinh. - как предыдущий вид.
- Pediastrum clathratum* Lemm. - в планктоне, редко.
- Pediastrum clathratum* var. *microgorgium* Lemm. - единичные экземпляры у истока, в планктоне.
- P. biradiatum* Meyen - в планктоне у нас.п.Лагаоте, редко.
- P. biradiatum* var. *emarginatum* A. Braun - единичные экземпляры в планктоне устьевой области.
- P. boguianum* (Turp.) Menegh. - характерна для планкто. по всей реке.
- Pediastrum boguianum* var. *granulatum* (Kütz.) A. Br. - в планктоне ниже г.Мазолаца, редко.
- Pediastrum boguianum* var. *longicornis* Reinsch. - в планктоне устьевой области, часто.
- Pediastrum duplex* Meyen - обычный вид в планктоне по всей реке.
- P. duplex* var. *clathratum* A. Br. - единичные экземпляры в планктоне у истока.
- P. duplex* var. *serotinum* Raub. - в планктоне по всей реке, редко.

- P. duplex* var. *genuinum* A. Br. - в планктоне в летнее время ниже пос. Стайцела, редко.
- P. duplex* var. *reticulatum* Lag. - в планктоне по всей реке, нередко.
- P. kawraiskyi* Schmidle - редко в летнем планктоне выше г. Салацгрива.
- P. muticum* Kütz. - как предыдущий вид.
- P. simplex* var. *simplex* Meyen - единичные экземпляры в планктоне выше г. Салацгрива.
- P. simplex* var. *granulatum* Lemm. - как предыдущий вид.
- P. tetras* var. *tetras* Ralfs - в планктоне по всей реке в летнее время.
- P. tetras* var. *tetras* f. *tetraodon* (Corda) Rabenh. - так же.
- Hydrodictyon reticulatum* (L.) Lagerh. - у истока реки.
- Oocystis borgei* Snow - в планктоне по всей реке, редко.
- O. elliptica* W. West - как предыдущий вид.
- O. lacustris* Chod. - как предыдущий вид.
- O. solitaria* Wittg. - единичные экземпляры в планктоне по всей реке.
- O. submarina* Lagerh. - в планктоне приустьевой области, нередко в летнее время.
- Neprocotium lunatum* W. West - в летнем планктоне у истока, редко.
- N. agardhianum* Næg. - в планктоне устьевой области, не часто.
- Lagerheimia citriformis* (Snow) G. M. - единичные экземпляры в планктоне.
- Lagerheimia citriformis* (Snow) G. M. Smith - единичные экземпляры в планктоне.
- L. genevensis* Chodat - как предыдущий вид.
- Tetraedron bifidum* (Turp.) Will. - в планктоне, единичные экземпляры.
- T. caudatum* (Corda) Hansg. - так же.
- T. hostatum* (Rab.) Hansg. - так же.

- T. limneticum* Borge - так же.
- T. minimum* (A. Br.) Hansg. - так же.
- T. regulare* Kütz. - так же.
- T. trigonum* Hansg. - так же.
- Chlorella ellipsoidea* Germ. - в планктоне по всей реке, не часто.
- Chlorella vulgaris* Beyer. - характерна для планктона реки.
- Scenedesmus acuminatus* var. *acuminatus* (Lagerh.) Chod. - в планктоне по всей реке, часто.
- Sc. acuminatus* var. *alterans* Swir. - вместе с основными видами.
- Sc. acuminatus* var. *biseriatus* Reinh. - так же.
- Sc. apiculatus* (W. et W. West) Chod. - в планктоне по всей реке, редко.
- Sc. arcuatus* Lemm. - единичные экземпляры в планктоне.
- Sc. bijugatus* var. *bijugatus* (Turp.) Kütz. - характерна для планктона всей реки.
- Sc. bijugatus* var. *alterans* (Reinh.) Hansg. - вместе с основным видом.
- Sc. bijugatus* f. *seriatus* Chodat - так же.
- Sc. curvatus* Bohlf. - нередка в планктоне среднего течения.
- Sc. denticulatus* var. *denticulatus* Lagerh. - в планктоне устьевой области, редко.
- Sc. denticulatus* var. *linearis* Hansg. - вместе с основным видом.
- Sc. obliquus* (Turp.) Kütz. - в планктоне по всей реке, редко.
- Sc. oroliensis* var. *oroliensis* Richt. - характерна для планктона приустьевой части.
- Scenedesmus oroliensis* var. *abundans* Prins - вместе с основным видом.

- ~~Sc. quadricauda var. quadricauda (Turp.) Breb.~~ - В ПЛАНК-  
ТОНЕ, ОЧЕНЬ ЧАСТО.
- Sc. quadricauda var. abundans Kirchn. - ВМЕСТЕ С ОСНОВ-  
НЫМ ВИДОМ.
- Sc. quadricauda var. armatus Chod. - ВМЕСТЕ  
С ОСНОВНЫМ ВИДОМ.
- Sc. quadricauda var. dispers Breb. - ВМЕСТЕ С ОСНОВНЫМ  
ВИДОМ.
- Crucigenia emarginata (W. et W.) Schm. - В ПЛАНКТОНЕ НИЖЕ  
ПОС.СТАЙЦЕЛЕ, РЕДКО.
- Cr. rectangularis (A. Braun.) Gay - В ПЛАНКТОНЕ ПО ВСЕЙ  
РЕКЕ, ЧАСТО.
- Cr. quadrata Moor. - ХАРАКТЕРНА ДЛЯ ПЛАНКТОНА ВСЕЙ РЕКИ.
- Cr. tetrapedia (Kirchn.) W. et West - КАК ПРЕДУЩИЙ ВИД.
- Tetrastrum glabrum (Roll.) Ahlstr. - В ПЛАНКТОНЕ ПРИУСТЬЕ-  
ВОЙ ЧАСТИ, ЕДИНИЧНЫЕ ЭКЗЕМПЛЯРЫ ПО ВСЕЙ РЕКЕ.
- Ankistrodesmus acicularis A. Br. - В ПЛАНКТОНЕ ПО ВСЕЙ  
РЕКЕ.
- Ankistrodesmus falcatus var. falcatus (Corda) Ralfs - Ха-  
РАКТЕРНА ДЛЯ ПЛАНКТОНА ВСЕЙ РЕКИ.
- A. falcatus var. acicularis West - ВМЕСТЕ С ОСНОВНЫМ ВИ-  
ДОМ.
- A. falcatus var. duplex (Kütz.) West - ВМЕСТЕ С ОСНОВНЫМ  
ВИДОМ.
- A. fusiformis Corda - В ПЛАНКТОНЕ ПО ВСЕЙ РЕКЕ, РЕДКО.
- Coelastrum combriolum Arch. - У впадения Лагате, единичные  
ЭКЗЕМПЛЯРЫ В ПЛАНКТОНЕ.
- C. microgorgum Naeg. - ХАРАКТЕРНА ДЛЯ ПЛАНКТОНА ВСЕЙ РЕКИ.
- C. proboscideum Bohll. - КАК ПРЕДУЩИЙ ВИД.
- C. subaerulum Naeg. - В ПЛАНКТОНЕ ПО ВСЕЙ РЕКЕ, ЧАСТО.
- Cyathocryptus lobrostris Chodat - У ИСТОКА РЕКИ, ОТДЕЛЬ-  
НЫЕ ЭКЗЕМПЛЯРЫ.
- Cyathocryptus brevis Kütz. - КАК ПРЕДУЩИЙ ВИД.
- Cyathocryptus subaerulum Naeg. - В ПЛАНКТОНЕ ПО ВСЕЙ  
РЕКЕ, РЕДКО.

- Dictyosphaerium pulchellum* Wood - как предыдущий вид.  
*Kirchneriella lunaris* (Kirchn.) Moeb. - выше г. Мазсалаца,  
 в планктоне, редко.  
*Protococcus viridis* Ag. - на камнях в воде, часто.

#### Класс Ulothrixiaе

- Enteromorpha intestinalis* (L.) Link. - на камнях и другом  
 субстрате в приустьевом районе, часто.  
*Enteromorpha prolifera* J.G. Ag. - как предыдущий вид.  
*Ulothrix tenerrima* Kütz. - среди обрастаний на камнях во  
 многих местах.  
*Ulothrix variabilis* Kütz. - так же как предыдущий вид.  
*Ulothrix sonata* Kütz. - в обрастаниях по всей реке, час-  
 то.  
*Microthamnion kuetsingianum* Naeg. - среди обрастаний на  
 камнях, сравнительно редко.  
*Arphanotese gerens* A. Br. - как эцидит на нитчатых водорос-  
 лях, особенно на *Cladophora*, не часто.  
*Stigeoclonium fasciculare* Kütz. - в обрастаниях на камнях  
 по всей реке, редко.  
*Stigeoclonium tenue* Kütz. - в обрастаниях на камнях, по  
 всей реке, часто.  
*Draparnaldia glomerata* (Vauch.) Ag. - на высоких водных  
 растениях, выше пос. Стайцале.  
*Oedogonium* sp. *ster.* - в обрастаниях на макрофитах, доволь-  
 но часто.  
*Draparnaldia plumosa* (Vauch.) Ag. - на высоких водных расте-  
 ниях местами по всей реке.  
*Cladophora crispata* (Roth.) Kütz. - на камнях в приустье-  
 вом районе, часто.  
*Cl. fracta* Kütz. - часто образует обрастания на подводных  
 предметах, иногда свободно плавает.  
*Cl. glomerata* (L.) Kütz. - характерна как компонент обраста-  
 ний по всей реке, очень часто.

Класс Conjugatophyceae

Представители этого класса как в планктоне, так и среди обрастаний реки встречаются в виде единичных экземпляров. Отмечены следующие виды:

*Closterium acerorum* (Schrank) Ehr.

*Cl. aciculare* (Tuffen) West

*Cl. diana* Ehr.

*Cl. leibleinii* Kütz.

*Cl. Lunula* (Müll.) Nitzsch.

*Cl. moniliferum* (Bory) Ehr.

*Cl. venus* Kütz.

*Euastrum insulare* (Wittr.) Roy

*Micrasterias crux-melitensis* (Ehr.) Nass.

*Cosmarium angulosum* Breb.

*C. botrytrytis* Menegh.

*C. impressulum* Elf.

*C. faeve* Rabenh.

*C. meneghini* Breb.

*C. obtusum* Schmidle

*C. reniforme* (Ralfs) Arch.

*C. turpinii* var. *elegan*: Kissel.

*Xantidium antilopeum* (Breb.) Kütz.

*Staurastrum gracile* Ralfs

*St. paradoxum* Meyen

*Mougeotia* sp. sp. ster. - часто среди обрастаний, по всей реке.

*Spirogyra* sp. sp. ster. - часто среди обрастаний, по всей реке.

*Zygnema* sp. sp. ster. - как предыдущий вид.

Отдел Charophyta

*Bitella hyalina* (D.C.) Ag. - на правом берегу выше г. Маз-салаца.

- Onara aspera* (Detharding) Willd. - местами по всей реке.  
*Onara intermedia* A. Br. - на берегах выше пос. Стайцелы и у  
 нас.п. Дарагоге.  
*Onara foetida* A. Br. - местами по всей реке.

#### Отдел Rhodophyta

- Chantransia leibleinii* Kütz. - нижнее течение реки, на вод-  
 ных растениях.  
*Ch. chalybea* (Roth.) Fries - как предыдущий вид.  
*Lemanea fluviatilis* Ag. - на камнях в нижнем течении ре-  
 ки, редко.  
*Hildebrandtia rivularis* (Liebm.) J. Ag. - часто на камнях  
 в нижнем течении реки.

#### Отдел Bacillariophyta Класс Centricae

- Melosira ambigua* (Gr.) O. Mull. - в планктоне и среди обра-  
 щаний по всей реке, главным образом в летнее время.  
*M. arctica* (Ehr.) Dickie - характерна для весеннего планк-  
 тона Рижского залива, откуда попадает в планктон устье-  
 вой части.  
*M. granulata* var. *angustissima* (O. Muller) Hust. - вместе  
 с основным видом.  
*M. islandica* subsp. *helvetica* O. Mull. - встречается в весен-  
 нем и осеннем планктоне по всей реке.  
*Melosira italica* var. *italica* (Ehr.) Kütz. - вместе с пре-  
 дыдущим видом.  
*M. italica* var. *tenuissima* Kütz. - вместе с основным ви-  
 дом.  
*M. varians* Ag. - часто в бентосе по всей реке.  
*Thalassiosira baltica* (Grun.) Ostf. - характерна для весен-  
 него планктона Рижского залива, откуда попадает в при-  
 устьевую часть.

*Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz. - иногда в летнем планктоне по всей реке.

*Cyclotella kuetzingiana* Thwait. - изредка в приустьевой области.

*Stephanodiscus astraea* (Ehr.) Grun. - довольно обычна в планктоне по всей реке.

*St. hantzschii* Grun. - обычна в планктоне по всей реке.

*Coscinodiscus granii* Gough. - характерна для планктона Рижского залива, откуда попадает в приустьевую часть.

*Chaetoceros danicus* Cl. - как предыдущий вид.

*Ch. wighamii* Bright - попадает в приустьевую часть из Рижского залива.

#### Класс Pennatae

*Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. - в планктоне по всей реке.

*T. flocculosa* (Roth.) Kütz. - эпифит в литоральной зоне.

*Meridion circulare* Ag. - эпифит на нитчатых зеленых водорослях.

*Diatoma elongatum* (Lyngb.) Ag. - в весеннем планктоне, редко.

*D. vulgare* Borg. - обычная бентическая водоросль по всей реке.

*Fragillaria capucina* Desm. - обычна в весеннем планктоне по всей реке.

*Fragillaria crotonensis* Kitt. - в весеннем планктоне приустьевой части.

*Fragillaria intermedia* Grun. - в весеннем планктоне по всей реке.

*Synedra acus* Kütz. - характерна для планктона всей реки.

*S. pulchella* (Ralfs) Kütz. - эпифит на макрофитах по всей реке.

*S. ulna* (Nitzsch.) Ehr. - очень часто в планктоне по всей реке.

- B. vaucheriae* Kütz. - эпифит на зеленых нитчатых водорослях, нередко.
- Asterionella formosa* Nass. - в планктоне у истока.
- Cocconeis pediculus* Ehr. - обычный эпифит на нитчатых водорослях.
- C. placentula* Ehr. - как предыдущий вид.
- Achnanthes taeniata* (Wreb.) Grun. - характерна для весеннего планктона Рижского залива, откуда попадает в реку.
- A. minutissima* Kütz. - в планктоне реки.
- Mastogloia smithii* Thw. - в бентосе приустьевой части, редко.
- Stauroneis anceps* Ehr. - в бентосе по всей реке, сравнительно часто.
- Navicula scyrtoscephala* Kütz. - в планктоне по всей реке, особенно весной и осенью.
- N. cuspidata* Kütz. - встречается среди обрастаний.
- N. pupula* Kütz. - обычна в бентосе по всей реке.
- N. radiosa* Kütz. - в бентосе по всей реке.
- N. rhynchoscephala* Kütz. - обычна в бентосе по всей реке.
- Pinnularia microstauron* (Ehr.) Cleve - местами в бентосе, редко.
- Pinnularia viridis* (Nitzsch.) Ehr. - как предыдущий вид.
- Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh. - бентический вид, нередко встречается в планктоне по всей реке.
- G. attenuatum* (Kütz.) Rabenh. - как предыдущий вид.
- Gyrodinium ovale* Kütz. - нередко в планктоне по всей реке.
- Gymbella cuspidata* Kütz. - в обрастаниях.
- G. laevis* Rab. - в обрастаниях.
- G. lanceolata* (Ehr.) V. H. - в обрастаниях и в планктоне.
- G. pusilla* Grun. - в планктоне.
- G. viride* (Ehr.) Cleve - в обрастаниях и в планктоне.

- Gomphonema acuminatum* Ehr. - в обрастаниях, часто.  
*G. constrictum* Ehr. - так же.  
*G. lanceolatum* Ehr. - так же.  
*Epithemia sorex* Kütz. - в бентосе и обрастаниях, редко.  
*E. zebra* (Ehr.) Kütz. - в бентосе и обрастаниях, довольно часто, по всей реке.  
*Nitzschia acicularis* W. Sm. - обычна в планктоне по всей реке.  
*Gymatopleura elliptica* (Breb.) W. Sm. - в бентосе, единично.  
*G. solea* (Breb.) W. Smith - как предыдущий вид.  
*Surirella linearis* W. Sm. - в планктоне устьевой части, редко.  
*Campylodiscus olupeus* Ehr. - местами в бентосе, единично.  
*Campylodiscus norisus* Ehr. - так же.

А.И. Рудзрога, И.Ю. Друвиетис  
(Институт биологии АН ЛатвССР)

## ФИТОПЛАНКТОН РИЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ГОДЫ ЕГО СТАНОВЛЕНИЯ

Рижское водохранилище, так же, как и Кегумское водохранилище, относится к речного типа. Так как до запланированного заполнения осенью 1975 г., биоценозы фитопланктона в нем в стадии формирования.

Исследования материала по фитопланкtonу водохранилища начались летом 1976 г. До наступления холодов в толще воды водохранилища нами было обнаружено несколько разновидностей водорослей, которые распределены следующим образом: сине-зеленые - диатомовые - 38, пиррофитовые - 2, эвгленовые - 42. Многие из найденных видов не являются типичными, а представляют собой формы, образующиеся в результате воздействия потока воды в ее толщу. Особое



**БИОЛОГИЧЕСКИЕ  
ОСНОВЫ  
РАЦИОНАЛЬНОГО  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЖИВОТНОГО И  
РАСТИТЕЛЬНОГО  
МИРА**

**П.А.Цимдинь, В.И.Родинов, П.Д.Друшметис**  
**Институт биологии АН ЛатвССР, Саласпилс**  
**ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕПИ В ВОДОЕМЕ,**  
**ПОДВЕРГАЮЩЕМСЯ ЕвТРОФИРУЮЩЕМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ**  
**ДРЕНАЖНЫХ СТОКОВ**

Исследования проводились в 1976-1977 гг. на одном из опытно-меморативных участков, расположенных на Северолатвийской моренной равнине. Рельеф опытного участка относительно ровный, со средним уклоном поверхности  $1 < 2\%$ . Дренажная система закрытая, с различными вариантами

ми закладки дрен по глубине. Часть дренажных вод с площади примерно 30 га культивируемых полей через открытые каналы поступает в проточное озеро с площадью зеркала 0,54 км<sup>2</sup> и глубиной до 3 м. Дно озера илистое, толщина слоя ила до 50 см. Берега пологие, заросшие кустарником, литораль озера заросшая высшей водной растительностью (камышом, рдестом и др.). На весенний период приходится до 60% годового стока дренажных вод, в исследованные годы среднесуточные модули дренажного стока в период максимума весеннего половодья (вторая половина марта, апрель) составляли 0,4-0,7 л/с.га, что соответствует среднему по водности гидрологическому году.

Питательные вещества, поступающие в водоем с удобрением полей, во многом определяют функционирование пищевой цепи: продуценты → первичные консументы → вторичные консументы, а также влияют на сезонный характер развития первых двух звеньев этой цепи.

Отсутствие литоральных макрофитов связано со слабовыраженной литоральной зоной, заболоченностью берегов, ввиду этого продуценты в озере представлены фитопланктоном и лишь в некоторой степени водной растительностью.

В весенний период при температуре воды 14-15°C в фитопланктоне преобладают диатомовые *Diatoma elongata* - 126000 кл./л, 0,33 мг/л; *Melosira italica* - 22400 кл./л, 0,02 мг/л; *Navicula* sp. - 12800 кл./л, которые обеспечивают пищевые потребности следующего звена трофической цепи - первичных консументов (фильтраторы *Rotatoria* - 650 экз./л; *Cladocera* - 120 экз./л).

В летний период обильно развиваются сине-зеленые водоросли *Anabaena planctonica* - 10 248 000 кл./л, *A. spiralis* - 74 600 кл./л, которые не улавливаются фильтраторами (забивается фильтрующий аппарат) и тем самым существенно блокируется пищевая цепь. Это приводит к резкому снижению численности фильтраторов.

В осенний период отмершие сине-зеленые водоросли становятся доступными фильтраторам, но пониженная температура воды (4-5°C) препятствует обильному развитию зоопланктона. В фитопланктоне преобладают диатомовые и зеленые водоросли *Melosira italica*, *Diatoma elongatum*, *Scenedesmus* sp., в зоопланктоне - колеровки *Keratella hiemalis*, *Rotaria murrayi*, *Eusentium* sp. и хищные веслоногие *Cyclops strenuus*, *Mesocyclops leuckarti*.

Вторичные консументы представлены *Abramis brama*, *Butilus rutilus*, *Tinca tinca*, *Esox lucius*, запасы которых бедны. Это объясняется не только нарушенным функционированием пищевой цепи, но и ухудшением среды обитания, отчасти вызванным выделяемыми сине-зелеными водорослями (Алабаева) токсическими веществами. Часть поступающих в водоем питательных веществ задерживают макрофиты заболоченной береговой зоны *Typha latifolia*, *Sparganium angustatum*, *Alisma plantago*, но, несмотря на это, внутриводоемные процессы (перераспределение гидробионтов, изменение их биоактивности) протекают в направлении накопления биогенных элементов в воде и донных отложениях. Минимальные концентрации биогенных элементов (по данным Матисоне) в воде приходятся на весенний период ( $P(PO_4^{3-}) = 0,03$  мг/л;  $NO_3^- = 0,80$  мг/л), на период наиболее интенсивного их потребления продуцентами. Максимальные концентрации биогенных элементов в воде отмечаются осенью - зимой ( $P(PO_4^{3-}) = 0,05$  мг/л;  $NO_3^- = 3,5$  мг/л), это обусловлено усилением деструкционных процессов.

Таким образом, исследования показали, что поступающие в водоем питательные вещества вызывают эвтрофирование озер, которое выражается не только в увеличении концентрации питательных веществ в воде и донных отложениях, в интенсивном приросте первичной продукции, но и в нарушении функционирования пищевой цепи. Этот процесс приводит к накоплению непродуктивного илового слоя, заболачиванию водоемов и в конечном итоге к уменьшению рыбных запасов.

# **УВ** СЪЕЗД



## **ВСЕСОЮЗНОГО ГИДРО- БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА**

**КИЕВ  
1-4  
ДЕКАБРЯ  
1981**

**4**

О.К.

П. А. Цимдинь, М. Н. Матисоне, А. Г. Малберга,  
И. Ю. Друвиетис, В. И. Родионов, Г. Х. Вейланде  
Институт биологии АН ЛатССР, Саласпилс

#### ЕВТРОФИРОВАНИЕ МАЛЫХ ОЗЕР ЛАТВИИ

Исследования влияния дренажных вод и стоков с сельскохозяйственных угодий проведены на двух типичных озерах - высокоэвтрофном оз. Кирума (площадь зеркала 0,54 км<sup>2</sup>, средняя глубина до 3 м) и олиготрофном оз. Вайдава (площадь зеркала 0,80 км<sup>2</sup>, глубина до 10 м).

Установлено, что основной приток азота и фосфора происходит в результате поверхностного смыва удобрений в период их весеннего внесения в почву. На этот период приходится в среднем 50-60% годового стока дренажных вод, объем которых колеблется от 5 до 10% объема озера в год. Вынос биогенов с используемой в сельском хозяйстве водосборной площади озер со средним уклоном 2-3° достигает максимума весной и составляет до 0,3 мг PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> и до 20 мг азота на 1 л стоков с полей. Этот максимум обусловлен преимущественно процессами эрозии почв. Среднемесячные концентрации биогенных элементов в дренажных водах весной при глубине закладки дрен до 1,0 м значительно ниже - до 0,002 мг PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> и 0,1 мг N/л и эвтрофирования озер не вызывает. Среднегодовой вынос биогенных элементов с поверхностным смывом и дренажными водами составляет 0,4 кг P/га в год. Вынос азота колеблется от 16 до 47 кг N/га в год и в более значительной степени, чем вынос фосфора, зависит от обработки почвы и сезонного распределения осадков в данном районе.

Это приводит к снижению гетеротрофной продукции, к изменениям гидрографических свойств озера. Снижается прозрачность, насыщенность вод гипolimниона кислородом, сужаются границы трофогенного горизонта (до 1,0–0,5 м), подщелачиваются воды эпилимниона, литораль зарастает макрофитами, и постепенно в пелагиали образуются плавни.

В экспериментальных условиях установлено, что концентрации 0,003–0,015 мг  $\text{PO}_4^{3-}$ /л заметного влияния на активизацию биологических процессов не оказывают. Концентрации 0,03–0,08 мг  $\text{PO}_4^{3-}$ /л стимулируют развитие фитопланктона (зеленых водорослей), зоопланктона (фильтраторов), инфузорий (эвридагов) и развитие азотобактероподобных бактерий, которые уже начиная со второго–пятого дня после внесения удобрения в воду, значительно повышают свою продукцию и достигают максимума через пять–семь дней. Концентрации, превышающие 0,10–0,16 мг  $\text{PO}_4^{3-}$ /л, не стимулируют развития гидробионтов; отмечены лишь некоторые всплески развития синезеленых и зеленых водорослей, pH изменяется от 7,6 до 9,0.

Выбор методов деэвтрофирования обусловлен региональными условиями – морфологией водоема и водосборной площади, уровнем эвтрофирования и техническими возможностями. Установлено, что биологический метод деэвтрофирования с использованием пищевой сети для элиминации избытка биогенов, хотя частично и решает проблему производства продовольственных белков (рыба), эффективен только в начальных стадиях эвтрофирования при концентрации 0,003–0,015 мг  $\text{PO}_4^{3-}$ /л.

# VĒSTIS ИЗВЕСТИЯ

АКАДЕМИИ НАУК ЛАТВИЙСКОЙ ССР

IZNAK REIZI MENESI KOPS 1947. GADA AUGUSTA  
ВЫХОДИТ ЕЖЕМЕСЯЧНО С АВГУСТА 1947 ГОДА



## Научные обзоры

УДК 577.472(28).(474.5)

П. А. Цимдинь, И. Ю. Друвиетис, О. Л. Качалова,  
Р. А. Лиена, М. Н. Матисоне, А. Г. Мелберга,  
Э. А. Пареле, В. И. Родионов, А. И. Рудзрога

### ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МАЛЫХ ОЗЕР ЛАТВИИ

Классификация озер Латвии проводилась неоднократно, главным образом, на основе фаунистических данных с учетом взаимосвязи определенного комплекса видов с некоторыми гидрографическими свойствами водоема [2, 15]. В процессе возрастающего антропогенного евтрофирования озера республики за последние десятилетия претерпели значительные изменения. Управление развитием озер выдвигает проблему регулирования круговорота элементов на их водосборных бассейнах [1]. Для решения этой проблемы нами применена естественная классификация озер, основанная на олиготрофно-евтрофной системе. Типологическими признаками служат показатели среды и связь ряда видов с определенным субстратом или определенными условиями среды обитания. Тип трофии устанавливается на основе экологических исследований простейших, бактерио-, фито-, зоопланктона и макрозообентоса и связи их распределения и развития с типом грунтов, рельефом водосборной площади, степенью зарастаемости озер макрофитами и их видовым составом.

### ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены в июле—августе 1976—1980 гг. в стадии зрелости водных биоценозов. Они охватывают все основные зоны озер, а в их пределах — характерные биотопы. Исследования проведены на озерах, представляющих два различных типа олиготрофно-евтрофной сукцессии: олиготрофных — Вайдава, Кажя, Раценю, Салас, Унгурмуйжас и политрофных — Арайшу, Кирума, Сасмакас, Лаздонас, Вилкмулжас (средняя площадь зеркала до 100 га, средняя глубина менее 10 м). Политрофное состояние озер соответствует дисевтрофному типу [6] в болотах и культурных ландшафтах Эстонии, а также хтониевтрофному типу водоемов Финляндии [18].

### СТРУКТУРА БИОЦЕНОЗОВ РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР

В политрофных озерах для распределения и развития гидробиоценозов характерны выраженные различия в вертикальном распределении сообществ планктона. Основная масса зоопланктона развивается в эпилимнионе, причем это развитие не имеет выраженного горизонтального градиента, поскольку озера сильно заросшие. Различие между литоралью и пелагиалью основано, главным образом, на различии видового состава водных макрофитов и связанных с ними видов гидробионтов. В участках пелагиали, заросших макрофитами *Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*, *Potamogeton* sp., найдены виды, которые нельзя отнести к определенному типу трофии водоема, поскольку их жизнь связана с водными макрофитами как субстратом. Это коловратки *Cephalodella globata*, *Collotheca calva*, *C. algicola*, *Cupelopagis vorax*, *Floscularia janus*,

*Beaušhampia crucigera*, *Ptygura brevis*, *Adineta vaga*. В республике эти виды характерны для олигомезотрофных озер, для литоральной зоны с растениями *Scirpus lacustris*, *Myriophyllum* sp. В литорали политрофных озер в комплексе макрофитов *Typha latifolia*, *Scirpus lacustris*, *Ranunculus*, *Comarum* sp. найдены виды, характерные для полисапробных участков рек: *Trichocerca cylindrica*, *Rotaria neptunia*, *R. saprobica*, *Cephalodella t. tinca*, *C. clara*, *Pleurotrocha petromyzon f. gigantea*, *Brachionus urceus*. Таким образом, зоопланктон политрофных озер представлен теми же видами, которые характеризуют сапробность водотоков [12]. Трофия озер уменьшается в направлении от литорали к пелагиали; фитофильный комплекс коловраток имеет олиготрофно-мезотрофный характер, что связано с благоприятными кислородными условиями в верхнем горизонте водоема (до 0,5 м насыщенность  $O_2$  до 150%). Насыщенность воды кислородом на глубине 2—3 м достигает 8% и определяет, по-видимому, вертикальный градиент планктонной системы.

Бентосные инфузории в политрофных озерах представлены 14 видами, более или менее равномерно распределенными по верхнему слою дна водоема. 7 из них являются доминирующими во всех обследованных биотопах: *Coleps hirtus*, *Loxodes magnus*, *L. striatus*, *Strombidium viride*, *Frontonia leucas*, *Spirostomum teres*, *S. minus*.

В профундальной зоне появляются сапропелебиотические формы *Paramecium caudatum*, *Metopus es*, а также планктонные виды *Tinntinnidium fluviatile*, *Tinntinnopsis cratera*.

Особенности развития зообентоса политрофных озер зависят не только от химического состава воды, но и от состава и образования грунтов. Дно озер покрыто мощным слоем ила и примесью детрита, торфа и ракушечника (из отмерших затворок и битиний). Большая часть донных отложений имеет аллохтонное происхождение, что способствует развитию однообразной и небогатой донной фауны. Основу ее образуют олигохеты, составляющие до 70% общей численности макробентоса. Их численность в июле 2 тыс. экз./м<sup>2</sup>; это преимущественно губифидиды из родов *Potamotrix*, *Limnodrilus*. В литорали, среди растительного детрита и древесных остатков, макробентос более разнообразен (олигохеты, пиявки и личинки ручейников). Поступающие с поверхностными стоками биогены, накапливающиеся в грунтах литорали, увеличивают продуктивность донных биоценозов (до 4 тыс. экз./м<sup>2</sup>).

В олиготрофных озерах зоопланктон имеет выраженные различия количественного распределения видов как в направлении от литорали к пелагиали, так и от эпилимниона к гиполимниону. В литорали преобладают зарослевые формы, их численность невысокая, в среднем 12 экз./л. Ракообразные в литорали уступают по численности коловраткам и представлены такими видами, как *Eurycercus lamellatus*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Bosmina coregoni thersites*, *B. obtusirostris lacustris*, *Chydorus ovalis*.

В пелагиали и эпилимнионе характерен комплекс коловраток и ветвистоусых ракообразных: *Kellicottia longispina*, *Polyarthra dolychoptera brachyptera*, *P. eurypetra*, *Keratella irregularis*, *Bosmina l. longirostris*, *B. l. pelludica*, *Daphnia longispina*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Limnospira frontosa*.

Повсеместное распространение в планктоне отмечено у *Coleps hirtus*, *Strombidium* sp., но их численность снижается с глубиной. В поверхностном слое воды в массовом количестве развиваются колониальные *E. rotans* (в колонии до 10 зооид) и *Zoothamnium arbuscula* (в колонии 50—200 зооид). Число видов снижается с возрастанием глубины, преобладающими становятся бентосные формы.

Видовое разнообразие бентосных инфузорий выше. Всего обнаружено 42 вида, из них эвритоным является только *Coleps hirtus*. Количество видов инфузорий сокращается в направлении от литоральной зоны к профундальной. В литорали на глубине 2 м обнаружено 12 ви-

дов, на глубине 9 м на грунтах — всего 2—4 вида. Это *Coleps hirtus*, *Epalxella mirabilis*, *Sanderia vestita*, *Parablepharisma* sp.

Развитие макробентоса связано с доминирующими песчано-илистыми и гравийными грунтами, которые местами покрыты растительным и древесным детритом. В литорали донная фауна озер состоит в основном из хирономид, олигохет и личинок насекомых. Средняя численность зообентоса 1700 экз./м<sup>2</sup>, биомасса 32 г/м<sup>2</sup>, не считая крупных моллюсков *Anodonta*, *Unio*, биомасса которых 110 г/м<sup>2</sup>. В озерах обнаружено около 80 форм и видов животных, из них 30 видов моллюсков (живых 17). По численности преобладают олигохеты и хирономиды. В литорали на глубине до 2 м, где дно покрыто песком, гравием и галечником, распределение зообентоса имеет характерные черты. Моллюски (71% всей биомассы литорального бентоса) представлены крупными *Viviparus*, *Anodonta*, *Unio* и мелкими *Valvata piscinalis*, *Bithinia tentaculata*. Численность олигохет и хирономид уменьшается с возрастанием глубины, на глубине 1 м численность хирономид в среднем 1400 экз./м<sup>2</sup>, олигохет 1400 экз./м<sup>2</sup>. На глубине 2,5 м эти показатели снижаются почти вдвое, а на глубине 4 м численность хирономид составляет только 420, олигохет 200 экз./м<sup>2</sup>.

В открытой части озера на глубине 6—9 м среди ила состав макробентоса однороден, его численность 720 экз./м<sup>2</sup>, биомасса 2,6 г/м<sup>2</sup>, 60% общей численности организмов дают *Potamotrix hommonensis* и нектобентические личинки *Chaoborus crystallinus*. Характерны также личинки *Chironomidae* и моллюски *Pisidium americanum*.

Наиболее богата и обильна фауна зообентоса в литорали на глубине до 2 м в местах, где к озерам прилегают холмистые леса и экстенсивно используемые луга. Литоральная бентофауна отражает естественное евтрофирование водоемов, вызванное стоками эрозии почв (эрозия, вызываемая туризмом). Среди ила и детрита обнаружено обилие донных животных (3680 экз./м<sup>2</sup>), главным образом олигохет, представленных наидидами и тубифицидами (*Nais barbata*, *N. pardalis*, *Ripistes parasita*, *Slavina appendiculata*).

Таким образом, в озерах как олиготрофного, так и политрофного типа увеличение трофии начинается в литорали в направлении к пелагиали. Естественное евтрофирование в олиготрофных озерах появляется локально, в местах с холмистыми берегами, и прогрессирует довольно быстро. Локальное увеличение трофии литорали от олигомезотрофного состояния до евтрофного происходит в течение 3—4 лет. Политрофное состояние озер вызвано антропогенным евтрофированием, повышенным притоком биогенов с культивируемых сельхозугодий и животноводческих комплексов. Создавшийся избыток питательных веществ, который превышает их количество, необходимое для оптимальных запасов рыбы в данном водоеме, вызывает и поддерживает вредное для водоема последствие — политрофию [9, 24]. Условия в водоеме неблагоприятны для развития рыб. Характерно, что после достижения политрофного состояния различия между литоралью и пелагиалью слабо выражены и наблюдается даже обратное, по сравнению с олиготрофными водоемами, явление — снижение трофии в литорали. Этот процесс обусловлен интенсивным зарастанием озер, вследствие которого часть литорально-водного биотопа превращается в наземный. В нем поддерживаются достаточные для водных макрофитов условия влаги. Макрофиты замедляют поступление поверхностного стока в пелагиаль.

Следует отметить, что зональность процессов превращения веществ, ярко выраженное взаимодействие суши и пелагиали, усиленное воздействие поступающих в водоемы веществ в ближайшей к урезу воды зоне характерно при изменении типологического режима озер [13, 14]. Для предотвращения евтрофирования, которое даже в естественных условиях может иметь ощутимые темпы, основное внимание следует уделять исследованиям литорали, выявлению индикаторных организмов и

факторов, ускоряющих процесс евтрофирования. Одним из основных внутриводоемных факторов, определяющих развитие гидробионтов, является температура воды, распределение которой во многом зависит от прозрачности. Температура воды влияет на литоральную зону в целом; литораль быстрее прогревается, в нее поступают аллохтонные вещества. Поэтому в литорали олиготрофных озер может образоваться зона повышенной продуктивности с возрастающей численностью организмов с коротким жизненным циклом (*Strombidium* sp., *Halteria grandinella*). Вслед за ними появляются хищные формы *Amphileptus trachelioides*, типичная теплолюбивая форма *Paradileptus conicus*. Колониальная инфузория *Zoothamnium arbuscula* в планктоне олиготрофных озер отмечена повсеместно, однако максимальная ее численность (до 100 колоний в 1 л) обнаружена в литорали. Большинство планктонных организмов в сильно евтрофных водах не развиваются. Для политрофных озер характерны эпизойные инфузории (из рода *Epistylis*), которые покрывают ракообразных и последние опускаются на дно водоема. В отличие от других гидробионтов (макрогидробионтов), у которых ответная реакция на изменения внешней среды наступает через длительную лагфазу [25], инфузории отличаются быстрой ответной реакцией. Их качественные и, особенно количественные, изменения могут служить индикаторами евтрофирования и степени загрязненности водоемов. Особо следует отметить протозойный бентос, поскольку «дождь» органики с водной толщи концентрируется в придонном слое воды и на поверхности грунта. Ценозы инфузорий здесь сходны с загрязненными районами водоемов, т. е. индикаторы трофии являются и индикаторами загрязнения [22]. В политрофных водоемах протозойные планктонные и бентосные сообщества во всех зонах сходны. В олиготрофных озерах только в центральных районах образуются чисто олиготрофные ценозы; в литоральной зоне преобладают евтрофные виды.

Виды зоопланктона — индикаторы трофии — хорошо известны. В общих чертах евтрофные виды, такие как *Daphnia cucullata*, *Bosmina coregoni*, *Daphnia cristata*, *Brachionus angularis*, *B. calyciflorus*, *Trichocerca cylindrica*, *Keratella cochlearis tecta* сходны для евтрофных вод как Латвии, так и Литвы [4], Эстонии [1, 5, 6, 20], Швеции [17, 22] и Финляндии [18].

Наличие определенного комплекса видов еще не позволяет установить степень их связи с типом водоема, поскольку условия обитания в их микросреде могут резко различаться. При этом разные виды предпочитают различные субстраты, в том числе водные макрофиты. Выше упоминается о появлении в фитоассоциациях *Nuphar*, *Nymphaea* политрофных озер олиготрофных видов *Floscularia* sp., *Limnias melicerta*, но они отражают лишь временное состояние «экологического комфорта» в определенной фазе развития макрофитов и обрастаний, сопровождающееся пересыщением эпилимниона кислородом. Берзиньш [17] на основании долговременных исследований установил степень связи большинства видов коловраток с различными условиями среды обитания. Им установлено, что в рассмотренной ассоциации *Nuphar*, *Nymphaea* в 59% случаев обитает *Cephalodella auriculata*, а в 22% — найденный нами *Floscularia janus*.

В выявлении видов-индикаторов не менее важна роль температуры. Для ряда видов из рода *Polyarthra* установлен температурный преферендум [16], который для найденных в исследованных нами озерах видов *P. dolichoptera*, *P. eurypetra* соответствует 6—12 и 15—21°. Холодлюбивые формы могут появляться в гиполимнионе в период летне-стагнации, когда температура воды в верхнем 2,5-метровом горизонте 22—24°. В олиготрофных озерах в это время найдены *Keratella hiemalis*, *Polyarthra dolichoptera brachyptera*, *Keratella cochlearis macracantha*, *K. quadrata longispina*. Несомненным индикатором локальной евтрофии признано появление видов *Keratella cochlearis tecta*, *Anuraeopsis fiss-*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Продуктивность и биотический баланс большинства пресноводных экосистем неразрывно связаны с интенсификацией сельскохозяйственного производства. Стоки с сельхозугодий, вымывая питательные вещества и поступая в водоемы в виде диффузного притока, вызывают ускоренное евтрофирование водоемов. В лимнологической литературе хорошо освещены причины и последствия евтрофирования. Признавая, что евтрофирование есть естественное старение водной экосистемы [3, 7, 18], для предотвращения неконтролируемого ускорения этого процесса, вызванного притоком в водную экосистему избыточного количества питательных веществ, необходимо уделять особое внимание тем факторам, которые его определяют.

По характеру зарастания водоемов различают два типа евтрофирования: бентосное евтрофирование растениями на богатых питательными веществами субстратах и евтрофирование фитопланктоном [10]. В природе для начальных стадий евтрофирования характерно интенсивное развитие фитопланктона и лишь после накопления в водоеме определенного количества питательных веществ начинается бентосное евтрофирование.

Исследования влияния дренажных вод и стоков с сельхозугодий проведены на олиготрофном озере Вайдава и политрофном озере Кирума. В качестве модели ускоренного евтрофирования использованы искусственно удобряемые объемы озерной воды (полиэтиленовые мешки объемом до 200 л). Минеральное удобрение — нитрофоску ( $N_{12}P_{12}K_{12}$ ) — добавляли к изолированным объемам из расчета, чтобы концентрации фосфора и азота в воде в разных вариантах эксперимента соответствовали наиболее часто встречающимся концентрациям этих элементов в местах смешения дренажных и озерных вод. Исследования изменений гидрохимических параметров среды, скорости биотических процессов (развития фито-, зоо- и бактериопланктона, характера сукцессии) в зависимости от начальной концентрации биогенных элементов проводились в трех повторностях. После одноразового внесения в воду нитрофоски содержание фосфора составило 0,003; 0,015; 0,03; 0,08 и 0,16 мг  $PO_4^{3-}$ /л, общего азота 0,3; 0,7; 1,2; 2,0 и 3,5 мг N/л. Исследования проводились в течение 20 дней июля.

Объем дренажных стоков, поступающих в озеро с водосборной площади со средним уклоном до 2°, колеблется от 5 до 10% объема озера в год. Основной приток биогенных элементов происходит с поверхностным смывом удобрений в период их весеннего внесения в почву. На этот период приходится в среднем 50—60% годового стока дренажных вод. Весной в этих стоках отмечены наибольшие концентрации биогенных элементов ( $PO_4^{3-}$  до 0,3; N до 20 мг/л), в то время как в дренажных водах при глубине закладки дрен до 1 м концентрация фосфора ниже (0,002 мг  $PO_4^{3-}$ /л), чем в озерной воде (весной 0,005 мг  $PO_4^{3-}$ /л и выше).

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Добавление минерального удобрения в количествах, соответствующих концентрациям фосфора 0,003 и 0,015 мг  $PO_4^{3-}$ /л, заметного влияния на активизацию биологических процессов не оказало. Показатели развития отдельных групп водорослей и общая численность фитопланктона в течение всего периода исследования (20 дней) имели незначительные отклонения от фонового изолированного объема, но были несколько ниже, чем в озере — в среднем 4,4 млн. кл./л. Преобладание сине-зеленых водорослей и их устойчивость к выеданию, а также возможное токсичное действие метаболитов этих водорослей во многом определяли развитие гетеротрофных организмов. Максимум развития сине-зеленых водорослей совпадает с минимумом развития инфузорий

(до 500 экз./л), организмов зоопланктона-фильтраторов (до 200 экз./л) и гетеротрофных микроорганизмов (до 120 кл./мл). Таким образом, при концентрации фосфора 0,03—0,015 мг  $\text{PO}_4^{3-}$ /л евтрофирование планктоном выражается в усиленном развитии сине-зеленых водорослей, которые блокируют нормальное функционирование пищевой цепи [11].

Более выраженные отклонения от фонового состояния в ходе опыта отмечены при концентрациях 0,03 и 0,08 мг  $\text{PO}_4^{3-}$ /л. Наибольший прирост клеток водорослей отмечен в период с 8-го по 12-й день с начала опыта, максимума достигают сине-зеленые водоросли (10,7 млн. кл./л). Происходит перегруппировка видового состава инфузорий и зоопланктона — с возрастанием концентрации фосфора всеядная крупная инфузория *Condylostoma vorticella* вытесняет хищника *Amphileptus trachelioides*, в зоопланктоне максимума достигают коловратки *Keratella cochlearis tecta* и ракообразные *Daphnia magna*, *Acroperus harpae*, *Polyphemus pediculus*.

Общая численность бактериопланктона увеличивается незначительно, но меняется соотношение численности гетеротрофов и азотобактероподобных в пользу последних, которые достигают максимума. Бактерии крупных размеров (2 мк), развивающиеся в начале эксперимента, сменяет мелкая микрофлора (длина бактерий до 1 мк). К концу эксперимента (на 15—20-й день) число клеток фитопланктона сильно уменьшается: исчезают диатомовые водоросли, сокращается число клеток сине-зеленых водорослей, но продолжают бурно развиваться зеленые водоросли. Соотношение численности гетеротрофных и азотобактероподобных бактерий уравнивается, хотя по сравнению с фоном меняется мало. Это связано с интенсивным развитием зоопланктона и инфузорий. Происходят изменения в доминантной группе инфузорий: стенофагов *Amphileptus trachelioides* сменяют эврифаги *Stylonychia mytilus*, *Coleps hirtus*, которые питаются водорослями и детритом. После отмирания сине-зеленых водорослей пышно развиваются мелкие инфузории, питающиеся детритом *Microthorax pusillus*, *Enchelys* sp., вслед за ними развиваются хищные инфузории *Stentor polymorphus*, *Didinium nasutum*, *Lacrimaria* sp. В зоопланктоне преобладают фильтраторы *Keratella cochlearis tecta*, *Anuraeopsis fissa*, а также перифитонные виды *Adineta tenuicornis*, *Mniobia armata*, *Philodina brevipes*, обитающие в обрастаниях на внутренних стенках мешков.

Некоторые отклонения от характера развития разных групп гидробионтов в вариантах с концентрацией  $\text{PO}_4^{3-}$  0,03 и 0,08 мг/л отмечены в варианте с концентрацией 0,16 мг/л, при которой развитие диатомовых и сине-зеленых водорослей угнетено, но зеленые водоросли продолжают бурно развиваться. В таких условиях развитие зоопланктона угнетено.

При рассмотрении полученных результатов с точки зрения рыбного хозяйства-деевтрофикатора, критерием оценки служит используемая в пищевом рационе рыб биомасса гидробионтов, в первую очередь, зоопланктона и зообентоса. С этой точки зрения, концентрация минерального удобрения в воде менее 0,16 мг  $\text{PO}_4^{3-}$ /л стимулирует развитие зоопланктона; содержание фосфора 0,16 мг  $\text{PO}_4^{3-}$ /л и выше не стимулирует развитие зоопланктона. Наиболее значительный прирост численности зоопланктона происходит в период с 9-го по 15-й день после однократного внесения удобрения в воду в тех случаях, когда популяции фильтраторов не испытывают угнетающего давления хищников или сине-зеленых водорослей (при концентрациях 0,03 и 0,08 мг  $\text{PO}_4^{3-}$ /л). В экспериментальных исследованиях на 10-й день после заполнения мешков водой проявляется эффект изолированного водного биотопа, который выражается в повышенной продуктивности фито-, бактерио- и зоопланктона по сравнению с открытым водоемом. Причиной этого считаем повышенное, по сравнению с озером, соотношение субстрат — водная поверхность, отсутствие грунтового питания и перемешивания водных масс.

Полученные в эксперименте данные указывают на возможность изъятия биогенных элементов из воды биологическим способом. Если к началу 20-дневного опыта концентрации фосфора и общего азота составляли соответственно 0,08 мг  $\text{PO}_4^{3-}/\text{л}$  и 2,6 мг  $\text{N}/\text{л}$ , то к концу опыта концентрация азота снизилась до 0,14 мг  $\text{N}/\text{л}$ , а концентрация фосфора уже на 10-й день была ниже 0,001 мг  $\text{PO}_4^{3-}/\text{л}$ . В то же время неблагоприятные для развития рыб химические показатели воды не отмечены: рН колебалось в пределах от 7,7 до 8,9, насыщенность воды кислородом в верхнем горизонте глубиной до 0,5 м была не ниже 90%. Однако следует учесть, что эти данные относятся лишь к евтрофированию фитопланктоном, поскольку исследования проведены только в трофогенном слое. Продуктивность же озера обусловлена биотическими процессами во всей лимнической системе, начиная от поверхности воды и включая донные отложения [21], при этом важное значение имеют не только внутриводоемные процессы, но и регионально-ландшафтные и антропогенные факторы [8]. Продолжительное поступление биогенных элементов в водоемы, интенсивное развитие и последующее отмирание (разложение) планктона в осенне-зимний период приводят к накоплению органического вещества в седименте. Для ускоренного евтрофирования — зарастания озер — это играет ничтожную роль [23], поскольку основную массу донных отложений дают водные макрофиты. Однако сущность ускоренного евтрофирования (рис. 1, 2) — это увеличение скорости оборота веществ в водоеме. Естественный ход развития изолированной озерной экосистемы выражается в снижении биомассы фитопланктона и увеличении биомассы зоопланктона. При концентрации 0,16 мг  $\text{PO}_4^{3-}/\text{л}$  эти процессы угнетены, но при концентрации 0,03 мг  $\text{PO}_4^{3-}/\text{л}$  они достигают максимума с 5-го по 10-й день эксперимента, т. е. протекают вдвое быстрее, чем в контроле. Ускорение внутриводоемных процессов на низших трофических уровнях приводит к ускоренному евтрофированию озер.

Выводы. Типологические изменения малых озер Латвии происходят, главным образом, под влиянием хозяйственной деятельности человека на водосборной площади. Изменения типологического режима озер идут в направлении их евтрофирования, скорость которого зависит от объема и концентрации поступающих с водосбора стоков.

Вынос биогенов с используемой в сельском хозяйстве водосборной площади озер со средним уклоном 2—3% максимума достигает весной и составляет до 0,3 мг  $\text{PO}_4^{3-}/\text{л}$  и до 20 мг  $\text{N}/\text{л}$  стоков с полей. Этот максимум обусловлен преимущественно эрозией почв. Среднемесячные кон-

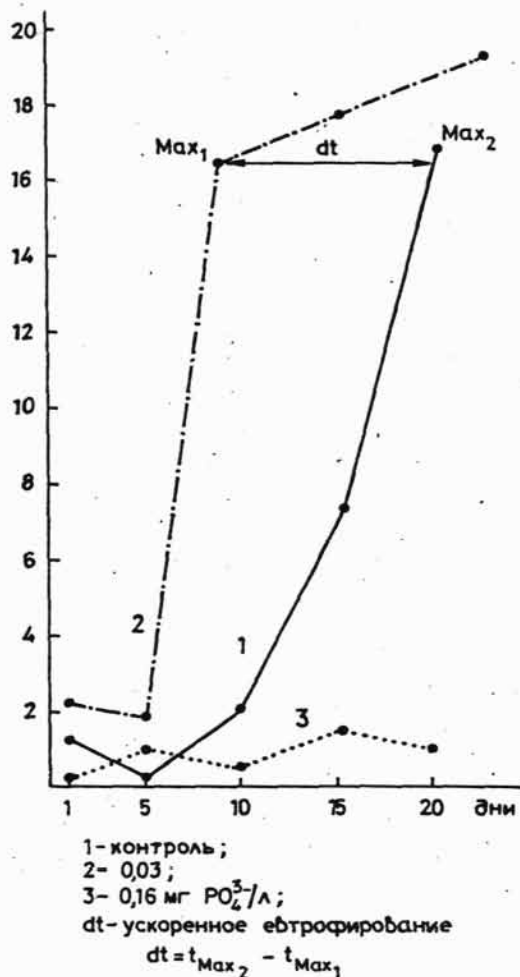


Рис. 1. Изменение показателя биомасса зоопланктона / биомасса фитопланктона при различных концентрациях минеральных удобрений

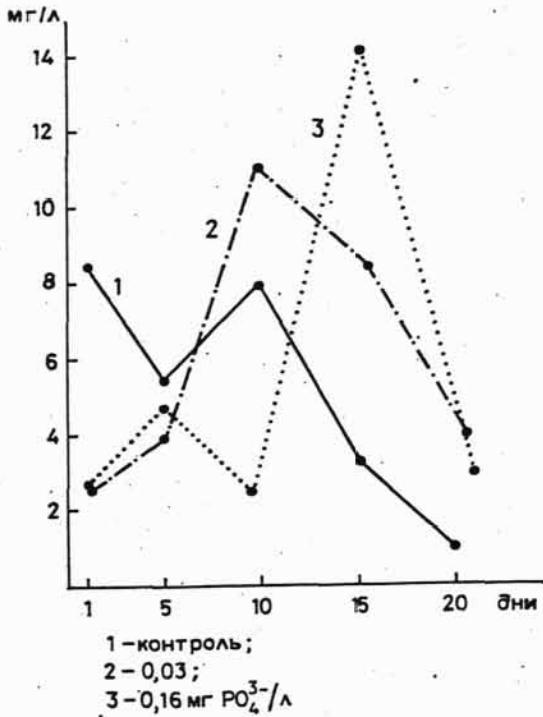


Рис. 2. Прирост биомассы фитопланктона при различных концентрациях минеральных удобрений

(фильтраторов), инфузорий (эврифагов) и азотобактероподобных бактерий, которые, начиная с 2—5-го дня после внесения удобрения в воду, значительно повышают свою продуктивность и достигают максимума через 5—7 дней. Концентрации, превышающие 0,16 мг PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/л, не стимулируют развитие гидробионтов.

центрации биогенных элементов в дренажных водах весной при глубине закладки дрен до 1 м значительно ниже — до 0,002 мг PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> и 0,1 мг N/л и евтрофирования озер не вызывают. Среднегодовой вынос биогенных элементов с поверхностным смывом и дренажными водами составляет 0,4 кг P/га в год. Вынос азота колеблется от 16 до 47 кг N/га в год и в более значительной степени, чем вынос фосфора, зависит от обработки почвы и сезонного распределения осадков в конкретном районе.

В экспериментальных условиях установлено, что концентрации 0,003—0,015 мг PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/л заметного влияния на активизацию биологических процессов не оказывают. Концентрации 0,03—0,08 мг PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/л стимулируют развитие фитопланктона (зеленых водорослей), зоопланктона

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенное воздействие на малые озера. Л.: Наука, 1980. 173 с.
2. Вадзис Д. Р., Лине Р. Я., Сейсума З. К. Зоопланктон и макробентос в озерах Латвии. Р.: Зинатне, 1976. 161 с.
3. Вегенер У. Соотношение сельскохозяйственных факторов к водохозяйственному использованию в водосборном бассейне водохранилища питьевой воды. — В кн.: Евросим-76. Мат. междунардн. симпозиума по вопросам евтрофирования и оздоровления поверхностных вод. Карл-Маркс-Штадт, 1976, т. 5, с. 41—57.
4. Киселите Т. Некоторые черты зоопланктона озер Литвы. — В кн.: Гидробиологические исследования. Т. 3. Тарту, 1962, с. 99—106.
5. Мязметс А. Зоогеографическая характеристика фауны ветвистоусых рачков (*Cladocera*) Эстонии и районирование территории на основе их распространения. — Там же, с. 122—136.
6. Мязметс А. Х. Гидробиологическая характеристика озер Эстонии. — В кн.: Гидробиология и рыбное хозяйство внутренних водоемов Прибалтики. Таллин, 1969, с. 13—25.
7. Обенг Л. Последствия евтрофирования для окружающей среды. — В кн.: Евросим-76, т. 5, с. 150—153.
8. Слава Э., Цимдинь П. Спектры УФ поглощения вод евтрофированного водоема и факторы, определяющие их изменения. — В кн.: Биологические основы рационального использования животного и растительного мира. Р.: Зинатне, 1978, с. 218—221.
9. Слава Э., Цимдинь П. А. Химико-биологические показатели политрофии озер. — В кн.: Проблемы экологии Прибайкалья. I. Продуктивность водных экосистем. Иркутск, 1979, с. 104—105.
10. Фельфельди Л. Использование евтрофированных вод и технология их восстановления. — В кн.: Евросим-76, т. 5, с. 6—20.
11. Цимдинь П. А., Родинов В. И., Друшветис И. Ю. Функционирование пищевой цепи в водоеме, подвергающемся евтрофирующему воздействию дренажных стоков. — В кн.: Биологические основы рационального использования животного и растительного мира. Р.: Зинатне, 1978, с. 226—229.

12. Цимдинь П. А. Коловратки как биоиндикаторы сапробности. — Гидробиол. журн., 1979, т. 15, вып. 4, с. 63—67.
13. Шилькрот Г. С. Типологические изменения режима озер в условиях культурных ландшафтов. М.: Наука, 1979. 166 с.
14. Vanoub M. W. The Effect of Reeds on the Water Chemistry of Gradensee (Bodensee). — Arch. Hydrobiol., 1975, vol. 4, p. 500—521.
15. Bērziņš B. Zur Limnologie der Seen Südostlettlands. — Schweizerische Zeitschrift für Hydrobiologie. Basel, 1949, Bd. 11, Nr. 3/4, S. 583—607.
16. Bērziņš B. Med urtidshjyl i rymdaldern. — Aquannalen. Lund, 1976, Nr. 1; p. 2—10.
17. Bērziņš B. Ekologiska glimtar över rotatorier fran Aneboda. — Aquannalen, Lund, 1977, Nr. 1, p. 3—11.
18. Järnefelt H. Zur Limnologie einiger Gewässer Finnlands. XVI. — Ann. Zool. Soc., Helsinki, 1956, Tom. 17, N 1, s. 201.
19. Landner L. Eutrophication of Lakes- Its Causes Effects and Means for Control with Emphasis on Lake Rehabilitation. — WHO Long-Term Program in Envir. Poll. Contr. Euro 3130. Swedisch Water and Air Pollution Laboratory. Stockholm, 1976, p. 98.
20. Mäemets A., Raitviir A. On the Classification of Estonian Lakes Based on the Analysis of Principal Components and Coordinates. — Toimetised EESTI. NSV Teaduste Akadeemia. 26. köide, Biologia, 1977, Nr. 2, lk. 138—148.
21. Ohle W. Typologische Kennzeichnungen der Gewässer auf Grund ihrer Aktivität. Verh. Internat. Verein. Limnol. XIII. Stuttgart, 1958, S. 196—211.
22. Pejler B. Regional Ecological Studies of Swedisch Fresh-Water Zooplankton. — Zool. bidrag från Uppsala. 1965, vol. 36, Nr. 4, p. 505.
23. Uhlmann D., Hrbáček J. Kriterien der Eutrophie stehender Gewässer. — Limnologica, Berlin, 1976, Bd. 10, N 2, S. 245—253.
24. Welte E., Timmermann F. Anteil der Abwässer landwirtschaftlicher Herkunft an der Eutrophierung und Belastung von Fliessgewässern. — Ber. Landwirtsch., Hamburg; Berlin: Verlag P. Parey, 1977, vol. 55, Nr. 4, S. 665—672.
25. Wiederholm T. Long -Term Change in the Profundal Benthos of Lake Mälaren. — Verh. Internat. Verein. Limnol., 1978, vol. 20, p. 818—824.

Институт биологии АН ЛатвССР

Дата поступления 20.10.81.