

М. Г. Гезальян

ДЕФИЦИТ КИСЛОРОДА В ОЗЕРЕ СЕВАН

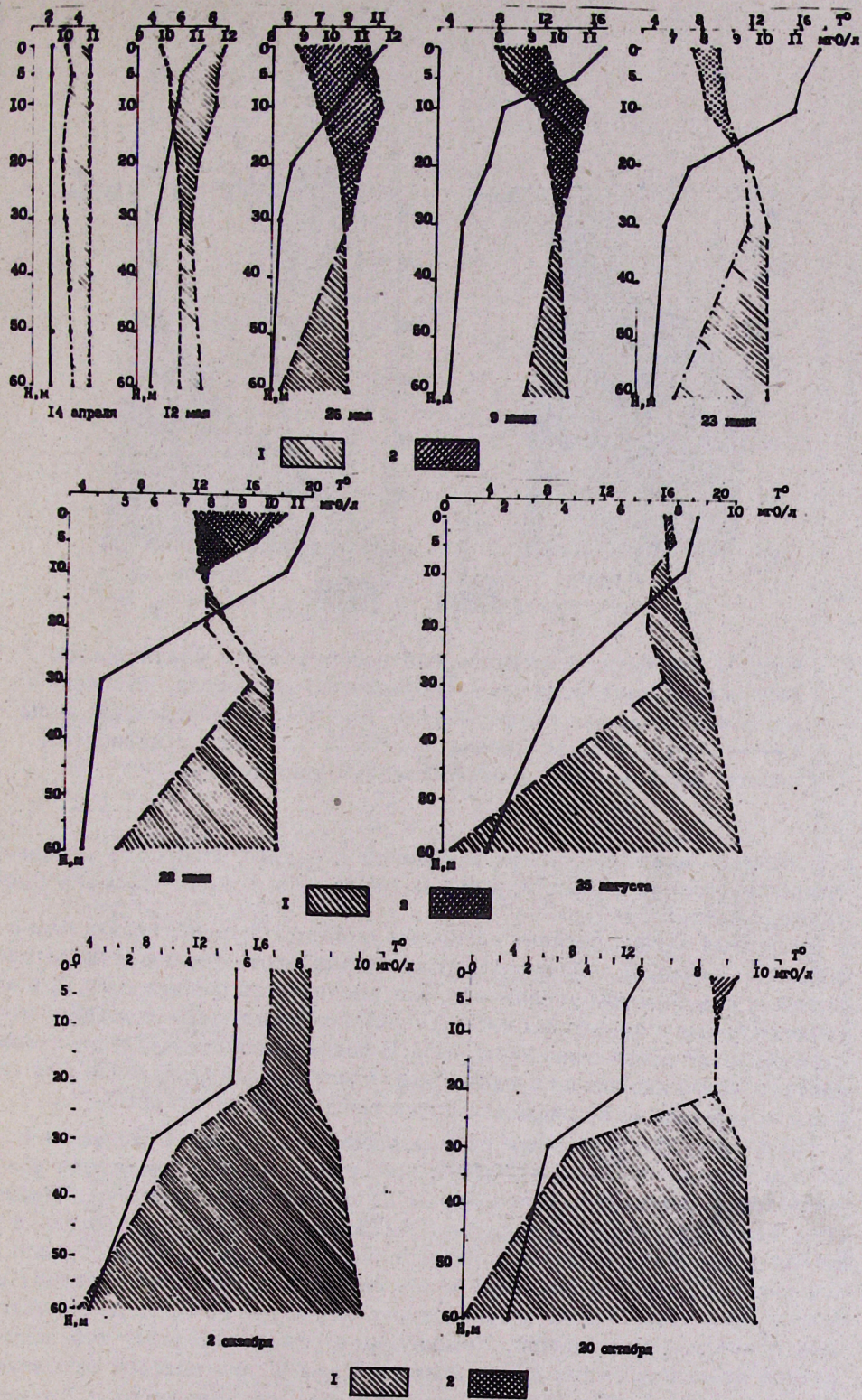
Кислородный режим оз. Севан изучен достаточно подробно разными исследователями (Лятти, 1932 а, б; Слободчиков, 1955; Маркосян, 1970; Гезальян, Хорлашко, 1979 и др.). Однако в указанных работах вопрос о дефиците кислорода не был проанализирован детально. Это частично обусловлено тем, что в допусковой период и в начале понижения уровня водные массы озера содержали большое количество кислорода. Однако в связи с теми существенными изменениями в экосистеме озера (Легович, 1968, 1979; Мешкова, 1976; Оганесян, Парпаров, Симонян, 1977; Оганесян, Парпаров, Смолей и др., 1977 и др.), которые произошли в результате интенсивного понижения уровня на 19 м, кислородный режим озера значительно изменился. Хотя уровень водоема в настоящее время стабилизирован, межгодовые различия кислородного режима озера остаются большими. Исходя из сказанного мы проводили исследования динамики растворенного кислорода в водных массах оз. Севан в сезонном аспекте и в связи с понижением его уровня.

В наших исследованиях использованы материалы по концентрации кислорода в воде оз. Севан, собранные Л. И. Хорлашко в период 1974–1975 гг., собственные данные 1977 г., а также материалы более ранних наблюдений (Толмачев, 1938; Слободчиков, 1955; Гамбарян, 1968; Маркосян, 1970). Определения в 1974–1977 гг. проведены общепринятым методом на 36 станциях, почти равномерно распределенных по озеру (распределение станций приведено на рис. 1 статьи М. Г. Гезальяна "Динамика гипolimниона озера Севан в связи с понижением его уровня" в настоящем сборнике). Плотность станций в Малом Севане составляет одна станция на 33 км², в Большом Севане – на 37 км². Пробы воды брались с глубин 0, 5, 10, 20, 30 и 60 м. В период стратификации в 1977 г. в зоне металимниона часто пробы воды брались с нескольких глубин. В глубинных слоях в районах с незначительным содержанием кислорода брались дополнительные пробы воды с целью определения зоны с большим дефицитом кислорода. Для определения района акватории с большим дефицитом делались дополнительные станции в центральной части Большого Севана в период июнь–август 1977 г. Пробы в придонных слоях брались с глубины 1,0–1,5 м выше от дна. Средняя концентрация кислорода в водах придонных слоев вычислена как арифметическая средняя из всех данных по акватории. При определении концентрации кислорода в гипolimнионе учитывалась

концентрация всей толщи гипolimниона — от придонных слоев до металимниального слоя и как средняя концентрация кислорода в гипolimнионе на данной станции брались средневзвешенные концентрации. Для получения сопоставимых данных по годам при определении средней концентрации кислорода в эпи- и гипolimнионе вычислялись средневзвешенные концентрации по данным эпи- и гипolimниона отдельно на одной станции центральной части акватории. В 1977 г. проводились специальные определения по установлению толщины и площади слоя воды с большим дефицитом кислорода, при этом особое внимание было уделено Большому Севану, исходя из его практического значения (Большой Севан составляет 73,7% от всего озера по площади и 64,7% — по объему). При рассмотрении влияния понижения уровня на кислородный режим озера весь период с 1938 г. по 1977 г. нами условно разделен на несколько периодов: допускской — состояние на 1938 г.; начальный период сравнительно медленного спуска воды — 1938–1950 гг. (среднее понижение уровня за эти годы составляет 31 см в год); период интенсивного спуска — 1950–1963 гг. (среднее понижение уровня равно 97 см в год, а в 1952 г. — 130 см, 1953 г. — 178 см, 1961 г. — 131 см) и период сравнительно стабильного уровня — 1963–1978 гг. (среднее понижение уровня — 14 см. в год, а в отдельные годы — 1968, 1969, 1972, 1974, 1976, 1978, гг. уровень озера даже поднялся на 2–6 см).

Вертикальное распределение температуры и растворенного кислорода в воде озера представлено на рис. 1 и 2. В последние годы вследствие интенсивно протекающих процессов фотосинтеза в эпителимнионе часто наблюдается пересыщение водных масс кислородом, которое иногда доходит до 180%. Одновременно в гипolimнионе происходит потребление кислорода на окислительные процессы с значительно большей интенсивностью, чем поступление его из верхних слоев. В результате в летне-осенние месяцы в условиях стагнации в гипolimнионе образуется большой дефицит кислорода, а иногда вовсе исчезает в придонных слоях воды. До спуска оз. Севан характеризовалось ортоградным распределением кислорода в толще воды, концентрация его оставаясь высокой, почти не изменялась в гипolimнионе, что свойственно олиготрофным водоемам. Концентрация кислорода в водных массах в основном определялась условиями, при которых происходило весеннее перемешивание, и в допускской период до летней стратификации воды оз. Севан были почти полностью насыщены кислородом.

До понижения уровня средняя концентрация кислорода в водных массах придонных слоев была высокой и она колебалась в течение года незначительно (табл. 1) — в Малом Севане в пределах 7,05–8,30 и в Большом — 8,70–9,12 мг/л. В последние годы диапазон этих изменений значительно расширился. В настоящее время средняя концентрация кислорода в придонных слоях воды открытых частей Малого Севана обычно уменьшается с июня до декабря, становясь меньше 1 мг/л, в то время как в Большом Севане она уже в октябре заметно повышается. С понижением металимниального слоя и с наступлением осеннего перемешивания картина резко меняется, происходит интенсивное насыщение водных масс кислородом. Поскольку гомотермия



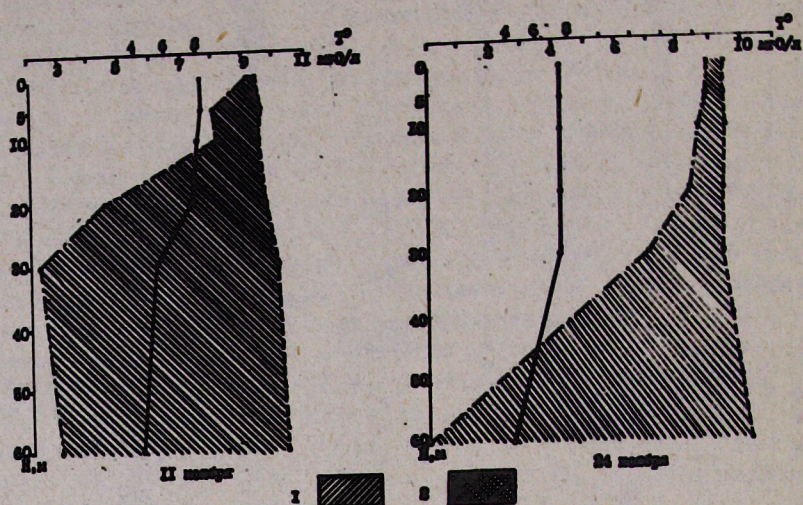


Рис. 1. Динамика вертикального распределения фактического содержания кислорода (---), содержания кислорода, необходимого для нормального насыщения (----) и температуры воды (—) в Малом Севане в 1975 г. 1 — зона с дефицитом кислорода; 2 — зона, перенасыщенная кислородом.

в Большом Севане наступает в октябре (Гёзаян, 1979), то концентрация кислорода в воде придонных слоев уже с этого времени быстро увеличивается.

На первый взгляд дефицит кислорода в Малом Севане глубже, чем в Большом Севане. В действительности же наоборот. Это несоответствие является результатом усреднения. Как явствует из данных табл. 2, в настоящее время в придонных слоях Большого Севана даже в октябре отмечается полное отсутствие кислорода. В допускоской период содержание растворенного кислорода в толще воды почти всегда было выше 7 мг/л и его исчезновение в придонных слоях никогда не наблюдалось.

Сопоставление динамики распределения кислорода в Большом и Малом Севане показывает, что в последнем дефицит кислорода развивается с некоторым запазданием по сравнению с Большим Севаном, что, вероятно, является результатом большого запаса кислорода в толще воды Малого Севана. Помимо того средняя глубина Малого Севана 1,7 раза больше (39,5 м против 22,8 м Большого Севана) и вследствие этого часть органического вещества доходит до глубинных слоев уже окисленной. Немаловажен также тот факт, что температура воды придонных слоев Малого Севана, при которой протекает окисление указанных веществ, на 4–8° ниже по сравнению с Большим

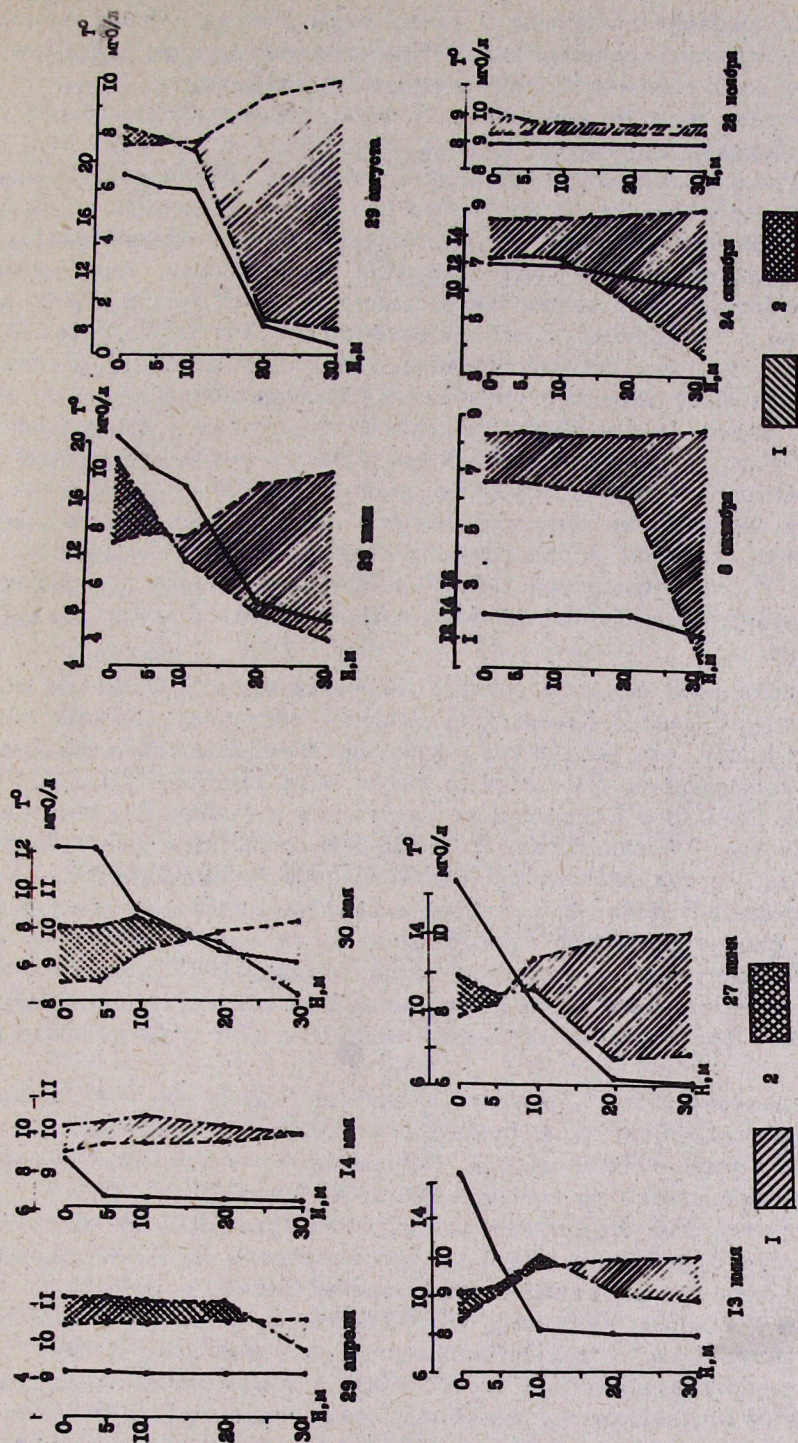


Рис. 2. Динамика вертикального распределения фактического содержания кислорода (—), содержания кислорода, необходимого для нормального насыщения (---) и температуры воды (....) в Большом Севане в 1975 г. 1 — зона с дефицитом кислорода; 2 — зона, перенасыщенная кислородом.

Севаном. Дефицит кислорода в толще воды Малого Севана сохраняется на 2-3 месяца дольше, чем в Большом, что следует объяснить поздним наступлением полной осенней гомотермии.

Обращает на себя внимание тот факт, что в октябре-ноябре дефицит кислорода отмечается во всей толще воды оз. Севан. Это, на наш взгляд, свидетельствует о двух явлениях. Во-первых, большой дефицит кислорода не восполняется при осеннем перемешивании кислородом эвфотической зоны за указанный период. С другой стороны, вышеуказанное явление дает основание предполагать, что в осенние месяцы потребление кислорода на окислительные процессы, по крайней мере в придонных слоях, протекает со значительно большей интенсивностью, чем его поступление в зону гипolimниона. В указанное время для существенного увеличения скорости потребления кислорода в озере имеются все благоприятствующие условия - и высокая температура воды, и обилие органических веществ после интенсивного развития фитопланктона, которые не успели окислиться в верхних слоях воды, и образование восстановленного слоя на поверхности донных отложений, которые в условиях гомотермий вновь окисляются. По данным Р. М. Парпаровой (1977), в Большом Севане перманганатная окисляемость воды увеличивается с 2,58 мг О/л в марте до 4,7 - в сентябре.

Представляет большой интерес динамика высоты, площади и объема зоны водных масс с низким содержанием кислорода. Данные табл. 3 и 4 показывают, что дефицитом кислорода охватываются огромные слои воды гипolimниона. Уже в июле такая зона занимает половину всей площади Большого Севана, в то время как в Малом Севане она составляет меньше 7% акватории. В дальнейшем эти зоны расширяются и, что важно, в них дефицит кислорода быстро увеличивается. Как показывают данные табл. 3, в ноябре и декабре низкие концентрации кислорода свойственны еще значительной части водных масс Малого Севана. В отличие от предыдущих лет в октябре 1977 г. в этой части озера обширная зона была обнаружена, где полностью отсутствовал кислород. Эта область составляла примерно 20% всей площади акватории.

По данным табл. 4, дефицит кислорода в Большом Севане носит более глубокий характер. В сентябре и октябре 1977 г. отмечен значительный объем водных масс в гипolimнионе, где полностью отсутствовал кислород, чего не наблюдалось в 1974 и 1975 гг.

Отметим, что отсутствие растворенного кислорода в придонных слоях Малого Севана впервые было зафиксировано Л. И. Хорлашко в 1975 г. только один раз в октябре, а в Большом Севане в 1976 г. Р. М. Парпаровой (Гезалян, Хорлашко, 1979; Парпаров, Парпарова, Симонян, 1977). Если иметь в виду, что интенсивность цветения воды в 1977 г. была ниже по сравнению с 1975 г., тот факт, что в осенние месяцы 1977 г. в отличие от предыдущих лет обнаружен достаточно большой объем воды в глубинных слоях, где кислород полностью отсутствовал, свидетельствует о тенденции дальнейшего ухудшения кислородного режима оз. Севана.

Заслуживает внимания динамика средней концентрации кислорода в водных массах эпиплимниона и гипolimниона в разные периоды пониже-

Таблица 1

Динамика средней концентрации кислорода в
придонных слоях воды открытых частей озера
Севан, мг/л

Аква- тории	Месяцы	Годы наблюдений					
		1938	1948	1959	1969	1974	1977
Малый Севан	Июнь	-	8,88	9,60	-	7,29	-
	Июль	-	9,31	7,35	-	-	-
	Август	8,30	8,15	6,31	-	2,47	-
	Сентябрь	7,35	6,70	6,98	-	2,86	-
	Октябрь	-	7,51	6,05	-	-	-
	Ноябрь	-	4,70	5,40	-	-	-
	Декабрь	7,05	-	9,41	-	-	-
Большой Севан	Июнь	-	7,25	8,76	-	-	4,92
	Июль	-	8,91	7,44	-	-	-
	Август	9,05	8,30	7,85	6,60	-	1,40
	Сентябрь	8,70	9,74	7,71	5,00	-	1,27
	Октябрь	-	7,79	8,19	-	-	2,70
	Ноябрь	-	4,32	8,78	-	-	-
	Декабрь	9,12	-	10,16	-	-	-

Таблица 2

Колебания концентрации кислорода в водных массах
гиполимниона озера Севан, мг/л

Аква- тории	Месяцы	Годы наблюдений				
		1938	1947	1969	1975	1977
Малый Севан	Июнь	-	6,40-9,76	-	7,18-9,94	-
	Июль	-	8,00-9,31	-	4,85-9,50	-
	Август	8,17-9,52	6,38-9,64	-	0,32-7,67	-
	Сентябрь	6,98-9,33	6,17-8,56	-	0,12-6,96	-
	Октябрь	-	5,11-8,68	-	0,30-6,75	-
	Ноябрь	-	3,46-7,32	-	0,32-5,50	-
	Декабрь	7,05-9,49	-	-	0,86-8,00	-
Большой Севан	Июнь	-	6,40-9,76	-	-	5,40-8,12
	Июль	-	8,00-9,31	-	-	3,02-5,17
	Август	8,35-9,61	6,38-9,64	7,00-8,00	-	0,03-4,49
	Сентябрь	8,11-8,27	6,17-8,56	4,90-7,70	-	0,00-3,80
	Октябрь	-	5,11-8,68	3,40-7,70	-	0,00-2,29
	Ноябрь	-	3,46-7,32	-	-	-
	Декабрь	9,12-9,38	-	-	-	-

ния уровня оз. Севан (табл. 5). До 60-х годов в период июнь-декабрь в водной толще эпилимниона Малого Севана концентрация кислорода не претерпевала особых изменений. Однако в июне 1977 г. содержание кислорода в верхних слоях воды было значительно больше, чем в последующие месяцы. Как видно из табл. 5, после понижения уровня озера в трофогенном слое средняя концентрация кислорода несколько понизилась, несмотря на пересыщение в поверхностных слоях. Это свидетельствует о том, что не только в гипolimнионе, но даже в нижних слоях эпилимниона концентрация кислорода значительно понижается при отсутствии интенсивного перемешивания.

Существенные изменения претерпела концентрация кислорода в водных массах гипolimниона Малого Севана в результате понижения уровня. С июня по декабрь 1977 г. содержание кислорода в гипolimнионе уменьшилось более чем 3 раза, причем оно постоянно было меньше, чем в эпилимнионе. Между тем как в 1948 и 1959 гг. в те же месяцы концентрация кислорода в гипolimнионе уменьшилась всего на 2-3 мг/л и иногда превышала содержание кислорода в эпилимнионе. Такое соотношение концентраций кислорода в указанных слоях характерно для глубоководных олиготрофных водоемов.

Аналогичная картина наблюдалась в Большом Севане, причем здесь влияние понижения уровня выражено более ярко (табл. 6). До 1969 г. концентрация кислорода в водных массах эпилимниона почти не изменялась, а в 1977 г. она уже значительно упала. В настоящее время в течение летне-осенних месяцев среднее содержание кислорода в верхних слоях воды Большого Севана все уменьшается, в сентябре доходя почти до половины июньской величины.

До 60-х годов средняя концентрация кислорода в водных массах гипolimниона Большого Севана не проявляет особых изменений, а в августе и сентябре 1969 г. она уже заметно уменьшилась. В настоящее время эти изменения более существенны, и в сентябре среднее содержание кислорода падает более чем в 6 раз по сравнению с июньской величиной.

Представляет большой интерес отношение концентраций кислорода в водных массах гипolimниона к таковой эпилимниона, которое является своеобразным показателем состояния кислородного режима водоема (табл. 7). До 50-х годов в течение летне-осенних месяцев указанное отношение было близко к единице и колебалось в узких пределах, часто превышая единицу. Но уже в 1959 г. отношение концентраций кислорода в Малом Севане проявляет заметное колебание с минимумом в ноябре (0,749), в основном оставаясь меньше единицы. В это же время для Большого Севана указанное отношение почти не изменялось. Однако в 1969 г. оно заметно уменьшилось.

В настоящее время отношение концентраций кислорода в гипolimнионе оз. Севан претерпевает значительные изменения, оставаясь существенно меньше единицы. В течение летне-осенних месяцев по мере падения содержания кислорода в гипolimнионе указанное отношение монотонно уменьшается. При этом оно уменьшается в Большом Севане быстрее, чем в Малом. В 1976 г. в начале июля отношение содер-

1

Таблица 4

Динамика высоты (Н, м), площади (S , км²) и объема (V , км³) зоны воды с низкими концентрациями кислорода (C , мг/л) в разные годы в Большом Севане

Годы	C	24 июля			13 августа			5 сентября			3 октября			12 ноября						
		H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V				
1974	5	2,0	500	1,00	6,0	500	3,00	10	470	4,70	8,0	280	2,24	6,0	70	0,42				
	3	0,0	0	0,00	1,5	120	0,18	6,0	350	2,10	7,0	180	1,26	2,2	60	0,13				
	2	0,0	0	0,00	0,0	000	0,00	5,5	100	0,55	5,5	160	0,88	1,2	50	0,06				
	1	0,0	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0	0	0,00	7,0	140	0,98	0,3	30	0,01				
1975		24 июля			27 августа			6 октября												
	5	8,5	520	4,42	9,0	550	4,95	11	110	1,21										
	3	0,0	0	0,00	6,0	500	3,00	7,5	90	0,68										
	2	0,0	0	0,00	5,0	450	2,25	6,0	80	0,48										
1977	1	0,0	0	0,00	2,0	400	0,80	5,0	60	0,30										
		30 июня			10 августа			29 августа			29 сентября			12 октября			28 октября			
	5	2,0	180	0,36	15	430	6,45	10	400	4,00	4,00	7,0	490	3,43	13	290	3,77	11	50	0,55
	3	0,0	0	0,00	11	360	3,96	8,0	330	2,64	6,0	380	2,28	9,0	250	2,25	1,0	30	0,03	
1977	2	0,0	0	0,00	10	320	3,20	7,0	260	1,82	6,0	300	1,80	8,0	200	1,60	0,0	0	0,00	
	1	0,0	0	0,00	7,0	280	1,96	10	150	1,50	6,0	250	1,50	6,0	150	0,90	0,0	0	0,00	
	0	0,0	0	0,00	0,0	0	0,00	0,0	0	0,00	8,0	70	0,56	4,0	100	0,40	0,0	0	0,00	

затопления кислорода в гипolimниионе к таковому в эпилимниионе было 0,88, а в конце августа – 0,04 (Парпаров, Парпарова, Симонян, 1977).

Обращает на себя внимание тот факт, что указанное отношение до 60-х годов не претерпевало значительных изменений, хотя уровень озера был на 13,5 м ниже естественного. За 1960–1969 гг. он понижился на 4,0 м, а отношение концентраций кислорода в воде верхних и глубинных слоев уже заметно упало. Но за 1970–1977 гг. пониженные уровни составило всего 1,0 м, а указанное отношение существенно уменьшилось. С другой стороны, оз. Севан до 60-х годов характеризовалось как олиготрофный водоем. С 60-х годов наблюдался процесс эвтрофикации, который в условиях сравнительно стабильного уровня озера проявлял тенденции усиления. В настоящее время оз. Севан характеризуется всеми признаками типично эвтрофных водоемов (Мешкова, 1976; Оганесян, Парпаров, Симонян, 1977 и др.). На наш взгляд, вышеописанная динамика дефицита кислорода в водных массах оз. Севан является результатом эвтрофирования озера, в частности, интенсивного цветения воды (Легович, 1968, 1979; Парпаров, 1977).

Значительное ухудшение кислородного режима и углубление дефицита отмечено и другими исследователями (Маркосян, 1970; Legovich, Markossian, Meshkova and Smolei 1973). Механизм уменьшения ги-

Таблица 7

Динамика отношения концентрации кислорода в водных массах гипolimнииона и эпилимнииона озера Севан

Аква- тории	Месяцы	Годы наблюдений					
		1938	1948	1959	1969	1974	1977
Малый Севан	Июнь	–	1,094	1,075	–	–	0,676
	Июль	–	1,144	0,915	–	–	–
	Август	1,142	1,114	0,944	–	–	0,418
	Сентябрь	1,023	0,942	0,969	–	–	0,295
	Октябрь	–	1,017	0,803	–	–	0,176
	Ноябрь	–	0,983	0,749	–	0,208	–
	Декабрь	0,849	–	0,991	–	0,120	–
Большой Севан	Июнь	–	0,961	1,011	–	–	0,540
	Июль	–	1,050	1,004	–	–	–
	Август	1,106	1,038	1,078	0,924	–	0,147
	Сентябрь	0,994	1,128	0,975	0,686	–	0,151
	Октябрь	–	0,979	0,962	–	–	–
	Ноябрь	–	0,877	–	–	–	–

полимниальной концентрации кислорода в водоеме, где имеет место "цветение" воды, хорошо известен (Thienemann, 1928; Шербаков, 1967; Хатчинсон, 1969 и др.). По этому поводу В. Штамм и Э. Штамм-Золлинггер

Таблица 5

Динамика средней концентрации кислорода в водных
массах эпилимниона и гиполимниона Малого Севана
(мг/л)

Зоны	Месяцы	Годы наблюдений				
		1938	1948	1959	1974	1977
Эпилим- нион	Июнь	-	7,56	9,26	-	11,13
	Июль	-	7,91	8,84	-	-
	Август	7,91	7,48	8,00	-	6,63
	Сентябрь	8,28	7,30	7,67	-	6,57
	Октябрь	-	7,73	8,34	-	7,09
	Ноябрь	-	5,75	8,29	7,54	-
	Декабрь	9,40	-	9,65	7,19	-
Гиполим- нион	Июнь	-	8,27	9,95	-	7,52
	Июль	-	9,05	8,09	-	-
	Август	9,03	8,33	7,55	-	2,77
	Сентябрь	8,47	6,88	7,43	-	1,94
	Октябрь	-	7,86	6,70	-	1,25
	Ноябрь	-	5,65	6,21	1,57	-
	Декабрь	7,98	-	9,56	0,86	-

Таблица 6

Динамика средней концентрации кислорода в водных
массах эпилимниона и гиполимниона Большого Севана
(мг/л)

Зоны	Месяцы	Годы наблюдений				
		1938	1948	1959	1969	1977
Эпилим- нион	Июнь	-	7,53	8,88	-	10,62
	Июль	-	8,21	8,21	-	-
	Август	8,20	7,99	7,96	7,25	6,18
	Сентябрь	8,76	8,42	8,07	7,29	5,89
	Октябрь	-	7,99	8,49	-	-
	Ноябрь	-	4,97	-	-	-
Гиполин- нион	Июнь	-	7,24	8,90	-	5,73
	Июль	-	8,62	8,24	-	-
	Август	9,07	8,29	8,58	6,70	0,91
	Сентябрь	8,71	9,50	7,87	5,00	0,89
	Октябрь	-	7,82	8,17	-	-
	Ноябрь	-	4,36	-	-	-

(1976) пишут, что чрезмерная продукция на поверхности озера соответствует анаэробным условиям на дне озера. А. Г. Маркосян (1970) отмечает, что с начала спуска воды оз. Севан до конца 50-х годов концентрация кислорода временами понижалась, что связано с размывом илистых грунтов прибрежных районов. Это явление описано ранее Д. Хатчинсоном (1969). Безусловно, и теперь определенную роль играет этот фактор, как и ряд других, но на наш взгляд, в нынешних условиях, особенно в период стратификации, роль этого процесса сравнительно мала.

Из вышеизложенного можно прийти к следующим основным выводам.

В результате понижения уровня воды и роста биопродуктивности кислородный режим оз. Севан существенно ухудшился по сравнению с предспусковым периодом. Концентрация кислорода в трофогенном слое воды значительно возросла, особенно в периоды "цветения", а в гипolimнии стала возникать зона глубокого дефицита кислорода. В настоящее время осенью концентрация его в воде придонных слоев обычно снижается до аналитического нуля, причем анаэробная зона захватывает обширные районы озера.

Понижение уровня озера постоянно усиливает тенденцию ко все большему снижению концентрации кислорода в гипolimнии.

Дефицит кислорода в Большом Севане выражен сильнее, чем в Малом Севане.

Изменения вертикального распределения кислорода в толще воды, вызванные в результате понижения уровня, привели к значительному уменьшению отношения концентрации кислорода в гипolimнии и к таковой в эпимимнии.

По всем показателям кислородного режима Малый Севан в настоящее время находится в лучшем состоянии по сравнению с Большим Севаном, что, очевидно, является результатом сравнительно меньшей средней глубины последнего.

На основании современного состояния кислородного режима можно оз. Севан отнести к эвтрофным водоемам.

Литература

- Амбарян М. Е. Микробиологические исследования озера Севан. Ереван, 1968.
- Безалаян 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.
- Безалаян М. Г., Хорлашко Л. И. О кислородном режиме оз. Севан (по данным 1974-1976 гг.). В кн.: "Экология гидробионтов озера Севан. Тр. Севанск. гидробиол. ст.", т. ХУП. Ереван, 1979, 24-37.
- Пегович Н. А. Изменения в качественном составе фитопланктона оз. Севан под влиянием понижения его уровня. Биол. журн. Армении, т. XX1, № 12, 1968, 31-41.
- Пегович Н. А. О "цветении" воды в озере Севан (по наблюдениям 1964-1972 гг.). В кн.: "Экология гидробионтов озера Севан. Тр. Севанск. гидробиол. ст.", т. ХУП). Ереван, 1979, 51 - 74.

- Лятти С. Я. Гидрохимический очерк оз. Севан. Материалы по иссл. оз. Севан и его бассейна, ч. IУ, вып. 2, 1932 а.
- Лятти С. Я. Материалы гидрохимических исследований. Материалы по иссл. оз. Севан и его бассейна, ч. IУ, вып. 1, 1932 б.
- Маркосян А. Г. Об изменениях в термическом и кислородном режиме озера Севан и о влиянии этих изменений на некоторые биологические процессы. Биол. журн. Армении, т. XXШ, № 11, 1970, 104-111.
- Мешкова Т. М. Эвтрофикация озера Севан. Биол. журн. Армении, т. XXIX, № 7, 1976, 14-22.
- Оганесян Р. О., Парпаров А. С., Симонян А. А. Биопимнологические аспекты севанской проблемы. Биол. журн. Армении, т. XXX, № 10, 1977, 102-106.
- Оганесян 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". Листовничное на Байкале, 1977, 7-10.
- Парпаров А. С. Новые данные о первичной продукции фитопланктона озера Севан. Биол. журн. Армении, т. XXX, № 8, 1977, 72-77.
- Парпаров А. С., Парпарова Р. М., Симонян А. А. Некоторые показатели интенсивности эвтрофикации озера Севан. В кн.: "Антропогенное эвтрофирование природных вод" (Тезисы докладов на Втором всесоюзном совещании по антропогенному эвтрофированию природных вод). 1977, 160-162.
- Слободчиков Б. Я. Кислородный режим озера Севан по данным 1947-1948 гг. "Тр. Севанск. гидробиол. ст.," т. XIУ, 1955, 165-181.
- Толмачев В. А. Архивные материалы Севанск. гидробиол. ст. АН Арм ССР, 1938.
- Хатчинсон Д. Лимнология, М., 1969.
- Штамм В., Штамм-Золлингер Э. Роль фосфора в процессах эвтрофикации. В кн.: "Микробиология загрязненных вод". М., 1976, 17-48.
- Щербаков А. П. Озеро Глубокое. М., 1967.
- Legovich N. A., Markossian A. G., Meshkova T. M. and Smolei A. I. Physico-chemical regime and bioproductive processes in Lake Sevan (Armenia) in transition from oligotrophy to eutrophy. Verh. Intern. Verein Limnol., B. 18, 1973, S. 1835-1842.
- Thienemann A. Der Sauerstoff im eutrophen und oligotrophen Seen. Die Binnengewässer, 4, Stuttgart, 1928.