

М. Г. Гёзаян

ДИНАМИКА ГИПОЛИМНИОНА ОЗЕРА СЕВАН В СВЯЗИ С ПОНИЖЕНИЕМ ЕГО УРОВНЯ

Динамика гипolimниона играет важную роль в физических, химических, биологических и других процессах, которые протекают в оз. Севан, в распределении различных химических ингредиентов, водорослей, в миграции гидробионтов, в обменных процессах и т. п. В связи с этим она представляет большой научный и практический интерес. Понижение уровня озера на 19 м привело к существенным изменениям динамики гипolimниона, и она в настоящее время значительно отличается от допускового периода. Актуальность и важность изучения данного вопроса особо повышаются в связи с предполагаемым поднятием уровня озера.

Несмотря на важность вопроса, имеются лишь отрывочные данные по динамике гипolimниона (Айнбунд, 1959, 1961; Маркосян, 1970 и др.), на основании которых нельзя дать полную характеристику расслоения водных масс оз. Севан. С целью устранения этого пробела в течение 1974–1978 гг. были проведены подробные исследования распределения температуры воды в оз. Севан.

Измерения производились на 36 станциях, их расположение показано на рис. 1. Плотность станций составляет – в Малом Севане одна станция на 33 км², в Большом Севане – на 37 км². Температура измерялась на глубинах 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 м. В период стратификации в зоне температурного скачка измерения производились через каждый метр. В процессе обработки полученные данные сопоставлялись с материалами, характеризующими расслоение водных масс при различной высоте уровня озера – до спада (1938 г.), при понижении уровня на 5 м (1951 г.), на 10 м и 15 м (1956 и 1962 гг.) и последние годы. В работе использованы также архивные материалы Севанской гидробиологической станции АН Армянской ССР и Севанской гидрометеорологической станции Армянского управления по гидрометеорологии и контролю природной среды.

За период 1974 – 1978 гг. гидрологический и термический режимы оз. Севан были сравнительно стабильными, что определило одинаковую динамику гипolimниона. Это позволило сконцентрировать наше внимание на результатах наблюдений 1974 и 1975 гг., наиболее полно отражающих вертикальное и горизонтальное распределение температуры воды в озере. Измерения последующих лет скорее носили контрольный характер и имели целью получить некоторые дополнительные материалы.



Рис. 1 Распределение станций на оз. Севан

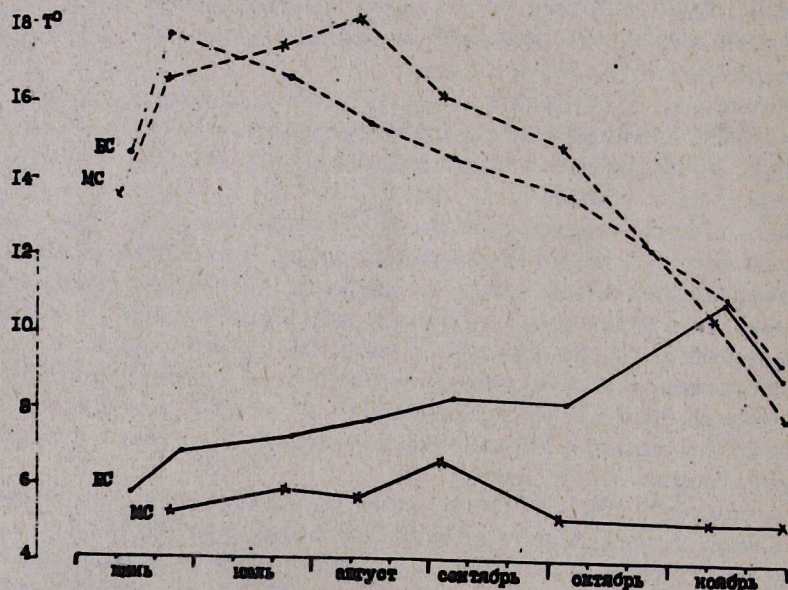


Рис. 2 Динамика температуры воды в эпилимнионе (---x---) и в гиполимнионе (—x—) центральной части Малого Севана; в эпилимнионе (---.---) и гиполимнионе (—.—) центральной части Большого Севана.

Данные наблюдений показали, что расслоение водной толщи озера по температуре начинается в среднем во второй половине мая. Время очищения озера от льда на сроках формирования термических слоев не отражается, так как сплошной ледяной покров сохраняется только до середины апреля. После очищения озеро интенсивно прогревается и к концу мая различия по температуре воды в годы с ледоставом и без ледостава почти полностью устраняются (Гёзалия, 1979).

В июне эпи-мета- и гипolimнион сформированы уже полностью. Теплообмен между эпи- и гипolimнионом начиная с июня резко замедляется, вследствие чего температура воды в гомотермальном эпilимнионе повышается быстрее, чем в гипolimнионе (рис. 2).

Как видно по приведенным кривым, наибольшая разность температуры воды верхних и глубинных слоев в Малом Севане отмечается в июле - августе, в Большом Севане - в июне. В последующие месяцы температуры воды этих слоев постепенно сближаются, при этом температура эпilимниона понижается, а гипolimниона - повышается или стабилизируется. Разность температур эпи- и гипolimниона в Малом Севане остается более высокой и сохраняется дольше, чем в Большом Севане.

В июне в металимнионе вертикальные градиенты температуры достигают 0,5-1,0 град/м. В дальнейшем их значения увеличиваются, и в августе-сентябре местами доходят до 3-4 град/м, что отмечалось и раньше (Фортунов и Иняевский, 1927). Одновременно мощность металимниона уменьшается, достигая минимума (5-8 м) в августе-сентябре.

В июне-июле в прибрежных районах озера водная толща равномерно прогревается до глубин 10-15 метров. Вследствие этого площадь гипolimниона начинает уменьшаться (табл. 1). До понижения уровня озера в Малом Севане сокращение указанной площади за июнь-ноябрь составляло 21% от ее июньской величины. После понижения уровня в 1951 г. оно составило 22%, в 1956 г. - 23, в 1962 г. - 30, а в настоящее время 34%. В Большом Севане изменения площади гипolimниона более существенны и соответственно составляют: в 1938 г. - 32, в 1951 г. - 53, в 1956 г. - 66, в 1962 г. - 91%, а после понижения уровня озера на 19 м в ноябре гипolimнион исчезает. Данные табл. 1 показывают, что в осенние месяцы сокращение площади гипolimниона в Малом Севане проходило медленнее, чем в Большом. С понижением уровня указанные различия проявились еще отчетливее. Заметим, что в Малом Севане площадь₂ гипolimниона за период 1938-1974 гг. в июне уменьшилась на 50 км², в июле - на 50, в августе - на 60, в сентябре - на 60, в октябре - на 80 и в ноябре - на 80. В Большом Севане соответствующие величины составляют 360, 400, 510, 580, 630 и 640 км². Это является следствием не только сокращения площади данной части озера (за₂ указанный период площадь Малого Севана уменьшилась на 56 км², Большого - на 178). Уменьшение площади гипolimниона за данный месяц, на наш взгляд, обусловлено, скорее, теми существенными изменениями в термическом режиме, характере теплообмена между водными массами, которые

Таблица 1

Динамика площади гипоплимниона (км²) озера Севан
в разные годы понижения его уровня

Акватории	Месяцы	Годы наблюдений				
		1938	1951	1956	1962	1974
Малый Севан	Июнь	340	320	310	300	290
	Июль	320	310	300	290	270
	Август	310	300	290	270	250
	Сентябрь	300	290	270	250	240
	Октябрь	290	270	250	240	210
	Ноябрь	270	250	240	210	190
Большой Севан	Июнь	940	900	860	800	580
	Июль	900	860	800	730	500
	Август	860	800	730	640	350
	Сентябрь	800	730	640	420	220
	Октябрь	730	640	420	290	100
	Ноябрь	640	420	290	70	0

Примечание. Исследования последних лет показали, что термоклин в оз. Севан за месяц спускается примерно на 4–5 м. На основании этого и при отсутствии подробных данных, ради удобства площади гипоплимниона для каждого месяца взяты по таблицам И. А. Киреева (1933) через 5 м. В таком случае допускаемая ошибка редко превышает 10–15%. При этом за летние месяцы площадь гипоплимниона будет несколько преувеличена, а за осенние – преуменьшена.

произошли вследствие понижения уровня. Это особенно выражено в Большом Севане (уже в июне сокращение площади гипоплимниона превосходит уменьшение площади акватории более чем в два раза – 360:178).

В Малом Севане гипоплимнион до декабря занимает значительную площадь и понижение уровня озера в этом отношении не сыграло существенной роли. В Большом Севане в доспусковой период гипоплимнион тоже до декабря занимал значительную часть акватории (табл. 2). Но уже в середине ноября 1951 г. площадь гипоплимниона составляла всего 42% от всей площади этой части озера. В настоящее время положение еще более ухудшилось и уже в июне холодные воды гипоплимниона занимают всего 64% площади Большого Севана, в августе – менее 40%, а в октябре гипоплимнион практически исчезает.

С понижением уровня сокращение площади гипоплимниона в осенние месяцы ускорилося (рис. 3). Это объясняется тем, что в сентябре–октябре температура воды придонных слоев на значительной площади Большого Севана продолжает повышаться (Гёзальян, 1979). вследствие усиления теплообмена между верхними и придонными слоями воды, с одной стороны, и между центральными и периферийными районами – с другой. Упоминание об ускорении сокращения площади гипоплимниона в Большом Севане есть и в более ранних работах (Маркосян, 1970),

Таблица 2

Динамика отношения площади гипolimниона к площади всей акватории озера Севан в разные годы понижения его уровня

Акватории	Месяцы	Годы наблюдений				
		1938	1951	1956	1962	1974
Малый Севан	Июнь	89	87	87	89	89
	Июль	83	84	85	85	83
	Август	81	82	82	80	77
	Сентябрь	78	78	76	74	74
	Октябрь	76	73	70	71	64
	Ноябрь	70	68	68	62	58
Большой Севан	Июнь	91	90	88	85	64
	Июль	87	86	82	78	55
	Август	83	80	75	68	38
	Сентябрь	78	73	65	42	24
	Октябрь	71	64	43	31	11
	Ноябрь	62	42	30	7	0

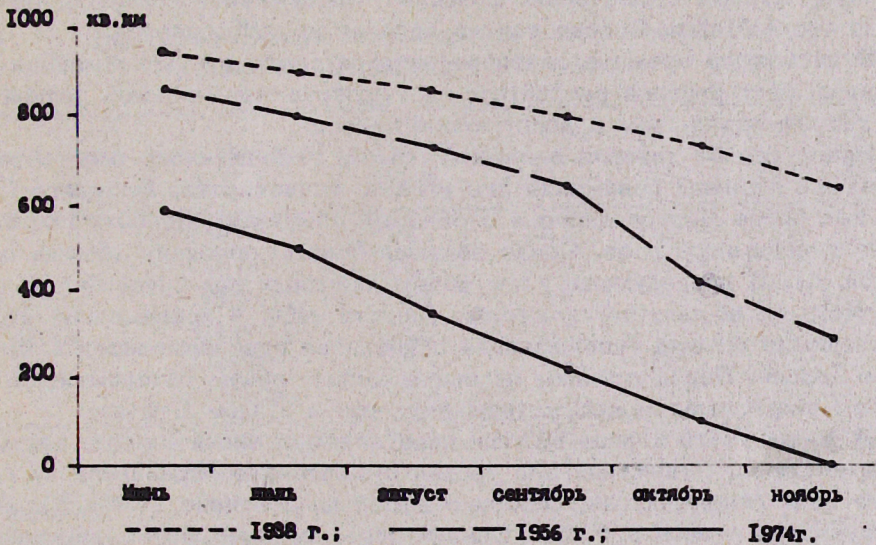


Рис. 3. Динамика площади гипolimниона Большого Севана в 1938 г. (---), 1956 г. (- - х - -) и 1977 г. (—). —).

хотя там нет указаний, в какой мере, когда и по какой причине оно происходит.

Следует отметить, что ускорение сокращения площади гипоплимниона в Большом Севане после понижения уровня озера на 19 м произошло быстрее, чем можно было предполагать по экстраполяции на основании данных начала 80-х годов. По нашему мнению, это является следствием ряда факторов, которые в настоящее время одновременно влияют на динамику гипоплимниона. Во-первых, при современной морфометрии Большого Севана радиальный градиент температуры в центральном районе несколько увеличился, что ведет к заметному ускорению теплообмена между водными массами центральных и периферийных районов, и, следовательно, к ускорению прогревания водных масс придонных слоев в осенние месяцы.

Во-вторых, акватория вод гипоплимниона Большого Севана уменьшилась не только по отношению к акватории эпилимниона (табл. 1), но и по отношению к площади прибрежных районов с однородным распределением температуры воды (табл. 3). В допусковой период площадь прибрежной зоны Большого Севана составляла ничтожную долю площади гипоплимниона (6 - 9%) и в сезонной динамике их соотношения мало изменялось. Такая картина сохранялась до 80-х годов. Однако в 1962 г. положение резко изменилось, и в ноябре площадь прибрежной зоны становилась заметно больше площади гипоплимниона. Их соотношение за время июнь-ноябрь изменялось более чем в 10 раз. Дальнейшее понижение уровня озера на 3-4 метра привело к тому, что в июне площадь прибрежной зоны составила 17% площади гипоплимниона, а в осенние месяцы увеличилась более чем на 100%. При таких соотношениях акваторий прогретых и холодных вод влияние первых на температуру вторых существенно возросло. Заслуживает внимания тот факт, что в Малом Севане такого явления не наблюдается.

В настоящее время в сентябре-октябре тепло вод эпилимниона и периферийных районов расходуется на прогревание меньшей водной массы гипоплимниона, чем в допусковой период.

Представляет интерес динамика объема гипоплимниона всего озера в разные периоды понижения его уровня, в частности, Большого Севана, как более мелководного и с большей площадью. До 80-х годов в июне гипоплимнион в оз. Севан занимал больше половины объема озера (табл. 4). В последующие годы объем холодных вод существенно сократился по абсолютной величине. Данные табл. 4 показывают, что уменьшение объема гипоплимниона отчетливее прослеживается в Большом Севане. Перед осенним перемешиванием объем гипоплимниона Большого Севана имел меньшую величину, чем в Малом Севане.

В допусковой период гипоплимнион занимал значительную часть объема озера. Понижение его уровня существенно отразилось на динамике доли гипоплимниона, особенно в Большом Севане (табл. 5). В допусковой период в Малом Севане перед осенним перемешиванием объем гипоплимниальных вод составлял около 37% объема данной части озера, а в настоящее время сократился до 20%. В Большом Севане в нынешних условиях морфометрии объем гипоплимниона уже в июне составляет менее 40%, а за последующие 3-4 месяца - ничтож-

Таблица 3

Динамика соотношения площадей прибрежной зоны и гипоплимниона озера Севан в разные годы понижения его уровня

Акватории	Месяцы	Годы наблюдений				
		1938	1951	1956	1962	1974
Малый Севан	Июнь	8,50	9,28	10,03	7,85	8,03
	Июль	9,03	9,58	10,33	8,93	8,63
	Август	9,32	9,90	10,72	9,59	9,32
	Сентябрь	9,63	10,20	11,52	10,36	9,71
	Октябрь	9,96	11,00	12,44	10,79	11,09
	Ноябрь	10,70	11,88	12,96	12,33	12,26
Большой Севан	Июнь	6,02	7,14	8,44	10,27	16,74
	Июль	6,29	7,48	9,08	11,26	19,42
	Август	6,58	8,04	9,95	12,84	27,74
	Сентябрь	7,07	8,81	11,34	25,50	44,14
	Октябрь	7,75	10,05	17,28	29,36	97,10
	Ноябрь	8,84	15,31	25,04	117,42	-

Примечание. За площадью прибрежной зоны принята площадь прибрежных районов до 10-й изобаты. С понижением уровня, как показывают наши исследования и данные И. А. Киреева (1933), указанная площадь увеличилась в Большом Севане более чем в 1,5 раза.

Таблица 4

Динамика объема гипоплимниона (км³) озера Севан в разные годы понижения его уровня

Акватории	Месяцы	Годы наблюдений				
		1938	1951	1956	1962	1974
Малый Севан	Июнь	14,1	12,5	10,9	9,3	8,1
	Июль	12,5	10,9	9,3	7,9	6,7
	Август	10,9	9,3	7,9	6,5	5,4
	Сентябрь	9,3	7,9	6,5	5,2	4,2
	Октябрь	8,1	6,7	5,4	4,2	3,3
	Ноябрь	7,3	5,9	4,7	3,5	2,6
Большой Севан	Июнь	24,1	19,5	15,1	11,0	7,8
	Июль	19,5	15,1	11,0	7,1	4,3
	Август	15,1	11,0	7,1	3,7	3,0
	Сентябрь	11,0	7,1	3,7	0,9	0,0
	Октябрь	7,8	4,3	1,4	0,0	0,0
	Ноябрь	5,7	2,5	0,3	0,0	0,0

Таблица 5

Динамика отношения объемов гипоплимниона и соответствующей (%) части озера Севан в разные годы понижения его уровня

Акватории	Месяцы	Годы наблюдений				
		1938	1951	1956	1962	1974
Малый Севан	Июнь	72,3	71,1	69,1	66,0	56,0
	Июль	64,2	62,0	58,9	56,0	52,3
	Август	56,0	52,8	50,0	46,1	42,1
	Сентябрь	47,7	44,9	41,1	36,9	32,8
	Октябрь	41,5	38,1	34,2	29,8	25,8
	Ноябрь	37,4	33,5	29,7	24,8	20,3
Большой Севан	Июнь	61,9	57,6	52,3	45,6	38,3
	Июль	50,0	44,6	38,1	29,4	21,1
	Август	38,7	32,5	24,6	15,4	14,7
	Сентябрь	28,2	20,9	12,8	3,8	0,0
	Октябрь	20,0	12,7	5,8	0,0	0,0
	Ноябрь	17,6	7,4	1,0	0,0	0,0

ную часть.

Обращает на себя внимание тот факт, что в Малом Севане за время июнь-ноябрь доля гипоплимниона уменьшалась в 2-2,5 раза и понижение уровня озера в этом отношении не сыграло особой роли. В Большом Севане в 1938 г. за летне-осенний период доля объема холодных вод гипоплимниона уменьшилась в 3,5 раза, в 1951 г. - 7,9, а уже в 1956 г. - более чем 50 раз. Естественно, различный ход уменьшения доли объема гипоплимниона в Малом и Большом Севане является следствием того, что средняя глубина Большого Севана около 1,5 раза меньше глубины Малого Севана.

Влияние понижения уровня на динамику объема гипоплимниона Большого Севана за летне-осенний период отчетливее прослеживается по кривым рис. 4. В отличие от допускоского периода в 1956 г. объем холодных вод уменьшился до незначительной величины. В настоящее время указанный объем становится пренебрежимо малым значительно раньше.

Заслуживает внимания сопоставление изменения средней глубины Большого Севана и некоторых параметров гипоплимниона. Особый интерес здесь представляют осенние величины, поэтому для конкретности рассмотрим данные за сентябрь. Как показывают данные табл. 6, с понижением уровня озера средняя глубина уменьшается почти равномерно. Средняя высота гипоплимниона Большого Севана уже в 1956 году уменьшилась более чем в два раза по сравнению с допускоским периодом и в настоящее время в сентябре равняется практически нулю. Объем гипоплимниона с уменьшением средней высоты слоя интенсивно сокращается. В сентябре 1962 года по сравнению с 1948 г.

Таблица 6

Морфометрические параметры гипоплимниона Большого Севана в сентябре в разные годы понижения его уровня

Годы на- блюдений	Средняя глубина водоема, м	Средняя высота гипоплим- ниона, м	Площадь гипоплим- ниона, км ²	Объем ги- полимниона, км ³	Объем во- доема, км ³
1938	37,7	13,7	800	11,0	39,0
1951	33,7	9,7	730	7,1	33,9
1956	29,6	5,8	640	3,7	28,9
1962	25,6	2,3	400	0,9	24,1
1978	22,8	0,0	220	0,0	20,9

Примечание. В сентябре сравнительно низкие температуры наблюдаются только у самого дна. Поэтому, хотя площадь гипоплимниона равна 220 км², из-за ничтожной его высоты объем пренебрежительно мал и условно высоту и объем приняли равными нулю.

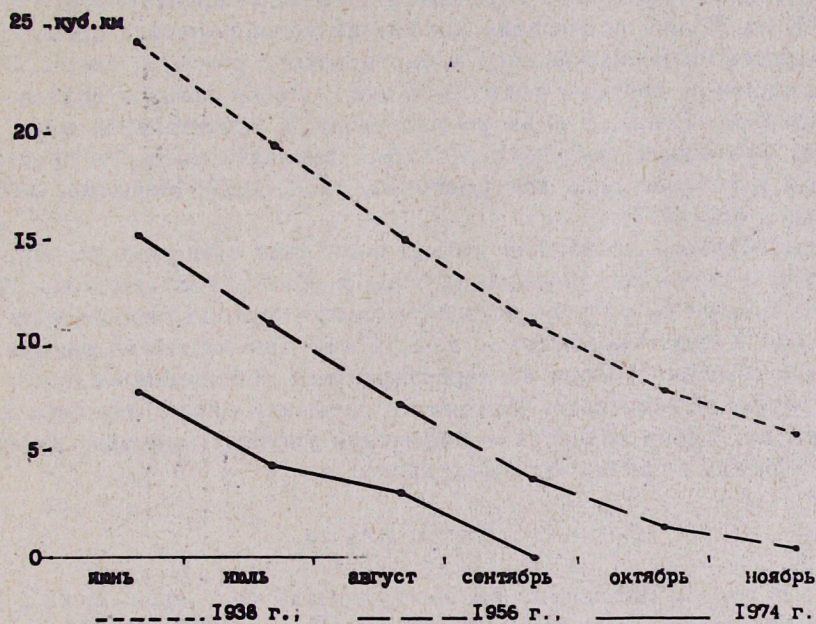


Рис. 4. Динамика объема гипоплимниона Большого Севана в 1938 г. (---), 1956 г. (- - x - -) и 1977 г. (— · — · —).

величина его уменьшилась более чем в 12 раз, а в настоящее время к концу сентября гипоплимнион почти полностью исчезает.

Быстрое уменьшение объема гипоплимниона Большого Севана в летне-осенние месяцы обусловлено в основном двумя причинами. Во-пер-

вых, с понижением уровня площадь гипоплимниона сокращается быстрее за указанный период, во-вторых, параллельно с этим уменьшается средняя высота его.

Понижение уровня озера привело к изменениям не только количественных, но и качественных характеристик гипоплимниона оз. Севан, в частности его температуры. Нами ранее было показано (1979), что в настоящее время по сравнению с допусковым периодом средняя температура гипоплимниона повысилась, причем в Большом Севане повышение составило $2-3^{\circ}$.

Важно отметить, что вышеописанное уменьшение площади гипоплимниона оз. Севан, особенно его менее глубокой части – Большого Севана, вследствие понижения уровня на 19 м, привело к тому, что значительная часть дна акватории в настоящее время находится под влиянием турбулентного перемешивания. Вследствие этого в летне-осенние месяцы создаются условия, замедляющие процессы оседания остатков отмерших организмов, с одной стороны, и поднятию части донных отложений – с другой. Эти процессы способствуют увеличению концентрации органических веществ и биогенных элементов в толще воды водоема.

Естественно, указанные изменения динамики характеристик гипоплимниона оз. Севан вследствие понижения уровня создали предпосылки нарушения гидрохимического и биотического режимов озера. Вероятно, наряду с другими факторами они сыграли важную роль в эвтрофикации оз. Севан, и в настоящее время в значительной мере определяют его новый трофический статус, признаки которого проявляются уже в течение ряда лет (Легович, 1968, 1979; Мешкова, 1976; Оганесян и др. 1977).

Таким образом, понижение уровня оз. Севан существенно изменило сезонную динамику площади, высоты и объема гипоплимниона. В Большом Севане в отличие от допускового периода гипоплимнион исчезает уже в сентябре-октябре, т. е. более чем на месяц раньше. Влияние понижения уровня на характеристики гипоплимниона Малого Севана менее значительно. Изменения динамики характеристик гипоплимниона оз. Севан вследствие понижения уровня, вероятно, явились одной из важных причин эвтрофирования.

Литература

- Айнбунд М. М. Некоторые вопросы термики оз. Севан. В кн.: "Тр. Ш Всесоюзн. гидрологич. съезда", т. 1У, Л., 1959, 244–251.
- Айнбунд М. М. К вопросу о термическом режиме озера Севан. В кн.: "Результаты комплексного исследования по Севанской проблеме". Ереван, 1961, 324–335.
- Гёзалаян М. Г. О температурном режиме оз. Севан в связи со спуском его уровня. В кн.: "Экология гидробионтов озера Севан. Тр. Севанск. гидробиол. ст., т. ХУП. Ереван, 1979, 5–23.
- Киреев И. А. Гидрографические работы на озере Севан. Материалы по исследованию оз. Севан и его бассейна. Л., 1933.

- ММаркосян А. Г. Об изменениях в термическом и кислородном режиме озера Севан и о влиянии этих изменений на некоторые биологические процессы. Биол. журн. Армении, т. XXIII, № 2, 1970, 104-111.
- ММешкова Т. М. Эвтрофикация озера Севан. Биол. журн. Армении, т. XXIX, № 7, 1976, 14-22.
- ООганесян Р. О., Парпаров А. С., Симонян А. А. Биологические аспекты севанской проблемы. Биол. журн. Армении, т. XXX, № 10, 1977, 102-106.
- ООганесян Р. О., Парпаров А. С., Смолей А. И. и др. Новый трофический статус оз. Севан. В кн.: "Круговорот вещества и энергии в водоемах.". Антропогенное влияние на водоемы". Лиственичное на Байкале, 1977, 7-10.
- ФФортунатов М. А. и Инясевский А. Н. К вопросу о вертикальном распределении температуры в Севанском озере. " Научные известия", 1927, № 2-3, 1-25.