

гарях дерновый муравей проникает в нижние части песчаных увалов, что не характерно для исходных сосняков. Обнаружено использование в гнездостроении на гари отмирающей древесины, в отличие от неповрежденных сосняков.

Библиографический список

1. Восстановление лесных экосистем после пожаров. – Кемерово: ИРБИС, 2003. – 262 с.
2. Мордкович В.Г. Очерк сукцессионных проблем // Известия СО АН СССР (Сер. биологическая). – 1988. – С. 13-24.
3. Трофимов В.Н. Использование различных групп насекомых для мониторинга лесных биогеоценозов / В.Н. Трофимов // Экология и защита леса: межвузовский сборник научных трудов. – Л., 1990. – С. 89-96.
4. Мариковский П.И. Факторы, ограничивающие численность дернового муравья *T. caespitum* (Lin.) / П.И. Мариковский // Известия АН КазССР. – 1976. – № 5. – С. 17-20.
5. Арнольди К.В. Зональные зоогеографические и экологические особенности мирмекофауны и населения муравьев Русской равнины / К.В. Арнольди //

Зоологический журнал. – 1968. – Т. 47. – Вып. 8. – С. 1155-1178.

6. Кудряшова И.В. Динамика плотности населения муравьев на гарях сосновых боров Алтайского края / И.В. Кудряшова // Муравьи и защита леса: матер. XII Всерос. мирмекологического симп. – Новосибирск, 2005 – С. 66-69.

7. Кудряшова И.В. О влиянии лесных пожаров на мирмекофауну Приобских боров Алтайского края // Антропогенное воздействие на лесные экосистемы: матер II Междунар. конф. – Барнаул, 2002. – С. 101-102.

8. Кудряшова И.В. Влияние специфики экологических условий на характер пирогенной сукцессии мирмекофауны в приобских борах Алтайского края / И.В. Кудряшова, Т.М. Кругова // Энтомологические исследования в Северной Евразии: матер. VII Межрегион. совещания энтомологов Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск, 2006. – С. 243-245.

9. Бугрова Н.М. Методические указания по изучению экологии и определению муравьев / Н.М. Бугрова, Ж.И. Резникова. – Новосибирск, 1989. – Вып. 1. – 42 с.



УДК 574.52

Ю.А. Бендер,
Г.А. Царева,
Г.И. Егоркина

ДИНАМИКА ПЛОТНОСТИ ПОПУЛЯЦИИ И ПЛОДОВИТОСТИ АРТЕМИИ ОЗЕРА БОЛЬШОЕ ЯРОВОЕ

Ключевые слова: артемия, мониторинг, генерация, изменчивость, плотность популяции, возрастная структура, плодовитость, рождаемость.

Введение

Область распространения каждого вида формируется в процессе естественного отбора в зависимости от пределов экологической устойчивости этого вида. Жаброногий рачок артемия – единственный представитель зоопланктона галинных и ультрагалинных водоемов. Рачок уникален с точки зрения адаптации к условиям оби-

тания. Он распространен на всех континентах Земного шара в широком спектре солености воды с различным типом засоления. Обитание артемии в экстремальных условиях делает ее полезным модельным организмом для изучения механизмов адаптации.

Артемия имеет промысловое значение, так как это единственный источник живого корма для мальков рыб и морских животных в аквакультуре, который обеспечивает им высокую скорость роста и нормальное физиологическое состояние. Оз. Большое Яровое является самым продук-

тивным и стабильным источником добычи яиц артемии высокого качества в Западной Сибири. Для поддержания биологического равновесия между организмом и средой его обитания необходимо опираться на понимание этих взаимодействий, изучать экологические особенности популяций артемии в озере. Этой цели посвящена данная статья.

Характеристика озера

Оз. Большое Яровое является самой глубокой котловиной Центрально-Кулундинской депрессии: глубина озерной котловины достигает 25 м, объем воды в озере – 406 млн м³, площадь водного зеркала – 72 км², максимальная глубина – 9 м, средняя глубина – 5,6 м, длина береговой линии – 31 км, ширина озера – 8 км, длина – 11 км. Водоем имеет форму эллипса, вытянутого с северо-запада на юго-восток. Даты перехода температуры воды через критические точки, определяющие начало или окончание активных биологических процессов, следующие: через 4⁰С – 24 апреля и 3 ноября (фотосинтез); через 10⁰С – 24 мая и 4 октября (развитие артемии).

Средняя продолжительность теплого периода с устойчивой плюсовой температурой равна 190-200 дней, его наступление приходится на середину апреля, а конец – на последнюю декаду октября. Продолжительность холодного периода – 165-170 дней. Минимум среднемесячных температур падает на январь, максимум – на июль. Для озера характерна относительная стабильность температуры воды поверхностного слоя в течение суток с незначительным минимумом в утренние часы. В воде преобладают одновалентные ионы при высоком соотношении Na⁺ к K⁺, равном 528 при общей минерализации 145-155 г/кг [1]. Озеро отнесено к разряду антропогенно трансформированных водоемов из-за воздействия отходов комбината АО «Алтайхимпром» и г. Яровое.

Объект, материал и методы

Отбор проб зоопланктона озера производили в фиксированных пунктах на 4 трансектах (рис. 1), зафиксированных с помощью прибора GPS (навигатора). Глубина озера в каждом пункте трансекты составляет 2, 4, 6 и 8 м. В 2007-2008 гг. проведено 7 мониторинговых съемок на трансектах А, С и D. Одновременно с отбором проб зоопланктона производили

измерение температуры, солености и прозрачности воды на разных глубинах.

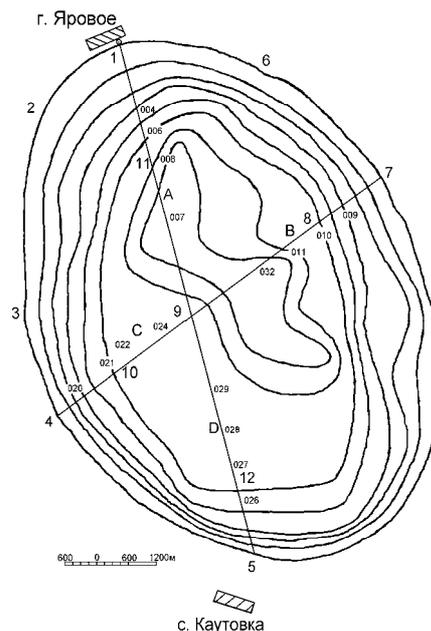


Рис. 1. Схема оз. Большое Яровое и трансект мониторинга

Для отбора проб использовали планктонную сеть Апштейна, батометр, прозрачность воды измеряли диском Секки, соленость – рефрактометром, температуру рапы – с помощью ртутного термометра.

Обработку проб вели в лабораторных условиях с помощью бинокулярной лупы МБС-1. Определяли плотность популяции и ее возрастную структуру. Подсчитывали число науплиусов (Н), число особей на ювильной (Ю), предполовозрелой (П/П) и половозрелой (П) стадиях развития, число самок и самцов артемии. Определяли плодовитость самок, подсчитывая количество науплиусов, эмбрионов или яиц, находящихся в яйцевой сумке половозрелых самок. При статистической обработке данных эти три показателя объединили в одном – число потомков на самку.

Рождаемость определяли по формуле:

$$b = F_a * (N_a / N_o),$$

где b – рождаемость;

F_a – среднее число потомков на одну половозрелую самку;

N_a/N_o – доля половозрелых самок от общей численности популяции.

Результаты и обсуждение

Компоненты среды, которые оказывали бы значительное воздействие на выживаемость и размножение организмов, как

правило, сравнительно немногочисленны. Среди них можно выделить более или менее существенные и понять механизмы, определяющие пространственное распределение организмов и их динамику во времени [2]. Наше изучение динамики популяции артемии сопровождалось наблюдением межгодовых и сезонных различий основных абиотических факторов – температуры и солености воды в озере, и одного из биотических факторов – развития фитопланктона.

В период исследования соленость воды изменялась незначительно как в сезонном, так и в межгодовом аспекте – максимальные колебания составили от 150 до 156 г/л. В то же время температурный режим озера в годы наблюдений отличался коренным образом. Если в вегетационный сезон 2007 г. прогревание поверхностного и глубинного слоев воды происходило синхронно с разницей в 4°C (рис. 2), то в 2008 г. наблюдали температурную стратификацию рапы. Во время первой съемки (19.06) вода на поверхности имела температуру 16°C, а на восьмиметровой глубине – 0°C. За сезон вода на максимальной глубине прогрелась всего до 6°C.

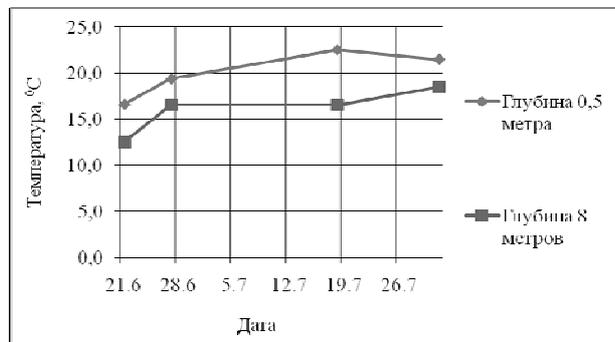


Рис. 2. Сезонный ход температур в точках трансекты А оз. Большое Яровое, 2007 г.

Разница температур поверхностного и восьмиметрового слоев составляла 15°C (рис. 3). На шестиметровой глубине вода также была недостаточно прогрета – разница с поверхностью составила 1,5...10,50°C.

Значительные сезонные колебания и межгодовые отличия были отмечены для прозрачности рапы. Большое количество гидрооптических и гидробиологических данных показало, что прозрачность воды сильно зависит от содержания в ней взвеси, значительная доля которой, в свою очередь, содержит хлорофилл, т.е. водоросли [3]. Это дает основание использовать прозрачность воды как косвенный

показатель развития фитопланктона, следовательно, трофических условий развития артемии.

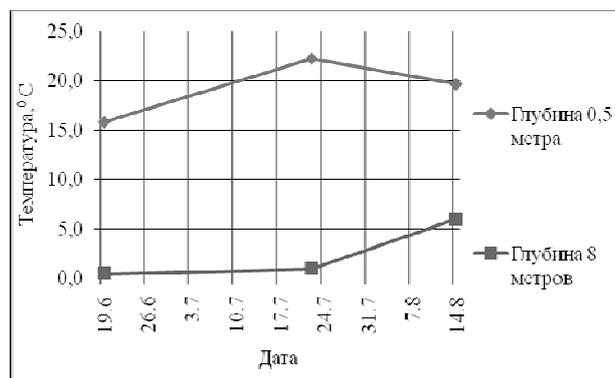


Рис. 3. Сезонный ход температур в точках трансекты А оз. Большое Яровое, 2008 г.

В 2007 г. наименьшую прозрачность наблюдали в начале сезона – 90 см по диску Секки (рис. 4). Затем на протяжении трех недель показатель оставался примерно на одном уровне и составлял в среднем 180-190 см. В конце лета произошло значительное увеличение прозрачности, достигшей в среднем 470 см при максимуме в отдельных точках наблюдения 570 см.

В 2008 г. на протяжении всего вегетационного сезона развитие фитопланктона в озере было невысоким – прозрачность в среднем составила 220 и 230 см по диску Секи в начале и конце лета. Лишь в середине сезона было отмечено снижение этого показателя до 130 см (рис. 4).

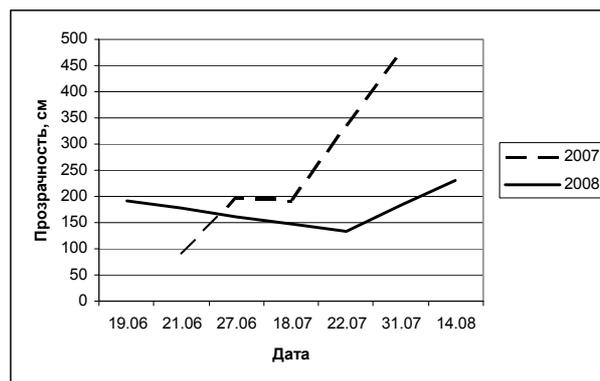


Рис. 4. Сезонные изменения прозрачности рапы оз. Большое Яровое в 2007 и 2008 гг.

Максимальная плотность популяции артемии в 2007 г. отмечена в конце июня (в среднем 28,6 тыс. шт/м³ в северной части озера и 23,7 тыс. шт/м³ (табл. 1). Большая часть популяции рачков в этот период находилась на ранних стадиях развития, метанауплиальной и ювенильной. При этом возрастная структура популяции

в разных частях озера заметно различалась. В южной части озера популяция рачка была «старше», чем в северной. Доля особей на ювенильной, предполовозрелой и половозрелой стадиях здесь была значительно выше при меньшей доле рачков на науплиальной и метанауплиальной стадиях. Возможно, в этой части озера популяция начала развиваться раньше. Этим можно объяснить и более низкую ее плотность.

Через три недели, к моменту третьей съемки (18.07), плотность рачка снизилась в 16 раз до 1,8 тыс. шт/м³ (табл. 1). Основную массу популяции составляли предполовозрелые и половозрелые особи, давшие начало второй генерации. Подъем плотности во второй генерации, достигший 13,8 тыс. шт/м³ в северной части озера и 21,0 тыс. шт/м³ в западной, отмечен 31 июля. Для возрастной структуры в обеих частях озера характерна высокая доля рачков как на метанауплиальной стадии, так и половозрелых рачков.

В 2008 г. первая генерация артемии достигла максимальной численности уже к началу первой съемки 19 июня – 38,0 тыс. шт/м³ в северной части и 35,6 тыс. шт/м³ в южной (табл. 1). Затем почти на месяц произошла задержка развития рачка, начало второй генерации отмечено лишь 14 августа. На протяжении всего периода исследования происходило снижение плотности популяции артемии: к 22 июля – на 63%, к 14 августа – еще на 31%.

Следует обратить внимание на высокое варьирование плотности популяции по точкам отбора проб. Отношение максимальной величины к минимальной изменялось в зависимости от трансекты и даты

отбора проб в пределах 1,5-4,6. При этом заметна тенденция увеличения варьирования при снижении плотности популяции рачка. Эти данные говорят об агрегированном (пятнистом) распределении особей в пространстве. Для описания типов пространственного распределения организмов используют статистический показатель степени пространственной агрегированности – отношение дисперсии к среднему значению плотности σ^2/m . Если отношение больше единицы, то распределение агрегированное [2]. В нашем случае для данных, полученных 27 июня и 31 июля 2007 г. и 19 июня 2008 г., отношение дисперсии к средней, соответственно, равно 1,2, 1,6 и 6,0, что статистически подтверждает неравномерное распределение рачка по акватории озера.

Одним из основных факторов, от которых зависит численность популяции рачка, является плодовитость самок артемии. На рисунке 5 представлено распределение самок по плодовитости в каждой из изученных генераций. Можно видеть, что для первой генерации в оба года исследований характерно варьирование признака в широких пределах – от 70 в 2007 г. и 20 в 2008 г. до 200 потомков на самку. Доля модальных классов не превышала 18%. Во второй генерации признак варьировал в области меньших значений, а на долю модальных классов приходилось более 27% рачков.

В среднем плодовитость самок артемии в 2007 г. была выше, чем в 2008 г.: размер кладки в первый год исследования составил 113 и 53 шт., соответственно, в первой и второй генерации, во второй год – 83 и 40 шт. (табл. 2).

Таблица 1

Плотность и возрастная структура популяции артемии оз. Большое Яровое в 2007-2008 гг.

Дата отбора проб	Генерация	Трансекта	Всего особей, тыс. шт/м ³		Возрастная структура, %				
			среднее	варьирование (max/min)	Н	М	Ю	П/П	П
21.06.07	I	A	4.6	2,6-7,4 (2,8)	11	87	0,8	0	1,19
27.06.07	I	A	28.6	23,8-35,0 (1,5)	8	75	17	0,07	0,67
		D	23.7	17,9-31,6 (1,8)	5	65	28	0,34	1,4
18.07.07	II	A	1.8	0,9-2,9 (3,2)	1	6	4	86	2,33
31.07.07	II	A	13.8	9,4-15,4 (1,6)	13	82	0	0,31	4,4
		C	21.0	16,1-27,1 (1,7)	13	81	0	0,08	5,4
19.06.08	I	A	38.0	23,8-64,1 (2,7)	10	87	0,02	0,2	1,8
		D	35.6	28,9-50,0 (1,7)	9	89	0,06	0,25	1,73
22.07.08	I	A	13.7	7,7-19,7 (2,6)	7	91	1	0	1,25
14.08.08	II	A	9.5	3,6-16,5 (4,6)	27	61	4	6	2,88



Рис. 5. Распределение самок артемии по числу потомков в сумке

Таблица 2

Плодовитость артемии оз. Большое Яровое, 2007-2008 гг.

Генерация	Число самок	Среднее значение		Коэффициент корреляции	Максимальная рождаемость
		размера кладки, шт.	длины самки, мм		
2007-1	39	113,4	12,8	0,46	2,2
2007-2	41	53,0	12,2	0,58	2,4
2008-1	241	83,1	13,9	0,48	1,4
2008-2	58	40,4	10,2	0,34	1,2

На практике размер кладки используется как показатель обеспеченности ракообразных пищей. Кроме того, известно, что у ракообразных выявляется четкая положительная связь между плодовитостью и размером самки. Нарушение положительной корреляции может свидетельствовать об ухудшении трофических условий (Гиляров, 1990). В нашем исследовании показатель связи между плодовитостью и размером кладки имел значительные различия во второй генерации 2007 и 2008 гг. – 0,58 и 0,34 соответственно. Максимальные значения показателя рождаемости, вычисленного как произведение доли половозрелых самок на среднюю величину кладки, были также почти в два раза выше в сезон 2007 г. Полученные данные свидетельствуют о более благоприятных трофических условиях обитания артемии в 2007 г., чем в 2008 г.

Выводы

1. Условия обитания артемии в оз. Большое Яровое в вегетационные сезоны 2007 и 2008 годов значительно различались по температурному режиму: в 2007 г. прогревание поверхностного и глубинного слоев воды происходило синхронно с разницей в 4°C, в 2008 г. поверхностные

слои рапы прогрелись до 22,5°C, а придонные слои оставались холодными на протяжении всего вегетационного сезона (0...6°C).

2. Трофические условия, оцениваемые по относительной прозрачности воды, в 2007 г. изменялись в широких пределах: глубина, где диск Секки перестает быть видимым, варьировала от 90 см в июне до 570 см в августе. В 2008 г. уровень развития кормовой базы оставался невысоким на протяжении всей вегетации – прозрачность воды колебалась от 120 до 250 см.

3. Популяция артемии в 2007 г. развивалась динамично, переход от первой ко второй генерации отмечен 18 июля. Максимальная плотность достигала в отдельных точках отбора проб 35 тыс. шт/м³ в первой генерации, 27,1 тыс. шт/м³ – во второй. В 2008 г. артемия начала развиваться на неделю раньше и более интенсивно, чем в 2007 г. Максимальная плотность в первой генерации достигала 64,1 тыс. шт/м³. Затем почти на месяц произошла задержка развития рачка, начало второй генерации отмечено лишь 14 августа. На протяжении всего периода исследования происходило снижение плотности популяции артемии.

4. Плодовитость самок, показатели рождаемости, корреляционной связи между плодовитостью и размером самки были выше в 2007 г. и свидетельствовали о более благоприятных трофических условиях обитания артемии, чем в 2008 г.

Библиографический список

1. Соловов В.П. Жаброног артемия: история и перспективы использования ресурсов / В.П. Соловов, М.А. Подуровский, Т.Л. Ясюченя. – Барнаул, 2001. – 144 с.

2. Гиляров А.М. Динамика численности пресноводных планктонных ракообразных / А.М. Гиляров. – М.: Наука, 1987. – 188 с.

3. Иконников В.Ф. Зависимость световых условий в водоемах от содержания в воде хлорофилла и сестона / В.Ф. Иконников // Общие основы изучения водных экосистем. – Л.: Наука, 1979. – 273 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 08-05-98019 и Интеграционного проекта СОРАН № 95.



УДК 628.387.3

Н.И. Алешина,
А.С. Алешин

ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЕ АКТИВНОГО ИЛА НА КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ МИКРОРАЙОНА ЗАТОН Г. БАРНАУЛА

Ключевые слова: сточные воды, очистные сооружения, канализация, мембранный биореактор, биологическое потребление кислорода, активный ил, взвешенные вещества, биомасса, анаэробный биоцикл, нитчатые бактерии, флокулирующие микроорганизмы, нитрификация.

Введение

Технологически грамотно организованная очистка малых населенных пунктов от нечистот является эффективным мероприятием по борьбе с кишечными инфекциями и инвазиями. Для небольших населенных пунктов очистные сооружения канализации должны быть просты в устройстве, надежны в эксплуатации, экономичны и высокоэффективны. Такими сооружениями на сегодняшний день являются установки с использованием технологии мембранного биореактора (МБР). Технология мембранного биореактора была разработана в конце 80-х годов XX в. [1]. В настоящее время ее используют для очистки сточных вод различного состава – от стоков пищевых производств с биологическим потреблением кислорода (БПК)

до 18000 мг O₂/л и промышленных сточных вод (БПК_{полн} = 5000 ч 1000 мг O₂/л) до хозяйственно-бытовых сточных вод с БПК_{полн} = 200 ч 600 мг O₂/л. Эта технология позволяет снизить содержание взвешенных веществ, БПК, нефтепродуктов и других загрязнений до уровня допустимых значений и при этом сократить площади под очистные сооружения и количество образующегося избыточного активного ила. Также технология МБР открывает перед пользователями перспективы повторного использования очищенной воды после ее дополнительной обработки на установках обратного осмоса [2].

Материал исследований

В микрорайоне Затон г. Барнаула в настоящее время используется вывозная система очистки сточных вод. Однако удаление жидких отходов при помощи вывозной системы не может обеспечить нормальные санитарные условия. Экономически обосновано, что удаление стоков при вывозной системе стоит примерно в 10 раз дороже, чем строительство, эксплуатация и очистка сточной жидкости на местных очистных сооружениях. В на-