

УДК 556.555:574

## РОЛЬ ИНТРОДУКЦИИ КЛАДОЦЕР В РЕАЛИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РЕСУРСА ЗООПЛАНКТОНА ВЫРОСТНЫХ КАРПОВЫХ ПРУДОВ

Л.А. Осинцева, доктор биологических наук

С.В. Севастеев, кандидат биологических наук

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: sergey\_sv@ngs.ru

**Ключевые слова:** интродукция, кладоцеры, биоразнообразие, зоопланктон, биоресурс, выростной карповый пруд

*Установлены факторы формирования видового обилия сообществ зоопланктона как основы биоресурсного потенциала выростных карповых прудов при интродукции кладоцер (*Crustacea: Branchiopoda: Cladocera: Daphnia magna Straus и Moina rectirostris Leydig*).*

Современные технологии получения рыболовной продукции семейства карповых включают интродукционные мероприятия, направленные на увеличение рыбопродуктивности прудов. Этим достигается повышение биоресурсного потенциала выростных карповых прудов за счет изменения структуры сообщества зоопланктона в пользу видов, обеспечивающих кормовую базу сеголеток и двухлеток карпа, что приводит к изменению видового биоразнообразия гидробионтов нативных прудов.

В настоящее время биологическое разнообразие рассматривается как основной параметр, характеризующий состояние надорганизменных систем, обеспечивающих устойчивость как природных, так и искусственных биоценозов. Поэтому создание и эффективное использование аквакультуры базируется на исследованиях, которые должны способствовать четкому определению возможностей человека в управлении биоразнообразием, что и определяет их актуальность.

При оценке биологического разнообразия внутри местообитания или одного сообщества, известного как альфа-разнообразие, принимаются во внимание два фактора: видовое богатство и выравненность обилий видов. В наших исследованиях для оценки биоразнообразия зоопланктона выростных карповых прудов при интродукции моин и дафний был изучен показатель видового богатства как критерий оценки стабильности биоресурсного потенциала искусственных биоценозов.

Ранее было показано, что разнообразие планкtonных ветвистоусых раков-хиорид в 14 незагрязненных озерах штата Индиана положительно коррелирует с общей продукцией этих водоемов, выраженной в граммах углерода за год [1]. С другой стороны, известно, что антропогенное эвтрофирование озер, рек и районов морских побережий приводит к снижению видового разно-

образия и параллельно росту первичной продукции [2]. Логично допустить, что когда повышение продуктивности означает расширение диапазона ресурсов, следует ожидать увеличения видового богатства, и некоторые наблюдения это подтверждают. Зато когда повышенная продуктивность обусловлена усиленным поступлением ресурсов, а не расширением их ассортимента, теория допускает возможность как повышения, так и сокращения видового богатства.

Целью наших исследований являлась оценка биологического разнообразия зоопланктона как основы биоресурсного потенциала выростных карповых прудов при интродукции *Daphnia magna Straus* и *Moina rectirostris Leydig*.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись сообщества зоопланктона выростных карповых прудов, расположенных в окрестностях г. Новосибирска, во второй рыболовной зоне юга Западной Сибири.

Оценка количества видов зоопланктона проводилась в выростных прудах с интродукцией *Daphnia magna Straus* и *Moina rectirostris Leydig* (*Crustacea: Branchiopoda: Cladocera*) в течение последовательных двух лет и в прудах без интродукции. Искусственные водоемы характеризовались площадью около 1 га, их использование приурочено к летне-осеннему сезону. Водоемы различались по срокам эксплуатации, которые составляли 2 и 10 лет соответственно прудов № 1, с интродукциями и № 2.

В первый год культуру *M. rectirostris* (50 г) вносили 10 и 24 июня. Во второй год исследований поликультуры *M. rectirostris* и *D. magna* вносили 30 мая, 13 июня и 4 июля соответственно по 15 и 120; 90 и 50; 100 и 100 г. Перед вселением

ракообразных в водоем вносили дрожжи в количестве 1 кг/га.

Пруды зарыбляли (10 тыс. особ./га) 5–7-дневными личинками карпа (*Cyprinus carpio* Linn.) 27 и 20 июня соответственно по годам исследований в соответствии с технологическим регламентом. Удобряли пруды жидким компостом 2 раза в неделю на протяжении сезона до середины августа.

Наиболее благоприятные для развития зоопланктона температурные условия складывались в первой трети сезона второго года интродукции.

В каждом водоеме пробы зоопланктона отбирали в трех точках, расположенных по градиенту застарания прудов на расстоянии 50 м друг от друга. Глубина составляла 0,8 м, и в целом точки отбора характеризовались слабой застаемостью мягкой высшей подводной растительностью.

Видовой состав зоопланктона определяли по методике В.И. Жадина [3]. Пробы отбирали малой сетью Апштейна (мельничный газ № 70) путем процеживания через нее в каждой точке отбора 50 л воды один раз в 10 дней, начиная с 10 июня. Фиксировали зоопланктон 4%-м раствором формалина с добавлением сахараозы.

При идентификации зоопланктонаемых организмов использовали определители А.А. Бенинга (1941) по низшим ракообразным, Е.Ф. Мануйловой (1964) по ветвистоусым ракообразным, В.М. Рылова (1930, 1948) по веслоногим ракообразным и Л.А. Кутиковой (1970) по коловраткам.

Количество видов, формирующих сообщество зоопланктона в изучаемых прудах, определяли путем прямого подсчета ракообразных и коловраток с использованием бинокуляра МБС-2 и камеры Богорова.

Первичные данные обрабатывались с использованием методов вариационной статистики, реализованных в пакете прикладных программ SNEDECOR [4]. Оценку значимости влияния фактора проводили методом дисперсионного анализа по Фишеру. Однородность дисперсии изучаемых признаков оценивали по критерию Кокрена. При отклонении однородности дисперсии по какому-либо из изучаемых факторов анализ их действия проводили по Уилсону, используя критерий  $\chi^2$ . Сравнение средних выполняли, используя t-критерий Стьюдента. Кластеризация проведена по минимуму евклидовых расстояний между объектами.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка среднесезонного количества видов, составляющих сообщество зоопланктона в выростных прудах, показала, что в первый год интродукции *D. magna* и *M. rectirostris* биоразнообразие гидробионтов достоверно возрастало по сравнению с контрольным прудом № 1, но не отличалось от контрольного пруда № 2, который характеризовался более высоким видовым разнообразием, чем первый (табл. 1). Различный период эксплуатации прудов оказал влияние на условия формирования изучаемых сообществ, что, в свою очередь, предопределило характер трофических взаимоотношений между их членами, напрямую детерминирующий сезонную динамику видов, которая и обуславливает во многом среднесезонные показатели видового разнообразия. Интенсивность структурирующего влияния внутри- и межпопуляционных отношений (например, конкуренция за пищу или пресс хищника) на видовое разнообразие сообществ зоопланктона может быть учтена при рассмотрении сезонной динамики биоразнообразия.

Установлено, что характер сезонной динамики зоопланктона определял 34,6% вариации видового богатства сообществ выростных прудов, в то время как интродукция дафний и моин в первый год исследований – только 2,37% (рис. 1). Аналогичный результат получен и при повторной интродукции в следующем году.

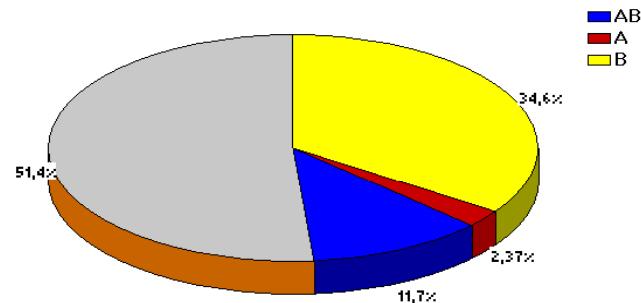


Рис. 1. Доля влияния интродуцентов (A) и сезонной динамики видов зоопланктона (B) на видовое биоразнообразие выростных карповых прудов

Влияние года исследований на количество видов в сообществе оказалось незначимым, и взаимодействие с фактором интродукции носило аддитивный характер (табл. 2), хотя сезонная динамика видового богатства выростных прудов с интродуцентами естественно различалась по годам (табл. 3).

Таблица 1

**Изменения биоразнообразия зоопланктона в выростных карповых прудах при интродукции *Daphnia magna* Straus и *Moina rectirostris* Leydig**

Варианты	Среднесезонное количество видов сообщества
Пруд с интродуцентами	8,148
Пруд № 1 с нативным сообществом зоопланктона	6,716*
Пруд № 2 с нативным сообществом зоопланктона	7,889
HCP <sub>05</sub>	0,952
F-критерий = 7,9; ст. св. = 26,2; вероятность ошибки = 0,000	

Таблица 2

**Результаты непараметрического анализа (по Уилсону) влияния изучаемых факторов на биоразнообразие зоопланктона выростных прудов**

Факторы и их взаимодействия	$\chi^2$	Вероятность ошибки
Год исследования (A)	3,1624	0,0754 (>0,05)
Наличие интродуцированных видов (B)	16,010	0,0001
Сезонная динамика зоопланктона (C)	69,623	0,0000
AB	1,2353	0,2664 (>0,05)
AC	23,521	0,0028
BC	21,791	0,0053
ABC	18,777	0,0161

Таблица 3

**Динамика видового богатства в сообществе зоопланктона карповых выростных прудов при двухлетней интродукции *Daphnia magna* Straus и *Moina rectirostris* Leydig**

Вариант (B)	Год (A)	Количество видов по датам сезона, $\bar{x} \pm S\bar{x}$ (C)									
		среднесезонное	10 июня	20 июня	1 июля	10 июля	20 июля	1 авг.	10 авг.	20 авг.	1 сент.
Пруд с интродуцентами	1	8,1	8,2±0,6	8,5±0,7	8,3±0,7	6,5±1,3	6,6±1,4	7,0±1,4	6,0±1,9	5,3±1,8	5,2±1,7
	2	9,2	10±0,6	9,3±0,7	9,7±0,5	9,1±0,5	9,2±0,3	9,0±0,6	9,4±1,2	8,4±1,1	8,3±1,2
Пруд без интродуцентов	1	6,7	8,7±0,7	8,6±0,7	9,2±0,6	7,9±0,7	7,0±0,8	7,3±1,0	3,8±1,6	4,1±1,6	3,9±1,6
	2	8,0	8,6±0,5	7,7±0,6	8,2±0,7	7,8±0,5	7,6±0,8	7,2±0,4	8,8±0,7	8,6±0,8	7,7±0,8
HCP <sub>(05 для част. средн.)</sub> = 2,13		$HCP_A = 0,502; HCP_B = 0,502; HCP_C = 1,06$									
Доля влияния фактора, %		A – 3,54; B – 4,54%; C – 25%; AC – 5,4; BC – 8,52%; ABC-2,9; с									
F-критерий = 8,68, ст. св. = 35											

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа экспериментальных данных подтверждают преобладающую роль по доле влияния (25%) сезонной изменчивости по сравнению с факторами интродукции (4,54%) и условий года (3,54%) в вариации видового богатства сообществ зоопланктона (см. табл. 3). Почти половина (48,7%) дисперсии признака определялась не учтенными случайными факторами. Это побудило к поиску причин, определяющих это варьирование.

Известно, что в средах с большей пространственной неоднородностью можно ожидать более высокого видового богатства из-за того, что в них разнообразнее микроместообитания, шире диапазон микроклиматических условий, больше типов укрытий от хищников и прочее, словом, расширя-

ется спектр ресурсов. Пятнистый характер среды при агрегированном распределении организмов может обеспечить сосуществование конкурирующих видов. В нашем опыте удалось показать связь между видовым богатством и пространственной неоднородностью абиотической среды на основе дифференцирующего различия между выборками в пределах однородного местообитания.

Так, включение в спектр факторов, определяющих видовое богатство зоопланктонных сообществ, специфики местообитания в пределах одного пруда позволило установить роль неоднородности распределения гидробионтов в формировании 15,5% варьирования числа видов в сообществе, а долю случайного варьирования снизить до 7,18% (рис. 2).

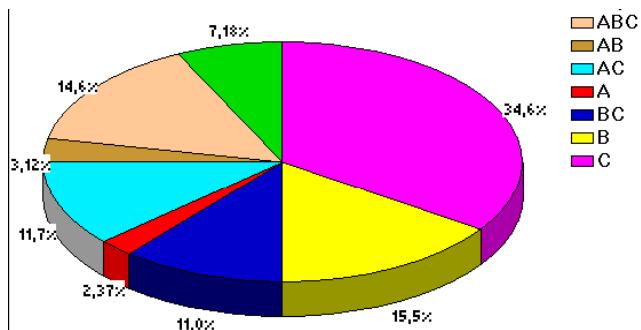


Рис. 2. Влияние интродукции (A), местообитания (B) и сезонной динамики (C) на биологическое разнообразие зоопланктона выростных карповых прудов ( $F$ -критерий= 26,186; ст. св.=80,162; вероятность ошибки =0,0000)

Количество видов в сообществах различных местообитаний как в прудах с интродуцированными видами гидробионтов, так и в нативных,

достоверно определяется действием учтенных факторов, но эти факторы влияют на биоразнообразие зоопланктона как простая сумма воздействий, поскольку эффект синергизма или antagonизма отсутствует, за исключением роли местообитания в сочетании с сезонной динамикой видов (табл. 4). Однако в целом взаимодействие факторов определяет более трети дисперсии ( $14,6 + 11,7 + 11 + 3,12 = 40,42\%$ ) общего набора видов сообщества прудового зоопланктона (рис. 2). Интенсивность влияния каждого фактора на вариацию видового богатства зоопланктона неравнозначна. Только 2,37% вариации изучаемого признака обусловлены интродукцией в пруд дафний и моин, но доля влияния сезонной динамики видов в формировании биоразнообразия зоопланктона наиболее высокая и составляет 34,6%.

Таблица 4

**Результаты непараметрического анализа по Уилсону**

Факторы и их взаимодействия	$\chi^2$	Вероятность ошибки
Наличие интродуцированных видов (A)	8,98	0,011
Местообитание в пруду (B)	17,7	0,000
Сезонная динамика зоопланктона (C)	64,4	0,000
AB	5,48	0,241 (>0,05)
AC	15,9	0,453 (>0,05)
BC	29,7	0,019
ABC	33,2	0,406 (>0,05)

При оценке сходства сообществ зоопланктона по показателю варьирования видового биоразнообразия, детерминированного множеством взаимосвязанных факторов, значимыми из кото-

рых являются, по нашим оценкам, сезонная динамика, пространственная неоднородность местообитания и наличие интродуцентов, был использован кластерный анализ (рис. 3).

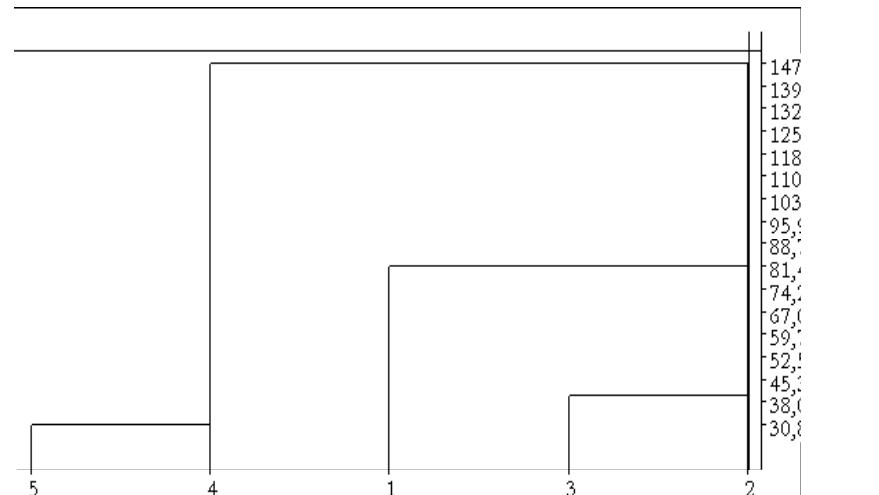


Рис. 3. Сходство сообществ по вариации видового биоразнообразия:

1 – пруд с интродуцентами первого года; 2 – пруд № 1 без интродуцентов первого года; 3 – пруд № 2 без интродуцентов первого года; 4 – пруд с интродуцентами второго года; 5 – пруд № 1 без интродуцентов второго года

На основе схожести видового богатства зоопланктона были выделены два кластера: один – объединивший пруды № 1 и № 2 с нативным сообществом первого года исследований, другой – пруды второго года исследований № 1 с интродуцентами и без них. Более того, отсутствие кластеризации по первой и четвертой позициям, а также величины евклидовых расстояний свидетельствуют о том, что интродукция кладоцер не определяет количество видов в изученных сообществах.

Оценка биологического разнообразия зоопланктона выростных карповых прудов показала, что интродукция *D. magna* и *M. rectirostris* не приводит к радикальным перестройкам в видовом богатстве сообществ, т. е. обеспечивает экологические основы реализации их биоресурсного потенциала. Однако оценка разнообразия только простым подсчетом видов малоинформативна, так как ни одно сообщество не состоит из видов равной численности. Из общего числа видов какого-либо трофического уровня или сообщества в целом обычно лишь немногие бывают доминирующими по численности, биомассе, продуктивности или по другим показателям, подавляю-

щая же часть видов имеет низкие показатели «значимости». Таким образом, большинство видов в сообществе малочисленны, численности других умерены и лишь немногие обильны. При оценке альфа-разнообразия следует принимать во внимание, кроме видового обилия, ещё и равномерность распределения видов по их обилию в сообществе или выравненность обилий видов. Это позволит объяснить механизмы формирования биоразнообразия сообществ зоопланктона.

## ВЫВОДЫ

1. Интродукция ветвистоусых раков (*Daphnia magna* и *Moina rectirostris*) в выростные карповые пруды обеспечивает экологическую основу реализации их биологического ресурса.
2. Изменения видового богатства сообществ зоопланктона выростных карповых прудов обусловлены сезонной динамикой (от 25 до 34,6% дисперсии), пространственной дифференциацией по местообитанию (15,5%) и интродукцией дафний и моин (от 2,37 до 4,34% дисперсии).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Brown J.H. On the relationship between abundance and distribution of species//The American Naturalist. – 1984. – Vol. 124, № 2. – P. 265–279.
2. Distribution of planktonic cladocerans (Crustacea: Branchiopoda) of a shallow eutrophic reservoir (Parana State, Brazil)/A.R. Ghidini, Moacyr Serafim-junior; G. Perbiche-neves, Lineu de Brito//Pan-Amer. J. Aquatic Sciences. – 2009. – Vol. 4 (3). – P. 294–305.
3. Жадин В. Й. Общие вопросы, основные понятия и задачи гидробиологии пресных вод//Жизнь пресных вод СССР.– М.; Л., 1950.– Т. 3.– С. 7–112.
4. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере/РАСХН. Сиб. отд-ние.– Новосибирск, 2004.– 162 с.

## ROLE OF CLADOCERAN INTRODUCTION IN IMPLEMENTATION OF ZOOPLANKTON BIOLOGICAL RESOURCE OF CARP PONDS

L.A. Osintseva, S.V. Sevasteev

*Key words:* introduction, cladoceran, biological diversification, zooplankton, bioresource, carp pond

*The article states factors of zooplankton communities' species richness as a basis of carp ponds' bioresource potential while cladoceran introduction (Crustacea: Branchiopoda: Cladocera: *Daphnia magna* Straus and *Moina rectirostris* Leydig).*