

А. К. ПАНОСЯН, М. Е. ГАМБАРЯН, Г. С. БАБАЯН

О ФОСФОРОПРЕВРАЩАЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМАХ ОЗЕРА СЕВАН

Оз. Севан по своему географическому расположению, физико-химическим и биологическим особенностям и природно-хозяйственному значению давно привлекает внимание человека

Оз. Севан, являющееся одним из многоводных озер, довольно хорошо было изучено лишь за последние два-три десятилетия. За эти годы воды оз. Севан в большом количестве использовались для нужд народного хозяйства, что привело к снижению его уровня. В настоящее время уровень воды оз. Севан спустился на 12—13 м, в связи с чем обнажились сотни гектаров грунта. Уменьшение зеркала поверхности озера отразилось на его физико-химических и биологических особенностях, что в свою очередь вызвало изменение фито- и зоопланктона воды и освободившегося грунта. Эти изменения особенно повлияли на состав микрофлоры и на микробиологические процессы.

Изменение биологических процессов в воде озера оказало большое влияние на круговорот веществ воды и грунта, что сказалось прежде всего на биологической продуктивности воды.

Не останавливаясь на изменениях фито-зоопланктона, в данной статье мы приводим некоторые общие сведения, касающиеся микрофлоры озера, поскольку различные физиологические группы микроорганизмов в той или иной степени участвуют в круговороте веществ.

О микрофлоре оз. Севан первые сведения мы встречаем в трудах П. Б. Калантаряна и А. П. Петросян [13]. Изучив биологические особенности ряда микроорганизмов, разлагающих органические вещества озера, авторы показали, что некоторые виды бактерий способствуют накоплению кальциевых соединений в воде.

При дальнейшем исследовании микрофлоры озера Б. Л. Исаченко [12], Л. А. Ерзинкян [11], С. И. Кузнецов [16] показали, что образование солей кальция и его кристаллов является результатом биологических и физико-химических процессов.

Сведения о составе и биологических особенностях отдельных физиологических групп микроорганизмов озера Севан мы находим в многочисленных работах М. Е. Гамбаряна [3—10]. В этих исследованиях автор установил не только состав микрофлоры воды и грунта, но и количество биомассы бактерий. Тщательно были изучены биологические особенности бактерий, участвующих в круговороте

азота, т. е. аммонификаторы, нитрификаторы, денитрификаторы и организмы, ассимилирующие азот.

Несмотря на то, что многие группы микроорганизмов оз. Севан достаточно хорошо обследованы, бактерии, принимающие участие в превращениях фосфорных соединений воды, до последнего времени не изучены.

В настоящей работе мы приводим некоторые данные о фосфоропрепревращающих микроорганизмах оз. Севан.

Изучение микробиологических процессов круговорота фосфора существенно важно для выяснения ряда вопросов, связанных с развитием водной растительности и биологической продуктивности водоемов. Бактерии, минерализуя сложные органические соединения фосфора, создают благоприятные условия для развития растительности водоемов. Эти вопросы подробно освещены в работах С. И. Кузнецова [15, 16], А. Г. Салимовской-Родниной [22], Р. И. Пиковской [21], Р. А. Менкиной [19], Г. Г. Винберга [1] и др.

Как мы указали, оз. Севан является одним из наиболее полно обследованных водоемов. Однако некоторые вопросы, относящиеся к круговороту биогенных элементов, в частности фосфора, до последнего времени оставались неизученными. В связи с всесторонней разработкой проблемы биологической продуктивности оз. Севан в условиях его спуска впервые в 1958—1959 гг. были проведены исследования круговорота фосфора в водной толще и донных отложениях озера в различные сезоны года, результаты которых изложены в настоящей статье.

Развитие физиологических групп фосфобактерий зависит от ряда гидрологических и гидрохимических условий водоема. Оз. Севан относится к водоемам олиготрофного типа. Общая минерализация его вод составляет в среднем 551,8 мг/л (С. Я. Лятти [17]). Фосфаты присутствуют в воде круглый год. Наибольшее количество их в 1957 г. было обнаружено в августе—1,01 мг, наименьшее — в мае—0,14 мг $\text{PO}_4/\text{л}$ (Б. А. Слободчиков [23]). Содержание органических веществ в водной толще озера в связи со снижением его уровня несколько увеличилось и достигло в среднем 3—4 мг $\text{O}_2/\text{л}$. Кислородный режим за последние годы заметно изменился. Зимой, как правило, водная масса насыщена кислородом, летом содержание его падает иногда до 6 кг/л. Концентрация водородных ионов в воде озера в период наших исследований была в пределах $\text{pH}=8,6—8,8$ (М. Г. Гамбарян [10]). Такая сильная щелочная реакция вод Севана, обусловленная преобладанием основных ионов над кислотными, как известно, ограничивает растворение многих химических элементов, в том числе и фосфатов, способствует их выпадению в осадок на дно озера.

Температурный режим оз. Севан в связи со снижением его уровня более чем на 12 м и уменьшением объема воды на $1/4$ заметно изменился по сравнению с допусковым периодом. В настоящее время озеро все чаще покрывается льдом. Гомотермия и сравнитель-

но низкие температуры воды наблюдаются длительное время, иногда с середины осени до поздней весны. Прогревание поверхностных слоев и образование эпилимниона, особенно в годы ледоставов, запаздывает—начинается в мае. Температура воды летом даже в прибрежной зоне не превышает 18—19°.

Условия развития фосфобактерий в грунтах оз. Севан зависят от типа осадков. Грунты литоральной зоны—пески. Известковые пески содержат, как правило, небольшое количество органических веществ 0,03—0,5% от сухого грунта. Фосфаты в них присутствуют от 0,11 до 0,53% (в пересчете на P_2O_5). В илах сублиторальной и профундальной зон количество органических веществ достигает 6,28, фосфатов—0,06—0,24%. Кристаллы, встречающиеся в некоторых участках озера, бедны как органическим веществом, так и фосфатами (С. Я. Лятин [17]).

Микробиологические исследования проводились на постоянных станциях Малого (ст. Арегуни) и Большого (ст. Сарыкая) Севана. Сборы материалов проводились общепринятыми методами, обеспечивающими условия стерильности. Пробы воды брались аппаратом типа Б. Л. Исаченко из различных глубин прибрежных и открытых участков М. и Б. Севана; образцы различных типов донных отложений—стратометром Перфильева из литоральной, сублиторальной и профундальной зон.

Для развития бактерий, минерализующих органические соединения фосфора и мобилизующих нерастворимые фосфаты,готавливались элективные питательные среды, предложенные Менкиной и Салимовской-Родиной. Для определения роли неспецифических микроорганизмов—нитрификаторов, серобактерий в мобилизации фосфатов,готавливались соответствующие питательные среды и кремнекислые пластинки. Биохимические признаки выделенных культур бактерий определялись путем посева их на питательные среды с различными органическими или минеральными источниками фосфора. Видовой состав бактерий устанавливался по Н. А. Красильникову [14], а их количество путем посева исследуемого материала на твердые элективные питательные среды. Развитие бактерий устанавливалось по образованию светлых зон вокруг колоний и микроскопией.

Видовой состав, активность и количественное развитие фосфобактерий в оз. Севан

Исследования, проведенные нами на оз. Севан на протяжении двух лет, с применением различных специфических питательных сред и других современных микробиологических методов анализа показали, что в водной массе и донных отложениях озера отсутствуют бактерии, способные переводить нерастворимый трехкальцевый фосфат в растворимую форму. В то время как другая физиологическая группа микроорганизмов, способная минерализировать сложные органические фосфаты и переводить их в доступные для водной растительности

соединения, представлена большим разнообразием видов. Из этой группы микроорганизмов в воде и грунтах оз. Севан было обнаружено около 45 штаммов. Последние на основании морфо-физиологических признаков были объединены в четыре группы.

К первой группе были отнесены крупные, толстые, с зернистой плазмой палочки, размером $1,26-3,15 \times 4,6-7,22 \mu$. Клетки одиночные или соединены попарно, подвижные граммотрицательные, как правило, содержат две терминально расположенные споры. Колонии на агаризированной питательной среде Менкиной с лецитином вначале беловатые, затем коричневого цвета, гладкие, блестящие, слизистые, рыхлые; у некоторых штаммов тестообразной консистенции с изрезанными краями. Вокруг колоний отличалась светлая зона. На этой же среде с другими источниками органического фосфора—яичным белком или желтком, мясом, или костями севанских форелей и т. д., отмечался сильный рост. На МПА росли сравнительно медленно, колонии были выпуклые, блестящие, с изрезанными краями, беловато-коричневого цвета. На МПБ культура образовывала муть, пленку и небольшой коричневатый осадок. На МПЖ отмечалось воронкообразное разжижение, молоко свертывалось. На среде с пептонной водой и глюкозой, или сахарозой, лактозой, маннитом отмечалось кислотообразование. На картофеле росли хорошо, колонии имели грязно-желтый цвет (некоторые штаммы—беловато-серый цвет). Большинство штаммов нитраты не восстанавливали. Культуры этой группы бактерий были выделены нами как из воды, так и из грунта оз. Севан.

Ко второй группе относились мелкие, тонкие палочки шириной $0,31-0,32$, длиной $1,31-2,87 \mu$. Клетки подвижные, граммотрицательные, неспоровые. Колонии гладкие, блестящие, рыхлые, с ровными краями беловато-серого цвета. На питательных средах с яичным белком или желтком, рыбьим или говяжьим мясом растут сравнительно слабо. Слабый рост отмечался и на МПА. На МПБ образуют кольцо на поверхности среды, слабую муть и небольшой коричневатый осадок. На МПЖ отмечалось воронкообразное разжижение, молоко свертывалось. В пептонной воде с одним из следующих углеводов: сахарозой, глюкозой, лактозой или маннитом отмечалось слабое помутнение, небольшая пленка и осадок. На картофеле вначале росли слабо, затем энергично, образуя коричневые блестящие колонии. Нитраты восстанавливают многочисленные штаммы этой группы бактерий, которые были выделены как из различных горизонтов водной толщи, так и из донных отложений оз. Севан.

Бактерии, отнесенные к третьей группе, отличались от второй лишь тем, что были несколько большего размера— $1,15-1,38 \times 3,5-5,75$ и имели белые, тестообразной консистенции колонии. Нитраты не восстанавливали штаммов.

В четвертую группу были объединены представители лучистых и плесневых грибов, морфо-физиологические особенности которых в настоящее время изучаются нами.

По морфологическим и физиологическим признакам бактерий первой группы были отнесены к разновидностям *Bacillus megatherium*, второй—к *Pseudomonas Ligusticlaens*, третий—к *Pseudomonas Longa*. Однако эти культуры отличаются от описанных в определителе видов тем, что обладают способностью минерализовать органофосфаты.

Исследования, проведенные в лабораторных условиях с чистыми культурами выделенных бактерий, показали их высокую активность в отношении минерализации сложных органических соединений фосфора (лецитина и др.) до фосфорной кислоты. Наиболее активными были некоторые штаммы из первой и второй групп, при этом количество P_2O_5 , образующегося в среде за 20 дней, достигало 23,2 мг/л (табл. 1).

Таблица 1

Интенсивность минерализации лецитина различными группами микроорганизмов, выделенных из воды и грунта оз. Севан в мг P_2O_5 (л)

№ штаммов	Группа бактерий	Количество P_2O_5 , образующееся в среде за 20 дней	№ штаммов	Группа бактерий	Количество P_2O_5 , образующееся в среде за 20 дней
	Контроль	0,0			
96	I. Крупные споровые палочки ()	0,8	9а	II. Короткие неспоровые палочки ()	8,2
365		4,2	63		9,8
6а		4,6	7		11,2
36	•	5,2	1а	•	13,2
336	•	5,2	18а	•	13,2
56	•	5,6	3а	•	15,2
18	•	6,4	62	•	15,2
46	•	8,7	8	•	23,2
406	•	9,2			
326	•	9,0			
116	•	13,8	276	III. Длинные неспоровые палочки ()	23,2
20	•	21,2	296		15,2
7а	II. Короткие неспоровые палочки ()	0,8	286	IV. Грибы	1,4
256		0,8	19а	•	5,4
306		0,8	20а	•	5,6
63	•	1,4	406	•	9,2
19	•	5,4	12а	•	13,2
126	•	6,4	17	•	17,2

Количественное развитие бактерий, минерализующих сложные органические соединения фосфора в водной толще и донных отложениях оз. Севан в различные сезоны года, зависит от ряда биотических и абиотических факторов среды. Как показывают данные табл. 2, развитие указанных бактерий в воде озера начинается в мае и заканчивается в сентябре. Наибольшее количество этих бактерий обнаруживается в августе—сентябре, во время максимального прогревания водной толщи и обогащения ее органическими веществами

в результате массового отмирания фито- и зоопланктона (Т. М. Мешкова [20]). Эти данные вполне подтверждаются гидрохимическими исследованиями, проведенными в то же время и показавшими значительное увеличение минерального фосфора (до 1,01 мг $\text{PO}_4(\text{л})$) в воде озера в августе месяце (Б. Я. Слободчиков [23]). К этому следует добавить, что в водной толще озера, из-за насыщенности ее свободно растворенным кислородом, анаэробные фосфобактерии встречались очень редко и в незначительном количестве.

Таблица 2

Количество бактерий, минерализующих оргонофосфаты в водной толще оз. Севан в различные сезоны года. (В числителе—количество выросших из 1 мл воды колоний со светлыми зонами, в знаменателе—процент от общего числа выросших колоний).

Станции наблюдения	Глубина и м	Время исследования						
		III	V	VIII	IX		X	XII
					аэробы	анаэробы		
М. Севан (ст. Арегуни)	0	00	00	00	$\frac{5}{14,2}$	00	00	$\frac{0,8}{9,0}$
•	10	00	00	$\frac{1,2}{46,1}$	$\frac{20}{14,7}$	00	2.0	00
•	20	00	00	$\frac{0,4}{2,5}$	$\frac{18}{22,5}$	$\frac{1}{100}$	00	00
•	40	00	—	$\frac{0,6}{7,6}$	$\frac{5}{9,09}$	—	00	00
•	65*	00	00	$\frac{10,2}{65}$	$\frac{7}{14,8}$	$\frac{2}{100}$	00	00
Б. Севан (ст. Сарыкая)	0	00	00	00	$\frac{2}{18,1}$	$\frac{2}{100}$	00	00
•	10	00	$\frac{0,6}{6}$	$\frac{0,8}{0,9}$	$\frac{3}{37,5}$	—	00	00
•	20	00	00	$\frac{4,6}{40,3}$	$\frac{13}{38,2}$	$\frac{1}{100}$	00	00
•	30*	00	$\frac{0,4}{50}$	$\frac{3,4}{29,8}$	$\frac{24}{7,05}$	$\frac{22}{100}$	2.0	00

* Придонный слой.

В донных отложениях оз. Севан фосфобактерии встречаются круглый год и в сравнительно большом количестве—до 2000 клеток в г сырого грунта (табл. 3). Здесь число анаэробных форм заметно возрастает. Анализ донных по количественному развитию фосфорных бактерий в различных типах грунтов на протяжении года показывает, что наибольшего развития они достигают в иловых отложениях в конце весны и осени. Примерно такая же закономерность отмечается в песчаных грунтах, где количество бактерий значительно меньше

чем в илах. Последнее, по-видимому, связано со сравнительно меньшим содержанием в них органических веществ (С. Я. Лятти [18]). Возрастание численности бактерий в грунтах озера в конце весны и осени может быть объяснено обогащением их трофическим материалом в результате осаждения в это время отмерших растительных и животных организмов планктона.

Таблица 3

Количество аэробных и анаэробных бактерий, минерализующих органические фосфаты в грунтах оз. Севан в различные сезоны года (в числителе—количество выросших из 1 г сырого грунта колоний со светлыми зонами, в знаменателе—процент от общего числа выросших колоний).

Тип грунта	Глубина распод. в м	А э р о б ы						Анаэробы		
		III	V	VIII	IX	X	XII	V	VIII	IX
Песок	5	—	640	90	21	—	—	380	70	35
			13.7	11.6	5.6			100	100	100
Известковый песок	10	—	240	100	—	80	100	160	00	—
			10.7	11		100	0.66	100		
Коричневый ил . . .	30	—	330*	100	89*	—	2000	420*	40**	
			18.3	2.9	71.7		14.2	97.6	100	
Черный ил	65	18	470	150	92	1240	—	150	—	7
		25	30	11	37.3	28.3		100		100

* Илестый песок.

** Кристаллы.

Рассматривая некоторые стороны круговорота фосфора на основании микробиологических исследований, мы считаем, что процесс минерализации сложных органических соединений фосфора отмерших растительных и животных организмов планктона и бентоса является основным автохтонным источником поступления фосфата в оз. Севан. Другие источники поступления растворенных фосфатов в озеро, в частности в результате жизнедеятельности нитрификаторов и серобактерий, не имеют существенного значения, так как последние в озере развиты слабо (Гамбарян [7,9]).

Аллохтонные источники фосфатов: притоки (приносящие ежегодно 184 тонны фосфатов), волювые с атмосферными осадками (Лятти [17]) очевидно компенсируют то сравнительно небольшое количество фосфатов, которое выносится поверхностными и подземными стоками и выходит из круговорота веществ в результате физико-химических и биологических процессов осаждения на дно озера. Этим, по-видимому, объясняется отсутствие резких сезонных колебаний фосфатов в воде оз. Севан.

В ы в о д ы

1. В результате микробиологических исследований, проведенных в течение 1958—1959 гг., из воды и грунтов оз. Севан были выделены около 45 штаммов микробов, способных минерализовать сложные органические соединения фосфора. Бактерии по морфологическим и физиологическим признакам были объединены в группы и идентифицированы с *Bacillus megatherium*, *Pseudomonas liguefaciens*, *Pseudomonas longa*. Специфические фосфобактерии, способные растворять трехкальцевый фосфат, в оз. Севан в период наших исследований не были обнаружены.

2. Исследования, проведенные с чистыми культурами фосфобактерий, выделенными из воды и грунта оз. Севан, показали их высокую активность в отношении минерализации органофосфатов.

Количество P_2O_5 в питательной среде с лецитином и некоторыми штаммами фосфобактерий за 20 дней достигало до 23,2 мг/л.

3. Интенсивное развитие этих бактерий в воде оз. Севан отмечается с мая по сентябрь, в период прогревания водной толщи и обогащения ее органическими веществами в результате смены форм фито- и зоопланктона. В это время количество их достигает 24 клеток в 1 мл воды.

4. В грунтах оз. Севан фосфобактерии встречаются круглый год и в сравнительно больших количествах—до 200 клеток в 1 г сырого грунта. Наибольшего развития они достигают в конце весны и осени, во время осаждения отмерших планктонных организмов.

5. Исследования возбудителей и интенсивности биохимического круговорота фосфора в оз. Севан в различные сезоны года позволяют считать, что микробиологические процессы окисления сложных органофосфатов являются основным литохтонным источником пополнения озера минеральным фосфором, необходимым для развития водной растительности.

Сектор микробиологии и Севанская
гидробиологическая станция АН АрмССР

Поступило 1. VII 1960 г.

Լ. Կ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Մ. Ե. ԳԱՄԲԱՐՅԱՆ, Գ. Ս. ԲԱԲԱՅԱՆ

ՄԱԻՔԻՆԱԿ ԷԼՅԻ ՀԱՅԿԱՆԻ ՓՈՆԵՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՄԻԿՐՈԲԻՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԻՍՏԻՏՈՒՏԻ ՄԱՍԻՆ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Մեզին լիճը, ջնորհիվ իր աշխարհագրական դիրքի, ֆիզիկո-քիմիական և բիոլոգիական հատկանիշների առանձնահատկությունների և մոլորաբանական անասնաբան համար տեղիում կարևոր նշանակությունը, մարդկանց աշխարհաբանական գրավել է գիտնական զանափայլուն։ Այդ առումով էլ Մեզին լիճը համարվում է ահա շրջաններից մեկը, որտեղ բավականաչափ լավ են ուսումնասիր-

ված: նա, առանձնապես, վերջին երկու-երեք տասնամյակների ընթացքում ավելի բազմակողմանիորեն է ուսումնասիրվել:

Այդ տարիներին Սեանա լճի ջուրը մեծ քանակությամբ օգտագործվել է ժողովրդական անտեսություն կարիքների համար. ուստի լճի մակարդակը 12—13 մետր իջնելու հետևանքով նրա մակերեսն զգալի չափերով փոքրացել է՝ հարյուրավոր հեկտար հողադրուստներ ջրից մերկացել են:

Լճի հալելու մակերեսի փոքրացումը չէր կարող չազդել նրա ֆիզիկո-քիմիական և բիոլոգիական հատկանիշների վրա: Այդ փոփոխությունների ազդեցության ուսկ առաջին հերթին խորը տեղաշարժեր են տեղի ունեցել ջրի ֆիտո- և զոոպլանկտոնի, մանավանդ միկրոֆլորայի կազմում և միկրո-բիոլոգիական պրոցեսներում:

Լճում տեղի ունեցող կենսական պրոցեսների բնույթի ալգային փոփո-խություններն էլ իրենց հերթին ազդում են կյանքի համար կարևոր նշանա-կության ունեցող ջրի նյութերի նորմալ շրջանառության վրա: Սա էլ, իր հեր-թին, հենց պայմանավորում է ջրակայի բիոլոգիական արդյունավետու-թյունը:

Չնայած վերոհիշյալ հարցերը բավականին լայն չափերով ու բազմա-կողմանի կերպով ուսումնասիրված են, սակայն, Սեանա լճի օրգանական նյու-թերի շրջանառության համար շատ կարևոր նշանակություն ունեցող նրա ֆոսֆորիտները անմիջականորեն փոխակերպող միկրոօրգանիզմները ղեռ չեն ուսումնասիրված:

Տվյալ աշխատության մենք փորձ ենք անում լրացնելու այդ բացը:

Ստորև մենք շատ համառոտակի տալիս ենք մեր հետազոտությունների արդյունքները:

1. 1958—1959 թվականներին մեր կատարած ուսումնասիրություններից պարզվեց, որ Սեանա լճի և՛ ջուրը, և՛ նրա զրուսապին նստվածքները հա-րուստ են ալնպիսի բակտերիաներով, որոնք կարողանում են ֆոսֆորի օր-գանական միացությունները մեծ ինտենսիվությամբ հանքայնացնել:

2. Ջրի և զրուստի ֆոսֆորիտները փոխակերպող բակտերիաները, հիմ-նականում պատկանելով *Bacillus megatherium*, *Pseudomonas Ligufaciens* և *Pseudomonas Longa* տեսակներին, ունեն շատ ալատեսակներ:

3. Ջրում և զրուստում բնակվող այդ ֆոսֆորաբակտերիաները ֆոսֆոր պարունակող տարրեր բնույթի օրգանական նյութերն ինտենսիվ են հանքալ-նացնում մայիս-սեպտեմբեր ամիսներին, երբ ջրի ջերմաստիճանը համեմա-տաբար բարձր է լինում և օրգանական նյութերն էլ այդ ամիսների ընթաց-քում շատ են կուտակվում:

4. Լճի զրուստում ֆոսֆորաբակտերիաներն ամբողջ տարին նորմալ աճեցողությամբ են ցուցաբերում և նրանց թիվն էլ խիստ փոփոխության չի ենթարկվում, միայն այն տարրերությամբ, որ զարնանը և աճանը, երբ մա-հացած պլանկտոնը շատ է, նրանց թիվն էլ որոշ չափով մեծանում է:

5. Ֆոսֆորաբակտերիաներն իրենց կենսագործունեության ընթացքում ֆոսֆոր պարունակող շատ տեսակ օրգանական նյութերը հանքայնացնելով մեծապես նպաստում են ջրում և զրուստում պարզապես բուսականության աճեցողությանն ու դարդալմանը, որով էլ բարձրացնում են ջրի արդյունա-վետությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Винберг Г. Г. Круговорот фосфора в водоемах. Природа, 13, Изд. АН СССР, 1955.
2. Гамбарян М. Е. Распределение, численность и биомасса бактерий Севанской бухты. Микробиология, т. XXIII, вып. 4, 1954.
3. Гамбарян М. Е. Аммонификация органических азотосодержащих веществ в воде и грунтах оз. Севан. ДАН АрмССР, т. XXIII, 4, 1956.
4. Гамбарян М. Е. Нитрификация I и II фаза в воде и грунтах оз. Севан. ДАН АрмССР, т. XXV, 1, 1957.
5. Гамбарян М. Е. Микробиологические исследования удобрений и воды в дафниевых бассейнах Карчабюрского рыбзавода. Тр. Севан. гидр. станции, т. XV, 195.
6. Гамбарян М. Е. Общая характеристика процессов превращения азота, численность и биомасса бактерий в оз. Севан. Тр. Севан. гидробиол. станции, т. XV, 1957.
7. Гамбарян М. Е. Денитрификация в воде и грунтах оз. Севан. Вопр. с.-х. и пром. микробиологии. Вып. IX, 1958.
8. Гамбарян М. Е. Ассимиляция молекулярного азота в воде и грунтах оз. Севан. Микробиология, т. XXVII, в. 3, 1958.
9. Гамбарян М. Е. Микробиологические процессы превращения серы в оз. Севан (рукопись). 1959.
10. Гамбарян М. Е. Гидрохимический режим оз. Севан по данным 1958—1959 гг. (рукопись). 1959.
11. Ерзинкян Л. А. К вопросу биогенного образования травертинов и кристаллов в оз. Севан. Микробиол. сборник АН АрмССР. Вып. IV, 1949.
12. Исаченко Б. Л. О биогенности образования карбоната кальция. Микробиология, т. XVII, в. 2 или Изб. труды, т. II, 1948.
13. Kalantarian P. B., Petrossian A. Uberin neues Kalkfällendes Bacterium aus dem Sevanse Bact. Sevaneses. Zent. bl. Bact. Abt. II. Bd. 85, s. 431. 1932.
14. Красильников Н. А. Определитель бактерий и актиномицетов. М., Изд. АН СССР, 1949.
15. Кузнецов С. И. Сравнительное изучение азотного фосфорного и кислородного режима Глубокого и Белого озер. Тр. Лимнолог. ст. в косинг. в. 17, 1934.
16. Кузнецов С. И. Роль микроорганизмов в круговороте веществ в озерах. Изд. АН СССР, 1952.
17. Лятти С. Я. Гидрохимический очерк оз. Севан. Матер. по исслед. оз. Севан и его бассейна. IV, вып. 2, 1932.
18. Лятти С. Я. Грунты оз. Севан. Материалы по исслед. оз. Севан. Материалы по исслед. оз. Севан и его бассейна. ч. IV, вып. 4, 1932.
19. Менкина Р. А. Бактерии, минерализующие органические соединения фосфора. Микробиол. т. XIX, вып. 4, 1950.
20. Мешкова Т. М. Современное состояние планктона в оз. Севан. Рукопись. Севанская гидробиологическая станция, 1959.
21. Пикопская Р. И. Мобилизация фосфатов в почве в связи с жизнедеятельностью некоторых видов микробов. Микробиол., т. XVII, вып. 5, 1948.
22. Салимонская-Родина А. Г. К мобилизации фосфатов в водоеме. Микробиол., т. IX, Вып. 5, 1940.
23. Слободчиков Б. Я. Гидрохимический режим оз. Севан в условиях его спуска. Отчет за 1956—1957 гг. Севан гидробиол. станция, 1957.