

ОЦЕНКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОЙМЕННЫХ БИОЦЕНОЗОВ ПЛАНКТОННЫХ ЖИВОТНЫХ

Болотов С.Э.

alhimikhmu@yandex.ru

Приведены данные по оценке и математическому моделированию динамики экологической структуры сообществ зоопланктона поймы Средней Оби.

Показано, что сообщества зоопланктона сложены умеренно разнообразным видовым комплексом. Динамика количественного развития характеризовалась пиками обилия в максимальные уровни затопления поймы.

Выяснено, что увеличение водонаполненности поймы приводит к подавлению трофической активности и ухудшению сапробных условий планктонных сообществ, а также нарастанию биоценотического стресса.

Реализована численная модель, качественно и количественно адекватно описывающая комплекс параметров функциональной организации пойменных зоопланктоценозов.

Введение

Экологической особенностью пойменных экосистем является определяющее воздействие режима половодий в формировании динамики структурного устройства и функциональных проявлений основных элементов биоты.

К важному структурообразующему компоненту пойменных экосистем относится зоопланктон [Киселев, 1980], который играет значительную роль в процессах трансформации органического вещества в водоемах [Мануйлова, 1964; Веснина с соавт., 1999; Алимов, 2001], служит кормовой базой молоди рыб и планктофагов, а также может являться тонким инструментом интегральной диагностики фазового состояния и генеральных линий динамики поймы.

Целью настоящей работы является характеристика и математическое моделирование динамики экологической структуры сообществ планктонных животных поймы средней Оби.

В соответствии с данной целью в настоящей работе решался следующий комплекс задач:

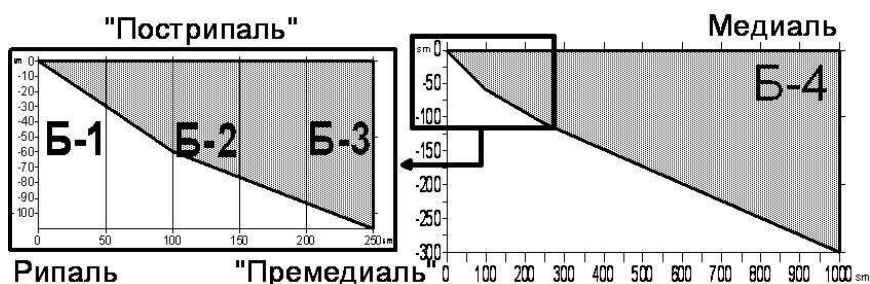
- Описать фауну и элементы временной и пространственно-биотопической динамики структурной организации исследованных зоопланктоценозов;
- Проанализировать трофическую структуру изученных биоценозов планктонных животных;
- Оценить стратегии эколого-функциональной адаптации зоопланктоценозов к режиму затопления;

- Построить математическую нейросетевую модель динамики показателей функциональной организации зоопланктоценозов и оценить ее качество.

Объекты и методы исследования

В основу работы положены материалы гидробиологических съемок, выполненных автором в летний период 2007 г. в процессе экспедиционных исследований протоки Байбалакской – левобережной подсистемы поймы Средней Оби.

Количественные пробы зоопланктона отобраны с использованием средней планктонной сети Апштейна (средняя модель, размер ячеек ситоткани – 100 мкм) [Методика..., 1975] на четырех реперных гидробиологических станциях, характеризующих основные эколого-морфологические элементы водного тела протоки (Рис. 1).



Рипаль "Премедиадь"
Рис. 1. Схема обследованного поперечного профиля протоки Байбалакской.

Биотопы станций пробоотбора различаются комплексом гидроэкологических условий по градиенту перехода от рипали к медиади (Табл. 1).

Зона рипали характеризуется стагнационными условиями, высокой прогреваемостью, обильным развитием прибрежно-водной растительности и наводным слоем аллохтонной неразложившейся травянистой фитомассы с проективным покрытием до 90%. Медиадьная зона протоки отличается высокими скоростями течения (до 0,5 м/с) сопряженными с активной турбулизацией водного потока, меньшими температурами воды и отсутствием водных макрофитов.

Результаты и обсуждение

Зоопланктон протоки Байбалакской сложен умеренно разнообразным таксономическим составом, включающим в себя 43 таксономические единицы, из которых *Rotifera* – 17, *Cladocera* – 19,

Copepoda – 7 видов и внутривидовых форм. В составе планктофауны встречаются как виды, имеющие космополитное зоогеографическое распространение (*Brachionus calicefleurus*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia longispina*, *Eucyclops serrulatus*, *Sida crystallina*, *Polyphemus pediculus* и др.), так и элементы бореального зоогеографического комплекса (*Bosmina obtusirostris*, *Heterocope appendiculata*, *Keratella quadrata*).

Таблица 1

Некоторые гидроэкологические условия поперечного профиля протоки Байболакской

ПАРАМЕТРЫ БИОТОПА	Б-1	Б-2	Б-3	Б-4
Втеч, м/с	-	-	0,025/ 0,00÷0,05	0,43/ 0,40÷0,50
T, оС	18,80/ 12,0÷29,0	18,80/ 12,0÷29,0	18,20/ 12,0÷29,0	17,20/ 12,0÷29,0
pH	7,43/ 7,30÷7,59	7,38/ 7,15÷7,57	7,37/ 7,62÷7,09	7,45/ 7,31÷7,68
Электропроводность, мСм/см	0,19/ 0,18÷0,20	0,18/ 0,13÷0,21	0,18/ 0,13÷0,21	0,18/ 0,13÷0,21
Заросли макрофитов	++	+	-	-
Наводный слой прошлогоднего фитодетрита, % от S	90	50	-	-

Обозначения: численные значения в ячейках – mean/min÷max; - – отсутствует; + – умеренное развитие; ++ – весьма обильное развитие.

Ранжирование видов по уровню ценотической значимости (Табл. 2) обнаруживает полидоминантную видовую структуру, основная ценотическая роль в которой принадлежит коловраткам.

Таблица 2

Состав доминирующего комплекса зоопланктона протоки Байболакской, ранжированный по ценотической значимости

№ п/п	Вид	Индекс ценотической значимости
1	<i>Asplanchna priodonta</i>	44,9
2	<i>Cyclops strenuus</i>	29,6
3	<i>Conochilus unicornis</i>	16,4
4	<i>Polyarthra minor</i>	15,5
5	<i>Polyarthra dolychoptera</i>	15,1
6	<i>Sida crystallina</i>	12,8
7	<i>Brachionus angularis</i>	12,0
8	<i>Brachionus diversicornis</i>	11,3
9	<i>Trichotria truncata</i>	10,9

Пик в количественном развитии зоопланктона отмечается в начале июля (момент максимального уровня полых вод). Наибольшее количественное обилие зоопланктона, как по численности (до 70 тыс. экз./м³), так и по биомассе (до 0.86 г/м³) формируется в рипальной зоне и значительно убывает (до 3 тыс. экз./м³ и 0.03 г/м³ соответственно) по мере удаления к медиальной части протоки.

Анализ структуры численности показывает, что зоопланктон рипали сложен кладоцерно-коловраточным, буферных зон – коловраточно-кладоцерным, а в медиали – преимущественно кладоцерно-копеподным фаунистическими комплексами. По структуре биомассы зоопланктоценозы рипали и пострипали характеризуются как копеподно-кладоцерные, предмедиали – как кладоцерно-коловраточный, а медиали – копеподный комплексы.

Результаты анализа таксономического сходства показывают, что рипальные станции – близкие по биотопическим условиям, обладают наибольшим сходством. Наиболее своеобразной в таксономическом отношении является зона медиали, отличающаяся неблагоприятными гидрологическими условиями и низкой кормовой обеспеченностью, в которой развиваются качественно и количественно обедненный зоопланктоценоз.

Пространственно-биотопической динамике ценотического сходства свойственно закономерное понижение степени общности планктонных ценозов по мере перехода от побережья к открытой части протоки. Внутрисезонный ход биоценотического сходства разных биотопов также отличает нисходящие профили оценок общности зоопланктонных сообществ. Максимальные ценотические трансформации формируются в пострипальной и премедиальной зонах, где меры сходства таксоценов понижаются до 54%.

Наиболее стабильная экологическая структура биоценозов планктонных животных формируется в рипали и медиали (Рис. 2), что свидетельствует о формировании сообществ, более адаптированных к сложным гидрологическим или конкурентно-напряженным условиям существования.

Классифицирование экологического сходства изученных зоопланктоценозов выполнено методом главных компонент по 14 параметрам структурно-функциональной организации подтверждает предположение о специфичности их экологических структур (Рис. 3).

Как видно, перекрывание факторных облаков пострипальной станцией Б-2 свидетельствует о ее переходном буферном характере. Особым расположением в пространстве первых двух факторов, отличается угнетенное медиальное планктонное сообщество.

Основу трофической структуры зоопланктона рипали, за счет обильных наносов фитодетрита, как по численности, так и по биомассе составляют организмы, добывающие пищу в толще воды и с поверхности субстрата. По мере истощения кормовых ресурсов фитодетрита доля организмов питающихся в толще воды возрастает. Перенос полуразложившегося органического вещества из зоны рипали к предмедиали определяет доминирование организмов, добывающих корм в водной толще. Высокая скорость течения и турбулизация водного потока медиали способствует переносу аллохтонного взвешенного органико-минерального материала, что определяет преимущественно субстратное питание планктеров.

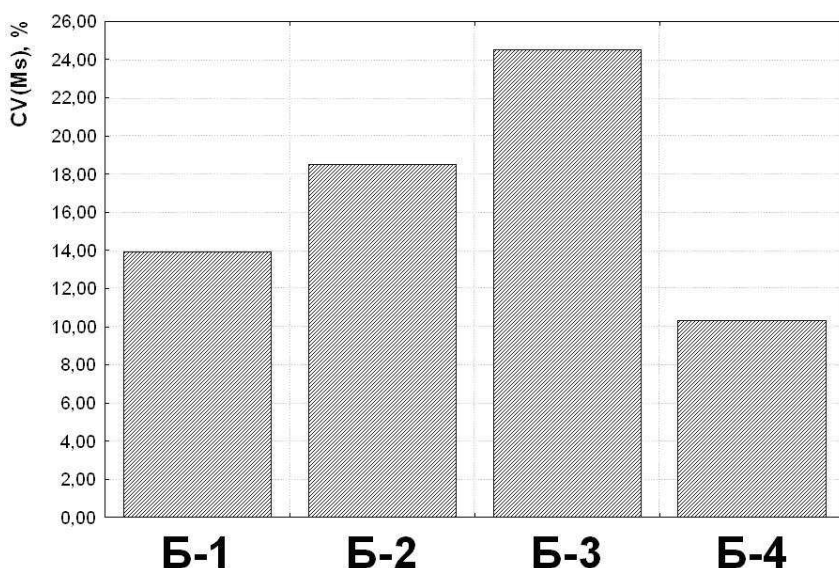


Рис. 2. Изменчивость экологической структуры пойменных сообществ планктонных животных протоки Байболакской

Внутрисезонной динамике функциональной активности прибрежных станций присуще ингибирование трофической активности и ухудшение сапробных условий в период максимального уровня половодья. Массовое развитие сапробионтных планктонных организмов обеспечивает пик видового разнообразия.

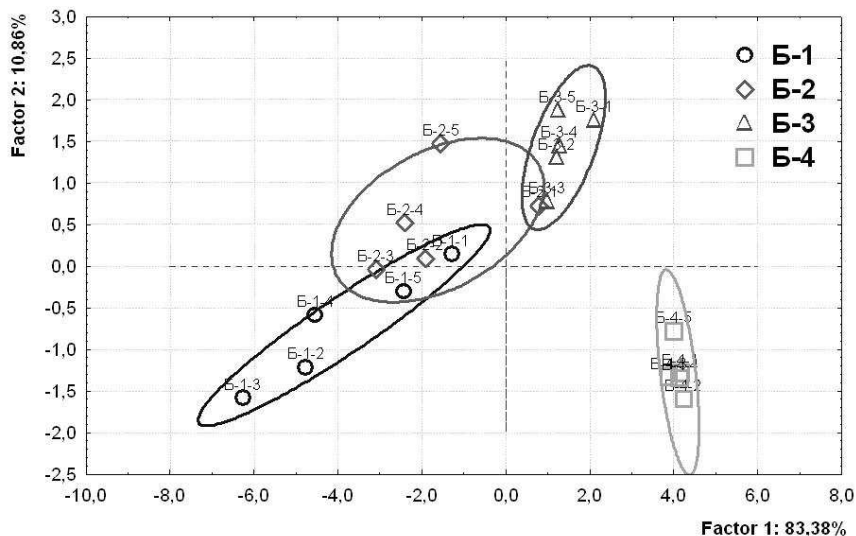


Рис. 3. Многомерная (14 параметров) ординация пойменных сообществ зоопланктона протоки Байболакской в пространстве главных компонент

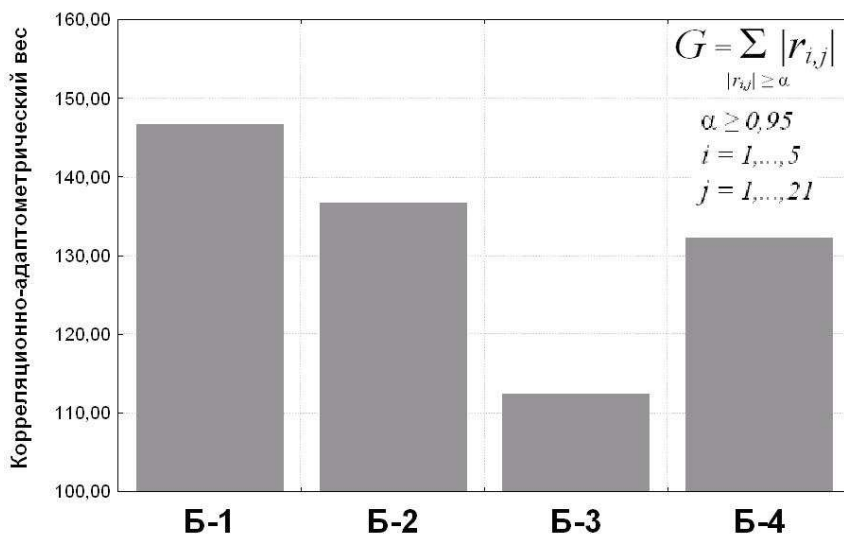


Рис. 4. Пространственно-биотопическая динамика группового стресса пойменных сообществ планктонных животных

Функциональная активность сообщества медиали мало восприимчива к пику водности протоки, однако влечет за собой существенное снижение ценотического разнообразия вследствие низкой экологической пластичности сообщества к изменяющимся условиям среды. Последующее снижение уровня вод в протоке приводит к активизации трофодинамических процессов и стабилизации ее сапробиологического статуса.

Численные оценки биоценотического стресса сообществ свидетельствуют о наиболее напряженных условиях развития сообществ рипали и медиали (Рис. 4).

Благоприятные гидрологические условия и слабая конкуренция определяют минимальный биоценотический стресс в переходном зоопланктоценозе.

Максимальная стрессовая нагрузка в биоценозе формируется в начале июля и приурочена к пику уровня половодья (Рис. 5).

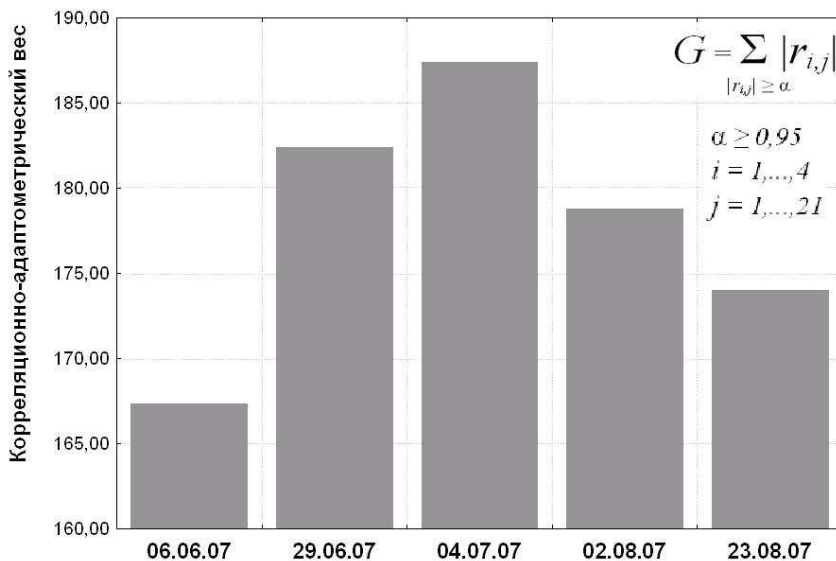


Рис. 5. Временная динамика группового стресса пойменных сообществ планктонных животных

Выполнена серия пилотных численных экспериментов по нейросетевому моделированию функциональных проявлений биоценозов планктонных животных. В качестве рабочей нейросетевой математической модели был выбран многослойный перцептрон архитектуры вида 2-15-1. Входной слой включал 2 нейрона-предиктора (плотность и биомасса

зоопланктона) и до 15-ти нейронов в скрытом слое.

В качестве биоценологических откликов на выходе нейронной сети последовательно промоделированы сапробиологический, трофический статус сообщества; ассимилированную в биоценозе энергию; ассимилированную в биомассе информацию.

Нейронная сеть обучалась по методу обратного распространения ошибки.

Оценка качества выполненного математического моделирования выявила адекватное воспроизведение численной моделью группы синэкологических показателей (сапробиологический и трофический статус сообщества; ассимилированная в биоценозе энергия). Попытка сделать удовлетворительный экспериментальный прогноз ассимилированной в биомассе информации оказалась малоуспешной (описывается $64.4 \div 68.0\%$ дисперсии отклика), что свидетельствует о сложностохастичной структуре этого биоценологического показателя и необходимости учета биотических особенностей и абиотических условий развития сообществ планктонных животных.

Выводы

На основании проведенной работы можно заключить:

1. Пойменные зоопланктоценозы сложены умеренно разнообразным таксономическим составом, включающим 43 вида.

2. Динамика показателей количественного развития зоопланктона характеризовалась пиками обилия в максимальные уровни половодья и сопровождалась структурными перестройками доминирующих комплексов.

3. Сообщества олигодоминантны, таксономически и структурно-функционально неоднородны с динамичными сезонными и пространственно-биотопическими трансформациями.

4. Модификации трофических спектров зоопланктоценозов биотопически детерминированы и тесно связаны с режимом затопления.

5. Увеличение водонаполненности поймы приводит к ингибированию трофической активности и ухудшению сапробных условий планктонных сообществ, а также нарастанию биоценологического стресса; по мере опорожнения поймы происходит ремиссия биоценологической напряженности и восстановление функциональной активности пойменной экосистемы.

6. Реализована численная нейросетевая модель, качественно и количественно адекватно воспроизводящая ансамбль параметров функциональной организации пойменных зоопланктоценозов.

Список литературы

Алимов А.Ф. 2001. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПб.: Наука. – 147 с.

Веснина Л.В., Журавлев В.Б., Новоселов В.А. и др. 1999. Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования. - Новосибирск: Наука. - 285 с.

Горбань А.Н., Дунин-Барковский В.Л., Кирдин А.Н., Миркис Е.М., Новоходько А.Ю., Россиев Д.А., Терехов С.А., Сенашова М.Ю., Царегородцев В.Г. 1998. Нейроинформатика. – Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН. – 296 с.

Киселев И.А. 1980. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 2. – Л.: Наука. – 440 с.

Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. 1970.- Л.: Наука. - 742 с.

Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. 1964. - М., Л.: Наука. - 372 с.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. 1975. – М.: Наука. – 240 с.

Покаржевский А.Д., Криволицкий Д.А. 1992. // ДАН. 326 (6). 1102-1105.

Ростова Н.С. 2002. Корреляции: структура и изменчивость. – СПб.: СГУ - 308 с.