

ПРОВ 2010

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

БИОЛОГИЯ МОРЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

ВЫПУСК 37

ПРОДУКЦИЯ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
У МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ

Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 12

КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1976

Зараженность разных видов *Hydrobia* паразитами (в числителе — зараженные, в знаменателе — незараженные)

Место обитания	Размерная группа									
	1,5—2	2—2,5	2,5—3	3—3,5	3,5—4	4—4,5	4,5—5	5—5,5	5,5—6	
H. ventrosa										
Озеро Сасык		$\frac{0}{1}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{8}{70}$	$\frac{18}{118}$	$\frac{16}{8}$	$\frac{18}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	
Бухта Омега	$\frac{0}{70}$	$\frac{12}{60}$	$\frac{12}{53}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{2}{0}$					
Бухта Стрелецкая			$\frac{0}{49}$	$\frac{2}{170}$	$\frac{7}{24}$	$\frac{3}{0}$				
H. acuta										
Камышовая бухта	$\frac{0}{13}$	$\frac{1}{13}$	$\frac{2}{34}$	$\frac{8}{74}$	$\frac{6}{36}$	$\frac{15}{19}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{0}$		
Инкерман (у берега)	$\frac{0}{23}$	$\frac{0}{69}$	$\frac{2}{166}$	$\frac{16}{37}$	$\frac{7}{6}$					

Наибольшая зараженность гидробий наблюдается в наиболее загрязненных местах вблизи человеческого жилья — в Камышовой бухте, в озере Сасык около Евпатории.

Церкарии концентрируются главным образом в гонаде и печени, делая моллюсков стерильными, тем самым уменьшая репродуктивные возможности, снижая плодовитость популяции гидробий.

ЛИТЕРАТУРА

Виноградова З. А. Деякі спостереження над черевногими' моллюсками *Rissoa venusta* (Phil.) v. *pontica* (Mil.) і *Hydrobia ventrosa* (Mtg.) в лабораторних умовах.— Наук. зап. Одеської біол. станції, 1961, вип. 3.

Долгих А. В. О зараженности гидробии выпуклой *Hydrobia ventrosa* (Mont.) Тилигульского лимана личинками микрофаллид.— Вестн. зоологии, 1969, № 4.

Кондратенков А. П. Продолжительность жизненного цикла *Hydrobia ulvae* (Gastropoda) в районе губы Чула Белого моря; — Зоол. журн., 1972, т. 51, N 10.

Bacescu M., Dumitrescu H., Marea V., Por F., Mayer R. Les Sables a Corbulomya (Alolides) maeotica Mil.— base trophique de premier ordre pour les poissons de la Mer Noire.— Trav. Mus. de Histoire Naturelle «Gr. Antipa», 1957, N 1.

Frish J. D., Frish Susan. The breeding cycle and growth of *Hydrobia ulvae* in the Dovey estuary.— J. Mar. Biol. Ass., 1974, v. 54.

Mars P. Recherches sur quelques etangs du littoral mediterraneen francais et sur leurs faunes malacologiques.— Theses Fac. Ser. Univ. Paris, Ser. A., 1961.

Mars P. Notes sur les *Hydrobia* (Gastropoda, Prosobranchia) du littoral francais.— Rappl. Internat. Mer Mediterranee, v. 15, N 3, 1960.

Thorson G. Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates.— Med. fra Kommis. for Danmarks Fiskerog Havunders., Ser. Plankton, 1956, Bd. 4, N 1.

Winterbourn M. J. Population studies on the New Zealand freshwater gastropod *Potamopyrgus antipodarum* (Gastropoda prosobranchia).— Proc. Malac. Soc. London, 1970, v. 39.

Институт биологии южных морей
АН УССР, Севастополь

Поступила в редколлегию
10.I 1975 г.

М. Н. Лебедева, Л. Г. Гутвейб, А. Г. Бенжицкий

ЗНАЧЕНИЕ БАКТЕРИЙ, СИНТЕЗИРУЮЩИХ КОБАЛАМИНЫ, В БИОПРОДУКЦИИ МОРСКИХ ВОДОЕМОВ

В настоящее время не вызывает сомнений важная экологическая значимость кобаламинов (витамин B₁₂ и его природные аналоги) в жизни водоемов (Provasoli, 1958, 1963). Эти соединения относятся к числу факторов,

контролирующих развитие и смену видов и популяций фитопланктона (Джор, 1962). Кроме того, они участвуют в основных процессах обмена беспозвоночных и рыб (Жукова, 1957; Факторович, 1963; Аронович, 1967; Бенжикский, 1970). Основными продуцентами водорастворимых витаминов являются бактерии, актиномицеты и синезеленые водоросли. Отмечено также, что кокколитофорида (*Coccolithus huxleyi*), выращенная в культуре, синтезирует витамин B_{12} (Carlucci, Bowes, 1970a).

Значение и место бактерий в продуцировании и снабжении кобаламинами различных трофических уровней системы вода — планктон — рыба в морских водоемах изучены крайне слабо. Работы, касающиеся продукционной активности бактерий, выделенных из воды, илов, макрофитов и беспозвоночных, проводились на чистых культурах с применением сред, чаще всего далеких по своему составу от среды обитания (таблица). Природные бактериальные сообщества вообще не изучались в этом отношении. Известны отдельные работы, касающиеся способности микрофлоры из кишечника рыб к синтезу витамина B_{12} (Starr и др., 1957; Teshima, Kashiwada, 1967).

Поскольку в трофике водоемов очень велика роль бактерий как донаторов витаминов (Родина, 1966, и др.), первостепенное значение приобретает изучение их биосинтетической активности в сообществах бактериопланктона и на разных стадиях микробного обрастания детрита. Это тем более важно, что в настоящее время при изучении кормовой базы водоемов особое значение придается трофико-физиологическим показателям органического вещества как основного пищевого ресурса при обязательном изучении его микронаселения (Гаевская, 1973).

В данном сообщении приводятся результаты исследований распространенности бактерий — потенциальных синтетиков кобаламинов в различных районах Мирового океана и данные о витаминсинтезирующей активности сообществ бактериопланктона, воды, детрита и чистых культур бактерий, выделенных из воды и пищеварительных органов черноморских рыб.

Изучение 1675 штаммов из различных географических зон Мирового океана позволило установить, что среди гетеротрофных бактерий широко распространены формы, не требующие витамина B_{12} (от 31,5 до 90% при $P = 95\%$), являющиеся, по-видимому, потенциальными продуцентами кобаламинов (Лебедева, Маркианович, Гутвейб, 1971). Это находит свое подтверждение в экспериментальной проверке биосинтетической активности чистых культур бактерий из различных экологических ниш. Согласно собственным и литературным данным, 23—100% штаммов продуцируют кобаламины в аналитически определяемых количествах (см. таблицу).

При оценке значения биосинтетической деятельности бактерий в биологической продуктивности водоемов, первостепенное значение приобретает изучение их активности в условиях, приближенных к естественным. Учитывая, что в природе активность каждого отдельного вида бактерий заключена в рамки, тесно ограниченные деятельностью других видов (Виноградский, 1952), рационально было исследовать также биосинтетическую активность бактериальных сообществ. При этом основой среды для их культивирования служила сама проба морской воды, не подвергавшаяся стерилизации, что обеспечило определенное приближение к естественным условиям (Gutveib, Benzhitsky, Lebedeva, 1973).

Мы исследовали способность к синтезу кобаламинов сообществ бактериопланктона водной толщи (0 — 2000 м) Черного (79 опытов) и бактерио-нейстона Карибского морей (29 опытов).

В порядке сопоставления изучались в этом отношении также чистые культуры бактерий, выделенных из тех же проб (21 культура из Черного и 14 из Карибского морей), с которыми поставлено 84 и 39 опытов соответственно. По всем вариантам проведено более 200 опытов.

Данные о способности чистых культур и сообществ бактерий продуцировать соединения кобаламиновой природы

Район работ	Источник выделения	Количество штаммов (проб)		Биосинтетическая активность		Индикаторный организм	Литературный источник
		изученных	активных, % к изученным	чистые культуры, мг/мл	бактериальные, сообщества, мг/г сырой биомассы		
Черное море (рай. н. Ялты) » (прибрежные и открытые районы) То же » »	Морская вода	22	35	0,700—6,2	—	<i>E. coli</i>	Гутвейб, 1969
	То же	21	81	0,100—34,10	—	То же	Наши данные
	»	79	100	—	16,6—3428,5*	»	То же
	Пищеварительный тракт рыб	68	41	0,200—317,20*	—	»	Бенжикций, Гутвейб, Лебедева, 1970
Черное море (Одесский залив)	Морская вода и беспозвоночные	82	23	0,400—64,90	—	»	Сурьянинова, 1965
	Морская вода и макрорифы	154	78	0,000—50,00	—	»	Житецкая, Цыбань, 1967
Черное море (северо-западная часть) То же	Морская вода	72	65	—	—	»	Берендеева, 1968
	То же	14	100	0,100—144,00*	—	»	Наши данные
Карибское море То же	»	29	100	—	2,4—325,00*	»	То же
	Балтийское море (у Швеции)	34	70	0,005—0,14	—	»	Ericson, Lewis, 1954
Атлантика (побережье Джорджии)	Морская вода и макрорифы	130	50	150	—	»	Burkholder, Burkholder, 1956
	Морская вода, ил	34	70	0,000—18,40	—	»	Start и др., 1957
Мексиканский залив (побережье Техаса) То же	»	344	30	0,000—5,00	—	<i>Euglena gracilis</i>	То же
	»	131	24	—	—	<i>E. coli</i>	Burkholder, 1959
Аравийское море	Морская вода	77	77	0,100—5,80	—	<i>Lactobacillus leichmanii</i>	Gandi, Freitas, 1966

* Количество кобаламинов, мг/г сырой бактериальной массы.

Прежде всего обращает на себя внимание, что бактерии в сообществах проявляют биосинтетическую активность всегда, в то время как чистые культуры или не все обладают этой способностью (Черное море), или преимущественно мало активны. Больше того, естественные бактериальные популяции синтезируют кобаламины в более ощутимых количествах (рис. 1). Особенно разительны эти отличия в Черном море, где в опытах с культурами их содержание колебалось от 0,1 до 34,1, а в сообществах — от 16,6 до 3428,5 $\mu\text{г/г}$ сырой биомассы. В Карибском море эти соотношения сближены: 0,1—144,0 и 2,4—325,0 $\mu\text{г/г}$ сырой биомассы соответственно, но тем

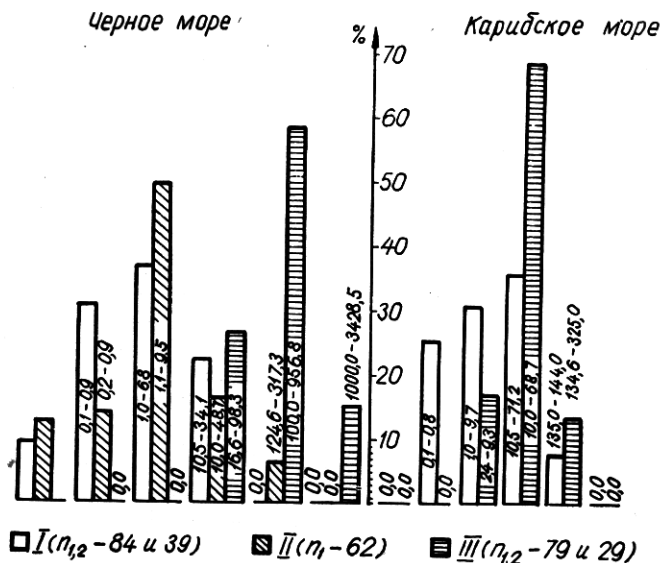


Рис. 1. Биосинтетическая активность культур, выделенных из воды (I), кишечника рыб (II) и сообществ (III) в изученных морях (высота столбиков показывает процент случаев проявления активности, лежащей в различных пределах: 0; 0,1—0,9...>1000; n_1 ; n_2 — число опытов в Черном и Карибском морях).

не менее отличия достаточно явно выражены. В этом проявляются симбиотические взаимоотношения в бактериальных сообществах, что находит свое подтверждение и в экспериментах со смешанными культурами как бактерий (Ericson, Lewis, 1953), так и водорослей (Carlucci, Bowes, 1970b), которые показывают заметно большую способность к синтезу витаминов при совместном росте, чем каждый штамм в отдельности.

Анализ данных по биосинтезу кобаламинов бактериальными сообществами Черного моря показал, что бактерии-продуценты распространены повсеместно на разных глубинах как прибрежных, так и открытых районов моря. Чаще всего (54,5—69,2%) они синтезировали эти витамины в сотнях наннограмм. Максимальные величины биосинтеза отмечены для сообществ из поверхностного слоя прибрежных и сероводородных глубин открытых районов (1129—3428 и 2092,3—2717,6 нг/г сырой массы бактерий).

Микробные популяции, синтезирующие кобаламины в количествах сотен и тысяч наннограмм, наиболее распространены (81,8% опытов) в промежуточной зоне Черного моря (100—150 м) и могут служить в качестве источника витаминов для мигрирующих зоопланктеров. Следует сказать, что бактериальные популяции с активностью, в 10—100 раз большей по сравнению с чистыми культурами, в Черном море встречались значительно чаще (77,4%), чем в Карибском (39,2%).

Исследования Ю. И. Сорокина (1971) в Тихом океане и наши в Атлантике показали, что значительный процент бактерий в водной толще (20—40% размером более 4—5 мкм и 21,5—85,5% размером более 1,5 мкм) склонен к образованию агрегатов. В таком виде бактериопланктон является источником дополнительного питания и дефицитных витаминов типа витамина В₁₂ не только для фильтраторов, но и животных-хватателей и личинок рыб (Сорокин, 1971). Известно, что концентрации бактерий порядка 0,3—0,7 г/м³, обычные в высокопродуктивных районах и часто встречающиеся в узких слоях в олиготрофных водах океана, являются оптимальными для

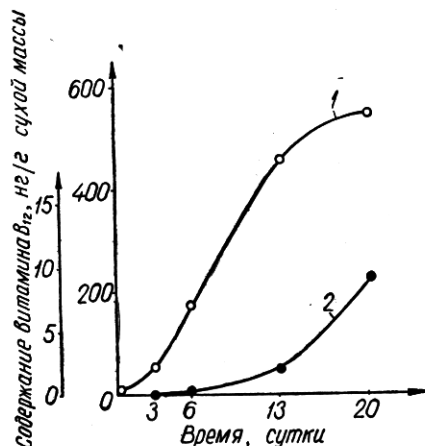


Рис. 2. Увеличение содержания кобаламинов по мере минерализации органического детрита (1) и бактериального обрастания минеральных частиц (2).

обрастании их микроорганизмами. Исходя из этого, интересно было изучить динамику накопления кобаламинов как в органическом детрите (высушенная планктонная взвесь), так и на минеральных частицах (толченое стекло) (рис. 2).

В результате установлено, что в детрите, по мере обрастания его бактериями, происходило неуклонное возрастание в содержании веществ кобаламиновой природы с максимумом на 20-е сутки, когда их количество увеличилось по сравнению с начальным в 100 раз (540) против 5,5 нг/г сухой массы (рис. 2). Очень показательна также преобразующая деятельность бактериального перифитона на минеральных частицах, что можно видеть на примере обогащения их с течением времени кобаламинами. При исходном нулевом содержании этих веществ к концу опыта на 20-е сутки их количество достигло 11,2 нг/г с тенденцией, судя по ходу кривой, к неуклонному возрастанию (Гутвейб, Чепурнова, 1969). Это дает основание полагать, что любые неперевариваемые частицы, которые в водоемах всегда обрастают бактериями, могут представлять ценность для гидробионтов прежде всего как источник витаминов.

Известно, что витамины группы В, и в частности витамин В₁₂, необходимы для нормального роста, развития и размножения рыб (Факторович, 1963; Аронович, 1967, и др.). Мы поставили задачу выяснить, насколько микрофлора из кишечника рыб (морского ерша, ставриды, кефали-сингиля, глоссы, султанки, смариды) обладает способностью синтезировать кобаламины. Из 68 штаммов гетеротрофных бактерий кобаламины синтезировали 41,2%. А если учесть, что из общего числа культур 36 не росли на предложенной им среде, то процент активных от числа растущих возрастает до 87,5 (Бенжицкий, Гутвейб, Лебедева, 1970).

Имеется тенденция к большей распространенности бактерий, синтезирующих витамин B_{12} у бентофага глоссы, а также у кефали (57,1%), питающейся илом, детритом и обростами (Лебедева, Гутвейб, Бенжицкий, 1974). Среди рыб, отличающихся по образу жизни, наибольшее число штаммов бактерий-продуцентов обнаружено у придонных (50%).

При анализе полученных материалов в сезонном аспекте (рис. 3) установлена наиболее частая встречаемость бактерий-продуцентов кобаламинов в зимний и весенний период (10 из 16 и 9 из 22 изученных культур соответственно). Летом их число резко падало (1 из 7), а осенью вновь возраста-

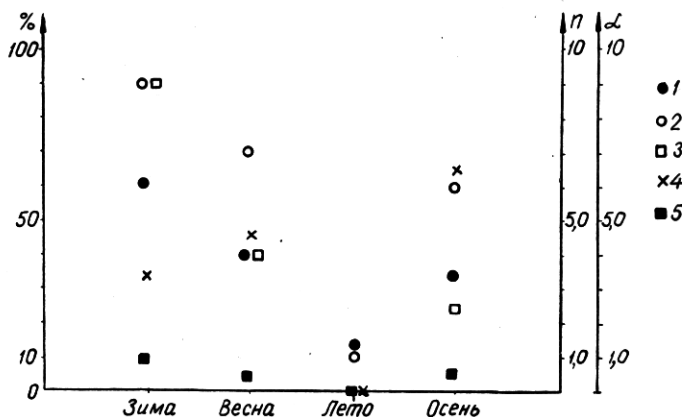


Рис. 3. Сезонные изменения встречаемости (в % к общему числу культур) в микрофлоре кишечника рыб бактерий-продуцентов кобаламинов (1), количества их видов (2), видового разнообразия, выраженного через индекс α Фишера (3), и специфические для каждого сезона виды (4) (в % к числу видов, обнаруженных в каждом сезоне), а также встречаемость бактерий, синтезирующих кобаламины в наибольших количествах (5) (в % к числу активных культур).

ло (8 из 23). Такую же тенденцию показали сезонные изменения в количестве видов и видовом разнообразии бактерий, судя по величинам индекса разнообразия α Фишера (Лебедева, 1969), а также встречаемость бактерий, синтезирующих кобаламины в наибольших количествах (124,58—317,30 нг). Следует отметить, что эти величины на порядок превышают максимальную активность бактериальных культур, выделенных из черноморской воды, но уступают биосинтетической активности бактериальных сообществ (см. рис. 1 и таблицу).

Несмотря на то что интенсивность питания всех изученных рыб (за исключением глоссы) зимой снижается, именно в этот период в их кишечнике обнаружена наибольшая встречаемость витаминсинтезирующих бактерий, в том числе обладающих максимальной активностью. Отсюда можно предположить, что в зимний период рыбы за счет деятельности микрофлоры кишечника получают относительно большее количество витаминов, чем летом.

ВЫВОДЫ

1. Среди морских гетеротрофных бактерий из различных мест обитания (детрит, вода, пищеварительные органы рыб) широко распространены формы, способные синтезировать кобаламины.

2. Бактерии в сообществах (в отличие от чистых культур) всегда проявляют биосинтетическую активность, которая к тому же выше на 1—2 порядка. Это следует учитывать при разработке методов культивирования кормов, в связи с проблемой рыбозаведения.

3. Ориентируясь на известные данные о потребности лососевых в витамине B_{12} , которая составляет 0,009 мг (или 9000 нг) на 100 г рациона, а также на способность к биосинтезу у бактериальных сообществ (порядка 100—900 нг в 60% опытов), можно считать, что добавка к рациону рыб бактериальной биомассы в количестве 10 г может удовлетворить их потребности в витамине.

4. По мере обрастания бактериями как органический, так и минеральный детрит существенно (на 1—2 порядка по сравнению с исходным содержанием) обогащается кобаламинами.

5. Источником витамина B_{12} и его аналогов в Черном море является деятельность бактерий не только кислородной, но и сероводородной зоны. Следовательно, при водообмене верхние слои Черного моря в значительной мере обогащаются этими жизненно важными для всех обитателей моря метаболитами глубоководной микрофлоры.

6. Высокая биосинтетическая активность (сотни и тысячи нг/г сырой массы) и довольно большая биомасса (до 0,1 г/м³) бактериопланктона промежуточной зоны Черного моря (100—150 м) свидетельствуют о том, что бактериопланктон этих глубин является источником не только дополнительного питания, но и дефицитных витаминов типа B_{12} для мигрирующего зоопланктона.

ЛИТЕРАТУРА

- Аронович Т. М. Искусственные корма в лососеводстве (обзор). М., 1967.
- Бенжицкий А. Г., Гутвейб Л. Г., Лебедева М. Н. Синтез кобаламинов бактериями, выделенными из пищеварительных органов рыб Черного моря.— Гидробиол. журн., 1970, т. 6, № 5.
- Бенжицкий А. Г. Витамин B_{12} в воде и организмах Черного моря. Автореф. канд. дис. Одесса, 1970.
- Берендеева А. Л. Гетеротрофные бактерии морской и лиманной воды — продуценты биологически активных веществ. Автореф. канд. дис. К., 1968.
- Виноградский С. Н. Микробиология почвы. М., Изд-во АН СССР, 1952.
- Гаевская Н. С. Трофология водных животных. М., «Наука», 1973.
- Гутвейб Л. Г. Продуцирование витамин- B_{12} -подобных веществ гетеротрофными бактериями из глубоководных районов Черного моря.— Материалы областной конференции молодых ученых Крыма. Симферополь, «Крым», 1969.
- Гутвейб Л. Г., Чепурнова Э. А. Содержание витамин- B_{12} -подобных веществ в детрите.— Тез. докл. 2-й Всесоюз. конференции молодых ученых по проблемам морской биологии. К., «Наукова думка», 1969.
- Житецкая А. А., Цыбань А. В. Морские бактерии — продуценты витамина B_{12} .— Тез. доп. XII звітн. конференції Одеського держ. ун-ту. Одесса, 1967.
- Жукова А. И. Значение микроорганизмов для кормовой базы рыб.— Вопр. ихтиол., 1957, вып. 9.
- Лебедева М. Н. О возможности применения индекса разнообразия α Фишера в морской микробиологии.— Изв. АН СССР. Сер. биол., 1969, № 5.
- Лебедев М. Н., Гутвейб Л. Г., Бенжицкий А. Г. Биосинтетическая активность (по кобаламинам) микрофлоры кишечника черноморских рыб.— Гидробиол. журн., 1974, т. 10, № 4.
- Лебедева М. Н., Маркианович Е. М., Гутвейб Л. Г. Распространенность гетеротрофных бактерий, ауксотрофных по витамину B_{12} , в южных морях.— Гидробиол. журн., 1971, т. 7, № 2.
- Родина А. Г. Люминесцентный анализ детрита озер.— ДАН СССР, 1963, т. 149, № 2.
- Родина А. Г. Кормовое значение и строение детрита.— В кн.: Биологические ресурсы водоемов, пути их реконструкции и использования. М., «Наука», 1966.
- Сорокин Ю. И. Количественная оценка роли бактериопланктона в биологической продуктивности тропических вод Тихого океана.— В кн.: Функционирование пелагических сообществ тропических районов океана. М., «Наука», 1971.
- Сорокин Ю. И., Петипа Т. С., Павлова Е. В. Количественное исследование пищевой роли морского бактериопланктона.— Океанология, 1970, т. 10, № 2.
- Сурьянинова Е. И. Бактериальная флора некоторых беспозвоночных Черного моря, (прибрежных районов) и ее биологические свойства (биосинтез витамина B_{12} , антагонизм, ростовой эффект). Автореф. канд. дис. К., 1965.
- Факторович К. А. Пищевые потребности лососевых и основные корма, применяемые в лососеводстве (обзор советской и зарубежной литературы).— Изв. ГосНИОРХ, 1963, т. 54.

- Burkholder P. R., Burkholder L. M.* Vitamin B₁₂ in suspended solids and marsh mud collected along the coast of Georgia.— *Limnol. Oceanogr.*, 1956, v. 1, N 3.
- Burkholder P. R.* Vitamin-producing bacteria in the sea. Inter. Oceanogr. Congr. Preprints AAAS, Washington, 1959.
- Carlucci A. F., Bowes P. M.* Production of vitamin B₁₂, thiamin and biotin by phytoplankton.— *J. Phycol.*, 1970a, v. 6, N 4.
- Carlucci A. F., Bowes P. M.* Vitamin production and utilization by phytoplankton in mixed culture.— *J. Phycol.*, 1970b, v. 6, N 4.
- Droop M. R.* Organic micronutrients.— In: *Physiol. a. Biochem. Algae*. Acad. Press, 1962.
- Ericson L. E., Lewis L.* On the occurrence of vitamin B₁₂-factors in marine algae.— *Arkiv. Kemi*, 1953, v. 6, N 40.
- Gandhi N. M., Freitas Y. M.* The production of vitamin B₁₂-like substances by marine micro-organisms.— *Proceed. Ind. Ac. Sci.*, 1966, v. 59, N 1.
- Gutveib L. G., Benzhitsky A. G., Lebedeva M. N.* Synthesis of biologically active substances in B₁₂ vitamin groups of the bacterioneuston of the tropical Atlantic.— In: *Alti 5 Coll. int. oceanogr. med. Messina*, 1973.
- Provasoli L.* Growth factors in unicellular marine algae. *Perspectives in Mar. Biol.* Univ. Calif. Press, 1958.
- Provasoli L.* Organic regulation of phytoplankton fertility. *The sea*, v. 2, Intersci Publ., 1963.
- Starr T. J., Martinez D., Fosberg W.* The vitamin B₁₂ of mullet and shark serum.— *Limnol. Oceanogr.*, 1957, v. 2, N 2.
- Teshima S., Kashiwada K.* Studies on the production of B vitamins by intestinal bacteria of fish. III. Isolation of vitamin B₁₂ synthesizing bacteria and their bacteriological properties.— *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisher.*, 1967, v. 33, N 10.

Институт биологии южных морей,
АН УССР, Севастополь

Поступила в редколлегию
27.1 1975 г.