Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 574.52

Пространственное распределение планктонных водорослей Волжского и Волго-Камского плесов Куйбышевского водохранилища в 2015 г.

Халиуллина Л.Ю.

Казанский федеральный университет

Аннотация

Биоценозы мелководий в Куйбышевском водохранилище функционируют в условиях повышенной изменчивости режимов среды обитания и характеризуются особой структурно-функциональной организацией. Чтобы до конца выяснить эти особенности, необходимо проводить исследования на Куйбышевском водохранилище одновременно на нескольких различных (в гидрологическом плане) участках.

В статье приведены результаты исследований сезонной динамики (2015 г.) фитопланктона Волжского плеса Куйбышевского водохранилища у левого и правого берегов, а также на месте слияния волжских и камских вод, образующих Волго-Камский плес

Ключевые слова: АЛЬГОЦЕНОЗ, ВОДОРОСЛИ, ФИТОПЛАНКТОН, РЕКА ВОЛГА, КУЙБЫШЕВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ, ВОЛЖСКИЙ ПЛЕС, ВОЛГО-КАМСКИЙ ПЛЕС

Введение

Куйбышевское водохранилище представляет собой шестую ступень Волжского каскада, заполнение которого происходило с 1955 по 1957 гг. после перекрытия р. Волга гидротехническими сооружениями в районе Жигулевских гор (Россия, Республика Татарстан) [1, 2]. Водохранилище по площади занимает первое место в Европе и второе − в мире (среди всех водохранилищ, созданных в речных долинах). У Куйбышевского водохранилища правый и левый берега сильно различаются: правый берег водохранилища высокий и обрывистый, а левый берег (в основном) пологий и низменный. Большую часть левобережья водохранилища можно охарактеризовать как мелководье [1]. Как известно, в

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

северном полушарии правый берег рек всегда более высокий и крутой, склонный к обвалам, а левый – пологий и низменный, склонный к затоплению при разливах и паводках. Это правило, получившее название «Закон Бэра», действительно для рек северного полушария, текущих с севера на юг [3]. Реки подмывают свой правый берег, оставляя песок и наносы на левом. Можно увидеть, что для рек Южного полушария действителен тот же закон в обратном: крутой левый берег и пологий правый. Закон сформулирован в 1857 г. К.М. Бэром и объясняется совместным действием кориолисовой силы и силы трения, создающими вращательное движение масс воды вокруг оси русла. Оно и вызывает перенос вещества между берегами.

Из-за большой разницы правого и левого берегов складываются различающиеся гидрологические условия: глубины, стоковые и ветровые течения, сгонно-нагонные явления, высота и интенсивность волн. Все эти факторы сказываются на условиях существования гидробионтов, и, в первую очередь, планктонных водорослей – фитопланктона. Распределение фитопланктона в Куйбышевском водохранилище на сегодня остается мало изученным.

Цель настоящей работы – выявление особенностей сезонной динамики фитопланктона Волжского плеса Куйбышевского водохранилища у левого и правого берегов, а также на месте слияния волжских и камских вод, образующих Волго-Камский плес.

Материалы и методы

В период июнь-сентябрь 2015 г. был произведен еженедельный отбор проб фитопланктона Волжского и Волго-Камского плесов Куйбышевского водохранилища на трех постоянных станциях с открытой водой. Станция 1 была расположена у левого берега Волжского плеса возле н.п. Боровое Матюшино на участке с открытой водой. В этом районе водохранилище мелководное и малопроточное, вода здесь быстро прогревается, что является причиной ежегодного катастрофического «цветения» воды синезелеными водорослями (на протяжении всего лета и осени).

Станция 2 расположена у правого берега Волжского плеса у н.п. Шеланга. На этом участке берег водохранилища высокий и обрывистый, с крупной галькой вдоль уреза

воды. Русло р. Волга проходит у самого берега, а район исследований отличается большими глубинами и высокой скоростью течения.

Станция 3 расположена у правого берега водохранилища близ н.п. Камское Устье, где Куйбышевское водохранилище образует озеровидное расширение – Волго-Камский плес. В этом районе начинается смешивание Камских и Волжских вод, которые по многим параметрам различаются. На этом участке правый берег высотой 80-100 м очень крутой (50-60 °), в прибрежной части – отвесный, местами наблюдаются оползневые явления. Береговая полоса каменисто-щебенчатая, подвержена интенсивному ветровому волнению, рельеф дна – с большими перепадами глубин.

Схема расположения района исследований указана на рис. 1. Отбор проб воды производился с глубины 1.5 м.

Рис. 1. Схема расположения района исследований фитопланктона Волжского и Волго-Камского плесов Куйбышевского водохранилища (2015 г.)

Отбор и камеральную обработку проб фитопланктона осуществляли согласно общепринятым методам [4-9]. Все количественные пробы объемом 0.5 л фиксировали 40% раствором формалина. Фиксированные пробы концентрировали осадочным методом до 7-10 мл для качественного и количественного учета фитопланктона. Также для

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

сгущения фитопланктона применяли прибор вакуумного фильтрования для гидробиологических исследований в воде ПВФ-35/НБ. Для концентрирования фитопланктона были использованы мембранные фильтры Владипор типа МФАС-ОС-2 и МФАС-ОС-3 с размером пор 0.45 и 0.8 мкм. Подсчёт организмов производили по общепринятой методике в камере Горяева. Для определения биомассы использовали счётно-объёмный метод. За весь период исследований регистрировались метеоусловия и гидрологические особенности района отбора проб (уровень, прозрачность, температура воды, температура воздуха и др.).

Для характеристики сообществ водорослей использовали видовой состав, численность и биомассу. Для каждой пробы вычисляли индекс трофности по блоку Милиуса: Ib = 44.87+23.22*logB [10], индекс сапробности Пантле и Букка в модификации Сладечека для планктонных сообществ [11]. Корреляционный анализ между показателями альгоценоза и другими данными проводили с применением критерия Spearman для $p<0.05$. Для характеристики структурных показателей сообществ фитопланктона изучали динамику общего и относительного видового богатства. Доминирующими в сообществах считали виды с численностью или биомассой, большей или равной 10% от общих показателей субдоминантов: 5-10 %. Доминирующие комплексы выделены на основе функции рангового распределения по численности и биомассе видов.

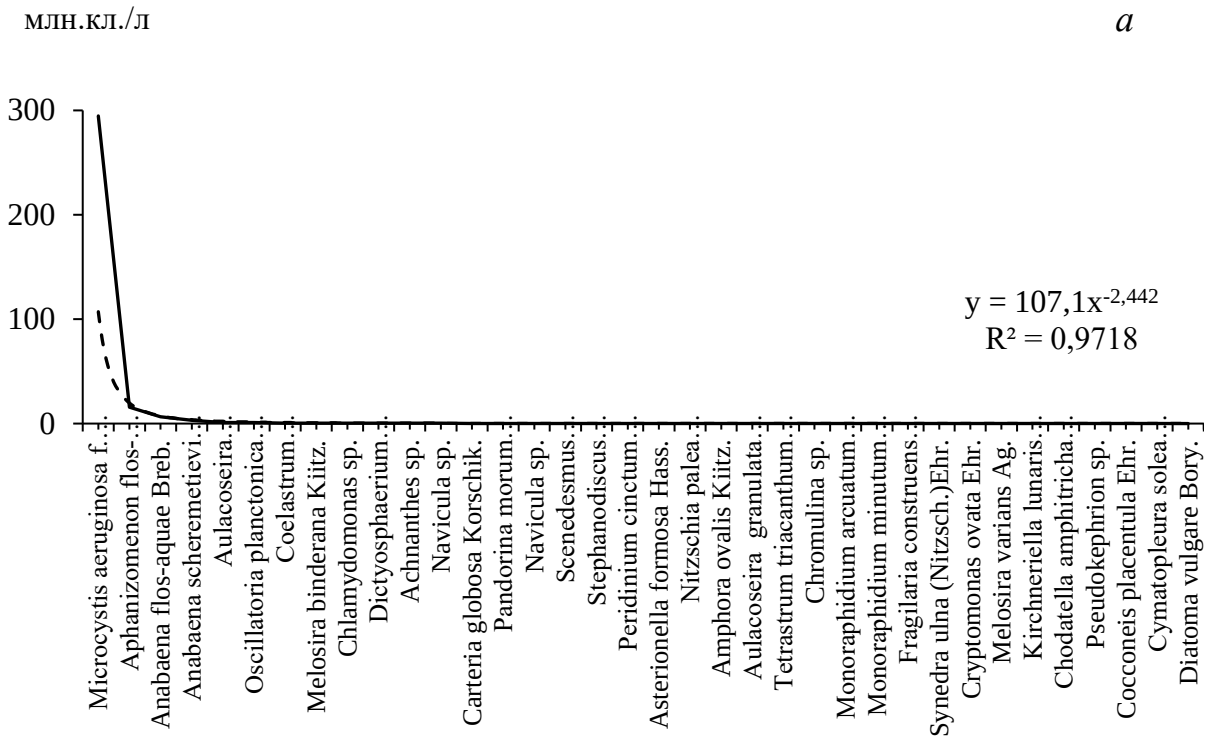
Результаты и обсуждения

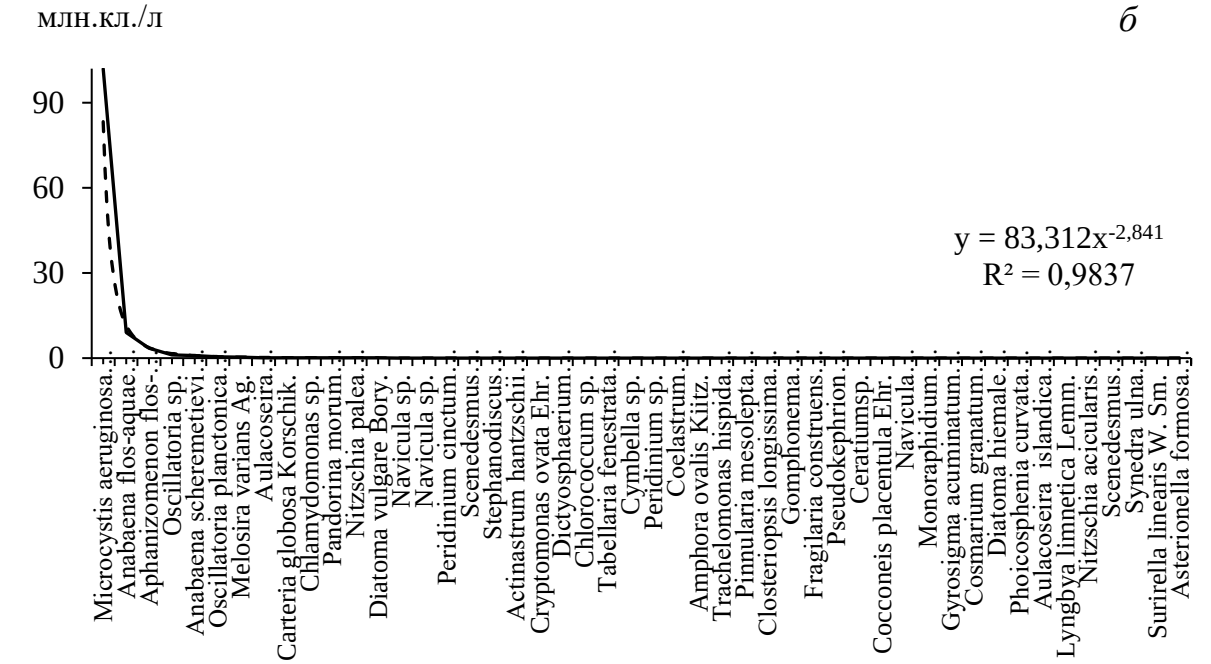
За период наблюдений в фитопланктоне исследуемого участка было обнаружено 195 таксонов. Видовое разнообразие невысокое, так как были применены методики исследований именно планктонных водорослей, которые, в основном, были представлены метафитоном. Наибольшее количество таксонов выявлено в классе *Bacillariophyceae* (39.53%) и отделе *Chlorophyta* (36.05%) (рис. 2-4, табл. 1). Другие группы менее разнообразны: *Cyanophyta* – 9.30%, *Euglenophyta* – 5.81%, *Chrysophyceae* – 3.49% и *Dinophyta* – 3.49%. Наиболее частая встречаемость характерна для видов, относящихся к классам *Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Chlorophyceae* и *Dinophyceae.*

В ходе работы был проведен эколого-географический анализ видового состава. Большая часть выявленных водорослей относятся к космополитным планктонным видам, (по отношению к галобности) и pH индифферентны. По количеству видов преобладают

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

алкалифил + алкалибионты и β-мезосапробные организмы.





Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

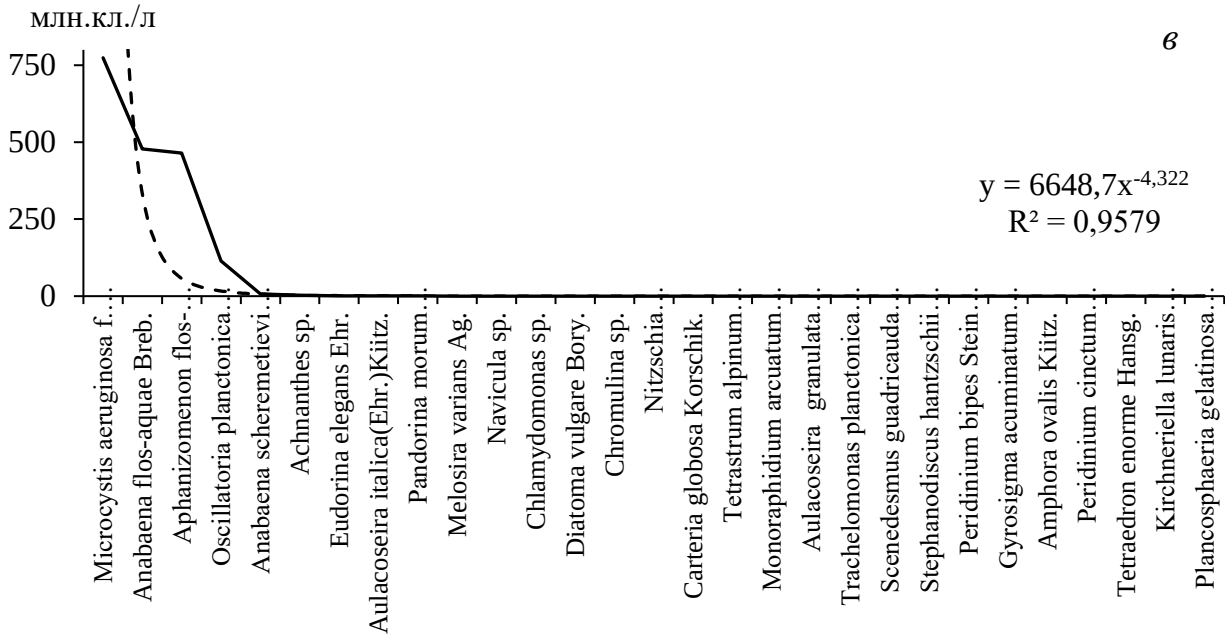
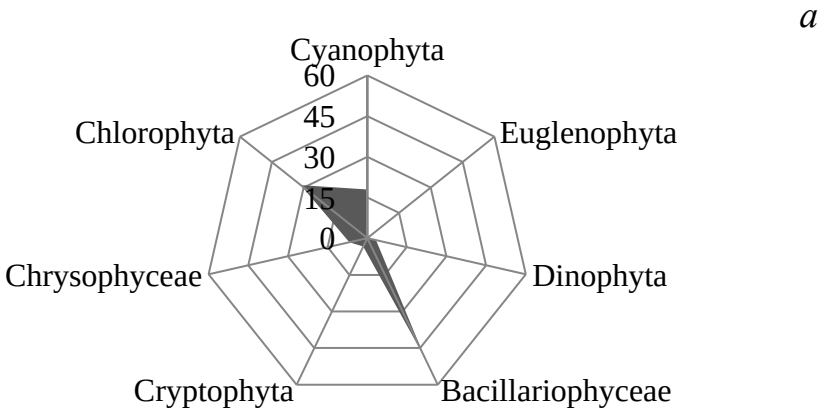
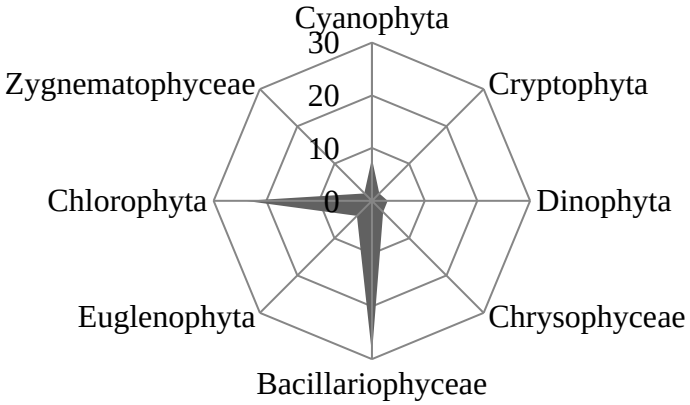


Рис. 2. Распределение средней численности (млн. кл./л) доминирующих видов планктонных водорослей Волжского и Волго-Камского плесов Куйбышевского водохранилища (*а* – ст. 1 у н.п. Боровое Матюшино, *б* – ст. 2 у н.п. Шеланга, *в* – ст. 3 у н.п. Камское Устье) в 2015 г.

Структура сообществ Волжского фитопланктона на ст. 3 (в зоне слияния Волги и Камы), при варьирующей скорости течения и турбулентности воды, возникающих под воздействием работы ГЭС, а также при смешивании разных водных масс, подвергается значительным изменениям. Также на этом участке наблюдается снижение видового разнообразия.





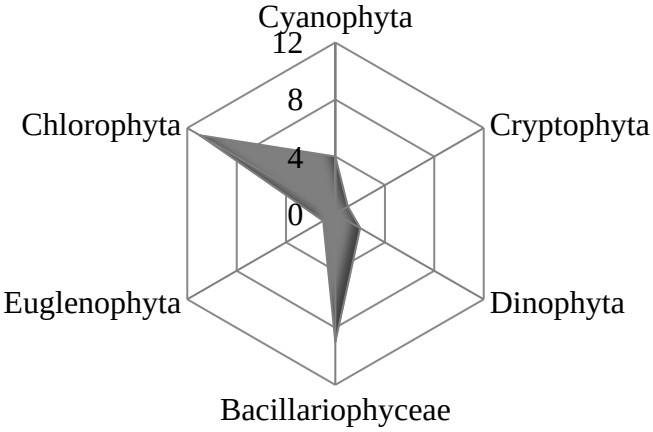
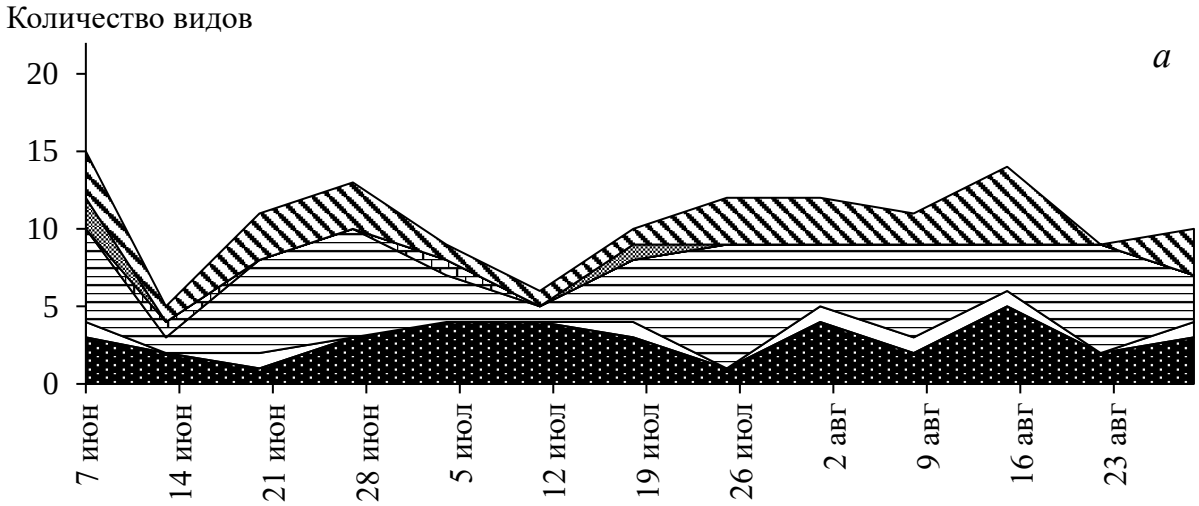


Рис. 3. Распределение таксонов фитопланктона Волжского и Волго-Камского плесов Куйбышевского водохранилища (*а* – ст. 1 у н.п. Боровое Матюшино, *б* – ст. 2 у н.п. Шеланга, *в* – ст. 3 у н.п. Камское Устье) в 2015 г.



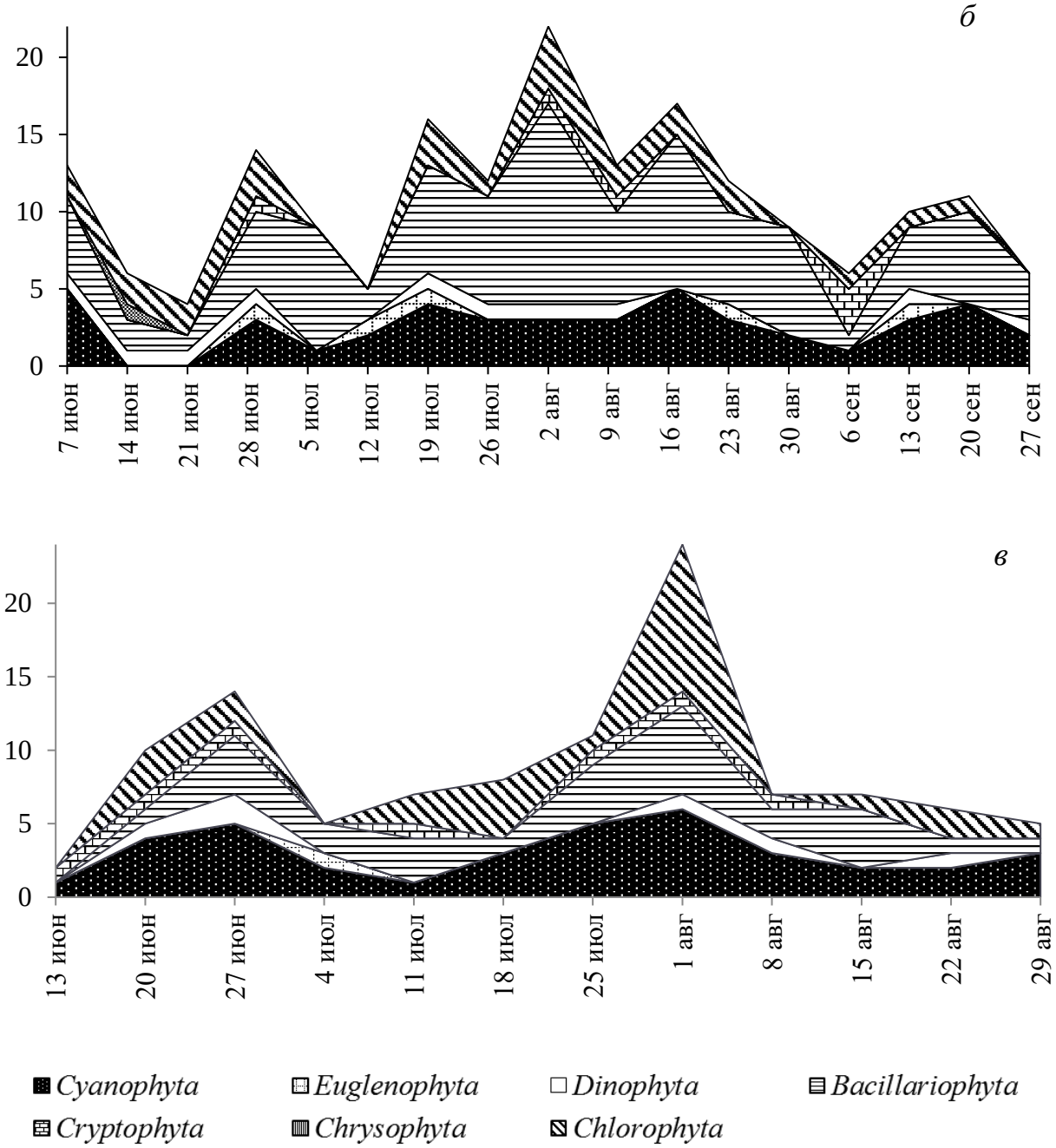


Рис. 4. Распределение таксонов планктонных водорослей Волжского и Волго-Камского плесов Куйбышевского водохранилища (а – ст. 1 у н.п. Боровое Матюшино, б – ст. 2 у н.п. Шеланга, в – ст. 3 у н.п. Камское Устье) в 2015 г.

Одна из главных особенностей Куйбышевского водохранилища − высокая амплитуда сезонного колебания уровня воды [1]. Динамика уровня воды рассматриваемого 2015 года сильно отличалась от предыдущих лет. Уровень воды в

предыдущем 2014 г. к концу лета стал крайне низким в сентябре–октябре, и Куйбышевское водохранилище ушло в зиму с очень низким уровнем воды плюс сработалось за зиму и совершенно обмелело.

Таблица 1. Основные систематические группы водорослей фитопланктона Волжского и Волго-Камского плесов Куйбышевского водохранилища в 2015 г.

Отдел	Класс	Порядок
Cyanophyta	*Cyanophyceae*	*Chroococcales*
		Oscillatoriales
		Nostocales
Euglenophyta	*Euglenophyceae*	*Euglenonales*
Cryptophyta	*Cryptophyceae*	*Cryptomonadales*
Dinophyta	*Dinophyceae*	*Peridiniales*
		Gonyaulacales
Ochrophyta	*Chrysophyceae*	*Chromulinales*
	Bacillariophyceae	*Tabellariales*
		Thalassiosirales
		Melosirales
		Aulacosirales
		Fragilariales
		Naviculales
		Achnanthales
		Cymbellales
		Surirellales
Chlorophyta	*Chlorophyceae*	*Chlamydomonadales*
		Volvocales
		Sphaeropleales
Charophyta	*Zygnematophyceae*	*Desmidiales*

В 2015 г. в первой половине лета уровень воды держался близко к отметке нормального подпорного уровня – 53 м с небольшими колебаниями, обусловленными сгонно-нагонными явлениями (рис. 5).

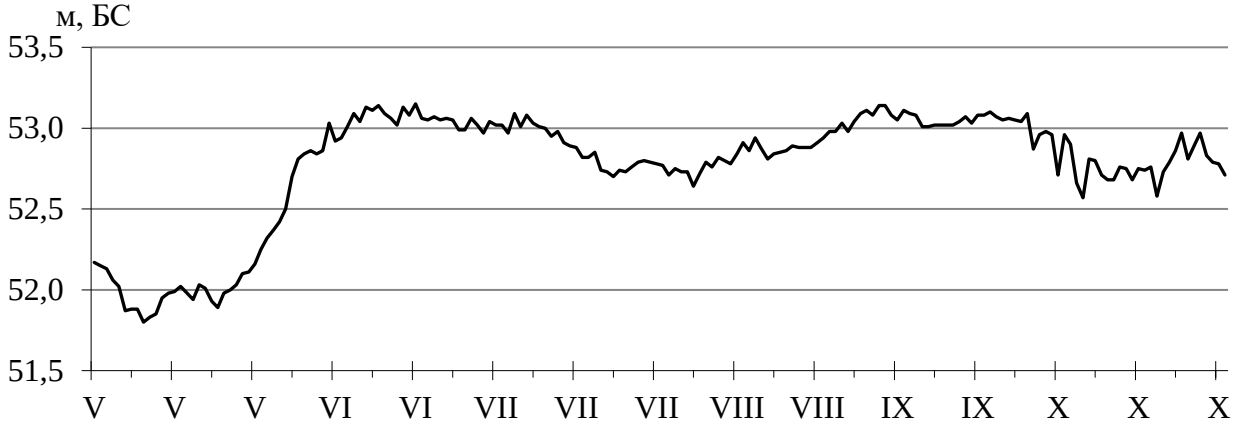


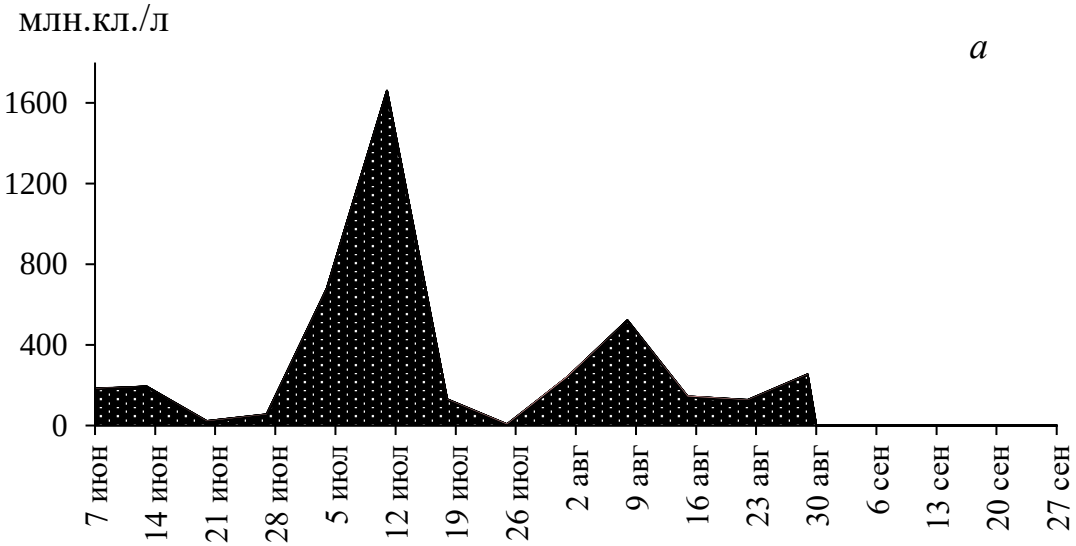
Рис. 5. Динамика уровня воды в Куйбышевском водохранилище в 2015 г.

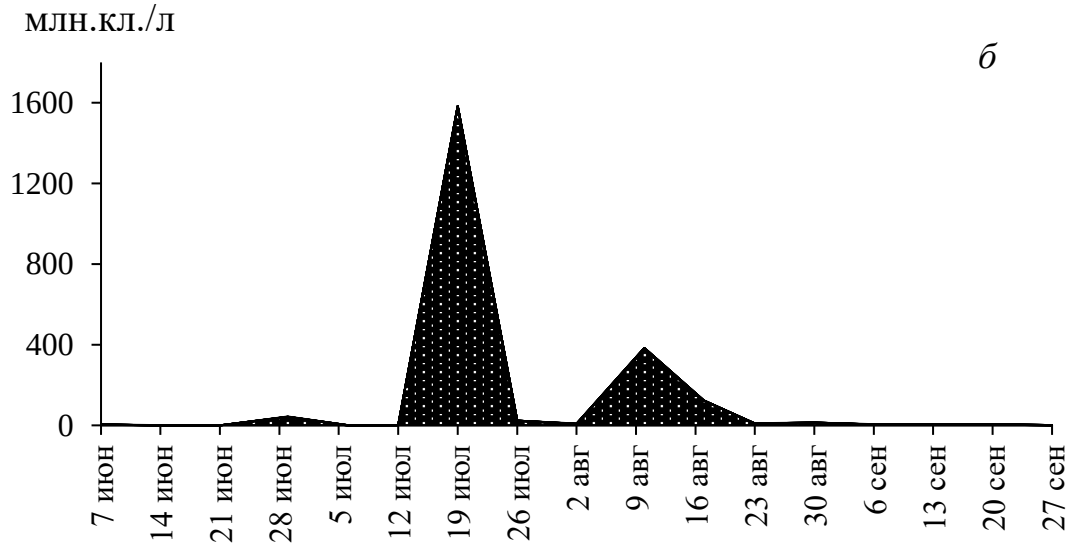
В 2015 г. с 24 июля по 9 августа в г. Казань (РТ) проходил чемпионат мира по водным видам спорта. В целях стабилизации уровня воды в р. Казанка (которая является одним из основных притоков Куйбышевского водохранилища) во время проведения чемпионата решением отдела водных ресурсов по РТ Нижне-Волжского бассейнового водного управления и Федерального агентства водных ресурсов РФ был установлен особый режим работы Жигулевского и Волгоградского гидроузлов. К тому же июль-август оказались крайне дождливыми (150% и 120% от нормы). Дожди шли в течение 20 дней июля и носили как обложной, так и ливневый характер. Таким образом, динамика уровня воды в Куйбышевском водохранилище в 2015 г. оказалась высокой и очень стабильной, близкой к отметке нормального подпорного уровня – 53 м. В середине лета наблюдался кратковременный спад, затем новый подъем, который продолжался вплоть до осени. Значительных периодов снижения уровня воды [12, 13], которые обычно приводят к вспышке размножения водорослей в волжских водохранилищах (в какое бы время года это ни случалось), в 2015 г. не было.

В 2015 г. сезонная динамика фитопланктона была несколько необычна для Куйбышевского водохранилища, чему способствовали особенности погодных условий и динамика уровенного режима в водохранилище. Явления «цветения» воды водорослями были кратковременными и не такими интенсивными, какие обычно можно наблюдать в летний и летне-осенние периоды на этих участках водохранилища. Весенние процессы в 2015 г. шли активно и быстротечно. Май и июнь выдались очень теплыми и сухими, что привело к «цветению» воды синезелеными водорослями уже в последней декаде июня. Однако в дальнейшем, при высоком и стабильном режиме уровня воды, явления

«цветения» воды не были такими интенсивными (рис. 6-9).

На ст. 1 в сезонной динамике фитопланктона наблюдались два пика численности и биомассы, обусловленные массовым размножением синезеленых водорослей. Первый пик пришелся на границу первой и второй декады июля (на неделю раньше, чем на участках, расположенных выше по течению), что объясняется мелководностью данного участка. На мелководье вода быстрее прогревается и имеет более медленное течение.





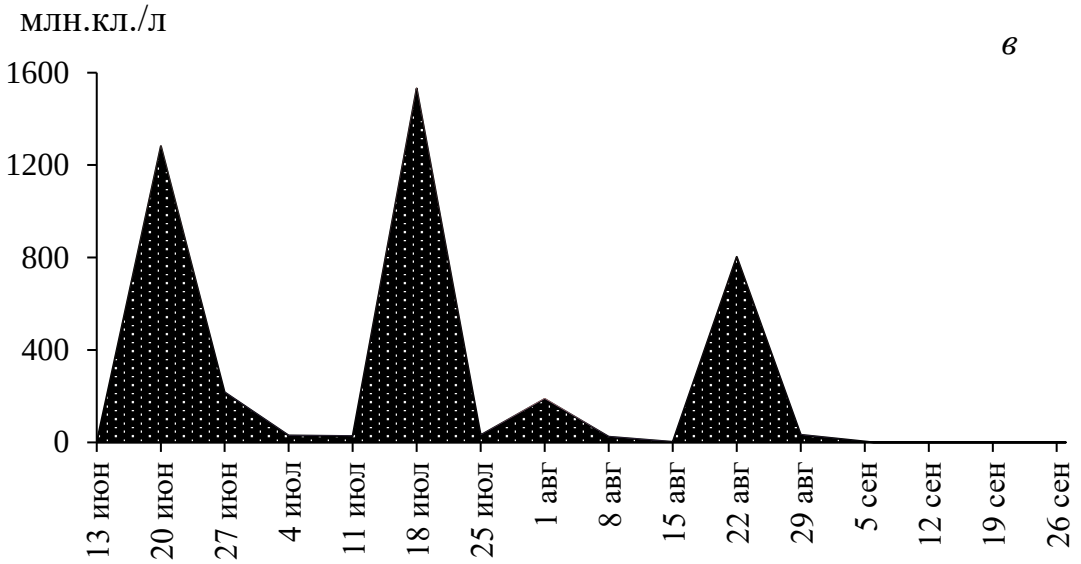
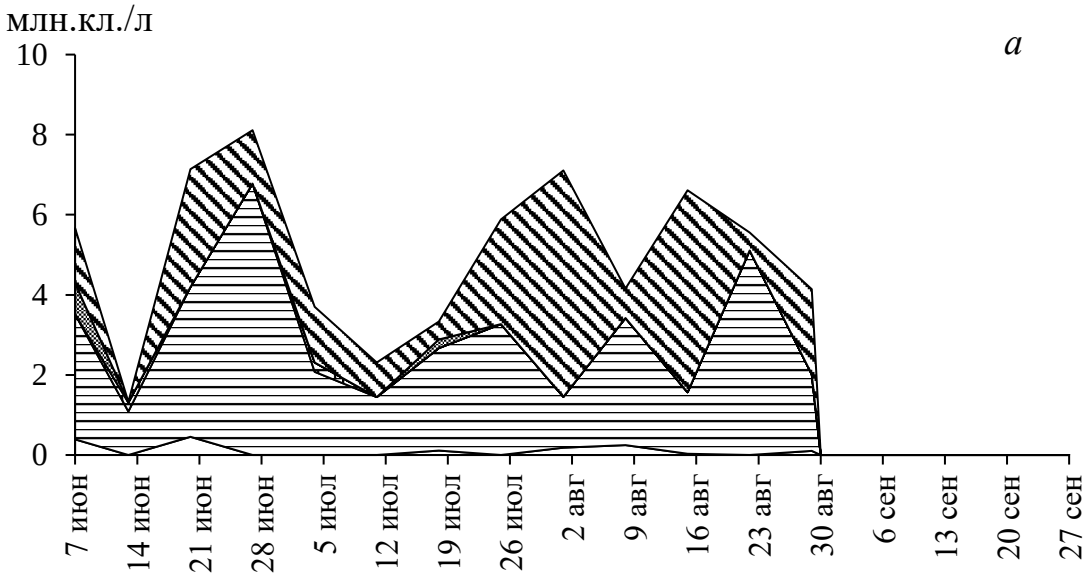


Рис. 6. Сезонная динамика численности (млн. кл./л) синезеленых планктонных водорослей Волжского и Волго-Камского плесов Куйбышевского водохранилища (а – ст. 1 у н.п. Боровое Матюшино, б – ст. 2 у н.п. Шеланга, в – ст. 3 у н.п. Камское Устье) в 2015 г.

Второй пик по времени совпал с «цветением» воды синезелеными водорослями на всем водохранилище и пришелся на вторую декаду августа. Общая численность и биомасса планктонных водорослей колебались в пределах 8.5-1661.11 млн. кл./л и 10.3-114.12 мг/л.



Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

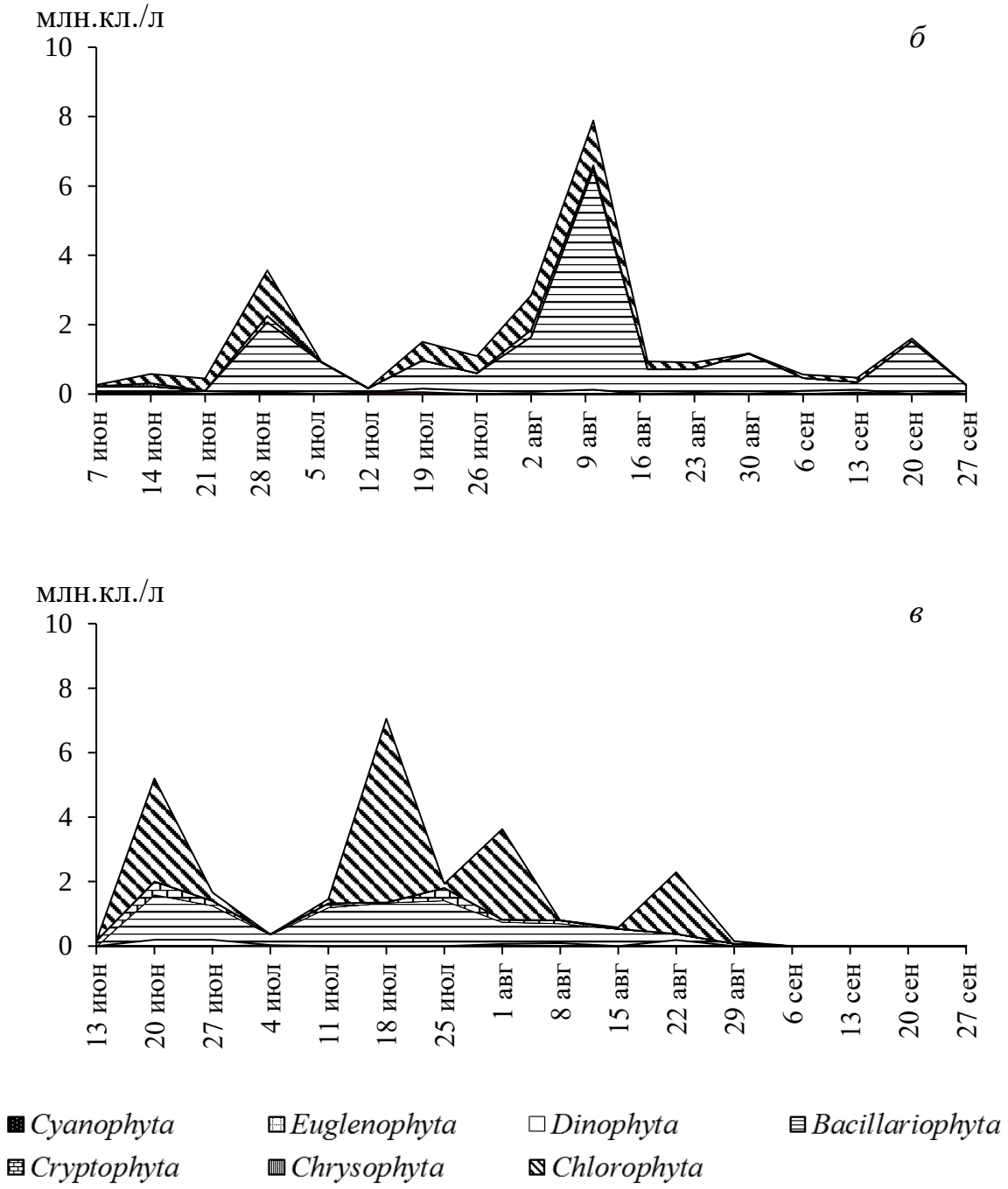
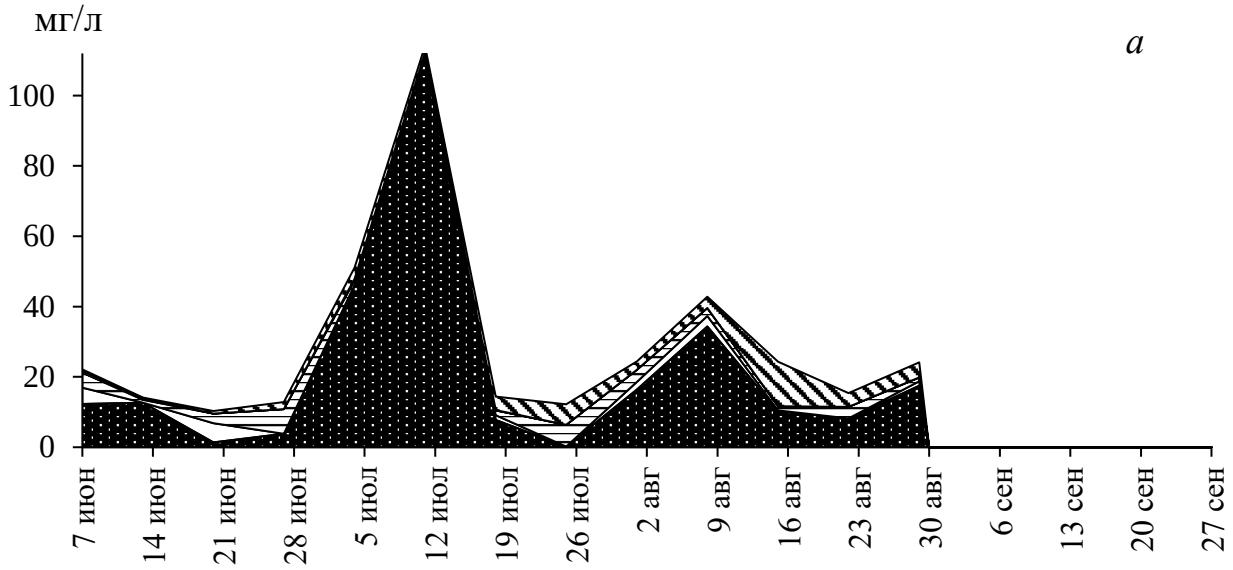
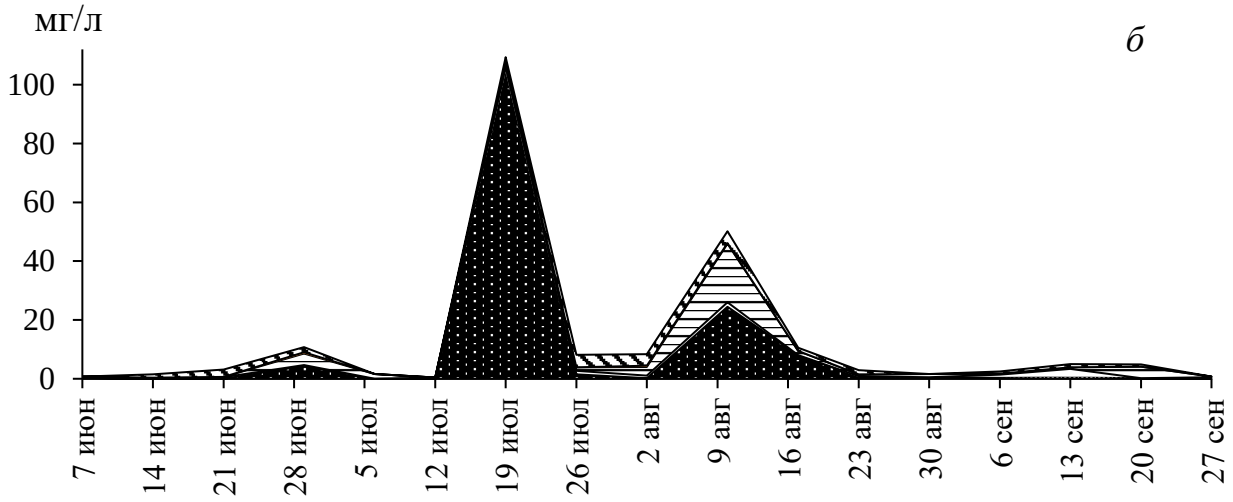


Рис. 7. Сезонная динамика численности (млн. кл. /л) доминирующих видов планктонных водорослей (без учета синезеленых водорослей) Волжского и Волго-Камского плесов Куйбышевского водохранилища (а – ст. 1 у н.п. Боровое Матюшино, б – ст. 2 у н.п. Шеланга, в – ст. 3 у н.п. Камское Устье) в 2015 г.

По количественным показателям доминировали синезеленые водоросли *Microcystis aeruginosa f. flos-aquae* (Wittr.) Elenk., *Aphanizomenon flos-aquae* (l.) Ralfs., *Anabaena flos-*

aquae Breb., *Anabaena scheremetievi* Elenc., диатомовые *Aulacoseira italica* (Ehr.) Kiitz., *Navicula* sp.sp., зеленые *Carteria globosa* Korschik., *Chlamydomonas* sp., *Pandorina morum* (Mill.) Bory., *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb.





Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

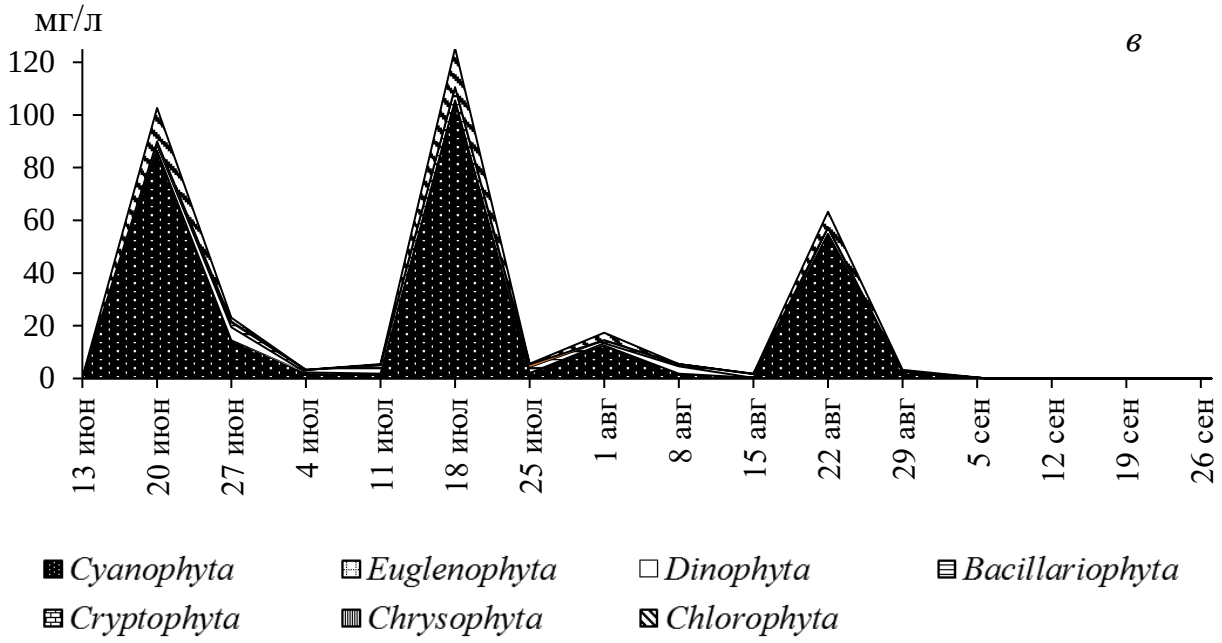
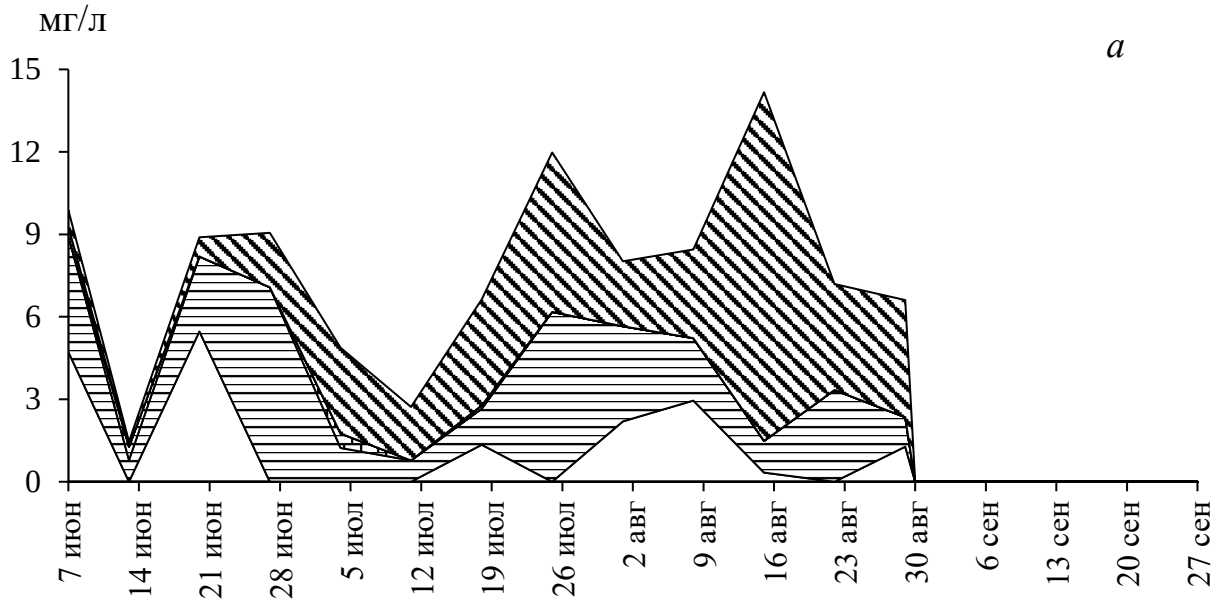


Рис. 8. Сезонная динамика биомассы (мг/л) планктонных водорослей Волжского и Волго-Камского плесов Куйбышевского водохранилища (а – ст. 1 у н.п. Боровое Матюшино, б – ст. 2 у н.п. Шеланга, в – ст. 3 у н.п. Камское Устье) в 2015 г.



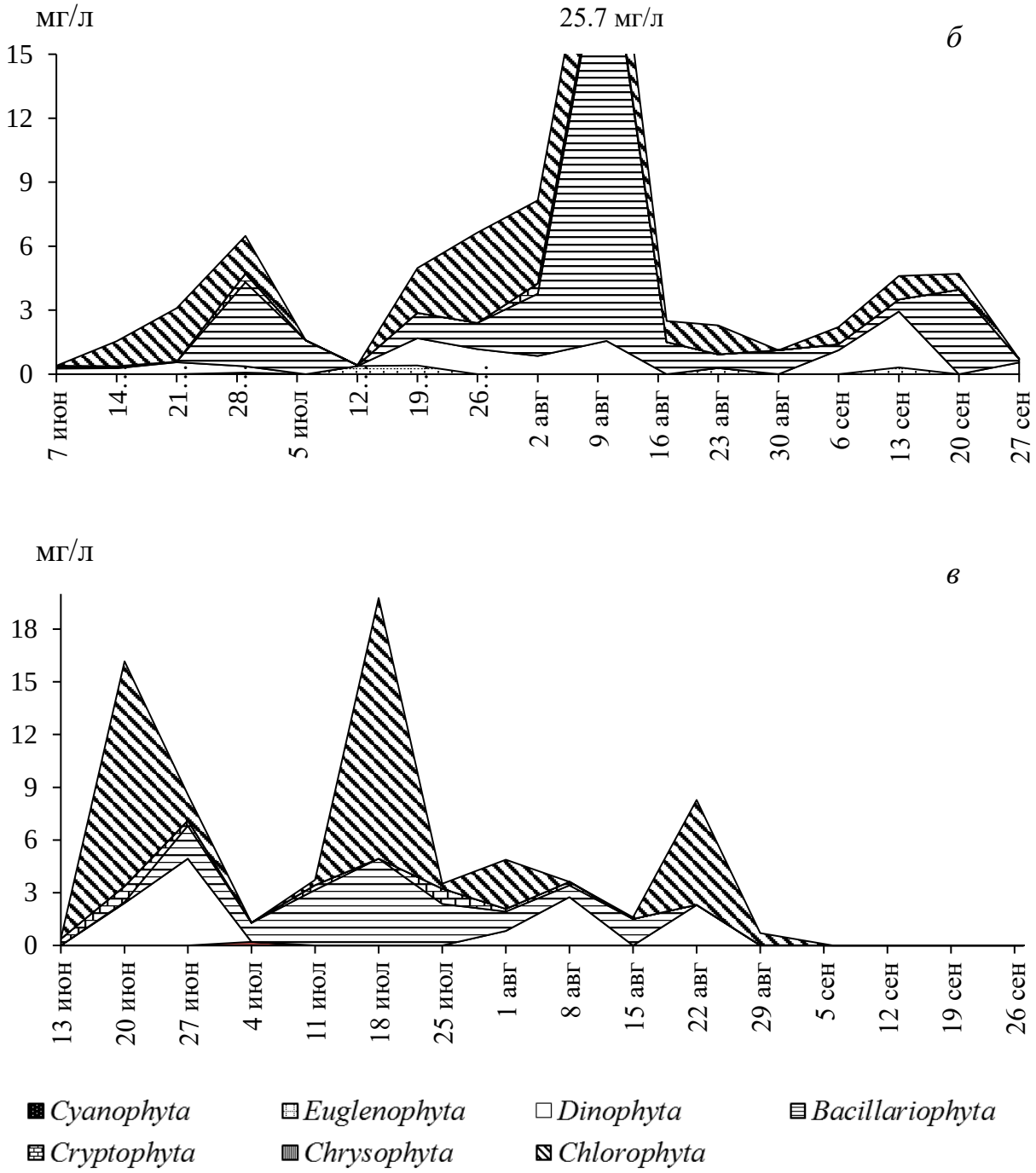


Рис. 9. Сезонная динамика биомассы (мг/л) доминирующих видов планктонных водорослей (без учета синезеленых водорослей) Волжского и Волго-Камского плесов Куйбышевского водохранилища (а – ст. 1 у н.п. Боровое Матюшино, б – ст. 2 у н.п. Шеланга, в – ст. 3 у н.п. Камское Устье) в 2015 г.

На ст. 2 первый максимум развития фитопланктона наблюдался в третьей декаде июля и был связан с массовым развитием синезеленых водорослей, вызвавшим

«цветение» воды. Для второго пика (вторая декада августа) был характерен комплекс фитопланктона из синезеленых, диатомовых и зеленых водорослей. Общая численность и биомасса фитопланктона были в пределах 0.45-1584.21 млн. кл./л и 0.44-109.35 мг/л. Доминирующий комплекс на этой станции состоял из синезеленых *M. aeruginosa, An. flos-aquae, An. scheremetievi, Aph. flos-aquae, Oscillatoria* sp., *Oscillatoria planctonica* Wotosz., диатомовых *Melosira varians* Ag., *A. italica, Stephanodiscus hantzschii* Crun., *Nitzschia palea* (Kiitz).W.Sm., *Diatoma vulgare* Bory., *Navicula* sp. sp., зеленых *C. globosa, Chlamydomonas* sp., *P. morum, Sc. quadricauda* и динофитовых *Peridinium* sp.

На ст. 3 в сезонной динамике фитопланктона наблюдались три пика численности и биомассы: во второй декаде июня, во второй-третьей декаде июля и во второй декаде августа. Если первый максимум развития фитопланктона был обусловлен массовым развитием синезеленых водорослей, то для второго и третьего пиков был характерен комплекс фитопланктона из синезеленых, диатомовых и зеленых водорослей.

Количественные показатели фитопланктона были довольно высокими. Общая численность и биомасса фитопланктона в 2015 г. колебались в пределах 0.66-1538.81 млн. кл./л и 0.41- 125.35 мг/л. В фитопланктоне доминировали водоросли *M. aeruginosa, An. flos-aquae, An. scheremetievi, Aph. flos-aquae, Oscillatoria* sp., *O. planctonica*, диатомовых *M. varians, A. italica, S. hantzschii, N. palea, D. vulgare, Navicula* sp. sp., зеленых *C. globosa, Chlamydomonas* sp., *P. morum, Sc. quadricauda* и динофитовых *Peridinium* sp.

На всех наблюдаемых участках (в периоды «цветения» воды) от 75 до 99 % общей численности и биомассы фитопланктона составляли синезеленые водоросли. Мелководные акватории водохранилища, где расположена ст. 1, особенно подвержены явлениям «цветения» воды синезелеными, так как на этом участке имеются крайне благоприятные условия для их размножения. На ст. 2 (в отличие ст. 1 и 3) содержание диатомовых водорослей и по разнообразию, и по биомассе было значительно выше, чему способствуют гидрологические особенности данного участка. Особенно заметны эти различия во второй половине лета. На ст. 2 и 3 скопления синезеленых водорослей происходили за счет сгонно-нагонных явлений с мелководных акваторий и выше расположенных участков. На ст. 3 в периоды массового размножения синезеленых можно было увидеть обширные пятна «цветения».

В ходе работы были рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена (между

показателями фитопланктона, температурой воздуха, температурой воды и колебаниями уровня воды) и найдены некоторые зависимости. Отрицательная корреляция (r = -0,6- и -0,7 при p<0.05) наблюдалась между количественными показателями фитопланктона (общая численность, биомасса) и уровнем воды. Со снижением уровня воды наблюдалось возрастание содержания синезеленых водорослей (r=-0,7 и с численностью и с биомассой при p<0.05). Также было отмечено увеличение концентрации динофитовых водорослей при более высоких значениях температуры воздуха (r = 0,6-0,7 при p<0.05).

Показатели количественного развития фитопланктона широко используются для характеристики состояния и трофического статуса водоемов. По результатам исследования, вода (на рассматриваемых участках) за период наблюдений в большей части соответствовала мезотрофному типу. Качественно вода была охарактеризована следующим образом: β-мезо-сапробная, умеренно загрязненная; класс качества III. В периоды массового «цветения» синезелеными водорослями трофический статус воды оценивался как эвтрофный и гиперэвтрофный (≥80-100).

Заключение

Биоценозы мелководий в Куйбышевском водохранилище функционируют в условиях повышенной изменчивости режимов среды обитания и характеризуются особой структурно-функциональной организацией. Чтобы до конца выяснить эти особенности, необходимо продолжать исследования в Куйбышевском водохранилище одновременно на нескольких различных (в гидрологическом плане) участках. Особое внимание необходимо уделять комплексным исследованиям сезонной динамики гидробионтов, с учетом основных факторов влияния на существование водных организмов всех уровней. На сегодня очевидно, что лишь таким образом можно выявить закономерности в функционировании таких сложных водных экосистем, какими являются равнинные водохранилища.

На основе данных по структуре планктонных водорослей (первичных продуцентов водных экосистем) выявляются особенности организации и состояния водных экосистем. Так как Куйбышевское водохранилище имеет огромное водохозяйственное и промышленное значение, ведение мониторинга за изменениями состояния гидробионтов всегда является актуальным.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Работа выполнена в соответствии с Государственной программой повышения конкурентоспособности РФ при Казанском федеральном университете.

Список использованных источников

1. Куйбышевское водохранилище (Научно-информационный справочник). – Тольятти: ИЭВБ РАН. – 2008. – 123 с.
2. Экология фитопланктона Куйбышевского водохранилища / Отв. ред. С.М. Коновалов, В.Н. Паутова. – Л.: Наука. – 1989. – 304 с.
3. Стасенко А.Л. Вращение: реки, тайфуны, молекулы // Квант. – 1997, № 5. – С. 30-31.
4. Водоросли. Справочник. – Киев: Наук. Думка. – 1989. – 608 с.
5. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. – М.: Университет и школа. – 2003. – 200 с.
6. AlgaBase is a database of information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms [электронный ресурс]. – URL: http://algabase.org/ (дата обращения: 16.07.2020).
7. Cantonati M. Freshwater Bentic Diatoms of Central Europe: Over 800 Common Species Used in Ecological Asessment. – Berlin: Spektrum Akademischer Verlag. – 2017. – 942 s. – ISBN-13:978946538066.
8. Krammer K. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Susswasserflora von Mitteleuropa. – Berlin: Spektrum Akademischer Verlag. – 1991 a. – 576 s.
9. Krammer K. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Erganzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Susswasserflora von Mitteleuropa. – Berlin: Spektrum Akademischer Verlag. – 1991 b. – 437 s.
10. Андроникова И.Н. Классификация озер по уровню биологической продуктивности // Теоретические вопросы классификации озер. – СПб.: Наука. – 1993. – С. 51-72.
11. Sladecek V. System of water quality from the biological point of view. // Arch. Hydrobiol., Beihefz., Ergebnisse der Limnol. – 1973. Bd 7. – 189 p.
12. Khaliullina L.Yu., Khaliullin I.I., Yakovlev V.A. Seasonal and year-to-year dynamics of phytoplankton in connection with the level regime of the Kuibyshev Reservoir. // Water Resources. – 2009, т. 36, № 4. – С. 459-465.
13. Халиуллина Л.Ю., Яковлев В.А. Фитопланктон мелководий в верховьях Куйбышевского водохранилища. – Казань: Изд-во АН РТ. – 2015. – 171 с.
==========

Цитирование:
Халиуллина Л.Ю. Пространственное распределение планктонных водорослей Волжского и Волго-Камского плесов Куйбышевского водохранилища в 2015 г. // АгроЭкоИнфо. – 2020, №4. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/4/st_416.pdf.