

Б. Я. СЛОБОДЧИКОВ

Кислородный режим озера Севан по данным 1947—1948 гг.

Газовый режим того или иного водоема, в особенности его кислородный режим, имеет огромное значение для жизни всех гидробионтов. Насыщение водных масс свободно растворенным кислородом является фактором специального отбора и предопределяет не только состав фауны, но и обуславливает, в зависимости от содержания O_2 , вертикальное распределение последней в толще водной массы. Отдельные представители гидробионтов, в особенности из семейства тендипедид, настолько чувствительны к насыщению водных масс свободно растворенным кислородом, что являются как бы естественными индикаторами, по которым устанавливается тип того или иного водоема.

Глубокие изменения природы озера Севан, которые произойдут в связи с его использованием для целей гидроэнергетики и орошения, уже в самые ближайшие годы могут потребовать активного вмешательства человека для перестройки его фауны, осуществление которой невозможно без детального знания среды обитания гидробионтов и, в первую очередь, знания особенностей кислородного режима, являющегося одним из основных ее факторов.

Вопросу изучения кислородного режима озера Севан до 1947 г. не уделялось достаточного внимания. При гидрохимических исследованиях 1926—1930 гг. (Лятти, 1932 и 1933) содержание O_2 определялось лишь попутно, так как основной задачей данного исследования было изучение солевого состава вод озера Севан и его притоков. В 1938—1939 гг., в связи с изучением фитопланктона озера, серия анализов по определению содержания кислорода была произведена В. А. Толмачевым. Результаты анализов, частично, опубликованы Владимировой (1947).

Учитывая слабую изученность кислородного режима озера Севан, Севанская гидробиологическая станция Академии наук Армянской ССР с июля 1947 г. приступила к систематическому изучению последнего, ставя себе целью не только освещение особенностей вертикального распределения O_2 но и выяснение его годового режима.

Основным методом, положенным в основу изучения кислородного режима озера Севан, был метод гидролого-гидрохимических съемок (Слободчиков, 1935 и 1951). Гидролого-гидрохимические съемки произ-

водились с июля 1947 г. по август 1948 г. Пробы воды брались на постоянных станциях съемок с различных глубин. В итоге работ 1947—1948 гг. нами было выполнено 535 определений O_2 , впервые освещающих динамику кислородного режима озера Севан на протяжении годового цикла. Содержание кислорода определялось по методу Винклера. Результаты анализов выражаются в абсолютных величинах мг на литр и в процентах, при вычислении которых учтено высотное положение озера. Средние величины насыщения O_2 водной толщи всего озера в целом вычислены с учетом объема водной массы отдельных частей его бассейна.

1. Содержание кислорода в водной массе открытых участков озера Севан

Для суждения о содержании кислорода в водной массе открытых участков озера Севан в течение годового цикла приводим таблицу 1.

Таблица 1

Среднее содержание кислорода в водной массе открытых участков озера Севан с сентября 1947 г. по август 1948 г.

Год, месяц	Малый Севан			Большой Севан			Озеро в целом		
	t°	мг/л	%	t°	мг/л	%	t°	мг/л	%
1947									
Сентябрь .	10,34	7,17	79,05	13,52	8,27	93,55	12,45	7,90	91,01
Октябрь .	7,86	7,81	81,52	9,17	7,93	85,26	8,73	7,88	83,74
Ноябрь .	7,65	5,62	58,23	8,66	4,32	52,28	8,32	5,15	54,26
Декабрь .	7,05	8,72	89,07	—	—	—	—	—	—
1948									
Январь .	3,66	9,81	92,45	3,65	10,38	97,55	3,65	10,18	95,67
Февраль .	2,22	10,17	92,20	2,55	9,33	85,28	2,43	9,61	87,60
Март .	1,99	7,46	67,32	2,99	6,77	62,88	2,18	7,00	63,46
Апрель .	3,89	7,67	72,70	4,76	7,24	70,15	4,46	7,38	71,02
Май .	7,19	5,98	61,39	8,80	7,46	79,53	8,26	6,95	73,23
Июнь .	11,73	7,89	89,55	10,55	6,83	75,55	10,93	7,18	80,13
Июль .	13,10	8,40	98,24	13,12	8,34	97,54	13,11	8,36	97,66
Август .	13,05	7,80	92,19	14,68	8,04	97,10	14,13	7,95	94,98

Данные о содержании кислорода в различных горизонтах водной массы Малого и Большого Севана приводим в таблицах 2 и 3.

Насыщение водных масс озера Севан в течение годового цикла кислородом не характеризуется постоянством. Среднее месячное содержание O_2 в водной толще открытых участков всего озера в целом, в зависимости от величины и длительности инсоляции, интенсивности и продолжительности ветровой деятельности, качественного состава и количественного развития животного и растительного населения, изменялось на протяжении годового цикла от 5,15 до 10,18 мг/л, составляя от 54,26 до 97,66% нормального насыщения при данных

Таблица 3

Среднее содержание кислорода в различных горизонтах водной массы открытых участков Большого Севана с сентября 1947 г. по август 1948 г.

Горизонты в м	Поверхностный			10			20			Придонный		
	t°	мг/л	‰	t°	мг/л	‰	t°	мг/л	‰	t°	мг/л	‰
1947												
Сентябрь . .	15,95	8,05	99,50	14,92	7,85	95,14	—	8,76	—	7,13	9,74	99,69
Октябрь . . .	9,84	7,74	84,40	9,88	8,08	88,30	9,21	8,09	86,98	8,13	7,79	81,65
Ноябрь . . .	8,65	5,01	53,12	8,60	5,81	61,61	8,56	4,61	48,88	8,60	4,32	45,81
1948												
Январь . . .	3,55	10,22	95,87	3,90	10,47	99,24	3,90	10,47	99,24	3,50	10,45	98,03
Февраль . . .	2,55	10,31	94,24	2,55	9,34	85,37	2,55	9,31	85,10	2,55	7,57	69,19
Март	2,35	6,66	60,54	2,27	8,75	79,47	2,15	5,29	47,87	2,35	6,25	56,76
Апрель	5,62	6,74	66,67	4,92	7,05	68,51	4,40	6,49	62,28	4,35	8,59	82,20
Май	12,36	8,12	93,54	8,85	6,43	68,55	7,30	7,51	77,26	6,20	7,46	74,74
Июнь	14,53	8,27	99,75	11,25	7,31	82,13	8,90	7,22	77,13	7,46	7,25	74,89
Июль	17,10	8,16	103,29	14,50	8,24	99,15	13,50	8,16	96,22	8,00	8,91	93,20
Август	18,76	7,76	101,57	18,30	7,82	101,29	16,56	8,27	103,50	10,23	8,30	91,30

температурах. Наибольшее насыщение всей водной массы кислородом наблюдалось в январе, наименьшее — в ноябре.

Содержание кислорода в водной толще Севана весьма различно в зависимости от места и глубины взятия проб даже в течение одного и того же месяца. О неоднородности насыщения различных участков и горизонтов водной массы озера кислородом дают представление данные таблицы 4, являющейся результатами единичных определений O_2 на отдельных станциях гидролого-гидрохимических съемок.

Таблица 4

Наибольшее и наименьшее содержание кислорода в водной массе открытых участков озера Севан за 1947 и 1948 гг. (числитель — содержание O_2 в мг/л, знаменатель — насыщение в процентах)

Горизонты в м	Поверхностный		10		От 20	до 40	Придонный	
	наиболь- шее	наимень- шее	наиболь- шее	наимень- шее	наиболь- шее	наимень- шее	наиболь- шее	наимень- шее
1947								
Сентябрь .	8,39 104,06	7,37 85,79	8,25 100,94	6,51 78,37	8,56 86,48	6,17 62,26	8,38 84,04	6,34 61,80
Октябрь . .	9,05 97,00	4,80 52,57	9,34 103,31	6,10 66,81	8,68 91,75	5,11 54,47	8,47 88,59	6,81 66,33
Ноябрь . . .	9,35 95,31	3,52 37,17	7,22 76,56	4,51 47,82	7,32 73,25	3,76 39,70	6,88 71,29	3,46 38,12
Декабрь	9,33 93,20	—	8,87 89,68	—	9,03 92,04	8,42 85,83	8,11 81,83	—
1948								
Январь . . .	10,47 99,25	9,66 92,19	10,47 99,24	9,79 91,17	10,47 99,24	9,66 91,30	10,47 98,96	6,99 64,35
Февраль . .	10,52 96,49	10,15 92,27	9,73 87,81	9,02 83,13	11,27 103,86	9,02 82,00	10,25 93,43	6,12 56,40
Март	10,28 81,47	5,80 42,57	10,97 100,27	4,75 43,06	10,64 95,68	4,60 41,70	10,64 97,23	3,96 36,09
Апрель . . .	8,49 81,47	5,53 44,37	8,26 79,88	5,84 57,03	7,91 74,20	6,00 57,58	9,54 91,55	6,83 64,73
Май	9,31 105,61	5,56 62,82	6,64 74,60	5,41 59,25	8,23 83,63	4,49 48,23	9,34 93,12	4,63 46,62
Июнь	8,80 106,15	6,69 74,19	8,65 94,32	5,06 59,95	8,20 87,85	6,63 69,61	9,76 95,79	6,40 64,58
Июль	8,16 103,29	7,86 101,28	8,24 99,15	7,77 98,23	9,10 97,13	8,00 95,14	9,31 95,24	8,91 93,20
Август . . .	8,20 107,32	6,99 81,56	7,82 101,28	7,02 90,43	8,96 105,83	6,38 70,02	9,64 107,30	6,45 62,01

Главными факторами, обуславливающими неравномерность насыщения водной толщи Севана кислородом, нужно считать ветер и возбуждаемые им динамические явления: волнения, возникновение нагонных и сгонных, а также и компенсационных течений. Наиболее ярко деятельность ветра выражена в периоды осенней и весенней циркуляций.

Сезонные изменения содержания кислорода в основном определяются инвазией и термикой, а также сменой господствующих форм фитопланктона и бактериальной флоры.

2. Кислородный бюджет озера Севан

Вопрос о кислородном бюджете озер еще почти совершенно не разработан в гидрологической и лимнологической литературе. Впервые он был поставлен Лебединцевым (1905) при исследовании озера Пестово.

Характеристика кислородного бюджета озера Севан дается нами на основе отклонений от нормального содержания кислорода, которое должно было бы наблюдаться при данных температурах при полном отсутствии органической жизни, биохимических процессов и процессов окисления неорганических соединений.

Отклонение от нормального содержания кислорода в мг/л в течение года приводим в таблице 5.

Из приведенных в таблице 5 данных мы видим, что кислородный бюджет озера Севан характеризуется отрицательными величинами, показывающими, что процессы окисления, биологического и биохимического потребления кислорода превалируют над процессами инвазии и фотосинтеза. Величина отклонения от нормального содержания O_2 при имевших место температурах в течение года колебалась от 0,20 мг/л (VIII) до 4,34 мг/л (XI).

Какие же характерные черты присущи кислородному режиму озера Севан в целом в течение его годового цикла? Ответ на этот вопрос дают данные об изменении содержания кислорода во всей водной массе озера в течение года по месяцам, представленные в таблице 6.

Приведенные в таблице 6 данные об изменениях кислородного бюджета озера Севан показывают, что превышение прихода O_2 над расходом в течение годового цикла происходит на протяжении пяти месяцев: января, апреля, июня, июля и декабря. Превышение расхода над приходом на протяжении семи месяцев: февраля, марта, мая, августа, сентября, октября и ноября.

Кислородный режим озера Севан характеризуется наличием в течение года одного максимума (январь) и двух кислородных минимумов (ноябрь, март).

Количественное содержание в природной воде кислорода является результатом равновесия, устанавливающегося между двумя группами процессов: с одной стороны, процессов, обогащающих воду O_2 ,

Таблица 5

Кислородный бюджет озера Севан (мг/л)

Год	1947						1948					
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Месяц												
Нормальное содержание O_2 при данных температурах	8,68	9,41	9,49	9,79	10,64	10,97	11,03	10,39	9,49	8,96	8,55	8,37
Фактическое содержание O_2	7,90	7,88	5,15	8,72	10,18	9,61	7,00	7,38	6,95	7,18	8,35	7,95
Отклонение от нормального содержания	-0,78	-1,53	-4,34	-1,07	-0,46	-1,36	-4,03	-3,01	-2,54	-1,78	-0,20	-0,42

Таблица 6

Приход и расход кислорода в водной массе озера Севан по месяцам (мг/л)

Год	1947						1948					
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Месяц												
O_2 мг/л . .	-0,05	-0,02	-2,73	+3,76	+1,46	-0,57	-2,61	+0,38	-0,43	+0,23	+0,17	-0,40

с другой, наоборот, уменьшающих содержание O_2 . К первым относятся процесс инвазии, благодаря которому O_2 абсорбируется из воздуха поверхностными горизонтами, и процесс фотосинтеза, при котором путем ассимиляции CO_2 водные растения выделяют кислород. Ко вторым принадлежат процессы окисления при дыхании организмов, брожения, гниения различных органических остатков и превращения органических соединений железа и азота.

Решающая роль в обескислороживании водной массы озера принадлежит процессам, связанным с распадом органических веществ и развитием микробной флоры. Распад органических веществ в воде в естественных условиях протекает под воздействием ряда сложных химических и биохимических процессов. Ведущая роль принадлежит биохимическим процессам, при которых мириады микроорганизмов в процессе своей жизнедеятельности превращают сложные органические вещества в более простые неорганические соединения. Действие микробной флоры при процессах распада органических веществ обычно связано с потреблением кислорода на окислительные процессы. Интенсивность поглощения кислорода зависит от величины трофической базы бактерий. Отмирание господствующих форм фитопланктона обуславливает рост микробной флоры и снижение количества кислорода в воде.

Какими же причинами обусловлены кислородные минимумы в озере Севан? Как мартовский, так и ноябрьский кислородный минимум своим происхождением обязаны гомотермии, благодаря которой прекращается обогащение водной толщи озера кислородом, в то время как расход последнего в эти месяцы не только не уменьшается, но даже увеличивается. Так, например, в марте расход кислорода возрастает в связи с массовым развитием *Asterionella formosa* и отмиранием *Stephanodiscus astraea* (Владимирова, 1947, Стройкина, 1953), повышающих трофическую базу бактерий, в ноябре расход кислорода увеличивается за счет окисления органических веществ донных отложений, переходящих в это время года под воздействием ветровых волн, течений и термической конвекции в результате взмучивания во взвешенное состояние.

Об интенсивности процессов разложения органических веществ донных отложений можно судить по содержанию кислорода в придонных горизонтах водной массы Севана при его подлёдном состоянии. Так, например, в период подлёдного состояния озера с 10 марта по 8 апреля 1949 г. (Слободчиков, 1951^a) абсолютное содержание кислорода на глубине 50 м уменьшилось на 2,70 мг/л. Средний суточный расход за указанное время равнялся 0,096 мг/л. О количестве кислорода, необходимого на окисление взвешанных органических веществ донных отложений, можно косвенно судить по окисляемости воды озера после продолжительных штормовых и штилевых дней. По данным Толмачева (Владимирова, 1947), у берегов в результате взмучи-

вания донных отложений величина окисляемости воды доходит до 3 мг/л. По нашим наблюдениям 1951 г., окисляемость водной массы литорали озера в результате перехода, под механическим воздействием ветровых волн, органических веществ во взвешенное состояние увеличивалась более чем в два раза, с 2,50 O_2 до 6,50 мг/л O_2 (Слободчиков, 1951).

3. Кислородный режим 1947—1948 гг. в свете среднего многолетнего насыщения водной массы озера Севан кислородом

Насыщение водной массы озер кислородом, завися в основном от термического бюджета, обусловливаемого, в свою очередь, метеорологической обстановкой того или иного года, не остается стабильным из года в год. Ранняя весна или поздняя осень передвигают сроки наступления весенней и осенней гомотермии, а следовательно и изменяют характер сезонных изменений кислородного режима.

Является ли кислородный режим 1947—1948 гг. характерным для озера? Для решения данного вопроса нами были обработаны все имеющиеся материалы по кислородному режиму Севана за прежние годы, а именно: 1926, 1927, 1928 и 1929 гг. (Лятти, 1932^a), 1938 и 1939 гг. (Владимирова, 1947).

Камеральная обработка материалов за указанные годы, представляющих собой разрозненные анализы за различные месяцы, протекала по линии обобщения отдельных анализов в зависимости от времени, глубины и места взятия проб воды на анализ. Для характеристики среднего многолетнего кислородного режима озера при вычислении средних месячных величин мы сочли возможным включить и данные 1947—1948 гг., так как средние годовые температуры водной массы Севана за 1926, 1927, 1928 и 1929 гг. (Давыдов, 1934), 1938 и 1939 гг. (Владимирова, 1947), 1947 и 1948 гг. не имели значительного различия, а более низкий уровень 1947—1948 гг. все еще находился в пределах амплитуды колебаний уровня озера до начала его спуска (Зайков, 1938).

Средний многолетний кислородный режим Севана характеризуется данными таблицы 7, составленной на основании результатов 1153 анализов за восьмилетний период.

Кислородный режим озера Севан по данным средних многолетних наблюдений характеризуется наличием ярко выраженных сезонных изменений. К январю, вследствие низких температур воды, обуславливающих высокую растворимость O_2 , приурочен годовой максимум насыщения всей водной толщи озера кислородом. В это время года среднее абсолютное содержание O_2 достигает 10,17 мг/л. Вертикальное распределение O_2 , из-за наличия конвекционных токов, характеризуется почти полной идентичностью насыщения всей водной толщи кислородом.

Таблица 7

Среднее многолетнее содержание кислорода в водной массе открытых участков озера Севан

Горизонты в м	Поверхностный			10			20			Придонный	
	t°	мг/л	‰	t°	мг/л	‰	t°	мг/л	‰	t°	‰
Месяц											
I	3,48	10,03	94,38	3,83	10,26	96,78	3,83	10,25	96,22	3,50	95,40
II	2,45	10,36	94,52	2,43	9,41	85,97	2,46	9,64	92,60	2,50	75,59
III	2,25	7,75	70,32	2,21	8,86	80,32	2,14	6,74	60,99	2,28	67,00
IV	5,54	8,37	82,54	4,27	8,70	83,17	4,26	8,97	85,83	4,16	85,86
V	10,60	8,88	98,44	7,59	8,10	83,93	6,26	8,73	87,65	5,26	84,10
VI	15,24	8,07	98,65	13,16	7,27	85,22	9,24	8,66	93,11	6,75	76,57
VII	18,88	7,18	91,03	16,47	7,60	95,11	13,48	8,20	96,69	8,61	85,25
VIII	17,98	7,13	91,88	17,03	7,51	94,94	14,81	7,88	95,51	7,32	79,62
IX	15,10	7,91	96,34	14,74	7,58	91,76	10,94	8,14	90,84	9,08	85,40
X	10,25	7,84	86,34	10,31	8,12	89,52	9,77	8,02	87,45	7,24	77,72
XI	8,92	5,41	57,92	8,34	5,83	61,43	8,83	5,04	53,73	7,79	43,59
XII	7,22	8,31	85,31	7,34	8,15	84,02	6,94	7,90	80,53	6,61	65,72

Среднее насыщение водной массы открытых участков озера кислородом в феврале равняется 9,42 мг/л. Февральское понижение насыщения водной толщи кислородом есть следствие ослабления конвекционных токов из-за почти полной гомотермии. Март характеризуется дальнейшим понижением содержания кислорода.

Среднее насыщение водных масс открытых участков Севана в апреле достигает 8,77 мг/л. Увеличение в этот период содержания кислорода обусловлено весенней циркуляцией. Интенсивное перемешивание всей водной толщи озера, вызываемое конвекционными токами, обуславливает отсутствие в этом месяце ярко выраженных кислородных стратификаций.

Содержание кислорода в водной толще озера в мае, равное 8,57 мг/л, близко к апрельскому насыщению O_2 вод озера. Так же как и в апреле, кислородная слоистость почти полностью отсутствует. Среднее содержание кислорода в водах озера в июне равняется 7,88 мг/л. Понижение насыщения водной толщи обусловлено не только меньшей растворимостью O_2 , при более высоких температурах, но и интенсификацией потребления его на биологические процессы в связи с максимальным развитием в это время года зоопланктона (Мешкова, 1947). В этот период из-за гистерезиса имеет место перенасыщение поверхностных горизонтов вод озера кислородом. Явление гистерезиса, наиболее ярко выражено у берегов, где вода прогревается быстрее. Вертикальное распределение O_2 в этом месяце характеризуется неоднородностью насыщения различных горизонтов воды кислородом. Среднее насыщение O_2 в водах Севана в июле равно 7,55 мг/л. В связи с образованием слоя температурного скачка вертикальное распределение O_2 характеризуется увеличением абсолютного содержания кислорода от поверхности ко дну. Лишь в придонных горизонтах, вследствие интенсивного потребления кислорода иловой толщей, содержание O_2 несколько уменьшается. В августе среднее содержание O_2 в водной массе озера равняется 7,56 мг/л. Так же как и в июле, вертикальное распределение кислорода характеризуется увеличением абсолютного содержания O_2 от поверхности ко дну, с понижением последнего лишь в придонных горизонтах воды, соприкасающихся с донными отложениями. Среднее насыщение вод Севана O_2 в сентябре равно 7,88 мг/л. Незначительное повышение содержания кислорода является следствием начавшегося охлаждения озера. Вертикальное распределение O_2 характеризуется наличием наибольшего абсолютного содержания O_2 в средних горизонтах водной толщи озера. Насыщение водной массы Севана кислородом в октябре, тождественно сентябрьскому насыщению. Среднее содержание O_2 в октябре равняется 7,88 мг/л. Так же как и в сентябре, наибольшее абсолютное содержание кислорода в октябре приурочено к средним горизонтам водной толщи Севана.

Резкое сокращение содержания кислорода, обуславливающее кислородный минимум, наблюдается в ноябре. В это время года, из-за

гомотермии, прекращающей обогащение водной толщи озера кислородом, содержание последнего падает до 5,25 мг/л. В декабре количество кислорода вновь возрастает, достигая в среднем 7,71 мг/л. Декабрьскому повышению O_2 способствует понижение температуры воды, обуславливающее большую растворимость кислорода.

Является ли кислородный режим 1947—1948 гг., в аспекте средних многолетних насыщений водной толщи озера кислородом, характерным для Севана? Для решения поставленного вопроса приводим таблицу 8.

Таблица 8

Отклонение средних насыщений водной толщи открытых участков озера Севан кислородом за 1947—1948 гг. от средних многолетних

Год, месяц	Содержание кислорода				+ или — к сред- нему многолет- нему насыще- нию O_2 в мг/л
	Среднее за 1947—1948 гг.		Среднее многолетнее		
	мг/л	‰	мг/л	‰	
1947					
IX	7,90	91,01	7,89	91,08	+0,01
X	7,88	83,73	7,88	85,32	—
XI	5,15	54,26	5,25	54,16	—0,10
XII	8,72	89,07	7,71	78,18	+1,01
1948					
I	10,18	95,67	10,17	95,69	+1,01
II	9,61	87,60	9,42	87,17	+0,19
III	7,00	65,97	7,53	72,15	—0,53
IV	7,38	71,02	8,77	84,35	—1,39
V	6,95	73,23	8,57	88,53	—1,62
VI	7,18	80,13	7,88	88,38	—0,70
VII	8,35	97,66	7,75	93,53	+0,60
VIII	7,95	94,98	7,56	90,48	+0,39

Из данных таблицы 8 мы видим, что насыщение водной массы Севана O_2 с сентября 1947 г. по август 1948 г., сохраняя общий характер сезонных изменений кислородного режима, лишь в незначительной степени отличалось от средней многолетней насыщенности вод озера в течение года кислородом. Эти отличия в основном обусловлены меньшей насыщенностью вод озера в марте, апреле и мае 1948 г. и более высоким содержанием кислорода в июле и августе того же года. Являются ли указанные изменения кислородного режима следствием понижения уровня озера? На этот вопрос может быть дан лишь отрицательный ответ, так как среднее годовое насыщение водной толщи озера кислородом в течение 1947—1948 гг. отличалось от такового до начала спуска озера всего лишь на 0,18 мг/л.

Пониженное содержание кислорода в марте, апреле и мае 1948 г. обусловлены запаздыванием срока наступления весенней гомотермии, частыми штормовыми ветрами, имевшими место в период ранне-весеннего прогревания озера и, повидимому, более пышным развитием и более поздним отмиранием диатомовых водорослей, составляющих в это время года основу фитопланктона.

Сдвиг сроков наступления основных моментов термического, а следовательно и кислородного режимов от метеорологической обстановки того или иного года в условиях Севана неоднократно отмечался целым рядом авторов. Так, например, Толмачев (Владимирова, 1947) указывает, что минимум содержания кислорода в 1936 г. наблюдался 19 октября, а в 1937 г. 24 ноября.

4. Перспективы изменения кислородного режима озера Севан в связи с использованием его вод для целей гидроэнергетики и орошения

Использование водных запасов озера Севан в количестве 55 млрд. м³ для целей гидроэнергетики и орошения вызовет глубокие изменения всей природы самого озера. При снижении уровня на 50 м полностью осушится Большой Севан, а от Малого Севана останется всего лишь 16,8% его прежней площади. Оставшееся „Новое“ озеро, площадью в 238,6 км², со средней глубиной всего лишь в 17 м, будет резко отличаться от современного озера Севан тепловым балансом, проточностью, химическим составом воды и газовым режимом. Снижение озера рассчитано на 50—55 лет при ежегодной сработке его уровня, примерно, на 1 м.

Каких же изменений кислородного режима следует ожидать по мере уменьшения площади, объема и средней глубины озера Севан в связи с его спуском?

Изменение кислородного режима озера, даже в первое десятилетие, будет протекать различно в Большом и Малом Севане. При снижении уровня на 10—15 м кислородный режим Малого Севана, вследствие морфологических особенностей строения его озерной котловины, сохранит все черты, присущие современному режиму и едва ли даже будет несколько понижен, так как осушаемая в этот период спуска литоральная зона, сложенная в большей своей части обломочным материалом коренных пород, бедна органическими веществами. Снижение уровня Большого Севана на 10—15 м повлечет значительное ухудшение его кислородного режима. В процессе осушения литоральной зоны Большого Севана почти полностью будут обнажены каменистые и галечные грунты. На смену им придут песчаные, илисто-песчаные грунты и черные илы, богатые органическими веществами в виде остатков водной растительности. В сфере влияния нижней прибойной зоны окажутся конкреционные илы, частичное размывание которых под действием ветровых волн, прямых и обратных течений начнется при снижении озера всего лишь на 15 м. Взмучивание мельчайших частиц иловых отложений обусловит переход органических веществ во взвешенное состояние. Распад их в среде, богатой кислородом, приведет к уменьшению содержания O₂ в водной массе Большого Севана. На данном этапе сработки уровня Большого Севана, при сохранении характера современных сезонных изменений, сле-

Труды—12

дует ожидать понижения насыщенности его вод кислородом, по отношению к среднему многолетнему содержанию O_2 , на 10—15%.

Совершенно иным будет кислородный режим Большого Севана после сработки его уровня на 25—30 м. Сокращение объема Большого Севана на 23 008 млн. м³ (71,7%) обусловит в период осенне-зимнего охлаждения более интенсивную теплоотдачу, в результате которой следует ожидать ежегодное сплошное замерзание озера, а следовательно и коренное изменение его кислородного режима. Насыщение водной массы Большого Севана кислородом после сработки его уровня на 25—30 м будет испытывать в течение года резкие колебания, обусловленные изменением термического режима. Вместо одного кислородного максимума, наблюдающегося при современном состоянии озера в январе, кислородный режим Большого Севана после понижения уровня на 25—30 м будет иметь их два: осенний — перед сплошным замерзанием (ноябрь, декабрь) и весенний — после вскрытия Большого Севана (март, апрель). В период установления весеннего и осеннего максимумов, при температурах воды около 4°, благодаря конвекционным токам, произойдет полное аэрирование всей водной толщи Большого Севана, в результате которого содержание O_2 достигнет 10,5—10,8 мг/л. Наблюдаемые при современном режиме ноябрьские и мартовские низкие насыщения водной толщи Большого Севана кислородом не будут иметь места после сработки его уровня на 25—30 м. Кислородные минимумы будут приурочены к концу летнего и зимнего периодов. Наиболее ярко будет выражен зимний кислородный минимум перед вскрытием Большого Севана. Содержание O_2 в конце зимнего подледного периода, вследствие разложения огромного количества органических остатков, в частности остатков харавых водорослей (Маркосян, 1948), едва ли будет превышать в поверхностных горизонтах 2,0—2,5 мг/л, в придонных—1,0—1,5 мг/л. В отдельных участках Большого Севана абсолютное содержание кислорода будет равно нулю. В летний кислородный минимум низкие содержания O_2 будут в основном приурочены к придонным горизонтам водной массы Большого Севана, непосредственно соприкасающихся с толщей иловых отложений. Содержание кислорода в это время года будет колебаться в поверхностных горизонтах в пределах 4,0—5,0 мг/л, придонных—1,5—2,0 мг/л. Дальнейшее понижение уровня Большого Севана, несмотря на увеличение проточности, вследствие преобладания процессов потребления O_2 над процессами обогащения, еще более ухудшит его кислородный режим; в конце зимнего периода будет наблюдаться почти полное обескислороживание всей водной массы.

Иной характер изменений кислородного режима будет наблюдаться в Малом Севане при снижении его уровня на 25—30 м. При сработке даже 28 008 млн. м³ (71,8% объема всей водной массы), Малый Севан сохранит ярко выраженную озерную котловину, максимальная глубина которой будет равняться 68,7 м. Произведенные нами

расчеты, приводимые в таблице 9, показывают, что соотношение объемов водных масс, в зависимости от глубин в Малом Севане после сработки его уровня на 30,0 м, будут близки к таковым в Большом Севане до снижения его уровня.

Таблица 9

Объем водных масс частей бассейна озера Севан
по глубинам в процентах

Глубина в м	Малый Севан после сработки его уровня на 30 м	Большой Севан до сработки его уровня
0	100,0	100,0
5	83,1	86,9
10	69,3	74,2
15	55,3	61,9
20	42,2	50,0
25	30,3	28,7
30	19,7	28,0
35	11,4	18,3
45	1,6	2,0

Несмотря на снижение уровня Малого Севана, вследствие почти полного сохранения соотношения объема водной массы и глубин, термический режим данной части бассейна озера лишь незначительно изменится в сторону его повышения. Придонным горизонтам открытых участков Малого Севана, даже в период летних максимальных температур, все еще будут свойственны низкие температуры в 5,6—6,0°. Охлаждение водной массы озера, так же как и при современном режиме, будет протекать исключительно медленно и не будет завершаться на данном этапе сработки уровня Малого Севана ежегодным сплошным замерзанием. Характер сезонных изменений кислородного режима сохранится прежним при общем понижении насыщения водной толщи на 15—20%.

Так же как и в Большом Севане, коренные изменения кислородного режима в Малом Севане произойдут с момента замерзания озера, но выражены они будут менее ярко, так как за 30—35-летний период, который будет предшествовать установлению ежегодного ледостава, водная масса Малого Севана из-за прогрессивно увеличивающейся проточности обновится два-три раза, вынеся огромное количество взвешенных органических веществ.

Кислородный режим Малого Севана, так же как и Большого Севана при его сплошном замерзании, будет характеризоваться наличием двух кислородных максимумов и двух кислородных минимумов. Содержание кислорода в конце зимы будет колебаться в придонных горизонтах от 3,0 до 5,0 мг/л, поверхностных—от 6,0 до 8,0 мг/л.

В конце летнего периода насыщение водной толщи Малого Севана не будет падать в поверхностных горизонтах ниже $6,0 \text{ мг/л}$, придонных — $4,0 \text{ мг/л}$.

Кислородный режим „Нового“ Севана после стабилизации его водного баланса (при притоке воды в 816 млн. м^3 , осадках в 96 млн. м^3 , стоке в 697 млн. м^3 и испарении в 215 млн. м^3) сохраняя присущие замерзающим озерам умеренного типа черты кислородного режима (Форель, 1912), вследствие высокой проточности, при которой вся водная масса озера, равная 3943 млн. м^3 , будет обновляться в течение 4—5 лет, резко изменится в сторону повышения насыщения всей его водной толщи кислородом. Содержание O_2 , даже в придонных горизонтах, в конце зимнего подлёдного состояния озера не будет падать ниже $5,0$ — $6,0 \text{ мг/л}$.

ЛИТЕРАТУРА

- Владимирова К. С. 1947. Фитопланктон озера Севан. Труды Севанской гидробиологической станции, т. IX.
- Давыдов В. К. 1934. Термика озера Севан. Матер. по исслед. оз. Севан и его бассейна, ч. II, вып. 1.
- Зайков Б. Д. 1933. Гидрологический очерк бассейна оз. Севан. Матер. по исслед. оз. Севан и его бассейна, ч. I, вып. 3.
- Лебединцев А. 1905. Опыт систематического исследования озера в гидро-химико-биологическом отношении за год (с июня 1902 по июнь 1903). Из Никольского рыбоводного завода, № 10.
- Лятти С. Я. 1932. Гидрохимический очерк озера Севан. Матер. по исслед. озера Севан и его бассейна, ч. IV, вып. 2.
- Лятти С. Я. 1932а. Материалы гидрохимических исследований. Матер. по исслед. оз. Севан и его бассейна, ч. IV вып. 1.
- Лятти С. Я. 1933. Поливные качества воды оз. Севан и р. Занги, Ереван.
- Маркосян А. К. 1948. Биология гаммарусов оз. Севан. Труды Севанской гидробиологической станции, т. X.
- Мешкова Т. М. 1947. Зоопланктон оз. Севан. Труды Севанской гидробиологической станции, т. IX.
- Слободчиков Б. Я. 1935. Гидрологический очерк озер системы реки Кеми Верхнего, Среднего и Нижнего Куйто. Труды Карельской рыбохозяйственной станции, т. I.
- Слободчиков Б. Я. 1951. Гидрохимический режим оз. Севан по данным 1947—1948 гг. Труды Севанской гидробиологической станции, т. XII.
- Слободчиков Б. Я. 1951а. Подлёдный гидрохимический режим оз. Севан и его рыбохозяйственная оценка. Труды Севанской гидробиологической станции, т. XII.
- Стройкина В. Г. 1953. Фитопланктон пелагиали оз. Севан. Труды Севанской гидробиологической станции, т. XIII.
- Форель Ф. А. 1912. Руководство по озероведению, С.-Петербург.

Բ. ՅԱ. ՍԼՈԲՈԴՉԻԿՈՎ

ՍԵՎԱՆԻ ԼՃԻ ԹԹՎԱԾՆԻ ՌԵԺԻՄԸ 1947—48 ԹԹ. ՏՎՅԱԼՆԵՐՈՎ

Ջրամբարների գաղափին, հատկապես ԹԹՎածնի ուժերի, մեծ նշանակություն ունի բոլոր հիդրոբիոլոգների համար:

1947—48 թթ. առաջին անգամ ուսումնասիրված է Սևանի լճի թրթվածնի ռեժիմն ամբողջ տարվա ընթացքում:

Սևանի լճի թրթվածնային ռեժիմի տարեկան ցիկլերի համար բնորոշ է թրթվածնի մեկ մաքսիմում (հունվարին) և երկու մինիմում (մարտ, նոյեմբեր): Թրթվածնի մինիմումը պայմանավորված է ջրի շերտերի միահավասար ջերմաստիճանով, որի շնորհիվ դադարում է ջրի շերտի հարստացումը թրթվածնով:

Թրթվածնի միջին տարեկան բաղադրությունը ջրի շերտերում մեկ լիտրում կազմում է 5,8—10,2 մգ: