

На правах рукописи



**КАРПОВА ЕЛИЗАВЕТА МИХАЙЛОВНА**

***PHYTOMASTIGINA* (CALKINS, 1909) ВОДОЕМОВ  
ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ, ИХ ПРОДУКТИВНОСТЬ И РОЛЬ В  
БИОЦЕНОЗАХ**

Специальность 03.00.16 – экология  
(биологические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Астрахань 2006

Работа выполнена на кафедре зоологии Астраханского государственного университета

**Научный руководитель:** доктор биологических наук,  
**Иванов Владимир Прокофьевич**

**Официальные оппоненты:** доктор биологических наук, профессор  
**Сокольский Аркадий Федорович**

доктор биологических наук  
**Ларцева Любовь Владимировна**

**Ведущая организация:**  
Волгоградский государственный педагогический университет

**Защита диссертации состоится** « 29 » декабря 2006 г. в « 14:00 » часов на заседании регионального диссертационного совета Д 212.009.02 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата биологических наук при Астраханском государственном университете по адресу: 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, Естественный институт АГУ.

**С диссертацией можно ознакомиться** в библиотеке Естественного института Астраханского государственного университета по адресу: пл. Шаумяна, 1.

Автореферат разослан «23» ноября 2006 года.

**Ученый секретарь диссертационного совета**

кандидат биологических наук



М.И.Пироговский

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Как известно, водные экосистемы – это природные объекты, представляющие единство абиотической и биотической сред, связанных общим потоком энергии. В условиях интенсивного использования хозяйственной деятельности в последние годы им причиняется все более ощутимый ущерб. Нарушаются естественные биологические циклы, тормозятся процессы развития, теряется уникальная способность биогеоценозов к гомеостазу.

Природное качество воды является тем фоном и основой, на которых происходят качественные изменения состояния водного объекта, вызванные вмешательством человека. В связи с этим оценка компонентов водной среды в условиях интенсивной антропогенной нагрузки имеет важное теоретическое и практическое значение.

Антропогенное воздействие на морские и пресноводные экосистемы Волго-Каспийского бассейна происходит за счет чрезвычайной многокомпонентности загрязнения, разнообразия его источников, вариабельности масштабов распространения и степени опасности. Низовья р. Волги, ее дельта и Северный Каспий образуют уникальную в экологическом отношении гидрологическую систему, в которой волжский сток играет решающую роль в формировании биологической продуктивности моря.

Динамика экологических условий под влиянием различных факторов за последние годы приводит к изменениям в сообществах, как на суше, так и в воде. Они особенно заметны в сообществах одноклеточных фотосинтезирующих простейших (или *Phytomastigina*), которые моментально реагируют на изменения условий среды.

Роль этих микроорганизмов трудно переоценить, так как именно они дали начало большинству групп организмов, относящихся к царствам растений, грибов и животных. Фитомастигины составляют исходную и центральную группу эукариот. Значение их очень велико и специфично для разных систематических групп. Во-первых, они являются первым (начальным) звеном большинства трофических цепей водных экосистем. Во-вторых, многие виды среди них являются фильтраторами, регулируя численность бактерий. Кроме того, выделяя хлопья активного ила, фитомастигины принимают участие в очистке и минерализации вод. В настоящее время они используются для санитарно-гигиенического контроля вод в качестве организмов-индикаторов.

Таким образом, очевидно огромное значение фитомастигин для биосферы, человека и животных. Сейчас уже нельзя не уделять внимание этим организмам, рассматривая ресурсы Земли, ее биоэнергетику. Мы не можем не учитывать их роль в нашей повседневной деятельности, связанной с промышленностью, сельским и рыбным хозяйствами, а также проблемами

медицины и ветеринарии. Хотя интерес к данной группе с каждым годом все более возрастает, работ, посвященных их изучению очень мало.

Очевидно, что происходящие гидро-морфологические изменения в устьевой части Волги и колебания уровня Каспийского моря оказали значительное влияние на условия обитания и развития не только изучаемой группы организмов, но и на обитателей всей экосистемы в целом.

Для того, чтобы понять весь сложный комплекс изменений, связанных с происходящими процессами и наметить пути воздействия на водоемы дельты р. Волги, необходимо выявить закономерности, при которых наблюдается преобладающее значение того или иного фактора или, что бывает чаще, их взаимодействие.

**Цель работы** – изучение популяций *Phytomastigina* водоемов дельты р. Волги, оценка их продуктивности и роли в биоценозах.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

1. проанализировать структуру популяций фитомастигин и установить видовой состав;
2. показать экологические особенности распределения фитомастигин по биотопам и их годовую динамику;
3. определить экологическое состояние водоемов, используя *Phytomastigina* в качестве индикаторов, и рассчитать индекс сапробности на основании индикаторной их значимости;
4. изучить влияние факторов среды на формирование численности и биомассы одноклеточных фотосинтезирующих простейших.

**Научная новизна и практическая значимость.** Впервые обобщены сведения о таксономическом составе, структуре, численности и биомассе группы *Phytomastigina* водоемов дельты р. Волги и рыбоводных прудов этого региона. Выделены сезонные комплексы фитомастигин, что позволило сформулировать концептуальную схему их последовательного развития и дать описание сообщества фитомастигин дельты р. Волги.

Впервые приведен состав фитомастигин планктона водоемов дельты р. Волги, как сообщества организмов, представляющего биоценотическую единицу, которую можно рассматривать в качестве модели для изучения закономерностей формирования водных экосистем.

Показано антропогенное воздействие на речные ценозы и ценозы рыбоводных прудов. Представлена эколого-токсикологическая классификация качества воды водоемов Нижней Волги.

Настоящие исследования могут быть положены в обоснование практических мероприятий по охране водоемов дельты р. Волги от загрязнений.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения и результаты исследования докладывались на Международной научной конференции «Эколого-биологические проблемы Каспийского моря» (Астрахань, 2003, 2004), на Международной школе-конференции молодых ученых (Пушино, 2005), на Российско-монгольской научной конференции молодых ученых и студентов (Бийск, 2005), на Международной

научно-практической конференции «НАУКА І ОСВІТА» (Днепропетровск, 2005), Международной научно-практической конференции «Человек и животные» (Астрахань, 2005).

Материалы диссертационной работы изложены в 11 научных публикациях, в том числе в реферируемом журнале.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- таксономический состав *Phytomastigina* дельты Волги;
- состояние водных систем дельты р. Волги при антропогенном воздействии;
- эколого-токсикологическая классификация качества поверхностных вод и их оценка в современных условиях региона;
- влияние температуры, pH и солености окружающей среды на численность и биомассу фитомастигин.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 6 глав и выводов, изложена на 150 страницах компьютерного текста, содержит 16 таблиц, 15 рисунков и 6 приложений. Список использованной литературы включает 233 наименования, в том числе 73 работы зарубежных авторов.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Физико-географическая характеристика дельты р. Волги**

Дельта р. Волги уникальна. Началом ее считают место, где отделяется крупный рукав – Бузан. Отсюда линии границ спускаются по обеим сторонам дельты, ооконтуривая районы ильменей, и выходят к морю на западе (рис. 1) – у острова Большая Чепурья Коса, а на востоке – у села Ганюшкино. Южная граница подводной дельты условно проходит в море по линии свала глубин примерно по трехметровой изобате.

Дельта Волги - это аллювиальная равнина (Батурин, 1951), несколько покатая в сторону моря в юго-восточном направлении. Рукава Волги, прорезая своими руслами равнину, лавируют между холмами, дробятся на меньшие протоки, которые зачастую опять соединяются и вновь дробятся, образуя чрезвычайно сложную сеть водотоков. По мере приближения к морю сеть протоков все больше расширяется в обе стороны, образуя подобие веера, количество протоков увеличивается, ширина и глубина их уменьшаются. В приморской полосе дельты преобладают мелкие протоки – ерики. В результате исключительно развитой сети речных протоков вся суша дельты представляет собой массу островов различных размеров и формы, омываемых водами рукавов и протоков. В самих руслах рукавов и протоков в результате отложения на некоторых участках аллювия образовывались косы и осередки.

В дельте и пойме расположено множество низеньких островов, а между ними – рукава, протоки и ерики. Вся гидрографическая сеть дельты по расположению ее отдельных водных систем и делению стока на морском крае разделяется в направлении продолжения Волго-Ахтубинской поймы на две части: западную и восточную (Байдин, 1956).

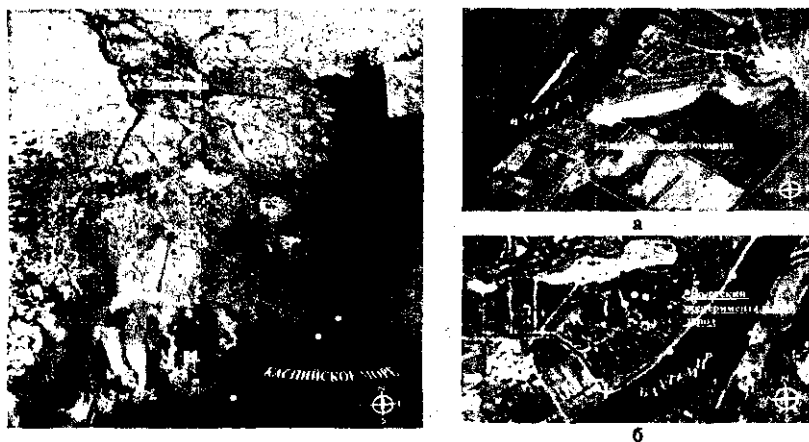


Рис. 1. Район исследования (точками указаны станции отбора проб)

Рукав Старая Волга образуется на 68-м километре от истока Бузана в результате разделения русла Волги на два рукава, из которых Бахтемир отходит вправо, а Старая Волга – влево. Старая Волга широко разветвляется. В самом начале она отдает часть своих вод через проран Чаган в Камызяк; затем, направляясь на юг. Русло на этом участке имеет несколько плавных поворотов. Оба берега, в основном, низкие, пологие. Общая протяженность рукава

Рукав Бахтемир служит продолжением русла Волги после отделения от нее Старой Волги. Он служит границей между районом западных ильменей и центральным районом дельты. В верхней половине от Бахтемира отходит вправо несколько протоков и ериков. В отличие от других рукавов дельты, он не дробится на выходе в море на массу мелких протоков, а, наоборот, получает в нижней части водное пополнение, хотя и небольшое и выходит в море сосредоточенным стоком по Главному банку. Оба берега попеременно то низкие, то повышаются и делаются обрывистыми.

Грунтовыми водами область не богата. Они приурочены к первому от поверхности водоносному горизонту, расположенному на первом водупорном слое. Питание грунтовых вод дельты обязано главным образом половодьям, затопляющим как плоскую часть дельты, так и ильмени, озера и ерики, которые после прохождения половодья продолжают питать грунтовые воды.

Таким образом, водоемы дельты р. Волги характеризуются большим разнообразием экологических условий, что обусловило широкое биоразнообразие живых организмов.

## Глава 2. Изучение жгутиковых и их роли в экосистеме

Первые описания и зарисовки фитомастигин были выполнены в XVII-XVIII вв., а русские микробиологи конца XIX в. пришли к выводу об отсутствии резкой границы между миром растений и животных (Cienkowski, 1870). Доказательством данного факта и послужило наличие в природе организмов с признаками этих двух царств – *Phytomastigina*. На протяжении всего периода исследования фитомастигин и по сей день ученые всего мира не могут дать однозначной оценки на систематическое положение этих организмов. По этой причине ботаники рассматривают данных фотосинтетиков как составную часть фитопланктона, а зоологи – простейших (Догель, 1951, 1981; Суханова, 1968; Старобогатов, 1986; Вассер, 1989 и др.).

В России особый интерес к данной группе стали проявлять лишь во второй половине XX в., но работы по изучению продуктивности этих организмов велись только в реках Центрального района и Верхнего Поволжья. Многочисленные рыбоводные пруды Нижней Волги оставались без внимания (Винберг, 1966; Гусева, Приймаченко, 1961, 1966, 1981; Приймаченко, 1981; Лаврентьева, 1989; Виноградова, 2002; Кузьмин, 1974; Елизарова, 1977 и др.). Изучение *Phytomastigina* в водоемах дельты реки Волги было начато одновременно с рассмотрением фитопланктона в начале XX века (Kolkwitz, 1902; Zykoff, 1906; Бенинг, 1913; Эльдарова-Сергеева, 1913).

В главе рассмотрено значение фитомастигин в ценозах водоемов дельты р. Волги, в водотоках с повышенной антропогенной нагрузкой, влияние, которое они оказывают на водную систему в целом и на ее составляющие в отдельности. Была отмечена степень изученности действия различных факторов окружающей среды на клетки данной группы организмов и ответные реакции на различные раздражители.

В результате анализа имеющихся литературных данных выявлено, что жгутиковые в дельте р. Волги изучены слабо. Имеющиеся работы носят в основном описательный характер. При этом достаточно полно рассмотрен вопрос действия различных концентраций биогенных элементов на количественные характеристики данной группы микроорганизмов. Однако полные таксономические списки *Phytomastigina* Нижней Волги отсутствуют. Отметим, что значение данной группы жгутиковых рассмотрено во многих работах, которые охватывают обширный круг вопросов, но изучение представителей данной группы в качестве основного объекта не проводилось.

## Глава 3. Материалы и методы исследования

Материалом для работы послужили экспериментальные работы с лабораторными поликультурами (*Euglena viridis*, *Euglena gracilis*, *Euglena deses*, *Chlamydomonas globosa*, *C. reinhardii*, *Pandorina morum*, *Chroomonas acuta*, *Volvox aureus*, *Cryptomonas caudate*, *C. erosa*) фитомастигин, с природным речным планктоном и с планктоном рыбоводных прудов.

Сбор проб осуществлялся в 2001-2005 гг. на рыбоводных прудах Волжского экспериментального завода (п. Звереве, Икрянинский район) и рыбопитомника «Чаганский» (с. Чаган, Камызякский район), реках Волга (прист. Приволжье и прист. Астрахань) и Чаган (Камызякский район), а также Бахтемир (п. Звереве, Икрянинский район). Для определения качественного состава фитомастигин авандельты пробы брались на трех станциях в летний период с глубины 30-40 см. Исследования естественного планктона в течение 3 лет велись в трех экспериментальных нагульных прудах Астраханской области, в которых содержались сеголетки толстолобика (60%) и карповых рыб (40%). С марта по ноябрь во всех прудах и естественных водотоках отбирались пробы планктона (табл. 1).

Таблица 1

**Объем работы**

<b>Эксперименты</b>		
<b>Действующий фактор</b>	<b>Количество проб</b>	<b>Периодичность взятия проб</b>
pH	216	4 дня
Температура	144	3 дня
Соленость	203	5 дней
<b>Естественные и рыбохозяйственные водоемы</b>		
<b>- количественные характеристики (численность и биомасса)</b>		
рыбохозяйственные пруды	729	7 дней
реки	795	10 дней
<b>- качественные характеристики (видовой состав)</b>		
рыбохозяйственные пруды	372	7 дней
реки	324	10 дней
авандельта	17	1 раз в год
<b>Всего проб: 2800</b>		

Анализ таксономической структуры сообщества велся на уровне видов, родов, классов и типов микроорганизмов.

Материалы в трех сериях опытов были использованы для изучения взаимодействия видов, для исследования влияния различных значений pH питательной среды, для выявления оптимального температурного режима и действия солености.

Сбор и обработка материала проводились с использованием общепринятых гидробиологических методов (Долгов, Никитинский, 1927; Голлербах, Полянский, 1951; Pringsheim, 1955; Кольцова, 1970; Sladecsek, 1973; Мордухай-Болтовский, 1975; Сухарева-Немакова, Каленик, 1977; Кожова, 1978; Общие основы..., 1979; Суханова, 1983; Хаусман, 1988; Масюк, Радченко, 1989; Сухарева, 1989).

Оценка качества воды проводилась с использованием сапробиологического анализа (Абакумов, Сушеня, 1991; Дмитриев, 1995, 2001; Шитиков, Розенберг, Зинченко, 2003).



Статистическая обработка выполнена на основе биометрических показателей (Плохинский, 1970; Лакин, 1990).

#### Глава 4. Систематическое положение фитомастигин водоемов дельты р. Волги

##### 4.1. Состояние современной системы *Phytomastigina*

Необходимость раздела о современной системе фитомастигин продиктована тем, что противоречия в классификациях зоологов, ботаников и протозоологов способствуют отнесению одних и тех же видов этих организмов к разным таксономическим категориям, а иногда один и тот же вид в разных системах имеет различное название.

В результате определено, что фитомастигины представляют собой совокупность 6 типов, рассматриваемых ранее в ботанике и зоологии.

##### 4.2. Таксономический и эколого-географический анализ *Phytomastigina*

В изучении вопросов формирования качества природных вод и биологической продуктивности водоемов важное место занимают показатели фотосинтетиков планктона (Винберг, 1966; Вассер, 1989; Абакумов, 1992).

Фитомастигины низовий р. Волги разнообразны. Они имеют большое значение в процессе самоочищения водоемов дельты р. Волги. Соотношение основных групп изучаемой группы организмов осталась неизменной относительно ранних периодов исследований в этом регионе (Эльдарава-Сергеева, 1913; Волошко, 1972; Курочкина, 1991, 1996; Лабунская, 1993; Мироненко, 2002).

Таксономический состав *Phytomastigina* дельты р. Волги за период наших исследований был представлен 104 видами и разновидностями, относящимся к 19 родам, 9 семействам, 7 отрядам, 5 классам, 4 типам (табл. 2).

Большая часть идентифицированных фитомастигин относилась к эвгленовым (*Euglenozoa*), составляющим больше трети идентифицированных фитомастигин (37,1 %). Чуть меньше составляли представители *Chlorophyta* (30,7 %), что обусловлено было меньшим количеством видов. Остальную часть таксономического спектра в равной степени представителям *Chrysophyta* и *Cryptophyta*.

Из классов фитомастигин планктона изучаемого региона наиболее таксономически разнообразны *Euglenoidea* (1 семейство, 5 родов, 23 вида и 21 внутривидовой таксон) и *Chlamydrophyceae* (соответственно 2, 5, 19, 4). В сумме к ним относились 33 % семейств, 53 % родов, 68 % видов и 76 % разновидностей и форм. Кроме названных, в число классов, относительно богатых по числу семейств, можно включить *Chrysophyceae* (3) и *Synurophyceae* (2). К классам с относительно высоким числом видов относятся *Euglenoidea* (23) и *Chlamydrophyceae* (19), внутривидовых таксонов - *Euglenoidea* (21), *Chlamydrophyceae* (4) и *Chrysophyceae* (4). Почти половина классов представлены были одним семейством (2 из 5) и лишь *Synurophyceae* – тремя семействами.

Таблица 2

Основные таксономические показатели *Phytomastigina* водоемов  
дельты р. Волги

Тип	Класс	Число			Число таксонов			
		отрядов	семейств	родов	видовых	внутривидовых	идентифицированных до рода	всего
Chrysophyta	Chrysophyceae	2	3	4	7	4	2	13
	Synurophyceae	1	2	2	3	2	2	7
Cryptophyta	Cryptophyceae	1	1	3	10	2	1	13
Euglenozoa	Euglenoidea	1	1	5	23	21	2	46
Chlorophyta	Chlamydomonadophyceae	2	2	5	19	4	2	25
Всего		7	9	19	62	33	9	104

На уровне типов (отделов) прослеживалось преобладание диатомовых водорослей, вторыми были эвгленовые, а далее следовали хризофитовые и криптофитовые (рис. 2). Суммарно *Phytomastigina*, как совокупность типов, составляли основную часть видовой разнообразия в речных биоценозах. В авандельте же наоборот представленность типов данной группы была значительно меньше, чем в реках. Они составляли меньше 30 % от общего числа таксонов.

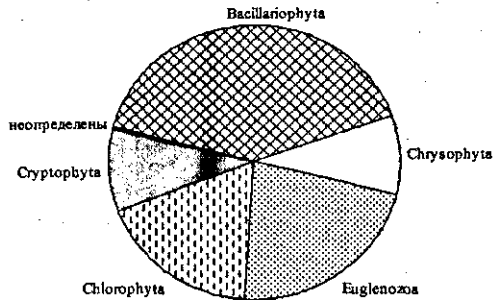


Рис. 2. Процентное соотношение высших таксонов фитомастигин водоемов  
дельты р. Волги

На долю 4 ведущих семейств (*Cryptomonadidae*, *Euglenaceae*, *Volvocaceae*, *Chlamydomonadaceae*) приходилось 75 видов, то есть 72,12 % от общего числа идентифицированных фитомастигин. Первые ранговые места занимали 3 семейства: *Cryptomonadidae* (13 видов), *Euglenaceae* (39 видов),

периодами исследований (Волга и ее жизнь, 1978; Курочкина, 1996, 1999, 2003) в этом районе количество видов значительно уменьшилось. Большинство таксонов относится к индикаторам мезосапробной зоны (3-4 класс качества вод). Процессы эвтрофирования в изучаемых водных объектах можно отнести к обратимым процессам, а данные системы назвать саморегулируемыми.

#### Глава 5. Экологические особенности распределения *Phytomastigina* по биотопам, их продуктивность и сезонная динамика

Как известно, в экосистемах водоемов самого различного типа ключевым компонентом, определяющим их продуктивность и качество воды, является фотосинтезирующий планктон. К тому же в пресных водоемах он является одним из главных автотрофных продуцентов органического вещества. Планктонные одноклеточные способны первыми реагировать на любые изменения в водной среде. Кроме того, фотосинтезирующий планктон является одним из общепризнанных показателей качества воды и состояния водных экосистем (Наппон, 1985; Бульон, 1997; Булгаков, Левич, Максимов, 2003). Результаты исследований микроорганизмов планктона широко интерпретируются как для оценки трофического статуса водоемов и водотоков (Левич, 1980; Максимов, 1980; Израэль, 1984; Михайловский, 1988), так и для индикации загрязнения воды, что обусловлено высокой чувствительностью данных сообществ к изменению физико-химических свойств воды и быстрому их отклику (Выхристюк, Зинченко, Шитиков, 2001), благодаря чрезвычайно высокой частоте поколений этих организмов (Абакумов, 2000).

В период исследований видовое разнообразие фитомастигин (фитопланктона в целом) было средним по величине. Количество видов было непостоянным и изменялось в зависимости от сезона года и места нахождения. На большей части станций регистрировались доминанты и субдоминанты.

Сезонная динамика продуктивности *Phytomastigina* р. Волги характеризовалась ростом количественных показателей от весны к лету, с максимумами по биомассе в конце июня, а по численности – в середине июля (рис. 3): соответственно от 0,37 до 5,68 г/м<sup>3</sup> и от 69,2 до 235,0 тыс.кл/м<sup>3</sup>.

Наиболее переменными были численные показатели весеннего периода. Однако наибольшая численность была выявлена летом, когда весеннее развитие фитомастигин достигало своего пика. В осенние месяцы разнообразие фитомастигин и планктона в целом резко снижалось, не смотря на то, что численность не уступала весеннему периоду.

Динамика биомассы зависела как от численных показателей, так и от размерных характеристик клеток. Так весной в пробах отмечались наиболее крупные фитомастигины, что и обусловило наибольшую биомассу в середине мая-первой декаде июня. Отметим, что пики биомассы формировались в основном за счет развития колониальных форм: представителей родов *Pandorina*, *Eudorina*, *Gonium*, *Volvox*.

Видовой состав фитомасстигин реки также развивался неравномерно. Количество видов колебалось от 2 до 18. Наименьшее количество было зарегистрировано в марте, а наибольшее – в июле. Видовое разнообразие изучаемой группы организмов характеризовалось сезонными изменениями. Сообщество было представлено видами следующих типов: *Chlorophyta*, *Euglenozoa*, *Cryptophyta*.

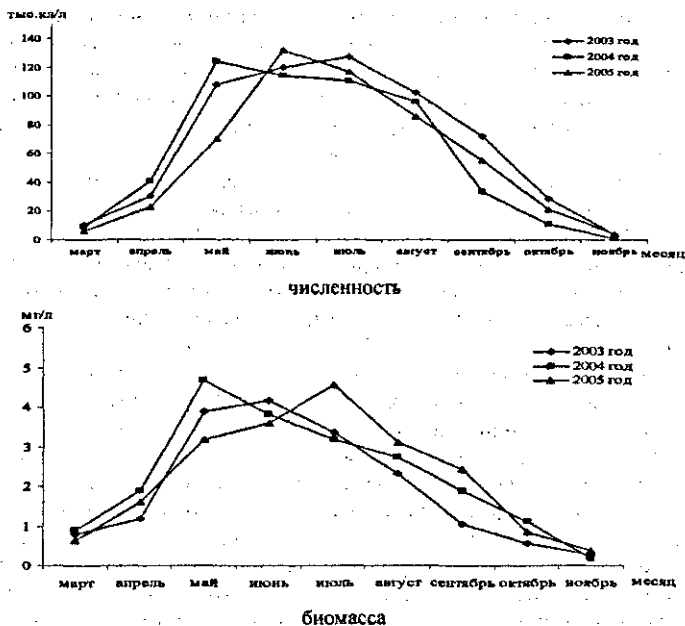


Рис. 3. Сезонная динамика продуктивности *Phytomastigina* в р. Волге

Сезонная динамика продуктивности фитомасстигин в пр. Чаган схожа с динамикой в р. Волге, но средняя годовая численность за период исследования в нем была значительно меньше, хотя биомасса фитомасстигин оставалась на том же уровне (рис. 4). Видовой состав представлен видами тех же типов, что и в Волге: *Euglenozoa*, *Chlorophyta*, но были обнаружены виды, относящиеся к *Pyrrophyta*.

Продуктивность водотока характеризовалась одним максимумом (середина лета). Весенний и осенний периоды выражались постепенным увеличением и снижением количества клеток изучаемых организмов. Причем наиболее вариабельными по численности были осенние показатели, а по биомассе – весенние.

*Chlamydomonadaceae* (17 видов), *Dinobryonaceae* (8 видов). Остальные 5 семейств объединяли 27 видов или 25,96 % от общего числа фитомастигин, среди которых 6 видов *Volvocaceae*, 5 видов *Mallomonadaceae*, 4 вида *Chromulinaceae* (табл. 3).

Из семейств по числу родов наиболее разнообразны *Cryptomonadidae* (3), *Euglenaceae* (5), *Volvocaceae* (4). Более половины семейств представлены одним - двумя родами. Среди четырех «ведущих» по разнообразию таксонов фитомастигин рангом ниже рода семейства *Euglenaceae* (39), с большим отрывом – *Chlamydomonadaceae* (17), *Cryptomonadidae* (13) и *Dinobryonaceae* (8). К ним относится 82 % видов, разновидностей и форм планктона водоемов изучаемого региона. Основная часть изучаемой группы организмов этих четырех семейств – планктонные формы, что составляет 87,2 %, а остальные являются обитателями литорали. Отметим, что большинство из представителей этих семейств встречались и в пробах бентоса, когда жгутиковые образуют пальмеллоидную структуру («без жгутиковая стадия»).

Ведущие роды содержали 64 вида или 61,54 % от общего числа фитомастигин. Первые ранговые места занимали роды *Chlamydomonas* (17 видов), *Euglena* (11 видов), *Phacus* и *Trachelomonas* (по 10 видов), *Cryptomonas* (8 видов), составившие 52,88 % от общего числа изучаемой группы микроорганизмов. На долю остальных видов, в числе ведущих, приходится 9 видов или 8,65 % от общего числа фитомастигин.

Таблица 3

Состав семейств *Phytomastigina* водоемов дельты р. Волги

Семейство	Роды		Таксоны рангом ниже рода	
	число	процент	число	процент
<i>Chromulinaceae</i>	2	10,53	4	4,26
<i>Ochromonadaceae</i>	1	5,26	0	0
<i>Dinobryonaceae</i>	1	5,26	8	8,51
<i>Synuraceae</i>	1	5,26	2	2,13
<i>Mallomonadaceae</i>	1	5,26	5	5,32
<i>Cryptomonadidae</i>	3	15,79	13	13,83
<i>Euglenaceae</i>	5	26,32	39	41,48
<i>Chlamydomonadaceae</i>	1	5,26	17	18,09
<i>Volvocaceae</i>	4	21,06	6	6,38
Всего	19	100	94	100

Родовая насыщенность водотоков дельты р. Волги была достаточно близка к данному показателю Верхней и Средней Волги. Отношение число видов к числу родов в планктоне водных систем водотоков Нижней Волги было равно 5,47. Данное значение являлось самым большим по сравнению с водными системами Средней Волги верхневолжских водохранилищ (Охупкин, 1997, 1998; Фитопланктон Нижней Волги., 2003), которые соответственно

составляли 4,56 и 4,79. Видовая насыщенность *Phytomastigina* при этом различалась еще больше. Отношение числа внутривидовых таксонов к числу видов планктонных фитомастигин водных систем от верхневолжских водохранилищ до Нижней Волги и низовой реки увеличивалось с 0,18 до 0,26. Значение данного показателя водотоков дельты р. Волги почти в два раза превысило значение в верхних течениях реки и составило 0,32.

Экологический анализ идентифицированных фитомастигин в проанализированных пробах выявил группы изучаемых микроорганизмов по 3 аспектам: приуроченности к местообитанию, отношению к pH среды и сапробности (табл. 4).

Таблица 4  
Распределение таксонов фитомастигин по эколого-географическим группам

Группа	Число таксонов	Процент	Группа	Число таксонов	Процент
Местообитание			Индикаторы сапробности		
Планктон	52	64,2	олигосапроб (о)	5	8,6
Бентос	3	3,7	о-β- мезосапроб	8	12,2
Литораль	26	32,1	β-о- сапроб	3	5,2
Всего	81	100	о-α- мезосапроб	8	13,8
Отношение к pH			β- мезосапроб	18	31,1
ацидофил + ацидобионт	7	22,6	β-α- мезосапроб	4	6,9
алкалофил + алкалобионт	1	3,2	α- мезосапроб	2	3,4
индифферент	23	74,2	α-β- мезосапроб	2	3,4
Всего	31	100	β-р- сапроб	2	3,4
			α-р- сапроб	2	3,4
			полисапроб (ρ)	4	6,9
			Всего	58	100

В целом в планктоне преобладали космополиты (80,6 % таксонов с известным географическим распределением). Преобладали представители родов *Phacus*, *Euglena* и *Trachelomonas*. Большинство фитомастигин – это планктонные организмы (64,2 %), на втором-третьем местах – обитатели литорали (32,1 %) и бентали (3,7 %). По отношению к солености окружающей водной среды – основная их часть имеет пресноводное происхождение, что отмечалось даже в морских пробах. Фитомастигины – индикаторы зон органического загрязнения составляли более 45 %, большинство которых относилось к индикаторам - β-мезосапробам. Около 10 % фитомастигин принадлежало к изосапробионтам. Следует отметить, что из встреченных нами только 22 индикатора можно считать «хорошими».

Видовое разнообразие фитомастигин водоемов дельты р. Волги характеризуется как среднее. Все идентифицированные виды фитомастигин имеют пресноводное происхождение. Однако по сравнению с предыдущими

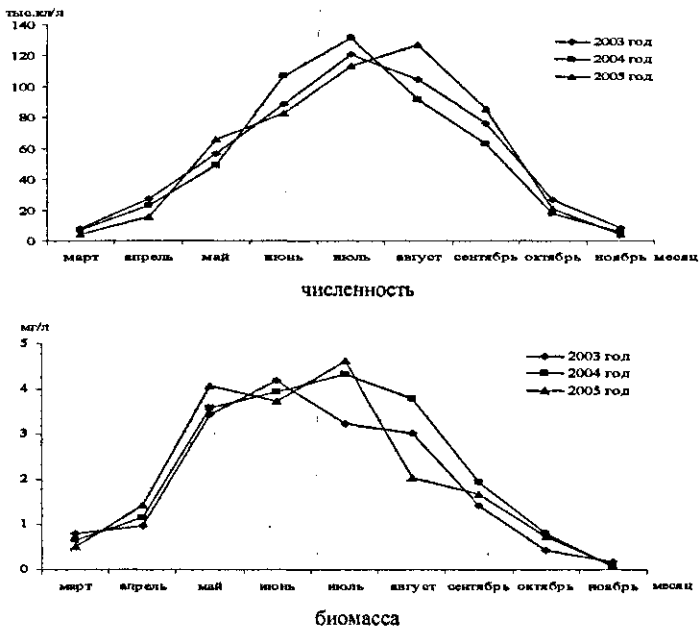
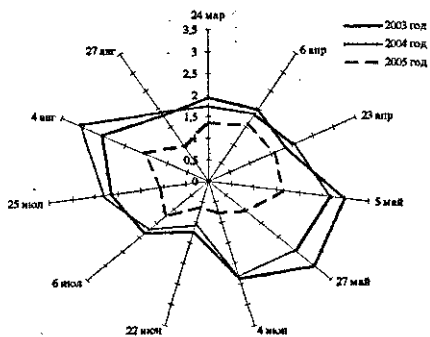


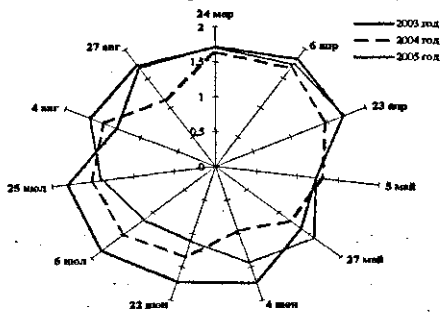
Рис. 4. Сезонная динамика продуктивности *Phytomastigina* в пр. Чаган

На основе полученных качественных и количественных характеристик планктонного сообщества была проведена биоиндикация качества вод исследуемых водоемов.

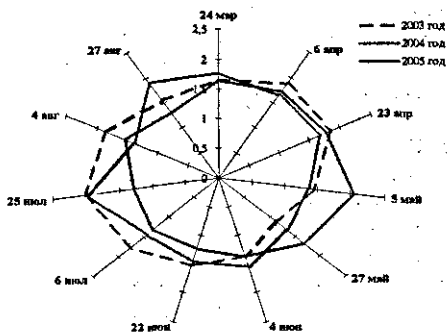
На протяжении весенне-осеннего периода 2003-2005 гг. в пробах в относительно равных соотношениях присутствовали организмы-индикаторы трех зон –  $\beta$  – ,  $\beta$  –  $\alpha$  – и  $\alpha$  – мезосапробы. Отмечалось значительное преобладание  $\beta$ -мезосапробных организмов, хотя иногда в пробах удавалось идентифицировать единичные олиго-сапробные виды. Качество воды водотоков дельты р. Волги по степени органического загрязнения колебалось от «умеренно загрязненная» до «слабо загрязненная», а пр. Чаган можно охарактеризовать как «достаточно чистый». Изменение индекса сапробности также как и показатели продуктивности характеризуются сезонной динамикой (рис. 5). Повышенные значения данного показателя были зарегистрированы в середине весны, что можно связать с началом половодья, влекущим за собой вынос большого количества органического вещества с полыми водами, и как следствие интенсивное развитие видов-индикаторов  $\alpha$  –  $\beta$  – мезосапробной зоны. Причем удаленность водотоков от населенных пунктов снижает вероятность резкого сезонного колебания индекса.



р. Волга



пр. Чаган



р. Бахтемир

Рис. 5. Динамика индекса сапробности по показателям фитомястигни



Анализ полученного материала показал, что качественное состояние естественных водотоков дельты р. Волги формируется под воздействием паводковых вод и вод с затопливаемых территорий, несущих большое количество органического вещества, накопленного за прошлый год, то есть во время полых вод за период исследования был зафиксирован более высокий уровень органического загрязнения («умеренное загрязнение»), чем летом («слабое загрязнение»). Примечательно, что уровень органического загрязнения в более многоводном 2005 г. (исходя из значений индекса сапробности, состава видов-индикаторов, а также качественных и количественных характеристики сообщества фитомастигин) по сравнению с 2003-2004 гг. значительно снизился. В водотоках дельты Волги уровень органического загрязнения воды на протяжении всего периода исследований соответствовал зоне слабого загрязнения.

Характер изменений годовой и сезонной видовой структуры фитомастигин указывает на интенсивный процесс антропогенного эвтрофирования, приводящий к изменению их структуры.

Популяция фитомастигин р. Волги в современных условиях существенно изменила свой природный состав под воздействием мощных антропогенных факторов, из которых наиболее значимый зарегулирование речного стока. Все это привело к изменению соотношения основных групп фотосинтезирующих организмов и к уменьшению видового разнообразия. Сравнительные исследования структурных характеристик планктонных сообществ эвтрофируемых в последние годы водоемов и водотоков показали, что происходит рост численности и биомассы микроорганизмов, уменьшается видовое разнообразие, усиливается роль отдельных видов показателей эвтрофирования (Stockner, Porter, 1988; Охалкин, 1994, 1997, 1998).

Усиление степени эвтрофирования речных экосистем и изменение вследствие этого структуры планктона характерно и для других рек южных регионов.

В речной системе дельты р. Волги прослеживается усиление степени эвтрофирования и изменение вследствие этого структуры планктона, что также характерно и для других рек южных регионов (Журочкина, 1998). К тому же, естественные водотоки, постоянно испытывающие антропогенную нагрузку, имеют более равномерное развитие продуктивности фитомастигин, что обусловлено наличием одного пика. Причем максимальные значения параметра, как правило, приходятся на летний период. В рыбоводных прудах кривая численности имеет две вершины, что связано с внесением в определенные моменты дополнительных удобрений. Наиболее переменны значения продуктивности в прудах, так как в них происходит постоянное поступление биогенных веществ. Так, если в водотоках численность составляла 8,23-131,29 тыс.кл/л, а биомасса – 0,64-4,57 мг/л, то в прудах – 6,24-241,91 тыс.кл/л и 0,58-4,86 мг/л соответственно. Уровень загрязнения в прудах несколько выше других водоемов, поскольку в водотоках происходит

постоянная смена водных масс, а в прудах происходит накопление химических и биогенных веществ.

## Глава 6. Влияние абиотических факторов среды на развитие фитомастигин

Фитомастигины, приспособившись к жизни в самых разнообразных условиях, представляют собой прекрасный объект для исследования адаптации и ее механизмов. Изучение этих простейших представляется целесообразным еще и потому, что «они сочетают в себе морфологические признаки клетки, но реагируют на внешнюю среду как самостоятельный организм» (Лозина-Лозинский, 1966).

Хорошо известно, что разные виды, часто близкие в систематическом отношении, существенно отличаются по устойчивости к действию одного и того же фактора (Гапочка, 1981).

В настоящее время достаточно полно раскрыт вопрос о действии различных биогенных элементов на рост и развитие разных видов фитомастигин. В этих работах указаны как оптимальные для существования данной группы организмов концентрации этих веществ (Левич, 1986, 1989, 1991; Пархоменко, 2000), так и их отношения друг к другу (Rhee, 1978; 1980; Сокольская, 1981; Terry, 1985; Suttle, 1988; Grover, 1989; Kilham, 1989).

Отметим, что до сих пор недостаточно изучены как адаптивные механизмы, обеспечивающие эту приспособленность и устойчивость к изменениям условий существования, так и действие многих факторов на фитомастигин. По этой причине нами в трех сериях опытов было изучено влияние температуры, pH и солёности водной среды на продуктивность *Phytomastigina*.

В результате опытов нами было установлено, что оптимальной для развития представителей *Phytomastigina* является среда, pH которой находится в диапазоне 8,7-9,1, с температурным режимом 15,8-18,4°C. Причем величина коэффициента корреляции свидетельствовала о высокой адаптивной способности фитомастигин к данным факторам. Организмы поликультуры имели пресноводное происхождение, а увеличение солёности среды приводило к сокращению численности.

### Выводы

1. Экосистема дельты р. Волги испытывает интенсивную разнофакторную антропогенную нагрузку в виде стока биогенов, различного рода токсических веществ, сказывающихся на изменении гидробиологического режима волжских вод, особенно в русловых участках дельты и аванделты. Процессы, связанные с естественным состоянием воды дельты р. Волги, зависят от присутствия гидробионтов - фотосинтетиков, способных обогащать воду кислородом, в силу их фотосинтетических свойств аккумулировать или обезвреживать вышеназванную нагрузку.

2. В дельте и авандельте р. Волги нами зарегистрировано 104 вида и разновидностей фитомастигин, относящихся к 19 родам, 9 семействам, 7 отрядам, 5 классам, 4 типам, с присутствием которых связаны процессы самоочищения воды в изучаемом регионе. Анализ научной литературы и собственные исследования показали, что за последние пятьдесят лет произошло снижение количества видов в 2-2,5 раза.

3. На основе мониторинга, выявлено, что в пробах на уровне типов (отделов) прослеживается преобладание представителей *Bacillariophyta*. Однако суммарно организмы, относящиеся к типам, которые объединяются в группу *Phytomastigina*, превосходят этот отдел по числу видов и численным показателям. Видовое богатство фитомастигин водотоков формируется в основном представителями 6 ведущих семейств, на долю которых приходится 88 видов, включающих 84,6 % идентифицированных микроорганизмов, где первые ранговые места отводятся семействам: *Euglenaceae* (39 видов), *Chlamydomonadaceae* (17) и *Cryptomonadidae* (13). Ведущие роды содержат 68 видов, с преобладанием родов: *Chlamydomonas* (17 видов), *Euglena* (11), *Phacus* и *Trachelomonas* по 10 видов, *Cryptomonas* (8 видов), составляющих 52,88 % общего числа видов.

4. Основной фон ведущих семейств и родов составляют обитатели планктона и литорали. Отмечалось, что фитомастигины являлись индифферентами по отношению к pH водной среды. 7 таксонов относились к ацидофилам, а *Trachelomonas planctonica*, встреченный лишь один раз в рыбоводном пруду – к алкалифилам. Виды, идентифицированные из районов Северного Каспия, имеют пресноводное происхождение и имеют тот же качественный состав, что и в дельте р. Волги. Более 45 % изучаемой группы фотосинтетиков являлись индикаторами сапробности.

5. Качественное состояние водотоков дельты р. Волги формируется под воздействием паводковых вод, приносящих большое количество биогенных элементов. Уровень органического загрязнения воды за период исследования можно охарактеризовать как «слабо загрязненный» (3-4 класс качества воды). Значения средневзвешенных биомасс фитомастигин планктона говорят о повышенной трофности вод в летний период, что является следствием сброса весной паводковых вод по основному стоку. *Phytomastigina* на различных участках дельты дают среднюю численность от 55,04 до 67,05 тыс. кл./л ежемесячно, а среднюю ежемесячную биомассу – от 1,96 до 2,27 мг/л. Причем значения продуктивности фитомастигин в прудах превышали такие же показатели в водотоках: если в водотоках численность составляла 8,23-131,29 тыс.кл/л, а биомасса – 0,64-4,57 мг/л, то в прудах – 6,24-241,91 тыс.кл/л и 0,58-4,86 мг/л соответственно. Кроме того, увеличение численности фитомастигин в летний период, а не в весенний, приводит к увеличению навески сеголетков растительноядных рыб. Уровень загрязнения в прудах несколько выше в прудах, поскольку в водотоках происходит постоянная

смена водных масс, а в прудах происходит концентрация химических и биогенных веществ.

6. Изменения параметров состава и количественного развития сообществ *Phytomastigina* свидетельствует с одной стороны о процессах эвтрофирования в водотоках дельты и увеличении на них антропогенной нагрузки, а с другой стороны указывает на хорошее состояние саморегуляции и самоочищения водных систем рыбоводных прудов. Отметим, что в прудах рыбоводников возникает необходимость прослеживания динамики изучаемой группы организмов для выявления наиболее оптимального периода посадки в пруды сеголеток с целью получения максимального их прироста.

7. Материалы проведенных экспериментов свидетельствуют, что оптимальными для развития фитомастигин является водная среда с pH, находящейся в диапазоне 8,7-9,1, температурным режимом 15,8-18,3°C. Увеличение солености водных растворов приводит к сокращению численности представителей *Phytomastigina*.

#### Список научных работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Карпова, Е.М. Сезонная динамика биомассы *Phytomastigina* в водоемах Астраханской области / Е.М. Карпова // Материалы VI Международной конференции «Эколого-биологические проблемы бассейна Каспийского моря». – Астрахань: Изд-кий дом «Астраханский университет», 2003. – С. 234-236.

2. Карпова, Е.М. Значение *Phytomastigina* для повышения продуктивности рыбоводных прудов / Е.М. Карпова // Материалы VII Международной конференции «Эколого-биологические проблемы бассейна Каспийского моря». – Астрахань: Изд-кий дом «Астраханский университет», 2004. – С. 100-101. – ISBN 5-88200-798-4

3. Карпова, Е.М. Сезонная динамика продуктивности *Phytomastigina* в речных биоценозах Астраханской области / Е.М. Карпова // Биология – наука XXI века: 9-я Международная Пушкинская школа-конференция молодых ученых. – Пушкино, 2005. – С. 193. – УДК 573.4; 574.6; 577.1-4; 581.5; 591.1; 631.4.

4. Карпова, Е.М. Влияние температуры окружающей среды на развитие *Phytomastigina* / Е.М. Карпова // Современные наукоемкие технологии. – № 1. - 2005. – С. 18-19. – ISSN 1812-7320.

5. Карпова, Е.М. Оценка экологического состояния некоторых водоемов г. Астрахани по годовой динамике *Phytomastigina* / Е.М. Карпова // Современные наукоемкие технологии. – № 2. - 2005. – С. 77. – ISSN 1812-7320.

6. Карпова, Е.М. Влияние pH окружающей среды на развитие *Phytomastigina* / Е.М. Карпова // Алтай: экология и природопользование. Тр. IV Российско-монгольской научной конференции молодых ученых и студентов. – Бийск: РИО БГПУ им. В.М.Шукшина, 2005. – С. 38-40. – ББК 20.

7. Карпова, Е.М. Повышение трофности прудов рыбоводных хозяйств путем использования *Phytomastigina* / Е.М. Карпова // Материали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Наука і освіта 2005». Том 10. Біологія. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – С. 34-36. – ISBN 966-7191-99-0

8. Карпова, Е.М. Сезонная динамика продуктивности *Phytomastigina* в водоемах Астраханской области / Е.М. Карпова, М.И. Пироговский // Материали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Наука і освіта 2005». Том 15. Екологія. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – С. 43-46. – ISBN 966-7191-99-0

9. Карпова, Е.М. Перспективы использования *Phytomastigina* (Calkins, 1909) как биоиндикаторов водоемов при разведении рыб в прудах / Е.М. Карпова // Человек и животные: Материали III Международной научно-практической конференции. – Астрахань: Изд-кий дом «Астраханский университет», 2005. – С. 111-112. – ISBN 5-88200-835-2

10. Карпова, Е.М. Видовой состав и продуктивность *Phytomastigina* (Calkins, 1909) реки Волги в пределах города Астрахани / Е.М. Карпова // Фундаментальные исследования. – № 8. - 2006. – С. 27-30. – ISSN 1812-7339.

11. Карпова, Е.М. Анализ продуктивности *Phytomastigina* (Calkins, 1909) и использование их в качестве индикаторов экологического состояния водотоков дельты Волги / Е.М. Карпова // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 5 (34). – 2006. - С.109-116.



Издательство КаспНИРХ  
Астрахань, Савушкина, 1  
Подп. в печать 16.11.06. Тираж 100 экз. Заказ № 100.

