

Группы Зоопланктеров	2005 г. (июнь-июль)		2006 г. (июнь)		2009 г. (июнь-август)		2010 г. (июнь-август)		2011 г. (июнь-август)	
	N	B	N	B	N	B	N	B	N	B
Rotifera	19.9	158	24.9	275	7.5	24	7.1	9	25.9	70
Copepoda	53.6	704	33.8	223	17.6	271	15.5	140	15.4	201
Cladocera	6.1	111	24.5	103	6.0	184	2.4	56	14.5	366
Всего	79.6	973	83.1	601	31.2	480	25.0	205	55.7	637
Класс продуктивности и трофность по Китаеву [4]	низкий класс, β-олиго- трофный тип		низкий класс, β-олиго- трофный тип		очень низкий, α-олиго- трофный тип		самый низкий, ультраолиго- трофный тип		низкий, β-олиго- трофный	

Максимальные значения биомассы зоопланктона были зафиксированы: в июле 2009 г. на станции «Аблакетка 8а» - 3131 мг/м³, наибольший вклад по биомассе вносили веслоногие рачки *C. vicinus* и *N. ingongruens*; в 2011 г. – на станции «Огневка 4в» - 1600 мг/м³, наибольший вклад по биомассе вносили ветвистоусые рачки *B. longirostris*.

Выводы. Зоопланктон Усть-Каменогорского водохранилища качественно и количественно беден. За годы исследований было зарегистрировано не более 30 таксонов в год. Значения биомассы были низкими (не более 1 г/м³), за исключением первых лет существования водоема (1962-1963 гг.), когда летом биомасса на некоторых станциях достигала 5 г/м³ за счет биостока из вышерасположенного Бухтарминского водохранилища. В большинстве случаев основной вклад в значения биомассы вносили веслоногие рачки. В целом, слабое развитие зоопланктона свидетельствует о низкой кормности водоема. Зоопланктон не является доминирующим в питании рыб, обитающих в Усть-Каменогорском водохранилище.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет о научно-исследовательской работе «Экологический мониторинг, разработка путей сохранения биоразнообразия и устойчивого использования ресурсов рыбопромысловых водоемов трансграничных бассейнов. Раздел: Верхне-Иртышский бассейн (заклпнительный) 03.03.03.НЗ», № ГР (РК) 0101РК00134
2. Шарапова Л.И., Фаломеева А.П. Методическое пособие при гидробиологических рыбохозяйственных исследованиях водоемов Казахстана (планктон, зообентос). – Алматы, 2006. – 27 с.
3. Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных //Общие основы изучения водных экосистем. – Л.: Наука, 1979. – С.169-172.
4. Китаев С.П. О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озер разных природных зон //Тез. докл. V съезда ВГБО, ч. II. – Куйбышев, 1986. – С. 254-255.
5. Киселева В.А. Формирование гидробиологического режима Усть-Каменогорского водохранилища. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. А-А. 1967. – 23 с.
6. Отчет о научно-исследовательской работе «Биоэкологический мониторинг главных рыбопромысловых водоемов Казахстана и реализация его результатов с учетом приоритетов рыбного хозяйства. Раздел: Водохранилища Верхнего Иртыша». - Усть-Каменогорск, 1994. – С. 75-80.
7. Ежегодник качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям на территории деятельности Казгидромета за 1995 год // Восточно-Казахстанский центр по гидрометеорологии и мониторингу, г. Усть-Каменогорск, 1995 г. – С.17-23
8. Ежегодник качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям на территории деятельности Казгидромета за 1996 год // Восточно-Казахстанский центр по гидрометеорологии и мониторингу, г. Усть-Каменогорск, 1996 г. – С.20-23

Мақалада Өскемен суқоймасындағы зоопланктонның сандық көрсеткіштерінің динамикасы берілген, таксономиялық құрамының тізімі көрсетілген.

In article dynamics of quantity indicators of a zooplankton of Ust-Kamenogorskogo of a water basin is considered, the list taxonomical structure is resulted

УДК 574.5

Г.И. Егоркина, Ю.А. Бендер ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНКТОНА В СТРАТИФИЦИРОВАННОМ ГИПЕРГАЛИННОМ ОЗЕРЕ БОЛЬШОЕ ЯРОВОЕ, АЛТАЙСКИЙ КРАЙ

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, julia_bender_87@mail.ru

В статье рассматривается вертикальное распределение планктона при температурном градиенте, как одной из важнейших характеристик экосистемы мелководных соленых озер. В летний период в оз. Большое Яровое (Алтайский край) устанавливается термическая стратификация, которая обуславливает достоверное стратифицированное распределение популяции рачка артемии.

ВВЕДЕНИЕ

Вертикальное распределение и суточные вертикальные миграции планктона являются важными экологическими свойствами экосистем, которые формируются в результате взаимодействия абиотических факторов среды с биологическими особенностями организмов планктона. Картина вертикального распределения планктона как комплекса организмов с разной биологией весьма сложна. Для ее интерпретации необходимо изучение биологии отдельных компонентов планктона, их трофических связей, форм и динамики распределения в различных водоемах, взаимодействия с физическими и химическими факторами окружающей среды. Экосистемы гипергалинных водоемов с соленостью больше 100 г/л имеют минимальную функциональную структуру, состоящую из немногочисленного звена продуцентов и зачастую одновидового

(рачок *Artemia sp.*) звена консументов, в связи с чем задача исследования закономерностей распределения планктона в таких водоемах упрощается.

В зонах степи и лесостепи Западной Сибири расположен «пояс» мелководных соленых озер, простирающийся между 51-56° северной широты и 61-82° восточной долготы. В недавно опубликованной работе [1] дана подробная географическая, климатическая и экологическая характеристика этого региона, приведена топографическая информация о более чем 80-ти гипергалинных водоемах, а для половины из них - гидрологическая и гидробиологическая характеристика. Гипергалинные озера Западной Сибири, как правило, мелководные, часто пересыхающие, с неустойчивым гидрологическим, температурным и гидрохимическим режимом. В этом ряду выделяется оз. Большое Яровое – довольно глубоководный водоем (максимальная глубина в отдельные годы достигает более 10 м) с большим объемом водной массы, стратифицированной по температуре. Озеро самое продуктивное в регионе, где ведется интенсивная добыча цист артемии. В связи с этим изучение вертикального распределения планктона при температурном градиенте, как одной из важнейших характеристик экосистемы этого озера, представляет не только теоретический, но и практический интерес. Обозначенная тема исследования является предметом настоящей публикации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сбор натуральных материалов проведен 19 мая (30 проб) и 31 июля (33 пробы) 2010 г. Одновременно с отбором проб зоопланктона измеряли температуру воды ртутным термометром и прозрачность по диску Секки. На рисунке 1 представлена схема расположения станций, на которых производился отбор проб, их глубины и горизонты отбора проб. Сбор натуральных материалов и их камеральная обработка проведены в соответствии со стандартными методами гидробиологических, гидрохимических и гидрологических исследований [2].

Анализ данных проведен с помощью методов вариационной статистики и дисперсионного анализа.

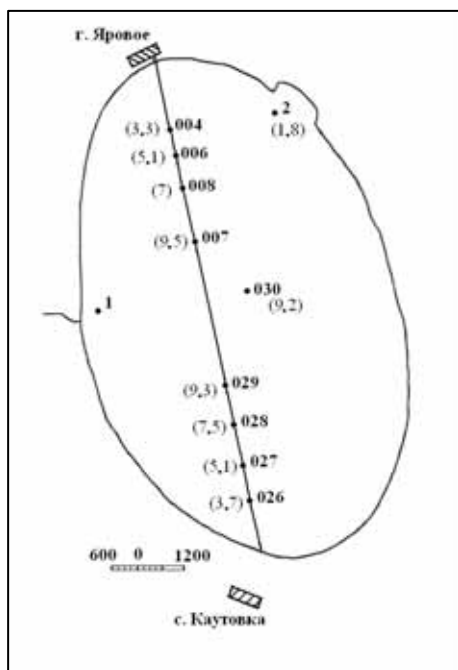


Рис. 1. Схема расположения мониторинговых станций оз. Большое Яровое и их глубины (в скобках). Для исследования зоопланктона пробы взяты на горизонтах 0.2h, 0.6h, 0.8h каждой станции, где h – глубина станции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика оз. Большое Яровое. По агроклиматическому районированию территории Алтайского края [3] озеро Большое Яровое расположено в районе с теплым и засушливым климатом - сумма температур воздуха выше 10°C колеблется в пределах $2200\text{--}2400^{\circ}\text{C}$ при гидротермическом коэффициенте ГТК = $0.8\text{--}0.6$. Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом составляет 155-160 дней, абсолютный минимум температуры воздуха достигает -50°C . Средняя из наибольших декадных высот снежного покрова за зиму не превышает 25 см. Безморозный период длится 115-120 дней, годовая сумма осадков составляет 253 мм, за период активной вегетации – 140-175 мм. Средняя скорость ветра 5 м/сек.

Озеро является самой глубокой котловиной Центрально-Кулундинской депрессии. Котловина озера имеет глубину до 25 метров, глубины нарастают равномерно к ее центру. Площадь озера колеблется в зависимости от условий водности и при средних глубинах 4.0 – 4.4 м (максимальных 6.8–8.4м) составляет от 63.0 до 66.7 км², объем рапы – от 251 до 300 млн. м³ [4]. Длина озера около 11 км, ширина 7.9 км. Водоем имеет форму эллипса, вытянутого с северо-запада на юго-восток.

Уровень озера испытывает сезонные и многолетние колебания, связанные с колебаниями общей увлажненности территории.

Озеро является бессточным с площадью водосбора 1210 км² [5]. Берега озера почти на всем протяжении обрывистые и высокие, высотой до 10–25 метров, сложены супесчаными грунтами; только северо-восточный берег низкий, приболотенный. Литораль песчаная, незначительная и в большей степени выражена вдоль северного и восточного берегов; ее ширина в пределах 250–2000 метров, глубже залегают донные осадки в виде черного ила, который имеет высокие балнеологические характеристики.

Вода озера относится к хлоридному классу вод натриевой группы. Среди основных ионов преобладают Cl^- и Na^+ . Наблюдается также существенное превышение Mg^{2+} над Ca^{2+} . За период 1957–1958 г.г. общая минерализация воды колебалась в пределах 188.50–203.13 г/кг, в начале 80 гг. она снизилась до 171.89 г/кг, в 1996 году составляла 154.31 г/кг [4]. В 2007–2008 гг. соленость варьировала в интервале значений 150–156 г/л [6].

Термический режим озера в период наблюдений. Во второй декаде мая поверхностный слой воды (2 м) прогрелся до 11.2-13.9⁰С. Температура ниже лежащих слоев воды резко снижалась и достигала -5.8⁰С в придонном слое. В конце июля водная масса озера находилась в состоянии термической стратификации: во всем столбе воды центральной станции градиент температуры составил 22.6⁰С (табл. 1). Термоклин находился в слое воды между 5 и 6 м глубины, где градиент температуры превысил 1⁰С – порог, который считается признаком зоны металимниона. Ниже шестиметровой глубины температура продолжала резко снижаться до -2.4⁰С в придонном слое. Таким образом, пелагиаль оз. Большое Яровое по температурному градиенту разделена на две зоны примерно одинаковой

Таблица 1
Термическая характеристика оз. Большое Яровое, 31.07.2011 г.

Горизонт отбора проб, м	Станции								
	Северная часть озера				Центр	Южная часть озера			
	004	006	008	007	030	029	028	027	026
0-1.0	21.8	21	-	-	20.2	-	-	19.6	19.6
1.1-2.0	21.2	-	21	20.8	19.5	19.8	19.6	-	19.6
2.1-3.0	21.2	19.8	-	-	-	-	-	19.2	19.6
3.1-4.0		19.2	19	-	19.2	-	-	17.2	
4.1-5.0			-	-	-	-	19		
5.1-6.0			7.6	15	14.6	11.6	8		
6.1-7.0				-	-	-			
7.1-8.0				1.2	0	0.4			
8.1-9.0					-2.4				

варьировала от 1.8 м до 4.8 м.

Зоопланктон. В мае горизонтальное и вертикальное распределение популяции артемии в оз. Большое Яровое было крайне неравномерным (рис.2). Максимальные значения плотности популяции отмечены в северной части озера в поверхностном слое рапы и в металимнионе. В центральной и южной части озера численность рачка была незначительной. Популяция была представлена, главным образом, второй возрастной группой рачка - метанауплиусами.

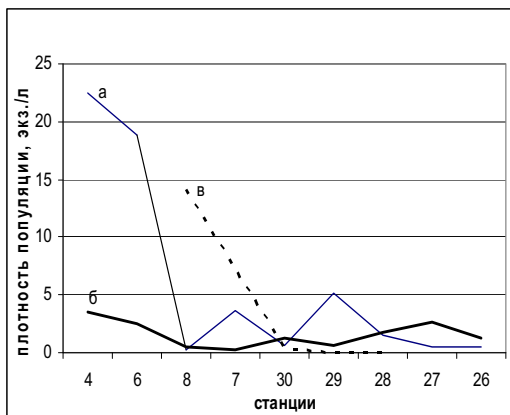


Рис.2. Изменение плотности популяции артемии по акватории и глубине оз. Большое Яровое, 19.05.2010: станции 4-7 северная, станция 30 центральная, станции 26-29 южная часть озера; а – глубина 0 м, б – слой 1.0-5.0 м, в – слой 5.1-7.0 м.

В июле плотность популяции артемии также как и в мае была значительно выше на станциях северной части озера с максимальным значением 114.5 экз./л (рис. 3).

В структуре популяции рачка были представлены все возрастные группы: науплиусы, метанауплиусы, предполовозрелые и половозрелые организмы. Преобладающими возрастными группами были личиночные – науплиусы и метанауплиусы, их средняя численность по озеру составила 30.7 экз./л (диапазон колебаний 2.6–114.5 экз./л) и 0.95 экз./л (диапазон колебаний 0–13.7 экз./л), соответственно.

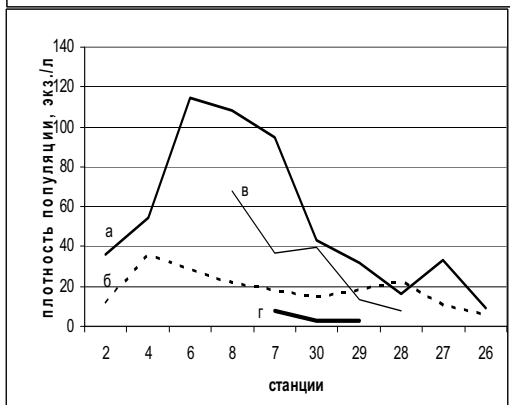


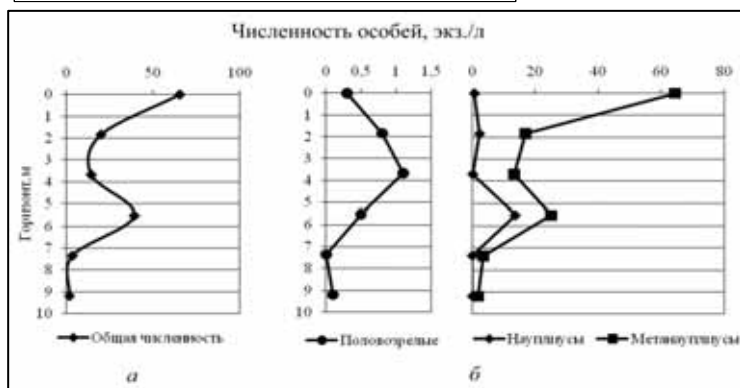
Рис.3. Изменение плотности популяции артемии по акватории и глубине оз. Большое Яровое, 31.07.2010: станции 2-7 северная, станция 30 центральная, станции 26-29 южная часть озера; а – глубина 0-2.0 м, б – слой 2.1-5.0 м, в – слой 5.1-7.0 м, г – слой 7.1-9.0 м.

Предполовозрелые и половозрелые особи встречались в количестве 0.05 экз./л (диапазон колебаний 0–0.3 экз./л) и 0.38 экз./л (диапазон колебаний 0–1.4 экз./л), соответственно.

Вертикальный профиль общей численности артемии стратифицирован с максимумом в поверхностном слое и на глубине 5.5 м (рис. 4-а). Профили разновозрастных рачков отличались расположением максимумов: науплиусы имели наибольшую численность на глубине 5.5 м, метанауплиусы – в

поверхностном слое и на глубине 5.5 м, половозрелые – на глубине – 3.5 м (рис. 4-б).

Рис. 4. Вертикальное распределение рачка в центре оз. Большое Яровое (ст. 030) 31.07.2010 г.: а – общая численность, б – численность возрастных групп



Статистическую достоверность вертикального распределения общей численности популяции артемии проверяли методом дисперсионного анализа. Был сформирован однофакторный неравномерный комплекс, в котором фактором А приняты горизонты лова: два в эпилимнионе

(0-2 м и 2.1-5 м), и два в металимнионе (5.1-7 м и 7.1-9 м). Повторениями служили станции отбора проб. Результаты статистической обработки показали высоко значимое влияние глубины отбора проб ($p=0.001$) и значимое влияние станции отбора проб ($p=0.018$) на плотность популяции артемии.

Формирование температурной стратификации водного слоя приводит к формированию градиента плотности воды, изменению характера процессов массообмена водоема с атмосферой и донными осадками. В водоеме образуется ряд вторичных химических градиентов, связанных с градиентом плотности. Стратификация приводит к формированию вторичных градиентов биологически значимых веществ и тем самым создает сложную вертикальную структуру экологических ниш, оказывает влияние на процессы первичной продукции и рециклинга биогенных элементов [8]. Одновременно с анализом вертикального распределения популяции артемии в оз. Большое Яровое было изучена вертикальная неоднородность концентрации хлорофилла *a* [9]. Установлено, что в период термической стратификации воды в распределении хлорофилла *a* на центральной станции отмечена его максимальная концентрация на глубине 7.5 м, минимальная – в эпилимнионе независимо от глубины фотического слоя. Стратифицированный характер носило также вертикальное распределение биогенных элементов и кислорода (Л.А. Долматова, неопубликованные данные).

Миграции не являются облигатной биологической чертой представителей зоопланктона, а зависят в большей степени от экологических условий [10]. Установленные нами два максимума численности артемии в поверхностном слое и на глубине 5-6 м говорят о том, что при отсутствии хищников миграция артемии в глубокие холодные слои воды вызвана, по-видимому, недостатком пищи в теплом наиболее благоприятном для развития рачка эпилимнионе и обилием ее в нижних слоях металимниона. Такое поведение соответствует модели «идеального свободного распределения с затратами» (IFD – ideal free distribution with costs) зоопланктона. Олиготрофные и мезотрофные озера часто имеют глубоководный максимум фитопланктона. Растительный зоопланктон здесь должен выбирать условия с высокой температурой, обеспечивающей быстрое развитие, и плохим питанием, обуславливающим низкий репродуктивный потенциал, или условия с низкой температурой, но высокой пищевой обеспеченностью. В отсутствие хищников зоопланктон должен распределяться в вертикальном направлении таким образом, чтобы получать наибольшую пользу от температурного и пищевого градиента. В лабораторных экспериментах доказана также зависимость вертикального распределения дафний в стратифицированной среде от плотности популяции [11].

Таким образом, в летний период в оз. Большое Яровое устанавливается термическая стратификация, которая обуславливает статистически достоверное стратифицированное распределение популяции рачка артемии. Распределение имеет два максимума плотности в поверхностном слое и над глубинным максимумом фитопланктона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г. Артемия в озерах Западной Сибири. – Новосибирск: Наука. – 2009. – 304 с.
2. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем/ Под ред. В.А. Абакумова – СПб: Гидрометеиздат. – 1992. – 318 с.
3. Агроклиматические ресурсы Алтайского края. – Л.: Гидрометеиздат. – 1971. – 155 с.
4. Соловов В.П., Подуровский М.А., Ясюченя Т.Л. Жаброног артемия: история и перспективы использования ресурсов. – Барнаул: ОАО «Алтайский полиграфический комбинат». – 2001. – 144 с.
5. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель / Под ред. В. А. Урываева. – Л.: Гидрометеиздат. – 1962. – Вып. VI. Равнинные районы Алтайского края и южная часть Новосибирской области. – 978 с.
6. Бендер Ю.А., Царева Г.А., Егоркина Г.И. Динамика плотности и плодовитости артемии оз. Большое Яровое // Вестник АГАУ. – 2009. – № 12. – С. 57–62.
7. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. – 2007. – 395 с.
8. Горбунов М.Ю. Вертикальная стратификация водных масс в малых озерах лесостепного Поволжья// Известия Самарского научного центра РАН. – 2007. – Т. 9. – № 4. – С. 973–986.
9. Котовщиков А.В., Кириллова Т.В. Пространственная неоднородность и динамика пигментных характеристик фитопланктона гипергалинного озера Большое Яровое// Мир науки, культуры, образования. – 2011. – № 6 (31). – С. 422–428.
10. Гладышев М.И. Суточная динамика вертикального распределения массовых видов зоопланктона в Сыдинском заливе Красноярского водохранилища// Известия СО АН СССР. Сер. Биол. Наук. – 1990. – Вып. 3. – С.78–85.
11. Lampert W. Vertical distribution of zooplankton: density dependence and evidence for an ideal free distribution with costs// BMC Biology, 3:10. – 2005. – <http://www.biomedcentral.com/1741-7007/3/10>.

Мақалада кіші тұщы көлдерінің экожүйесінің маңызды сипаттамасы ретінде планктонның температуралық градиентте вертикальді таралуы қарастырылады. Жазғы кезеңде Үлкен Яровое көлінде (Алтай өлкесі) термиялық стратификация орнығады, ал бұл өз кезеңінде артемия шаяндарының популяциясының нақты стратифицирленген таралуын қамтамасыз етеді.

In article it is considered vertical plankton distributions at a temperature gradient, as an ode from the major characteristics of an ecosystem of shallow salty lakes. During the summer period in the lake Big Summer (Altay territory) is established thermal stratification which causes the authentic stratified distribution of population *Artemia sp.*