

## СОСТАВ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ДОМИНИРУЮЩИХ ВИДОВ В ФИТОПЛАНКТОНЕ ИВАНОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ВОЛЖСКИЙ ПЛЕС)

© 2009 В.Н. Паутова<sup>1</sup>, О.Г. Горохова<sup>1</sup>, Л.Г. Корнева<sup>2</sup>,  
С.И. Генкал<sup>2</sup>, В.И. Номоконова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт экологии Волжского бассейна, г. Тольятти

<sup>2</sup> Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина, пос. Борок

Поступила 03.06.2009

Обсуждаются результаты изучения фитопланктона в апреле-октябре 1992 г. на станции, расположенной в Волжском плесе Ивановского водохранилища. Рассмотрена в связи с изменениями температуры воды сезонная динамика видов, лидирующих в разных систематических группах водорослей. Приведена частота их встречаемости и доминирования, максимальная численность и биомасса. Охарактеризована сезонная сукцессия и долговременные изменения состава видов, доминирующих по численности и биомассе всех групп фитопланктона в целом.

Ключевые слова: фитопланктон, доминирующие виды, сезонная сукцессия, долговременные изменения, Ивановское водохранилище.

Ивановскому водохранилищу уже более 70 лет. Исследования фитопланктона водохранилища, начавшиеся в 1937-1938 гг., имеют длительную историю, последние наблюдения были выполнены в августе-октябре 1989 г., октябре 1990 г. и августе 1991, 1995, 1997, 2000 гг. [1]. Сезонные наблюдения за фитопланктоном были прерваны после 1988 г. [2], при этом последние (в 1985, 1986 и 1988 гг.) были выполнены с ежемесячным интервалом. Цель настоящей работы – по данным, полученным при частом отборе проб в апреле-октябре 1992 г., определить состав и динамику видов, доминирующих в разных отделах водорослей, что важно при уточнении их экологических характеристик, и всех групп фитопланктона в целом в Волжском плесе водохранилища в конце 20-го столетия.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования в 1992 г. проводились с 6 апреля до 28 октября в Волжском плесе Ивановского водохранилища на базе стационара ИВП РАН, расположенного в районе пос. Плоски. Приход воды в водохранилище в 1992 г. был немногим ниже среднемноголетних значений [3]. Устойчивый переход температуры воды через 4°C наблюдался 17 апреля, через 10°C 8 мая, через 15°C в конце мая, но в

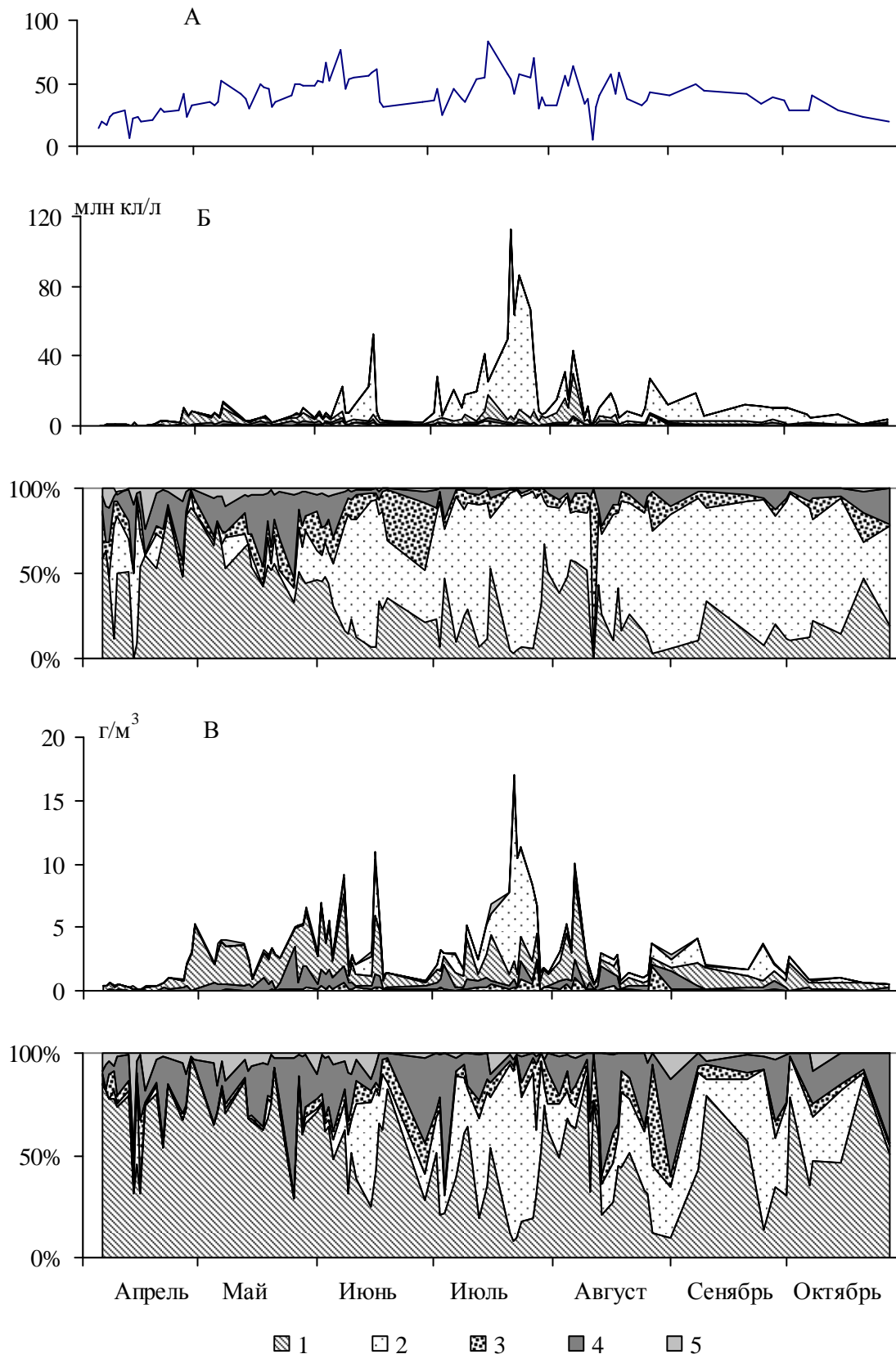
дальнейшем развитие весенних процессов при частом вторжении арктических воздушных масс было замедленным: к 20°C она приближалась 1-2 июня (равнялась 19,5-20,2 °C), 15-17 июня (19,5-19,6 °C) и 2-3 июля (20,1-20,3 °C) и устойчиво перешла через 20 °C только 13 июля [4]. Обратный переход температуры воды через 20°C °C наблюдался 19 августа. Температура поверхностного слоя достигала 24,6 °C, прозрачность воды изменялась от 0,5 до 1,7 м. Характеристика гидрофизических параметров на исследованном участке и системы наблюдений представлена в статье О.Г. Гороховой и др. [5]. Всего было собрано 95 проб фитопланктона. Их количественная обработка проведена с использованием стандартных методов [6]. К доминирующим относили виды, численность (биомасса) которых составляла > 10 % от суммарной отдела или таковой фитопланктона в целом. Для анализа использованы пробы, взятые из поверхностного слоя воды.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В планктоне в 1992 г. было встречено 392 таксона водорослей рангом ниже рода, из которых 262 входит в список Л.Г. Корневой [1], составленный по данным долговременных исследований фитопланктона водохранилища, 123 были встречены впервые [5]. В их числе – виды со сравнительно высокой частотой встречаемости: *Rhodomonas lens* Pasch. (52%), *Chlamydomonas globosa* Snow. (27), *Actinastrum hantzschii* var. *subtile* Wolozs. (19), *Peridinium umbonatum* Stein. (17) и др., а также два вида синезеленых водорослей, вошедших в доминирующий комплекс: *Anabaena circinalis* (Kütz.) Hansg. и *Anabaena* sp.

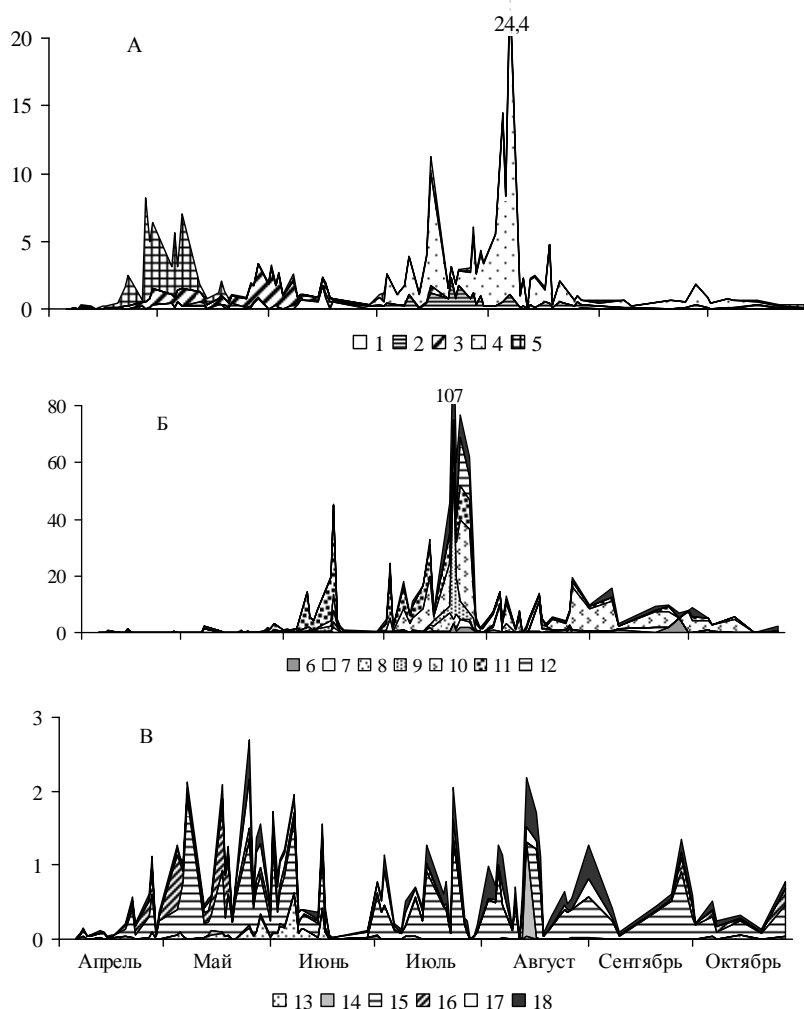
Общее число видов и внутривидовых таксонов в пробах варьировало от 6 до 83 (рис. 1 А): повышалось от апреля к началу июня (к первому приближению температуры воды к 20 °C), снижалось при неустойчивых погодных

Паутова Валентина Николаевна, кандидат биологических наук, заведующий группой фитопланктона, Горохова Ольга Геннадьевна, младший научный сотрудник той же группы; Номоконова Валентина Ивановна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник той же группы. E-mail: vnpautova@mail.ru. Корнева Людмила Генриховна, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией альгологии. korneva@ibiw.yaroslavl.ru. Генкал Сергей Иванович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник. E-mail: genkal@ibiw.yaroslavl.ru



**Рис.1.** Сезонная динамика удельного видового богатства водорослей (А), численности (Б) и биомассы (В) водорослей основных систематических отделов и их процентное соотношение в фитопланктоне Волжского плеса водохранилища.

Отделы: 1 – диатомовые, 2 – синезеленые, 3 – зеленые, 4 – криптофитовые, 5 – водоросли других систематических отделов.



**Рис.2.** Сезонная динамика численности (млн кл/л) видов, доминирующих среди диатомовых (А), синезеленых (Б) и криптофитовых (В) водорослей.

Диатомовые: 1 – *Aulacoseira islandica*, 2 – *A. granulata*, 3 – *Stephanodiscus hantzschii*, 4 – *Skeletonema subsalsum*, 5 – мелкоразмерные неидентифицированные *Centrophyceae*. Синезеленые: 6 – *Microcystis aeruginosa*, 7 – *M. pulverea*, 8 – *Anabaena scheremetievi*, 9 – *A. flos-aquae*, 10 – *Planktothrix agardhii*, 11 – *Aphanizomenon flos-aquae*, 12 – *Anabaena spiroides*. Криптофитовые: 13 – *Rhodomonas lens*, 14 – *R. minuta*, 15 – *Chroomonas acuta*, 16 – *Cryptomonas caudata*, 17 – *Cryptomonas curvata*. Прочие виды в каждом отделе – 18.

условиях и вновь увеличивалось в летние месяцы. Максимум численности (до 113 млн. кл./л) и биомассы фитопланктона (до 16,8 г/м<sup>3</sup>) формировался в летний биологический сезон при интенсивной вегетации синезеленых водорослей.

Основу флористического разнообразия фитопланктона создавали зеленые и диатомовые водоросли, суммарной численности - диатомовые и синезеленые, биомассы – диатомовые, синезеленые и криптофитовые (рис. 1 Б, В, табл. 1). Как видно из рис. 1, между изменением количества видов в пробах, численности и биомассы водорослей прослеживалась тенденция к прямой зависимости.

Уровень развития весеннего фитопланктона, как и во всех водохранилищах Волги, определяли диатомовые водоросли. Ранней весной, в конце апреля – начале мая, в фитопланктоне доминировала группа мелкоразмерных *Centrophyceae* (рис. 2 А), трудно или практически не определяемых в световом микроскопе. Исследование трех весенних проб

с применением электронной микроскопии (табл. 2) показало, что она состоит из видов, характерных и для других волжских водохранилищ (кроме *Stephanodiscus volgensis* Genkal et Korneva). Их суммарная численность 28 апреля при температуре воды 5<sup>0</sup> С достигала 7,7 млн. кл./л. В доминирующий комплекс видов (в основном по величинам биомассы) в разные сроки ранней весны входили *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *Aulacoseira islandica* (O.Müll.) Sim. и *Melosira varians* Ag. *Stephanodiscus hantzschii* встречался в планктоне до окончания вегетационного периода. *Aulacoseira islandica* - до начала июля. *Melosira varians* эпизодически отмечалась среди доминантов (по биомассе) в разные биологические сезоны.

**Таблица 1.** Число видов и внутривидовых таксонов (1), средняя численность (2, млн кл./л) и биомасса водорослей (3, г/м<sup>3</sup>) в планктоне Волжского плеса водохранилища

Отдел	1	2	3
Cyanophyta	43	9,211	0,894
Chrysophyta	30	0,078	0,028
Bacillariophyta	126	2,869	1,554
Xanthophyta	5	0,001	<0,001
Cryptophyta	17	0,663	0,482
Dinophyta	10	0,012	0,060
Euglenophyta	20	0,003	0,010
Chlorophyta	141	0,720	0,180
Vсего	392	13,559	3,209

При прогреве воды > 10 °С, поздней весной, обилие мелкоразмерных неидентифицированных Centrophyceae уменьшалось. Эпизодически преобладали *Diatoma tenuis* Ag. (до 0,576 млн. кл./л) и *Asterionella formosa* Hass. (0,344). В конце мая начиналось интенсивное развитие *Stephanodiscus hantzschii*, численность которого достигала 2,5-2,7 млн. кл./л при температуре воды 14,4 (29 мая) - 19,5 °С (4 июня). Во второй декаде июня при неустойчивых погодных условиях и затем при устойчивом увеличении температуры воды > 20 °С обилие *S. hantzschii* снижалось. В доминирующей комплекс среди диатомовых водорослей продолжала входить *Aulacoseira islandica*, максимум численности которой наблюдался 16 июня при температуре воды 19,6 °С (1,7 млн. кл./л).

В летний биологический сезон среди диатомовых водорослей доминировали *Skeletonema subsalsum*, встречающаяся в планктоне с апреля, и при значительно меньшем обилии *Aulacoseira granulata*. Начало интенсивного развития *Skeletonema subsalsum* совпадало с приближением температуры воды к устойчивому прогреву воды > 20 °С. Первый пик численности наблюдался 16 июля, значительно более высокий второй (22,3 млн. кл./л) - при штилевой погоде 7 августа и температуре воды, равной 21,6 °С. Максимальная численность *Aulacoseira granulata* отмечалась 22 июля при температуре воды 23,1 °С (2,2 млн. кл./л). Те же водоросли продолжали лидировать и при устойчивом снижении температуры воды < 20 °С. Поздней осенью при низкой их численности в состав преобладающих видов эпизодически входил *Stephanodiscus binderanus* (Kütz.) Krieg., встречающийся на протяжении всего периода наблюдений в 23% проб. Его численность не превышала 0,384 млн. кл./л.

Наибольшей частотой доминирования по численности среди диатомовых водорослей в апреле-октябре выделялись *Skeletonema subsalsum* - 47% (общая частота встречаемости - 62%), *Stephanodiscus hantzschii* - 36 (83%), мелкоразмерные неидентифицированные Centrophyceae - 33 (89,5), *Aulacoseira granulata* - 33 (68). Реже лидировала *Aulacoseira islandica* - 16 (29) и крайне редко - *Asterionella formosa* - 5 (69), *Stephanodiscus*

*binderanus* - 5 (23) и *Diatoma tenuis* - 4 (50). Относительно высокой встречаемостью (56) отличалась также *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm., но в группу доминирующих видов не входила. Эпизодически в ней оказывались *Stephanodiscus invisitatus* - 5 (29), а также 13 видов с частотой доминирования до 3 % и встречаемостью от 1 до 42 %.

**Таблица 2.** Видовой состав Centrophyceae по данным электронной микроскопии в весеннем фитопланктоне Волжского плеса водохранилища

Дата	Виды
28 апреля	<i>Aulacoseira islandica</i> , <i>A.subarctica</i> (O.Müll.) Hawort., <i>Discostella pseudostelligera</i> (Hust.) Houk et Klee., <i>Cyclostephanos dubius</i> (Fricke) Round, <i>Cyclotella atomus</i> Hust., <i>Melosira varians</i> , <i>Skeletonema subsalsum</i> (Cleve - Euler) Bethge, <i>Stephanodiscus agassizensis</i> Håk.et Kling, <i>S. hantzschii</i> , <i>S. minutulus</i> (Kütz.) Cleve et Möller, <i>S. invisitatus</i> Hohn et Helleman, <i>Thalassiosira guillardii</i> Hasle, <i>T. incerta</i> Makar.
19 мая	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim., <i>Actinocyclus normanii</i> (Greg.) Hust., <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz., <i>C. stelligera</i> Cl. et Grun., <i>Cyclostephanos dubius</i> <i>Stephanodiscus agassizensis</i> , <i>S. hantzschii</i> , <i>S. invisitatus</i> , <i>S. volgensis</i> .
8 июня	<i>Aulacoseira islandica</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>A. ambigua</i> (Grun.) Sim., <i>Actinocyclus normanii</i> , <i>Cyclostephanos dubius</i> , <i>Stephanodiscus agassizensis</i> , <i>S. invisitatus</i> , <i>S. makarovae</i> Genkal.

По биомассе выделялись *Skeletonema subsalsum* - до 4,7 г/м<sup>3</sup>, *Stephanodiscus hantzschii* - 4,53 г/м<sup>3</sup>, *Aulacoseira islandica* - 3,28 г/м<sup>3</sup>, *Melosira varians* - 2,68 г/м<sup>3</sup>, *Aulacoseira granulata* - 2,1 г/м<sup>3</sup>. Биомасса мелкоразмерных неидентифицированных Centrophyceae не превышала 0,877 г/м<sup>3</sup>. Среди других диатомовых водорослей при малой численности (не более 0,232 млн. кл./л) повышенной биомассой - до 0,756 г/м<sup>3</sup> выделялись часто встречающиеся виды - *C. meneghiniana* (в 76% проб) и *Discostella stelligera* (65).

Синезеленые водоросли в сравнительно небольшом количестве начинали встречаться в планктоне с апреля, систематически - со второй половины мая, при прогреве воды > 10 °С. Их обилие эпизодически увеличивалось с приближением температуры к 20 °С, нарастало после устойчивого перехода ее через 20 °С и максимальных значений достигало в третьей декаде июля. К началу августа их численность снижалась, но продолжала эпизодически повышаться до начала октября.

По численности среди синезеленых водорослей преобладали *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. и *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anag. et Kom (рис. 2 Б). *Aphanizomenon flos-aquae* эпизодически регистрировался в фитопланктоне с апреля, регулярно - с конца мая, после повышения температуры воды > 15 °С, *Planktothrix agardhii* систематически - с окончания первой декады июня. До конца октября *Aphanizomenon flos-aquae* и *Planktothrix agardhii* регулярно присутствовали в фитопланктоне, при

этом роль *Aphanizomenon flos-aquae* постепенно снижалась, и резко увеличивалось значение *Planktothrix agardhii*. Намного менее активно развивались такие обычные представители летнего фитопланктона волжских водохранилищ, как *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Vreb. (численность до 51,9 млн кл./л), *Microcystis pulvereae* (Wood) Forty emend Elenk. (10,5), *M. aeruginosa* Kütz emend. Elenk (5,0), а также *Anabaena scheremetievi* (30). Из них *Microcystis aeruginosa* и *M. pulvereae* обнаруживались в планктоне с апреля до октября, менее продолжительно вегетировали *Anabaena flos-aquae* – с конца мая до начала сентября и *Anabaena scheremetievi* – с начала июня до середины августа.

Первый пик в развитии синезеленых водорослей, связанный с резким увеличением обилия *Aphanizomenon flos-aquae*, наблюдался 16 июня. Летний максимум в третьей декаде июля формировали *Planktothrix agardhii* (численность до 29,9 млн кл./л), *Aphanizomenon flos-aquae* (10,8), *Anabaena flos-aquae* (51,9), *A. scheremetievi* (6,7), а также *Anabaena* sp., *A. spiroides* Kleb., *Merismopedia tenuissima* Lemm., *A. circinalis* (численностью от 3,4 до 20,8 млн кл./л). В другие даты эти виды или не отмечались, или редко встречались в фитопланктоне. Такое разнообразие доминирующих видов в период летнего максимума синезеленых водорослей зарегистрировано в водохранилище впервые. Максимальным было и удельное видовое богатство синезеленых водорослей – 9-12 в пробе.

Группу видов с высокой частотой доминирования образовали *Aphanizomenon flos-aquae* – 52% (частота встречаемости 74%) и *Planktothrix agardhii* 32 (56), с меньшей – *Microcystis pulvereae* – 16 (34), *Anabaena flos-aqua* – 14 (42), *Microcystis aeruginosa* – 13 (55), *Oscillatoria limnetica* – 10 (24), *Anabaena scheremetievi* – 7 (28). Частота доминирования 17-ти видов варьировала от 1 до 4, а таковая встречаемости – от 1 до 14 %.

По биомассе преобладали *Aphanizomenon flos-aquae* (до 2,2), *Planktothrix agardhii* (2) и виды рода *Anabaena*: *A. flos-aquae* (до 7,4 г/м<sup>3</sup>), *A. scheremetievi* (3,8), *Anabaena* sp. (3,3), *A. spiroides* (2,7). У других видов она не превышала 0,28 г/м<sup>3</sup>.

Относительная численность криптофитовых водорослей наиболее высокой была в весенний период – эпизодически до 50% (рис. 1 Б), снижалась с повышением температуры воды до 20<sup>0</sup>С и несколько увеличивалась осенью. Относительная же биомасса криптонад была значительно выше (до 70%). Среди криптофитовых водорослей доминировали *Chroomonas acuta* Uterm., *Cryptomonas curvata* Ehr., *C. caudata* Schiller и *Rhodomonas lens*, при низкой численности этих видов – чаще *Cryptomonas marssonii* Skuja. и *C. reflexa* (Marsson) Skuja. (рис. 2 В).

Весенний максимум и последующие эпизодические увеличения численности криптофитовых водорослей до октября формировались в основном за

счет *Chroomonas acuta*. Его количество увеличивалось с конца апреля и достигало максимума 8 мая (1,9 млн. кл./л) при температуре воды 10,1<sup>0</sup> С. Повышенным обилием в весенний период отличались также *Cryptomonas caudata*, численность которого 18 мая (температура воды 11,8<sup>0</sup> С) достигала 0,882 млн. кл./л, и *C. curvata* – 26 мая (14,4<sup>0</sup>С) 0,664 млн. кл./л. В конце поздневесеннего сезона наблюдалось развитие *Rhodomonas lens* – 8 июня (18,8<sup>0</sup> С) до 0,608 млн. кл./л, в летние месяцы *Cryptomonas reflexa* – 14 августа (20,7<sup>0</sup> С) до 0,344 млн. кл./л. Особой периодичности не наблюдалось в развитии *C. marssonii* – эпизодические повышения его численности (до 0,245 млн. кл./л) наблюдались в разные биологические сезоны.

Наиболее высокая частота доминирования прослеживалась у *Chroomonas acuta* – 90% (частота встречаемости 96%) и была ниже у *Cryptomonas curvata* – 40 (76), *C. caudata* – 30 (56), *C. reflexa* – 26 (56), *Cryptomonas marssonii* 25 (83) и *Rhodomonas lens* – 20 (51). Из водорослей с частотой доминирования 1-2% самой высокой встречаемостью выделялся *Cryptomonas ovata* (43%). По биомассе отличались *Cryptomonas curvata* (до 1,93 г/м<sup>3</sup>) и *C. reflexa* (1,933), у других видов она была значительно ниже (до 0,286 г/м<sup>3</sup>).

Относительная численность зеленых водорослей в планктонных альгоценозах была значительно ниже таковой у криптофитовых (в единичных случаях до 20-30%), как и их биомасса (рис. 1 Б, В).

Продолжительностью доминирования выделялись *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Vreb., *Dictyosphaerium pulchellum* Wood, *Koliella longiseta* (Vischer) Hind., *Didimocystis planctonica* Korsch., *Coelastrum microporum* Näg. in A. Br. Wood. и *C. sphaericum* Näg.

Такие виды, как *Scenedesmus quadricauda* и *Didymocystis planctonica*, в состав доминирующего комплекса входили в разные биологические сезоны. При близкой частоте встречаемости (соответственно, 71 и 67%) частота доминирования *Scenedesmus quadricauda* была выше (40%), чем *Didymocystis planctonica* (24). Их максимальная численность, соответственно, 0,496 и 0,240 млн кл./л, наблюдалась 8 июня при температуре воды 18,8<sup>0</sup>С.

*Koliella longiseta* практически постоянно присутствовала среди доминирующих видов ранней весной, с 20 апреля до 20 мая (температура воды 4,1-11<sup>0</sup> С). При повышенной встречаемости (42 %) частота доминирования невысокая – 15%, как и регистрируемый 28 апреля максимум численности – 0,110 млн. кл./л.

В поздневесенне-летний период *Dictyosphaerium pulchellum* практически регулярно входил в число доминирующих видов водорослей с 28 мая до 22 июля (температура воды 14,4–24,4<sup>0</sup> С). Его максимальная численность равнялась 0,81-0,89 млн. кл./л

и регистрировалась 15-16 июля. Частота доминирования составляла 26% (встречаемости – 36%).

*Coelastrum microporum* и *C. sphaericum* – виды преимущественно летнего фитопланктона. *C. microporum* участвовал в формировании доминирующего комплекса видов с 15 июня до 22 июля (температура воды – 19,6-24,2<sup>0</sup>С), *C. sphaericum* – с 29 июля до 7 августа (22,1-21,6<sup>0</sup>С). Они различались по частоте доминирования, соответственно, 20 и 14%, частоте встречаемости – 26 и 19, а также по максимальной численности – 0,704 (15 июля) и 0,984 (7 августа). Неожиданный пик численности *C. sphaericum* был зарегистрирован 27 августа – 5,6 млн. кл./л, что составляло 89% от общего содержания зеленых водорослей, равного 6,248 млн. кл./л.

Рассмотренные выше виды формировали и максимумы в развитии зеленых водорослей, наблюдаемые 8 июня (2,6 млн кл./л), 15-16 июля (3,0) и 7 августа (4,4). В эти даты также резко возрастало удельное богатство зеленых водорослей – до 63-83 в пробе.

Среди других видов и внутривидовых таксонов 47 преобладало в 1-5% проб при встречаемости 1-26 %. Максимальная биомасса была низкой - не более 0,291 г/м<sup>3</sup> (*Pandorina morum* (Müll.) Vory и *Dictyosphaerium tetrachotum* Printz)

Другие систематические группы водорослей отличались не только низкой численностью и биомассой, но и редкой встречаемостью: золотистых водорослей – 65%, динофитовых – 42, эвгленовых – 23, желтозеленых – 10%.

Золотистые активно развивались при температуре воды от 8 до 19<sup>0</sup>С и практически регулярно встречались в фитопланктоне до 16 июня. В дальнейшем их численность и частота встречаемости резко снижались. В период активного развития их доля в общей численности фитопланктона обычно ниже 5% (в единичных случаях – 7-10 и только в одном – 22%).

До 24 апреля при температуре воды ниже 5<sup>0</sup>С развивалась *Synura uvella* Ehr. (другие представители этой группы практически не встречались), позднее *S. uvella* и *Synura. sp.* (в мае), *Dinobryon sociale* Ehr. и *Ochromonas* sp. (в начале июня). Их численность повышалась до 0,176-0,288 млн кл./л. Эти же виды выделялись наибольшей частотой доминирования (10-27 %) и встречаемости (15-30,5).

Общая численность золотистых водорослей не превышала 0,5-0,6 млн. кл./л и только 8 мая достигла 1,47 млн кл./л, из которых 0,944 млн кл./л составил *Chrysococcus rufescens* Klebs., не обнаруженный в планктоне в другие сроки. 8 мая регистрировалось и максимальная биомасса хризомонад – 0,404 г/м<sup>3</sup>. Ее формировали *Synura uvella* и *Synura* sp..

**Таблица 3.** Частота доминирования (%) лидирующих видов водорослей по численности (1) и биомассе (2) в фитопланктоне Волжского плеса водохранилища

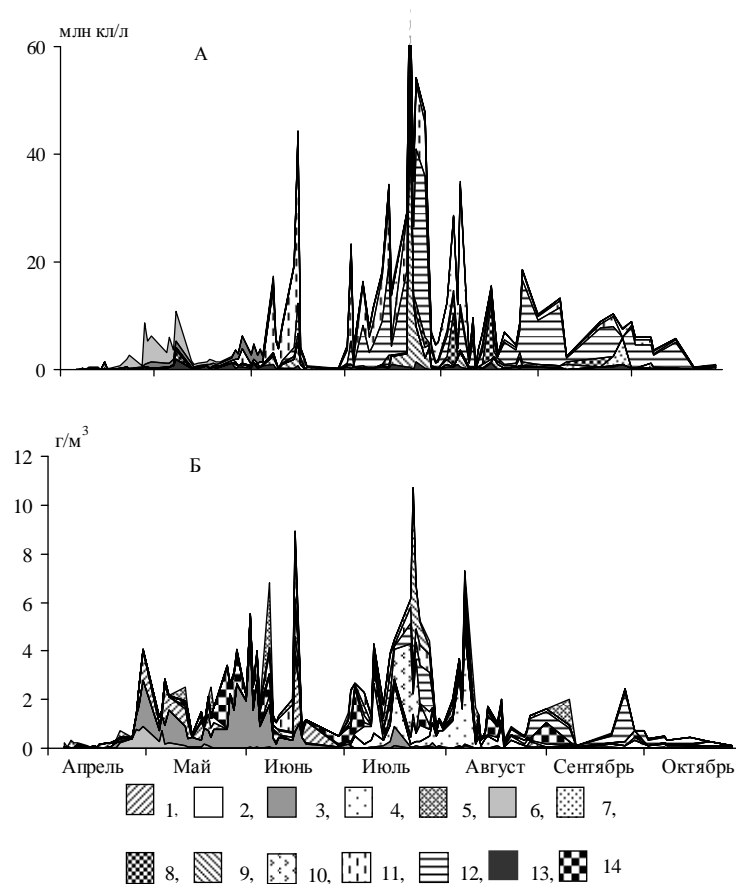
Название вида	Частота доминирования	
	1	2
Мелкогабаритные <i>Centrophyceae</i>	21	8
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	21	36
<i>Skeletonema subsalsum</i>	20	23
<i>Aulacoseira islandica</i>	4	16
<i>A. granulata</i>	1	11
<i>Melosira varians</i>	0	12
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	35	10
<i>Planktothrix agardhii</i>	39	21
<i>Microcystis aeruginosa</i>	8	1
<i>M. pulvereae</i>	8	0
<i>Anabaena flos-aquae</i>	6	3
<i>A. scheremetievi</i>	1	7
<i>Chroomonas acuta</i>	14	1
<i>Cryptomonas curvata</i>	1	32
<i>C. reflexa</i>	0	6

Динофитовые встречались в фитопланктоне эпизодически при температуре воды > 5<sup>0</sup>С, а практически регулярно только 3-16 июня (в основном *Glenodinium penardii* Lemm.) и 2-28 июля (разные виды). Численность этой группы редко превышала 0,1 млн. кл./л (только 16 июня, 16 и 27 июля достигала 0,112-0,152 млн кл./л), а биомасса была не более 0,634 г/м<sup>3</sup> (16 июня). Повышенной частотой доминирования и встречаемости – 16 % выделялись *Peridinium umbonatum* и *Peridinium pusillum* (Penard.) Lemm.

Эвгленовые отмечались на протяжении всего вегетационного сезона, но эпизодически и чаще по 1 виду в пробе. Их численность редко повышалась до 0,024 млн кл./л, а биомасса – до 0,10 г/м<sup>3</sup>. Частота доминирования и встречаемости видов составляла не более 6 % (*Trachelomonas volvocina* Ehr.).

Желтозеленые водоросли регистрировались в виде единичных клеток; в каждой пробе отмечался *Goniochloris mutica* (A.Br.) Fott. с частотой доминирования и встречаемости, равными 11%. Немногочисленные другие виды попадались однократно.

Для доминирующего комплекса фитопланктона в целом было характерно высокое разнообразие. По биомассе в него входило 46 видов, разновидностей и форм водорослей, по численности – 42. Большинство видов в числе лидеров оказывались эпизодически, при низкой общей численности (биомассе) фитопланктона, а встречаемость в составе преобладающих водорослей выше 5% прослеживалась у 9 видов по численности и 11 по биомассе (табл. 3).



**Рис. 3.** Сезонная сукцессия видов, доминирующих по численности (А) и биомассе (Б) в фитопланктоне Волжского плеса водохранилища.

Диатомовые: 1 – *Aulacoseira islandica*, 2 – *A. granulata*, 3 – *Stephanodiscus hantzschii*, 4 – *Skeletonema subsalsum*, 5 – *Melosira varians*, 6 – мелкоразмерные неидентифицированные Centrophyceae. Синезеленые: 7 – *Microcystis aeruginosa*, 8 – *M. pulvereae*, 9 – *Anabaena flos-aquae*, 10 – *A. scheremetievi*, 11 – *Aphanizomenon flos-aquae*, 12 – *Planktothrix agardhii*. Криптофитовые: 13 – *Chroomonas acuta*, 14 – *Cryptomonas curvata*.

Как видно из рис. 3, основу фитопланктона по численности в ресурсонасыщенной среде в ранневесенний период представляют мелкоразмерные неидентифицированные Centrophyceae. В начале поздневесеннего сезона – *Stephanodiscus hantzschii*, при прогреве воды  $> 15^{\circ}\text{C}$  – *Aphanizomenon flos-aquae* с участием *Stephanodiscus hantzschii* и позднее *Planktothrix agardhii*. В летний период, в июле лидировала *Planktothrix agardhii* с участием *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae* и *Skeletonema subsalsum*, в августе – *Skeletonema subsalsum* с участием *Planktothrix agardhii* и *Microcystis pulvereae*. Осенью в фитопланктоне преобладали виды летнего комплекса. Основу численности составлял *Planktothrix agardhii*, которому значительно уступали по обилию *Microcystis pulvereae*, *M. aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae* и *Skeletonema subsalsum*.

По биомассе весной превалировал *Stephanodiscus hantzschii* наряду с другими мелкоразмерными диатомеями (в ранневесенний биологический сезон), а также *Aulacoseira islandica*, *Melosira varians* и криптофитовые водоросли: *Cryptomonas curvata*, *C. reflexa*. Разнообразнее ком-

плекс видов, формирующих летний максимум биомассы – в июле. В него входили *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena scheremetievi*, *Planktothrix agardhii*, *Skeletonema subsalsum*, *Aulacoseira granulata*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Cryptomonas curvata* и *C. reflexa*. Второй летний максимум – в августе формировался за счет *Skeletonema subsalsum* с участием *Planktothrix agardhii*, *Aulacoseira granulata*, *Cryptomonas curvata*, *C. reflexa*. Те же виды с участием *Melosira varians* доминировали в разных сочетаниях до октября.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

В 1992 г. при частых наблюдениях на постоянной станции в Волжском плесе было зарегистрировано 392 таксона водорослей рангом ниже рода – практически в 2 раза больше, чем выявлено Г.В. Кузьминым и В.Г. Девяткиным [7] в 43 рейсах, проведенных в конце 60-х – начале 70-х годов (186). Из них 232 ранее отмечались в планктоне водохранилища и 123 – новые для него. Такое увеличение флористического разнообразия фитопланктона плеса может быть связано с известной зависимостью между количеством исследованных



проб (в нашем случае – на протяжении каждого биологического сезона) и числом встреченных видов водорослей. Но, очевидно, продолжается вселение и развитие в водохранилище новых видов водорослей, ряд из которых входит в состав доминирующего комплекса водорослей.

Увеличение разнообразия планктонных водорослей в Ивановском водохранилище наблюдалось уже с первых лет его существования [7, 8, 9]. Так, Е.С. Неизвестнова-Жакина [10] в 1937 и 1938 гг. среди доминирующих видов фитопланктона в Волжском плесе регистрировала *Gomphosphaeria lacustris* Chod. F. и *Anabaena scheremetievi* из синезеленых, *Melosira italica* subsp. *subarctica* O. Müll. и *Asterionella formosa* из диатомовых и *Dinobryon sociale* Ehr. из золотистых, ранее в Волге не встречавшихся. Летом по всему водохранилищу первое место по численности занимали синезеленые водоросли, из них преобладали *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*, *A. spiroides*, *A. inaequalis* (Kütz.) Born. et Flah.

К 1954-1956 гг. [11] увеличилось разнообразие и обилие зеленых водорослей, а также численность ранее не регистрируемых или встречавшихся единично *Stephanodiscus hantzschii*, *S. binderanus*, *Nitzschia acicularis*, *Aphanothece clatrata* W. et G.S. West., *Lyngbya limnetica* Lemm. и др., показателей высокой трофии вод. В 1958 г. в Волжском плесе *Stephanodiscus hantzschii* входил в число доминирующих видов водорослей весеннего фитопланктона (середина мая) [8].

Весной и осенью 1970 г. наряду с *Stephanodiscus hantzschii* в водохранилище наблюдалось обильное развитие *Stephanodiscus subtilis* (позднее переопределен как *Skeletonema subsalsum*), *S. alpinus* Hust. и *S. invisitatus* Hohn et Hellerman [9]. В 1972 г. ранней весной в водохранилищах Верхней Волги преобладал *Stephanodiscus hantzschii* с численностью до 21 млн. кл./л, в сопровождении *Melosira italica* (= *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Sim.) [9]. В конце весны при температуре воды 16-20<sup>0</sup>С господствовала *Melosira italica* (численность до 13 млн. кл./л) с участием *Stephanodiscus hantzschii* (8 млн. кл./л). Летом наряду с синезелеными водорослями, достигшими степени “цветения воды” (*Aphanizomenon flos-aquae* и *Microcystis aeruginosa*), развивались *Melosira italica*, *M. granulata*, *Stephanodiscus subtilis*. Осенью наблюдался второй, значительно меньший, чем весенний, максимум численности диатомовых водорослей при интенсивном развитии *Melosira italica* и *Stephanodiscus binderanus*.

В целом по данным исследований, проведенных в 1967-1972 гг. [7], число новых видов, достигавших существенного развития, значительно увеличилось. Из них *Planktothrix agardhii* упоминалась среди доминирующих видов в Шошинском плесе водохранилища [8] и позднее прочно закрепилась среди ценозообразующих компонентов фитопланктона Ивановского водохранилища, а в 1990 г.

отмечалась среди доминантов и в Угличском водохранилище [1].

Спустя 20 лет (в 1992 г.), в Волжском плесе также регистрировалось большое число новых видов, ранее не встречавшихся в фитопланктоне водохранилища. Часть из них входила в доминирующий комплекс водорослей: *Anabaena circinalis* (в 2 пробах по численности) и *Anabaena* sp. (в 1 пробе по численности и биомассе), или в группу видов с повышенной частотой встречаемости: *Rhodomonas lens*, *Chlamydomonas globosa*, *Actinastrum hantzschii* var. *subtile*, *Peridiniopsis umbonatum* и др. Увеличивалось обилие *Chroomonas acuta*. Впервые был обнаружен инвазийный вид *Actinocyclus normanii*, с 1988 г. распространяющийся по каскаду волжских водохранилищ.

Среди структурообразующих видов отсутствовала *Aulacoseira ambigua* (при частоте встречаемости 35% ее численность не превышала 0,2 млн. кл./л). Разнообразным оказался состав доминирующих видов синезеленых водорослей. В формировании максимума их численности участвовали новые для водохранилища *Anabaena circinalis*, *Anabaena* sp.

В ранневесеннем фитопланктоне по численности преобладали мелкоразмерные неопределенные Центрофуcae с участием *Stephanodiscus hantzschii*, в поздневесеннем лидировал *Stephanodiscus hantzschii*. Летом господствовали *Aphanizomenon flos-aquae* и *Planktothrix agardhii* из синезеленых водорослей, из диатомовых – *Skeletonema subsalsum* с участием *Aulacoseira granulata*. Позднеосенний максимум развития фитопланктона в 1992 г. не наблюдался. Максимальная биомасса и состав преобладающих видов водорослей были характерными для водоемов эвтрофного типа.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основу флористического разнообразия фитопланктона Волжского плеса Ивановского водохранилища в 1992 г. составляли зеленые и диатомовые водоросли, численности – диатомовые и синезеленые, биомассы – диатомовые, синезеленые и криптофитовые.

Доминирующий по численности комплекс водорослей, для выделения которого использовались такие характеристики, как частота и продолжительность доминирования, среди диатомовых, зеленых и криптофитовых водорослей был представлен видами, обычными для зарегулированной Волги. Более специфичным, как уже отмечалось ранее [1], оказался состав видов, лидирующих в группе синезеленых водорослей. Преобладали *Aphanizomenon flos-aquae* и *Planktothrix agardhii*. Частота доминирования таких распространенных ценозообразующих компонентов волжского фитопланктона, как *Microcystis pulvereae*, *M. aeruginosa* и *Anabaena flos-aquae*, была в 2-4 раза ниже. Данные частых наблюдений позволили также определить состав видов, преобладающих среди золотистых, динофитовых, эвгленовых и желтозеленых



водорослей, частота встречаемости которых в фитопланктоне варьировала от 10 до 62%.

Доминирующий комплекс водорослей фитопланктона в целом разнообразен по составу. В него по биомассе входит 46 видов, разновидностей и форм водорослей, по численности – 42. Большинство из них в числе лидеров оказывались эпизодически (чаще в единичных случаях), при низкой общей численности (биомассе) фитопланктона. Выделены структурообразующие виды водорослей, частота доминирования которых в фитопланктоне выше 5%.

В образовании летнего максимума синезеленых водорослей участвовали впервые отмеченные в фитопланктоне *Anabaena circinalis* и *Anabaena* sp. Наряду с регистрацией ранее не встречавшихся новых видов, в т. ч. и с относительно высокой частотой встречаемости, это свидетельствует о непрерывном процессе трансформации фитопланктона водохранилища.

Благодарности: авторы благодарят Н. Роднову за участие в отборе проб для изучения фитопланктона водохранилища в 1992 г.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 07-04-00370.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### COMPOSITION AND SEASONAL DYNAMICS OF DOMINANT KINDS IN PHYTOPLANKTON IVANKOVO RESERVOIR (VOLGSKIY SITE)

© 2009 V.N. Pautova<sup>1</sup>, O.G. Gorokhova<sup>1</sup>, L.G. Korneva<sup>2</sup>, S.I. Genkal<sup>2</sup>, V.I. Nomokonova

<sup>1</sup> Institute of Ecology of the Volga River Basin, Togliatti

<sup>2</sup> Institute for Biology of Inland Waters, Borok

The results (april - october 1992) of researches of phytoplankton from Ivankovo reservoir (Volgskiy ples) are discussed. Seasonal dynamics of number kinds of different systematic groups of phytoplankton is considered in connection with changes of temperature of water. The frequency of occurrence and domination of each kind, maximal number and biomass is given. The seasonal succession and long-term changes of kind's dominant on number and biomass is characterized.

Key words: phytoplankton, kind's dominant, the seasonal succession, long-term changes, Ivankovo reservoir.

1. Корнева Л.Г. Фитопланктон // Экологические проблемы верхней Волги. Ярославль, 2001. С. 37-40.
2. Ляшенко О.А. Фитопланктон и содержание хлорофилла как показателя трофического статуса Иваньковского водохранилища // Водные ресурсы. 1999. Т. 26. № 1. С. 81-89.
3. Иваньковское водохранилище: Современное состояние и проблемы охраны / В.А. Ахметьева, В.Ф. Бреховских и др. М.: Наука, 2000. 344 с.
4. Паутова В.Н., Номоконова В.И. Продуктивность фитопланктона Куйбышевского водохранилища. Тольятти, 1994. 188 с.
5. Горохова О.Г., Попченко И.И., Корнева Л.Г., Паутова В.Н. Дополнение к таксономическому списку водорослей фитопланктона Иваньковского водохранилища (Волжский плес). // Изв. Самар. НЦ РАН. Т..., №..., 2009. С. ....
6. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
7. Кузьмин Г.В., Девяткин В.Г. Видовой состав фитопланктона Иваньковского водохранилища // Антропогенные факторы в жизни водоемов. Л.: Наука, 1975. С. 5-31.
8. Кузьмин Г.В. Биомасса и структура планктонных фитоценозов Иваньковского водохранилища // Биология и систематика низших организмов. Л.: Наука, 1978. С. 51-75.
9. Кузьмин Г.В. Фитопланктон // Волга и ее жизнь. Л.: Наука, 1978. С. 122-140.
10. Неизвестнова-Жадина Е.С. Планктон Иваньковского водохранилища в 1937-1938 гг. // Тр. Зоол. ин-та., 1941. Т. 7, вып. 1. С. 170-192.
11. Буторина Л.Г. Фитопланктон Иваньковского водохранилища в 1954-1956 гг. // Тр. Ин-та биол. водохранилищ. 1961. Т. 4 (7). С. 20-33.