

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КРУГОВОРОТА АЗОТА В ОЗЕРЕ СЕВАН

В результате понижения уровня воды в оз. Севан на 19 м произошли изменения в температурном и кислородном режимах, понизилась прозрачность воды, в составе фитопланктона появилось до 20 новых видов водорослей, в том числе азотфиксирующих цианобактерий, большинство из которых являются показателем эвтрофирования водоема (Гамбарян, 1968; Смолей, 1979; Legovich et al., 1973).

Изменения в режиме озера послужили основанием для изучения распространения микроорганизмов и активности процессов круговорота азота (азотфиксации, нитрификации и денитрификации).

Материалы и методы. Определение активности микробиологических процессов в водной массе и донных отложениях оз. Севан проведено с 29 сентября по 2 октября 1980 г. Определение видового состава и численности микроорганизмов выполнено с мая по октябрь 1981 г.

Анализ проводили ежемесячно на четырех станциях озера (ст. 4 - Малый Севан, ст. 22, 24, 34 - Большой Севан) во время стандартных рейсов. Воду из озера отбирали трубчатым батометром Францева с разных горизонтов от поверхности до дна. Пробы грунта извлекали трубчатым стратометром.

Интенсивность фиксации молекулярного азота микроорганизмами определяли с помощью ацетиленового метода (Саралов, Даукита, 1978), денитрификацию - по накоплению закиси азота в присутствии ацетилена, ингибирующего восстановление этого промежуточного продукта в молекулярный азот (Yoshinari, Knowels, 1976), нитрификацию - по накоплению закиси азота в присутствии азидата натрия (метод разработан в лаборатории микробиологии ИБВВ АН СССР), общий азот - методом фотохимического сжигания путем двухкратного облучения проб в ультрафиолетовом свете в кислой среде при pH 2.3, затем в щелочной среде при pH около 10.4.

Учет микроорганизмов производили методом 10-кратных предельных разведений на селективных средах (Романенко, Кузнецов, 1974). Азотфиксирующие бактерии учитывали: *Azotobacter chroococcum* - на среде Федорова с крахмалом, *Azomonas agilis* -

на среде Федорова с этиловым спиртом (0,1%), *Azospirillum* и *Xanthobacter* - на среде Калининской с сукцинатом (0,3%) и малатом (0,2%), анаэробного азотфиксатора *Clostridium butyricum* - на среде Енцова I4a (Микутин и Енцов, 1974); аммонифицирующих бактерий: на МПА - сапрофитов, на среде Сато - уробактерий (Sato, 1980), аммонийнокисляющих бактерий - на среде Харма (Harms et al., 1976), нитритокисляющих бактерий - на среде Ватсона (Watson, Waterbury, 1971), метилотрофов - на среде Виттенбери (Whittenbury et al., 1970), гетеротрофных нитрификаторов - на среде Года и Овербека (Gode, Overbeck, 1972), денитрификаторов - на среде Гильтая.

Результаты и их обсуждение. В сентябре 1980 г. началась осенняя циркуляция водных масс озера и на ст. 22 Большого Севана отмечалась гомотермия. На ст. 4 Малого Севана стратификация частично сохранилась и в слое воды на глубине от 20 до 30 м еще отмечался температурный скачок (рис. 1). Здесь содержание растворенного кислорода снижалось по глубине, и в придонных слоях он обнаруживался в следовых концентрациях. Прозрачность воды по акватории оз. Севан изменялась от I м на литоральной ст. 34 в районе будущей дельты р. Арпа до 9,5 м в пелагиали Малого Севана.

На ст. 34 было отмечено скопление азотфиксирующих цианобактерий (синезеленых водорослей) *Aphanizomenon flos-aquae*, среди дерновиннок которых встречались отдельные трихомы *Anabaena flos-aquae* и единичные клубкообразные колонии *A. Lemmermannii*.

Общее количество гетероцист достигло 2,1 млн. кл./л. По-видимому, они определили активную фиксацию молекулярного азота, до 55,6 мкг N в I л интегрированной пробы за I сутки, что составляло 4% от содержания здесь общего азота. Такой высокий уровень азотфиксации (83,4 мкг N/м² в сутки) отмечен лишь в высокоэвтрофных голомиктических озерах при столь же массовом развитии цианобактерий (Саралов, Даукшта, 1978).

Несколько меньший уровень азотфиксации (44,5 мкг N /м² в сутки) был отмечен на глубоководной станции Большого Севана. Наиболее активно (5,1 мкг N/л в сутки) процесс шел у поверхности и достигал 1,1% от содержания там общего азота. С глубиной активность фиксации азота понижалась и хорошо коррелировала с распределением гетероцист цианобактерий. Нами обращено внима-

ние на тот факт, что с глубиной споры цианобактерий гуще были покрыты игловидными кристаллами карбоната кальция, хорошо растворяющегося в 0,1 н. соляной кислоте. Такие кристаллические образования совершенно отсутствовали на гетероцистах. По-видимому, отложения солей кальция дополнительно влияли на прозрачность воды в оз. Севан и способствовали седиментации отмирающих водорослей. В Малом Севане цианобактерии в водной толще

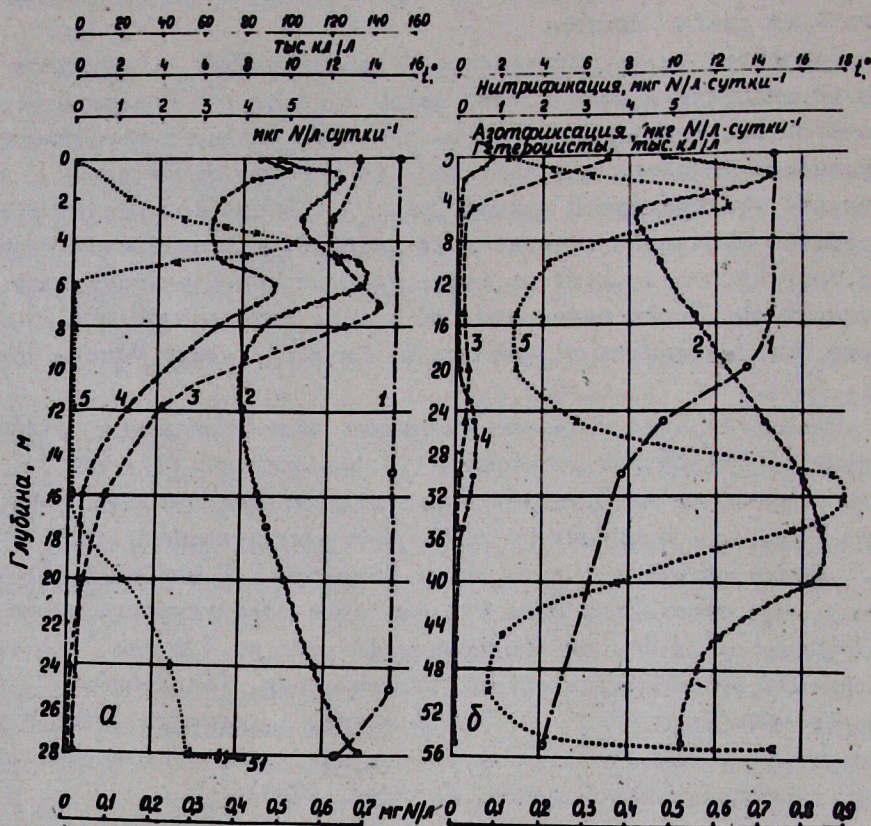


Рис. 1. Вертикальное распределение температуры (1), общего азота (2), численности гетероцист цианобактерий (3), интенсивности азотфиксации (4) и нитрификации (5) в водной толще Большого Севана (а) 29 сентября и Малого Севана (б) 1 октября 1980 г.

встречались лишь у поверхности и в верхнем слое гипolimниона. Уровень азотфиксации на ст. 4 составлял лишь $5,8 \text{ мг N / м}^2$ в сутки. Однако в воде Малого Севана содержание азота было не меньше, чем в воде Большого Севана. Наибольшее его содержание было отмечено в верхней зоне гипolimниона, где активно ($17,3 \text{ мкг N-NH}_4^+ / \text{л}$ в сутки) происходило окисление аммонийного азота до нитритов. Кроме того, нитрификация активно шла в эпимимнионе и придонных слоях воды. Значительно слабее нитрификация происходила в водной толще Большого Севана, где водоросли уже отмирали, но не успели еще разложиться. Здесь профиль интенсивности нитрификации в какой-то мере тоже совпадал с профилем вертикального распределения общего азота. Процесс же денитрификации в водной толще практически отсутствовал.

В донных отложениях оз. Севан, в противоположность водной массе, микробиологические процессы круговорота азота происходили менее напряженно (табл. I). Или озера бедно азотом. Несмотря

Таблица I

Интенсивность микробиологических процессов круговорота азота в грунтах оз. Севан осенью 1980 г.

Станция	Глубина на станции	Слой ила, см	Влажность, %	Содержание общего азота, мг N / см^3	Азот-фиксация, мкг N / см^2	Нитрификация, мг N / дм^3	Денитрификация в сутки
Лчапенская бухта	I	0-2	45,0	0,52	1,2	28,4	3,4
		2-5	46,2	0,52	0,8	-	12,1
34	2	0-2	46,9	0,61	4,8	57,0	7,5
		2-5	27,2	0,61	6,2	-	19,3
24	27	0-2	89,6	0,47	0,1	0	3,5
		2-5	90,2	0,52	0,1	-	0
22	28	0-2	80,0	0,72	0,5	58,5	7,2
		2-5	87,0	0,60	0,3	-	3,4
30	28	0-2	90,4	0,56	0,4	30,7	4,8
		2-5	76,6	0,56	0,3	-	2,3
4	50	0-2	87,6	0,52	0,5	21,5	4,3
		2-5	92,0	0,52	0,3	-	0

на значительные колебания влажности, в них содержалось примерно одинаковое количество общего азота и оно изменялось по акватории озера от $0,52$ до $0,72 \text{ мг N в } 1 \text{ см}^3$ ила. В них фиксация молеку-

лярного азота была крайне низка и даже в литерали на ст. 34, где она достигала наибольшей интенсивности (за сутки 6,2 мкг N /дм³ составляла лишь 0,001% от содержания там общего числа азота. Интенсивность нитрификации в грунтах тоже была не высока. Как в Большом, так и в Малом Севане она была сопоставима с интенсивностью этого процесса в придонных слоях воды. Однако в донных отложениях был зарегистрирован микробиологический процесс денитрификации, ведущий к превращению азота в газообразную форму, и он достигал максимальных значений от 12,1 до 19,3 мкг N /дм³ в сутки в илах литерали.

В 1981 г. в период весеннего паводка была начата переброска вод высокогорной р. Арпа через туннель в оз. Севан. Соединение речных и озерных вод происходило в районе стандартной ст. 34.

В вегетационный период 1981 г. минимальная температура воды, до 8°, была зарегистрирована по акватории озера в мае, а максимальная, до 18°, в августе (табл. 2).

Таблица 2

Температура и содержание растворенного кислорода в оз. Севан в вегетационный период 1981 г.

Станция	Глубина, м	Температура, °C					Содержание растворенного кислорода, мг O ₂ /л				
		У	УІ	УІІ	ІХ	Х	У	УІ	УІІ	ІХ	Х
4	0	7,5	13,6	18,6	16,5	12,2	11,5	8,37	7,51	6,75	7,52
	55	7,5	4,4	5,0	4,4	5,0	9,13	6,6	6,62	2,87	0,21
22	0	8,0	13,4	18,6	16,8	14,4	9,88	9,07	6,7	7,36	6,86
	28	5,6	6,4	9,5	8,6	8,8	7,79	5,4	0,48	1,96	0,9
24	0	7,0	12,8	17,4	15,7	13,8	9,0	8,72	7,8	7,54	7,04
	28	7,0	6,1	6,5	7,1	7,6	7,0	4,2	0,64	1,16	0,36
34	1	8,2	15,2	19,1	17,5	14,1	9,5	6,72	7,27	7,4	7,2

Прозрачность воды по диску Секки увеличивалась от 3 м в мае до 9 м в октябре на Малом Севане и от 2,7 м до 6 м - в центральной части Большого Севана (ст. 22). На ст. 24 в Большом Севане максимальная прозрачность 5,5 м была зарегистрирована в июне, а в октябре она уменьшилась до 3,2 м. На ст. 34 прозрачность была от 1 до 1,5 м в течение всего вегетационного периода.

Максимальное содержание растворенного кислорода обнаружилось в водной толще озера в весенне-летний период, а минимальное – в придонных слоях в летне-осенний период. Так, в придонных слоях на центральной части Большого Севана растворенный кислород обнаруживался с августа по октябрь в следовых концентрациях. В октябре микроаэрофильные условия сформировались и в гипolimнионе на глубоководной станции Малого Севана.

С августа месяца в озере установилась температурная стратификация. Температурный скачок сохранился на Малом Севане и распространился в слое воды от 15 до 25 м (рис. 2, А). На Большом Севане (рис. 2, Б) (ст. 24) от 5 до 15 м, на ст. 22 от 22 м до дна. К концу октября температурный скачок сохранился на Малом Севане, а на Большом лишь в центральной части озера (ст. 24).

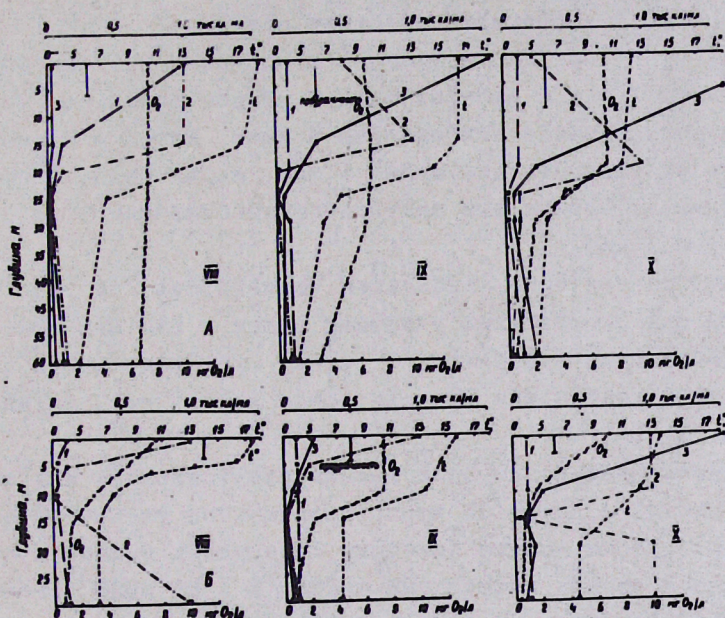


Рис. 2. Вертикальное распределение аммонийнокисляющих бактерий (1), азотфиксирующих микроаэрофилов (2) и цианобактерий (3) в водной массе Малого (А) и Большого Севана (Б), в 1981 г.

По мере температурного расслоения водных масс, происходило снижение содержания растворенного кислорода в гипolimнионе. Так, на Большом Севане в августе он обнаруживался у дна в следовых

концентрациях, а на Малом Севане дефицит кислорода в гипolimнионе возник лишь в октябре.

Общая численность бактерий в прибрежных и открытых участках озера Севан колебалась от 3 до 0,5 млн. кл/мл. Увеличение численности было отмечено на ст. 24 в мае, июне и сентябре (табл. 3).

В мае на всех станциях озера преобладали диатомовые водоросли, численность которых уменьшалась летом. Затем в августе стали появляться азотфиксирующие цианобактерии с гетероцистами. К октябрю они увеличили свою численность до 20,4 млн. кл/л в прибрежной зоне Большого Севана и до 6,8 млн. кл/л в открытых участках.

Аэробные азотфиксаторы в озере в течение всего исследуемого периода присутствовали в небольших количествах: *Azotobacter chroococcum* от I до 20 кл/мл и *Azomonas agilis* - от I до 200 кл/мл. Характерно, что наибольшее количество азомонас выявлено в литорали в конце лета, а в открытых участках осенью.

Azospirillum и *Xanthobacter*, проявляющие, как известно, наибольшую активность к азотфиксации в микроаэрофильных условиях, появились в водной массе повсеместно в июне, затем в период стратификации их численность достигала I тыс. кл/мл воды. В прибрежной зоне Большого Севана эти бактерии были отмечены в небольшом количестве уже в мае.

Сапрофитные бактерии наибольшей численности, от 3 до 9 тыс. кл/мл, достигали в отдельных участках озера в мае или июне. Численность уробактерий колебалась в тех же пределах, что и сапрофитов. При этом наибольшее их количество до 2,0 тыс. кл/мл наблюдалось в августе.

Аммонийнокисляющие бактерии весной отсутствовали или выявлялись до 10 кл/мл, а летом их число повсеместно увеличивалось до 100 кл/мл. Нитритокисляющие бактерии обнаружены только в прибрежной зоне, в количестве нескольких клеток в I мл воды. Гетеротрофные нитрификаторы отмечены местами до 100 кл/мл.

Денитрифицирующие бактерии высевались из воды не всегда. Однако в отдельные периоды они могли достигать сотен клеток в I мл.

В период стратификации нами было исследовано также вертикальное распределение нитрифицирующих бактерий, микроаэрофильных азотфиксаторов, метилотрофов и цианобактерий. Выяснилось, что нитритокисляющие бактерии отсутствовали в водной толще, а аммонийнокисляющие, аэробные и микроаэрофильные бактерии значи-

Таблица 3

Численность микроорганизмов (тис.кл/мл) круговорота азота в эпилимнионе оз. Севан в 1981 г.

Станция Месяц	<i>Azotobacter chroococcum</i>	<i>Azomonas agilis</i>	Микроаэрофиль- ные азотфикса- торы	Сапрофиты	Уробактерии	Аммонийнокисля- ющие бактерии	Нитритокисля- ющие бактерии	Гетеротрофные нитрификаторы	Денитрифика- торы	Азотфиксирую- щие цианобак- терии тис.кл/л	Общий счет бактерий млн.кл/мл
4 (М.Севан)											
У	0,002	0,01	0,0	0,04	-	0,0	0,0	-	0,0	0,12	1,97
УІ	0,01	0,007	1,0	3,2	-	0,1	0,0	0,1	0,0	0,38	1,16
УІІ	0,02	0,02	1,0	0,75	3,5	1,0	0,0	0,1	0,75	3,4	0,43
ІХ	0,007	0,18	0,1	0,20	0,35	0,1	0,0	0,1	0,0	2,48	0,41
Х	0,015	0,016	1,0	0,25	0,04	0,1	0,0	0,1	0,0	6750,0	0,52
4 (М.Севан)											
У	0,004	0,005	0,0	0,02	-	0,0	0,0	-	0,29	0,14	1,61
УІ	0,0	0,002	1,0	3,5	-	0,1	0,0	0,0	0,39	0,44	1,14
УІІ	0,008	0,025	1,0	3,7	2,0	0,1	0,0	0,1	0,25	0,0	0,95
ІХ	0,009	0,15	0,1	1,0	0,85	0,1	0,0	0,1	0,04	280,1	0,85
Х	0,02	0,22	0,1	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	5180,0	0,55
У	0,002	0,028	0,0	9,0	-	0,01	0,0	0,0	0,02	0,06	2,51
УІ	0,001	0,025	1,0	4,5	-	0,1	0,0	0,0	0,0	0,84	3,22
УІІ	0,009	0,065	0,1	3,7	2,0	0,1	0,0	0,1	0,21	0,0	1,6
ІХ	0,004	0,11	1,0	0,07	0,25	0,1	0,0	0,0	0,0	220,0	1,9
Х	0,001	0,043	1,0	0,06	0,4	0,1	0,0	0,0	0,03	4860,0	0,9
У	0,04	0,026	0,1	1,0	-	0,01	0,01	-	0,55	0,3	2,2
УІ	0,002	0,019	1,0	8,0	-	0,1	0,01	0,01	0,25	1,1	1,13
УІІ	0,003	0,195	1,0	4,1	2,0	0,01	0,001	0,0	0,11	8,2	1,6
ІХ	0,003	0,06	1,0	0,03	0,25	0,1	0,0	0,1	0,05	990,0	2,2
Х	0,0	0,07	1,0	0,13	0,17	0,1	0,0	0,0	0,3	20400,0	0,95

тельно уменьшали свою численность в термоклизе (рис. 2). В поверх-
ностных слоях воды Большого Севана преобладали цианобактерии
Anabaena flos-aquae. Они снижали свою численность по глубине.
Напротив, *Aphanizomenon flos-aquae* распределялся достаточно
равномерно от поверхности до дна.

Численность аэробных и микроаэрофильных азотфиксаторов,

метилотрофов, аммонификаторов, гетеротрофов и денитрификаторов в придонных слоях воды отмечена примерно в тех же количествах, что и в эпилимнионе (табл. 4).

Таблица 4

Численность микроорганизмов (тыс.кл/мл), участвующих в круговороте азота, в придонных слоях оз. Севан в 1981 г.

Станция Месяц	<i>Azotobacter chroococcum</i>	<i>Asomonas agilis</i>	Микроаэробные азотификса- торы	Сапрофиты	Уробактерии	Аммонийоксиля- ющие бактерии	Нитритоксиля- ющие бактерии	Гетеротрофные нитрификаторы	Денитрифика- торы	Азотфиксирующие цианобактерии, тыс.кл/л	Общий счет бак- терий, млн.кл/мл
(М.Севан)											
У	0,013	0,004	0,0	0,2	-	0,01	0,0	0,1	0,0	0,0	2,13
УІ	0,01	0,005	1,0	3,1	-	0,1	0,0	0,1	0,02	0,08	0,99
УІІІ	0,003	0,32	0,1	0,6	0,45	0,1	0,0	0,1	0,42	0,0	1,0
ІХ	0,008	0,075	0,1	0,25	0,35	0,1	0,0	0,1	0,02	3,2	0,86
Х	0,035	0,015	0,0	0,12	0,35	0,1	0,0	0,1	0,35	205,6	0,84
(Е.Севан)											
У	0,003	0,026	0,0	0,15	-	0,01	0,0	0,1	0,0	0,14	1,5
УІ	0,01	0,028	1,0	3,5	-	0,1	0,0	0,1	0,7	0,32	1,26
УІІІ	0,002	0,025	0,1	8,0	0,4	1,0	0,0	0,1	1,6	0,0	0,65
ІХ	0,01	0,225	0,1	0,75	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	44,7	0,95
Х	0,045	0,014	1,0	0,45	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	654,8	1,38
(Е.Севан)											
У	0,003	0,024	1,0	7,5	-	0,01	0,0	0,1	0,12	0,0	3,0
УІ	0,002	0,02	0,1	-	-	0,1	0,0	0,1	0,75	0,12	2,7
УІІІ	0,035	0,035	1,0	9,0	2,5	0,1	0,0	0,01	0,3	0,0	1,8
ІХ	0,055	0,17	1,0	6,45	0,25	0,1	0,0	0,0	0,0	4,8	1,5
Х	0,06	0,2	1,0	0,35	0,65	0,1	0,0	0,0	0,0	70,4	0,9

Характерно, что в придонных слоях воды происходило увеличение общего количества бактерий и сапрофитов. Так, на ст. 24, где наиболее резко была выражена температурная и химическая стратификация, численность сапрофитов у дна увеличилась почти в 10 раз. Напротив, уробактерии в придонных слоях чаще выявлялись в количестве в 10 раз меньшем, чем в эпилимнионе.

В донных отложениях озера численность микроорганизмов, участвующих в круговороте азота, выявлена на 2-3 порядка выше, чем в водной массе (табл. 5).

Таблица 5

Численность микроорганизмов (тыс.кл/см³ ила), участвующих в круговороте азота, в донных отложениях оз. Севан в 1981 г.

Станция Месяц	<i>Azotobacter agilis</i>	<i>Azomonas agilis</i>	Микроаэрофиль- ные азотфиксаторы	<i>Clostridium butyricum</i>	Метилотрофы	Сапрофиты	Уробактерии	Аммонийнокисля- ющие бактерии	Нитритокисля- ющие бактерии	Гетеротрофные нитрификаторы	Денитрифика- торы
4(М.Севан)											
У	-	0,02	0,0	140,0	6500	9500	-	10,0	0,1	-	3,5
УІ	-	0,7	1000	45,0	700,0	970	-	10,0	0,1	0,0	10,0
УІІІ	0,03	3,0	10	0,3	110,0	135	1,5	10,0	0,01	1,0	61,0
ІХ	0,15	18,0	10	9,5	32,0	10	10,0	10,0	0,0	1,0	0,3
Х	0,55	4,7	1000	9,5	12,5	4	40,0	1,0	0,1	0,1	25,0
22(Б.Севан)											
У	0,01	0,5	100	3,3	7600	4,5	-	1,0	0,0	-	6,8
УІ	-	0,36	1000	45,0	4,0	1,5	-	10,0	0,0	0,0	4,5
УІІІ	0,2	1,5	10	2,0	50,0	95	3,5	1,0	0,0	1,0	6,5
ІХ	0,1	19,5	100	2,5	45,0	120	40,0	1,0	0,0	0,0	5,0
Х	0,2	2,8	1000	7,5	44,5	10	55,0	1,0	0,1	0,0	20,0
24(Б.Севан)											
У	0,05	5,7	10	2,0	4500	35	-	-	0,0	-	4,0
УІ	0,06	0,3	100	45,0	10,0	950	-	10,0	0,0	0,0	1,5
УІІІ	0,2	3,0	10	4,0	60,0	660	1,5	1,0	0,0	0,1	12,0
ІХ	0,2	14,0	10	9,5	7,5	55	15,0	1,0	0,0	0,0	2,5
Х	0,3	17,5	10000	45,0	34,0	45	55,0	10,0	0,1	1,0	20,0
34(Б.Севан)											
У	0,11	2,4	0,0	9,5	3500	900	-	1,0	0,0	-	15,0
УІ	0,02	0,54	1000	3,5	2,0	590	-	10,0	0,0	0,0	0,0
УІІІ	0,1	0,25	100	0,0	30,0	50	2,5	1,0	0,0	0,0	17,0
ІХ	0,15	9,5	1000	0,7	7,5	40	35,0	1,0	0,0	0,0	2,0
Х	0,25	23,0	10000	9,5	72,0	50	20,0	10,0	0,1	1,0	2,5

Аэробные азотфиксаторы в грунтах обнаруживались осенью до 500 кл/см³ ила на Малом Севане и до 300 кл/см³ ила на Большом

Севане. *Azomonas agilis* здесь встречался в наибольшем количестве (23 тыс. кл/см³ - на Большом Севане, 18 тыс. кл/см³ - на Малом Севане). В октябре особенно высокой численности в илах достигали микроаэрофильные азотфиксаторы (10 млн. кл/см³ - на Большом Севане, 1 млн. кл/см³ - на Малом Севане).

Анаэробные азотфиксаторы *Clostridium butyricum* в наибольшем количестве (140 тыс. кл/см³) отмечены в иловых отложениях Малого Севана в весенний период. В грунтах Большого Севана их численность была значительно меньше. Однако в литорали их численность составляла 10 тыс. кл/см³ ила.

Заслуживает внимания тот факт, что весной в донных отложениях озера высокой численности достигали метилотрофы, до нескольких миллионов клеток в 1 см³ ила и аэробные сапрофитные бактерии до 9,5 млн. кл/см³ ила. Напротив, численность уробактерий в грунтах оз. Севан в противофазе с численностью в водной массе осенью достигала максимального значения.

Аммонийокисляющие бактерии в грунтах были отмечены летом повсеместно в количестве от 1,0 до 10 тыс. кл/см³ ила. Тогда как нитритокисляющие постоянно присутствовали в донных отложениях только на пелагиальной станции Малого Севана, а на остальных станциях они появились лишь в октябре, не более 100 кл/см³ ила. Гетеротрофные нитрификаторы в грунтах озера отмечены в разные сезоны в небольших количествах.

Численность денитрификаторов здесь сильно колебалась, достигая своего максимума в августе, до 61 тыс. кл/см³ ила.

Итак, нами пополнены микробиологические анализы по учету численности бактерий круговорота азота (аэробных азотфиксаторов - *Azomonas agilis*, *Azospirillum* и *Xanthobacter*, метилотрофов, уробактерий, гетеротрофных нитрификаторов) и определена активность процессов азотфиксации, нитрификации и денитрификации.

Прослежено, что в водной массе озера в весенний период достигают своего массового развития сапрофитные бактерии, в осенний период - аэробные азотфиксаторы, метилотрофы и аммонийокисляющие бактерии. В донных отложениях оз. Севан в весенне-летний период достигали своего максимума метилотрофные, сапрофитные бактерии и анаэробные азотфиксаторы *Clostridium butyricum*, а осенью - аэробные микроаэрофильные азотфиксаторы и уробактерии.

Установлено, что в водной массе высокогорного оз. Севан происходит активная фиксация свободного азота цианобактериями *Aph. Flos-aquae*, *A. flos-aquae*, *A. Lemmermannii*. Азотсодержащие органические вещества при их отмирании осенью в значительной мере минерализуются еще в водной толще и выделившийся при этом аммиак окисляется нитрифицирующими бактериями с образованием нитритов.

Сопоставление наших данных по численности бактерий в озере с данными Гамбаряна (1968) за 60-е гг. позволяет заключить, что практически все микроорганизмы круговорота азота увеличили свою численность на 1-2 порядка.

Выражаю глубокую благодарность А.И.Саралову, И.Н.Криловой и сотрудникам Севанской гидробиологической станции за помощь при выполнении работ.

Литература

- Гамбарян М.Е. 1968. Микробиологические исследования оз. Севан. Ереван, Изд-во АН АрмССР.
- Калининская Т.А., Редькина Т.В. 1981. Микрофлора семян риса как источник азотфиксирующих микроорганизмов в его ризосфере. Изд-во АН СССР, сер. биол., вып. 4, с. 617.
- Минустин Е.Н., Емцев В.П. 1974. Почвенные азотфиксирующие бактерии рода *Clostridium*. М., Наука, с. 250-251.
- Романенко В.И., Кузнецов С.И. 1974. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Л., Наука, с. 189.
- Саралов А.И., Даукшта А.С. 1978. Фиксация молекулярного азота в озерах Латвийской ССР.- Гидробиол. ж., т. 14, вып. 6, с. 7-13.
- Смолей А.И. 1979. Динамика численности лососевых рыб озера Севан в условиях изменения его режима.- Тр. Севанск. гидробиол. ст., т. XIV, с. 221-227.
- Gode P., Overbeck J. 1972. Untersuchungen zur heterotrophen Nitrifikation in See. - Z. allg. Microbiol., Bd. 12, 567.
- Legovich N.A., Markossian A.G., Meshkova T.M., Smolei A.I. 1973. Physico-chemical regime and bioproductive processes in lake Sevan (Armenia) in transition from oligotrophy to eutrophy. Verh. Internat. Verein. Limnol., vol. 18, p. 1835-1842.

- Harms H., Koops H.P., Wehrmann G. 1976. An ammonia-oxidizing bacterium, *Nitrosovibrio tenuis* nov. gen. nov. sp. - Arch. Microbiol., v. 108, p. 105.
- Sato Y. 1980. Distribution of urea-decomposing bacteria in waters of lake Suwa. - J. Hydrobiologia, 71, N3, p. 233-237.
- Watson S.W., Waterbury J.B. 1971. Characteristics of two marine nitrite oxidizing bacteria, *Nitrosospira gracilis* nov. gen. nov. sp. - Arch. Microbiol., Bd. 77, s. 203.
- Wittenbury R., Phillips K.C., Wilkinson J.E. 1970. Enrichment, isolation and some properties of methane-utilizing bacteria. - J. Gen. Microbiol., v. 61, p. 205.
- Yoshinaka T., Knowles K. 1976. Acetylene inhibition of nitrous oxide reduction by denitrifying bacteria. - Abstr. Annu. Meet. Amer. Soc. Microbiol., Atlantic City, N.J. Washington D.C., 1976.