УДК 574.5:579(262.5)

МИКРОКАЛОРИМЕТРИЯ МОРСКОГО МИКРОПЛАНКТОНА В РАЗНЫЕ ФАЗЫ ЛУНЫ

О.А. Степанова

Институт природно-технических систем
г. Севастополь, ул. Ленина, 28
E-mail:solar-ua@ya.ru

Приводятся результаты теплопродукции морского микропланктона из Севастопольской бухты в 1999 – 2000 гг. в разные фазы Луны в утренние и дневные часы. Показано, что теплопродукция микропланктона выше в сезон продолжительного светового дня (летне-осенний период) в дневное время. Установлено, что в сезон короткого светового дня дополнительный свет при полнолунии потенцирует теплопродукцию, а в сезон продолжительного светового дня, особенно в дневное время, угнетает.

Введение. Использование метода микрокалориметрии при изучении теплопродукции различных представителей микромира и микробиологических сообществ позволило получить некоторые характерные для них термографические профили (графики), изменяющиеся при воздействии любого внешнего или внутреннего фактора, прямо или косвенно влияющего на процессы метаболизма микроорганизмов [1, 2].

На базе Института биологии южных морей (ИнБЮМ) были разработаны условия применения метода микрокалориметрии в морских микробиологических исследованиях, в т.ч. для изучения контакта вируса и хозяина (микроорганизма), а также вируса и растворенной ДНК, что естественным образом происходит в природных водоемах [3 – 6]. При этом было установлено, что теплопродукция, как интегральный показатель статуса микробиологических сообществ (бактерий и вирусов) в присутствии природных органических соединений в морском микропланктоне зависит от множества факторов, в т.ч. от сезона, температуры, солнечной инсоляции, численности микроорганизмов, УФ фона, наличия вирусной инфекции с преобладанием лизиса или лизогении и пр.

Таким образом, были впервые выполнены исследования по изучению теплопродукция микропланктона, как сообщества морских микроорганизмов, с получением его отклика на некоторые региональные и глобальные экологические факторы.

Целью настоящей работы является анализ и обобщение результатов микрокалориметрии черноморского микропланктона (проб морской воды) в разные фазы Луны в утреннее и дневное время и в связи геомагнитной активностью.

Материалы и методы. В исследованиях анализировали теплопродукцию проб воды из Севастопольской бухты за период октябрь 1999 г. по октябрь 2000 г. Отбор проб проводили в утренние (в 8 – 10 ч) и дневные (в 14 – 16 ч) часы в дни, приближенные к фазам полнолуния и новолуния (учитывали по сведениям из календаря). Геомагнитную активность в дни отбора проб определяли в http://sidc.oma.be/html/sunspot.html путем учета индекса геомагнитной напряженности (A_p) Земли.

Для удаления из микропланктона более крупных, чем пикопланктон (бактериопланктон) фракций (по классификации *Sieburth* [7]) пробы воды пропускали через газ с диаметром пор 7 мкм. Затем в пробах воды изучали численность представителей бактериопланктона, как основного производителя теплопродукции, по классической методике в эпифлуоресцентной микроскопии, что подробно описано в [4 – 6].

Изучение теплопродукции осуществляли методом микрокалориметрии, применяя закрытый ампульный метод с использованием прибора непрерывного мониторинга процессов и реакций - микрокалориметра – Монитора Тепловой Активности (МТА) или Thermal Activity Monitor LKB 2277 шведской фирмы. Принцип и особенности работы прибора описаны в [5, 6]. Теплопродукцию проб воды изучали в МТА на протяжении 1-2 дней в закрытых ампулах в объеме 2,0 мл, при постоянной температуре 20°С.

Использования для опытов объема всего 2,0 мл и фильтрация через газ снижают до минимума вероятность присутствие в пробах представителей фитопланктона, для которого в темноте (ус-

ловия работы в МТА) естественно снижение метаболизма. Поэтому в наших исследованиях, теплопродукция морского микропланктона учитывается как теплопродукция морских микробиологических сообществ – бактерий и вирусов – в их взаимодействии. Естественно, что самостоятельно и отдельно от хозяев вирусная фракция микропланктона не вносит свой вклад в теплопродукцию и не определяется путем микрокалориметрии.

Максимальную величину теплопродукции учитывали как абсолютную, которую путем пересчета переводили в удельную теплопродукцию, выраженную для 10^5 представителей бактериальных сообществ в 1 мл.

Математическую обработку полученных данных выполняли по [8].

Результаты и обсуждение. Результаты в виде абсолютной и удельной теплопродукции (в мкВт) микропланктона (проб морской воды) из Севастопольской бухты за период 1999 – 2000 гг. в утреннее и дневное время с привязкой к фазам Луны (в новолуние и полнолуние) представлены в табл. 1 и на рис. 1. Средние значения абсолютной и удельной теплопродукции микропланктона из утренних проб незначительно выше при полнолунии, чем при новолунии, а в дневное время ниже при полнолунии, чем при новолунии.

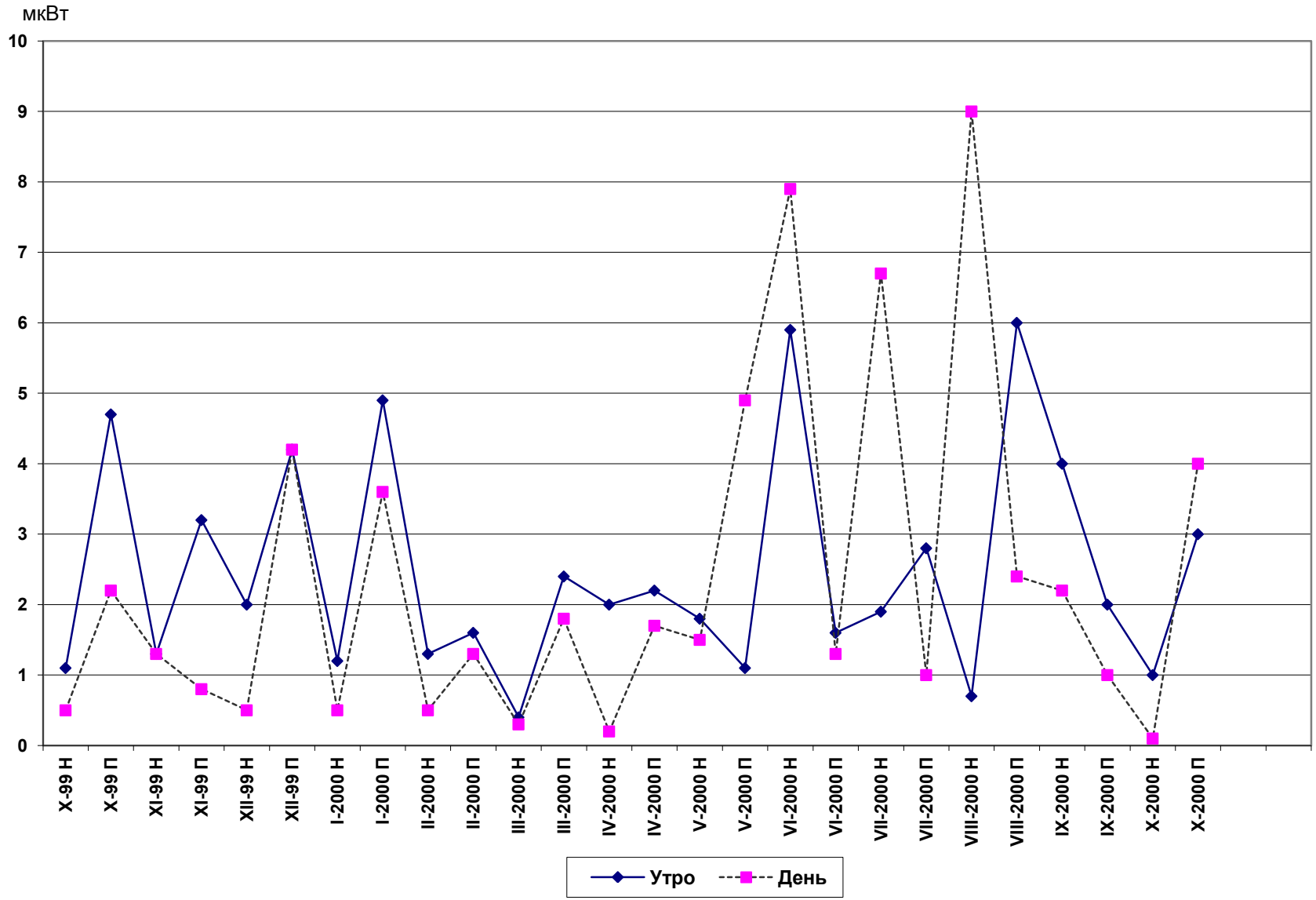
Наиболее высокая теплопродукция (абсолютное значение) в пределах 6,7–9,0 мкВт отмечалась в июне – августе 2000 г. днем при новолунии. Максимальная удельная теплопродукция была зафиксирована в то же время.

Таблица 1

Теплопродукция (абсолютная/удельная в мкВт) морского микропланктона в утренние и дневные часы в период 1999 – 2000 гг. при новолунии (Н) и полнолунии (П)

№	Месяц – год забора материала	Утренние пробы		Дневные пробы	
		Н	П	Н	П
1	X-99	1,1/0,74	4,7/0,53	0,5/0,57	2,2/0,95
2	XI-99	1,3/0,42	3,2/1,09	1,3/0,49	0,8/0,43
3	XII-99	2,0/1,0	3,71,89	0,5/1,6	4,2/0,95
4	I-2000	1,2/0,33	4,9/0,66	0,5/0,17	3,6/0,5
5	II-2000	1,3/0,41	1,6/1,27	0,5/0,11	1,3/1,05
6	III-2000	0,4/0,14	2,4/1,38	0,3/0,51	1,8/2,0
7	IV-2000	2,0/1,14	2,2/1,22	0,2/0,13	1,7/0,85
8	V-2000	1,8/0,12	1,1/0,06	1,5/0,63	4,9/1,41
9	VI-2000	5,9/0,69	1,6/0,45	7,9/2,19	1,2/0,34
10	VII-2000	1,9/0,8	2,8/0,23	6,7/3,25	1,0/0,12
11	VIII-2000	0,7/0,16	6,0/1,88	9,0/3,0	1,2/0,21
12	IX-2000	4,4/1,69	2,0/0,06	2,2/1,9	1,0/-
13	X-2000	1,0/0,26	3,0/1,2	0,1/0,04	4,0/0,65
Среднее значение		1,92±0,79 /0,61±0,12	3,02±0,4 /0,92±0,17	2,4±0,88 /1,12±0,31	2,22±0,39 /0,79±0,15

Обозначения: (-) данные отсутствуют



Р и с . 1. Теплопродукция утреннего и дневного морского микропланктона в период 1999 – 2000 гг. при новолунии (Н) и полнолунии (П)

Вероятно, что численность представителей бактериопланктона, более высокая в фазах полнолуния [4], играет не самую главную роль в уровнях теплопродукции микропланктона, что было зафиксировано и более ранними нашими исследованиями [3, 5].

Таким образом, было отмечено, что наиболее высокая как абсолютная, так и удельная теплопродукция микропланктона наблюдалась в дневных пробах в летний сезон при новолунии, причем при незначительной численности представителей сообществ бактериопланктона.

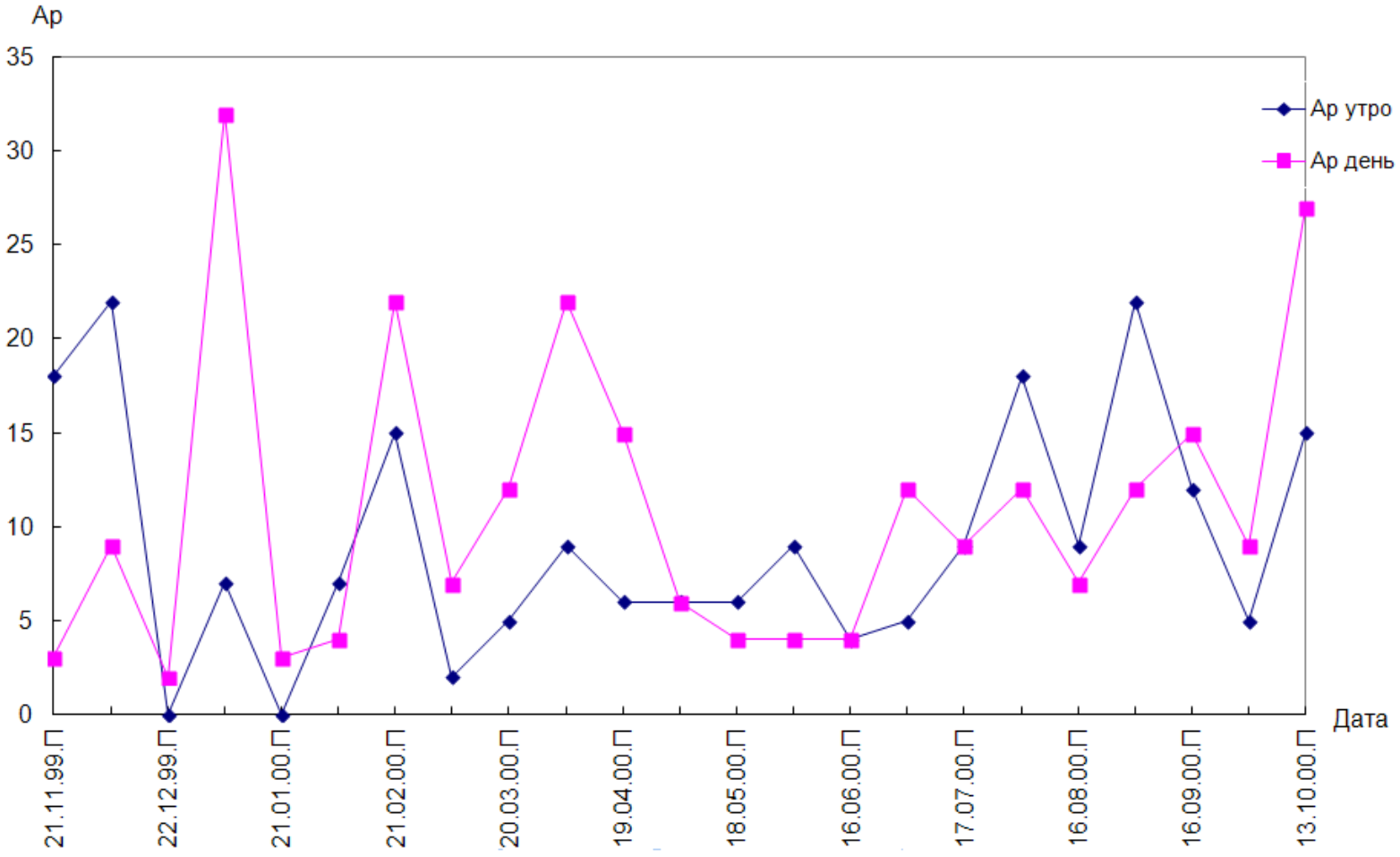
На графике, представленном на рис. 1, отражено колебание теплопродукции морского микропланктона утром и днем в наблюдаемый период времени с октября 1999 г. по октябрь 2000 г. График теплопродукции имеет вид ломаной линии с множеством пиков, свидетельствующих об увеличении или снижении теплопродукции в каждый исследуемый промежуток времени. С октября 1999 г. по апрель – май 2000 г. (короткий световой день) пики теплопродукции можно наблюдать при полнолуниях. При новолуниях отмечается сравнительное падение ломаной графической линии. Причем теплопродукция микропланктона в утренние часы всегда незначительно выше, чем в дневные. Однако в период с мая – июня по август – сентябрь 2000 г. (длинный световой день) пики на графике имеют тренд к повышению теплопродукции микропланктона при новолунии и понижению при полнолунии, причем теплопродукция микропланктона днем выше, чем утром. В сентябре – октябре 2000 г. теплопродукция вновь повышается при полнолунии. Вероятно, что увеличение теплопродукции при полнолунии свидетельствует о потенцирующем влиянии на метаболизм морских бактерий (рост, питание, размножение и т.д.) дополнительного света, отраженного полной Луной, в конце осеннего, всего зимнего и начале весеннего сезонов при относительно коротком световом дне.

Логично предположить, что в летние месяцы, отличающиеся продолжительными световыми днями, дополнительный свет, отраженный Луной, уже воздействует угнетающе на метаболизм, следовательно, и на теплопродукцию сообществ микроорганизмов микропланктона. Предположение подтверждается при проведении корреляционного анализа. Результаты поиска корреляции между теплопродукцией, фазами Луны и индексом геомагнитной напряженности Земли (A_p) представлены в табл. 2., а на рис. 2 графически изображено колебание индекса геомагнитной активности A_p утром и днем в даты наблюдения теплопродукции микропланктона при полнолунии и новолунии.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между теплопродукцией микропланктона, геомагнитной активностью (индекс A_p) и фазами Луны (лунными днями)

Параметры	Время суток (утро или день)	Коэффициент корреляции					
		За весь период (с 21.11.1999 г. по 13.10.2000 г.)		Короткий световой день (с октября по апрель)		Длинный световой день (с мая по сентябрь)	
		Фазы Луны	Ар	Фазы Луны	Ар	Фазы Луны	Ар
Теплопродукция (величина в мкВт)	Утро	0,26	0,06	0,64	-0,09	-0,02	0,17
	День	-0,14	-0,15	0,74	-0,09	-0,65	0,01
A_p – индекс геомагнитной активности	Утро	-0,07		-0,07		-0,03	
	День	-0,15		-0,12		-0,27	



Р и с. 2. Индекс геомагнитной активности A_p в даты наблюдения теплопродукции микропланктона утром и днем

Между фазами Луны (днями лунного месяца) и теплопродукцией микропланктона выявлена средняя (утром) и сильная (днем) положительная связь в сезон короткого светового дня (с октября по апрель). Однако в сезон с продолжительным световым днем (с мая по сентябрь) обнаружена отрицательная связь: слабая (утром) и средняя (днем). Иными словами, в сезон короткого светового дня дополнительный свет при полнолунии потенцирует теплопродукцию, а в сезон продолжительного светового дня, особенно в дневное время, угнетает.

Между теплопродукцией микропланктона и геомагнитной напряженностью была выявлена лишь слабая корреляция, как в сезон короткого светового дня, так и в сезон продолжительного светового дня. Слабая отрицательная корреляция была определена и между фазами Луны и геомагнитной напряженностью.

График на рис. 2. отражает колебания величины индекса геомагнитной напряженности Земли с учетом фаз Луны за изучаемый период времени с октября 1999 г. по октябрь 2000 г. Ломаная линия значений A_p на графике имеет пики в основном при новолуниях и падения графической линии при полнолуниях. В мае – сентябре в сезон продолжительного светового дня дневные значения величины A_p ниже, чем утренние. Также в это время сглаживается различие в значениях величин индекса геомагнитной активности при полнолуниях и новолуниях. По виду представленного графика на рис. 2 при сравнении с графиком на рис. 1 можно предположить, что наблюдаются противофазы между теплопродукцией сообществ микроорганизмов микропланктона и значениями индекса геомагнитной активности A_p.

Заключение. Полученные методом микрокалориметрии результаты теплопродукции морского микропланктона из Севастопольской бухты в 1999 – 2000 гг. в разные фазы Луны в утренние и дневные часы свидетельствуют о том, что теплопродукция микропланктона выше в сезон продолжительного светового дня (летне-осенний период) в дневное время. В сезон короткого светового дня дополнительный свет при полнолунии потенцирует теплопродукцию, а в сезон продолжительного светового дня, особенно в дневное время, угнетает, что подтверждает и выполненный корреляционный анализ. Геомагнитная напряженность Земли оказывает слабое влияние на теплопродукцию микропланктона.

Полученные данные по теплопродукции микропланктоном в зависимости от сезона, продолжительности светового дня, фаз Луны и геомагнитной напряженности Земли могут быть учтены либо использованы исследователями при проведении натурных экспериментов при изучении экологии водоемов, а также при планировании функционирования биотехнологических комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ljungholm K., Wadso I., Njellen L.* Microcalorimetric measurment of normal and adenovirus infected Hela cells // Acta Path. Microbiol. Scand. Sect. B. 86 (1978). P. 121–124.
2. *Tornblom E., Bostrom B.* Effects of a cooling water discharge on microbial biomass and activity in coastal marine sediments systems // Calorimetry and thermodynamics of biological processes: Intern. Soc .for biol. Calorymetry 8th ISBC conf. Goteb. May 15–19, 1992. Gotenberg. 1992. IV. P. 29.
3. *Степанова О.А., Шайда В.Г.* Метод микрокалориметрии при исследовании морских микроорганизмов (микропланктона). Гл.3. в кн. Микрокалориметрические исследования в морской биологии. Севастополь: Экоси-Гидрофизика. 2000. С. 60–96.
4. *Степанова О.А.* Экология аллохтонных и автохтонных вирусов Черного моря. Севастополь: Мир "ЭКС-ПРЕСС ПЕЧАТЬ". 2004. 308 с.
5. *Степанова О.А., Шайда В.Г.* Микрокалориметрические исследования в морской микробиологии // Агроэкол. журн. 2002. № 4. С. 66–69.
6. *Степанова О.А., Шайда В.Г., Бойко А.Л.* Контакт вирусов с ДНК и тетрануклеотидами in vitro // Агроэкол. журн. 2005. № 4. С. 64–67.
7. *Sieburth J.McN., Smetacek V., Lenz J.* Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartmens of the plankton and their relationships to plankton size fractions // Limnol. Oceanogr. 1978. 23, N 6. P. 1256–1263.
8. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. Учебное пособие для университетов и педагогических институтов. М.: Высшая школа, 1973. 496 с.