

Р. М. Парпарова, А. С. Парпаров

Некоторые особенности биогенного питания фитопланктона озера Севан по данным 1975—1976 гг.

По своему биогенному режиму оз. Севан в донупусковой период существенно отличалось от большинства других крупных озер.

Чрезвычайная бедность воды озера соединениями азота и железа при аномально высокой обеспеченности фосфатами (Слободчиков, 1951) давали основания для предположений (Россолимо, 1975) о лимитирующей роли азота в развитии севанского фитопланктона.

Ряд экспериментальных исследований был посвящен выяснению влияния отдельных биогенов на развитие севанского фитопланктона.

Так, в 1949—1950 гг. Б. Я. Слободчиков и В. Г. Стройкина использовали для этой цели метод «биологической производительности» (Слободчиков, 1953). Добавляя в изолированные объемы профильтрованной озерной воды, содержащей фиксированное количество водорослей, различные порции минеральных форм фосфора, железа и азота, они, после экспозиции в озере, регистрировали изменения в численности фитопланктона. Добавки фосфора приводили к угнетению всех форм водорослей. Добавки азота незначительно стимулировали развитие диатомовых. Развитие же зеленых и синезеленых при добавлении нитратного азота в количествах около 0,2 мг/л возрастало более чем в 500 раз по сравнению с контролем. При определенном выборе концентраций аналогичный эффект вызвали совместные добавки фосфора и азота. Наиболее четко эффект стимуляции проявлялся в экспериментах с одновременными добавками железа и азота. Численность всех видов водорослей увеличивалась с ростом величины добавок, однако более интенсивно развивались синезеленые. Авторы интерпретировали полученные результаты как доказательство лимитирующей роли азота и железа.

В 1967 г. аналогичные эксперименты были проведены Н. А. Легович (1968). В этот период условия развития фитопланктона значительно изменились, о чем свидетельствовало, в частности, начавшееся с 1964 г. регулярное «цветение» воды синезелеными.

Результаты экспериментов Н. А. Легович несколько отличались от таковых Слободчикова и Стройкиной. Так, добавки железа оказывали угнетающее действие на развитие *Asterionella* и некоторых зеленых водорослей. В целом же Н. А. Легович также приходит к выводу о стимулирующем действии железа и азота на вегетацию севанского фитопланктона.

Как подтверждение результатов этих экспериментов могут рассматриваться данные Л. П. Рыжкова (1966), который в 1960—1961 гг. отметил значительное увеличение содержания минеральных форм азота, в первую очередь, за счет аммонийного азота. В среднем содержание суммарного азота возросло до 0,25 мг/л. Добавление таких количеств азота в опытах Слободчикова и Стройкиной приводило к выраженной стимуляции развития синезеленых и зеленых водорослей. Сравнительно небольшое количество опубликованных данных не позволяет в деталях проследить влияние такого изменения биогенного режима на развитие севанского фитопланктона. Однако, по данным Н. А. Легович (по: Мешкова, 1974), в весенние и летние месяцы

1961 г. отмечено двух-трехкратное увеличение биомассы водорослей, что могло явиться результатом стимулирующего действия азота.

Исследования биогенного режима оз. Севан с 1961 г. не проводились вплоть до 1975 г. За этот же отрезок времени отсутствуют данные по первичной продукции фитопланктона.

Данные авторов, полученные в 1975—1976 гг. (см. настоящий сб.) позволили выявить значительные изменения в биогенном режиме и интенсивности продуцирования органического вещества.

В данной работе нами проведено сравнение сезонной динамики основных биогенов с сезонной динамикой содержания хлорофилла «а» в фитопланктоне, а также сравнение вертикальных распределений этих показателей.

Методически настоящая работа отличается от выполнявшихся ранее тем, что пробы воды с данного горизонта отбирались, как правило, из одного батометра. Это позволило избежать погрешностей, связанных с различиями в сроках и месте взятия проб.

Результаты и обсуждение. В настоящей работе обсуждаются данные, относящиеся к наиболее полно обследованному пелагиальным станциям озера, — № 4 в Малом Севане и № 22 — в Большом (см. Приложение).

В период исследований сезонные колебания минерального фосфора были выражены значительно более слабо, чем у азота. (В связи с отсутствием данных о роли различных форм минерального азота в питании севанского фитопланктона, мы рассматриваем суммарный минеральный азот). Это дает основание пользоваться отношением N/P, которое, как показала К. А. Гусева (1965), имеет экологическое значение.

Связь этого показателя с содержанием хлорофилла «а» (рис. 1, 2) оказалась неодинаковой для различных частей озера. Так, в Большом Севане прослеживается обратная зависимость между N/P и хлорофиллом. В Малом Севане можно говорить о нечетко выраженной прямой зависимости.

Анализ годовых изменений N/P позволяет с уверенностью говорить о значительном улучшении обеспеченности фитопланктона биогенами. Так, в период до 1960 г., это отношение в среднем за год было значительно меньше единицы. В настоящее время это отношение в Малом Севане составляет 2,4 и 1,94 — в Большом (в расчете на m^2). Тенденция увеличения N/P связана с прогрессирующим из года в год «цветением» синезеленых. Как показала К. А. Гусева, биомасса синезеленых растет почти линейно с ростом этого соотношения. Следует отметить, что увеличение N/P связано как с ростом содержания азота в озере, так и с одновременным снижением содержания фосфора. Представляет интерес сравнение нагрузок фосфором и азотом (среднегодовые содержания под m^2) с разработанными в известной схеме Фолленвайдера (по: Шилькрот, 1975). Согласно этой схеме, нагрузка общим азотом в $8,0 \text{ г/м}^2$ и общим фосфором в $0,5 \text{ г/м}^2$ (при средней глубине водоема 50 м) угрожает эвтрофированием. Как видно из табл. 1 и 2, даже в глубоководном Малом Севане нагрузка азотом превышает указанную величину, поскольку в среднем такого уровня достигает содержание одних лишь минеральных форм. Отражением своеобразия гидрохимии Севана являются высокие нагрузки фосфором — $3,68 \text{ г/м}^2$ в Малом Севане и $1,93 \text{ г/м}^2$ — в Большом. По-видимому, наблюдающаяся тенденция к снижению содержания фосфора (при неубывающем содержании азота) содержит угрозу дальнейшего усиления эвтрофикации озера.

В свете высказанных соображений особую опасность может пред-

Таблица 1

Динамика основных биогенов и хлорофилла «а» в Малом Севане (ст. 4) в 1976 г.

		22-04	5-05	20-05	5-07	29-07	30-08	16-09	4-10	20-10	29-11	15-12	ср.
Азот, N	г/м ²	7,69	21,02	0,78	7,96	11,09	5,33	4,07	—	14,84	11,90	4,69	8,87
	г/м ³	0,20	0,38	0,01	0,14	0,21	0,11	0,06	—	0,18	0,13	0,08	0,14
Фосфор, P	г/м ²	4,74	3,21	4,16	3,14	3,92	3,85	4,49	—	2,66	4,04	3,96	3,68
	г/м ³	0,09	0,06	0,07	0,05	0,06	0,06	0,07	—	0,10	0,07	0,07	0,07
Железо, Fe	г/м ²	0,72	0,38	0,29	0,62	0,09	0,50	0,05	—	0,74	1,57	1,66	0,59
	г/м ³	0,01	0,006	0,005	0,008	0,00	0,01	0,00	—	0,01	0,03	0,03	0,01
Хлорофилл «а»	мг/м ²	525,7	436,9	354,1	132,0	259,5	196,2	191,3	212,4	140,7	429,2	375,8	270,0
	мг/м ³	8,4	7,9	5,9	3,4	6,0	5,7	4,2	5,4	3,0	7,9	7,1	5,8
N/P		1,62	6,54	0,19	2,53	2,83	1,38	0,91	—	5,56	2,94	1,18	2,4
		2,34	6,60	0,16	2,61	3,50	1,73	0,88	—	1,80	1,97	1,17	2,0

Таблица 2

Динамика основных биогенов и хлорофилла «а» в Большом Севане (ст. 22) в 1976 г.

		1-03	19-04	8-05	20-05	7-07	6-08	24-08	26-09	19-11	ср.
Азот, N	г/м ²	4,86	3,51	2,20	1,67	2,67	4,39	2,77	6,73	3,23	3,74
	г/м ³	0,14	0,13	0,08	0,07	0,11	0,15	0,09	0,29	0,11	0,14
Фосфор, P	г/м ²	2,59	1,79	1,35	1,53	1,89	1,97	1,77	2,58	1,40	1,93
	г/м ³	0,08	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06
Хлорофилл «а»	г/м ²	106,3	224,9	258,7	93,6	112,0	62,4	195,0	181,1	232,8	152,0
	г/м ³	4,1	7,9	9,3	3,2	4,2	2,3	7,2	6,5	7,4	6,1
Железо Fe	г/м ²	0,27	0,64	0,24	0,19	0,23	0,53	0,16	0,27	1,02	0,39
	г/м ³	0,21	0,23	0,01	0,006	0,008	0,014	0,002	0,012	0,030	0,012
N/P		1,88	1,96	1,63	1,09	1,41	2,23	1,56	2,61	2,31	1,94
		1,66	2,06	1,62	1,35	1,52	2,92	1,45	3,59	2,87	2,33

ставить «цветение» синезеленых—азотфиксаторов. Учитывая способность к усвоению атмосферного азота таких видов, как *Анабаена* (Lund, 1964), их следует рассматривать в качестве дополнительных источников поступления азота в озеро. Как уже отмечалось, в севанских условиях повышение содержания этого биогена чревато улучшением условий для «цветения» синезеленых, т. е. может возникнуть ситуация, известная в теории регулирования под названием положительной обратной связи.

Опыты с добавками указывали на лимитирующую роль соединений железа.

Отмеченное увеличение содержания железа в озеро также может рассматриваться в качестве одной из причин повышения его продуктивности.

Однако четкой зависимости в сезонной динамике железа и хлорофилла «а» не наблюдается (рис. 1, 2). Можно отметить обратную зависимость между хлорофиллом и железом в Большом Севане. В Малом Севане четкой зависимости не прослеживается.

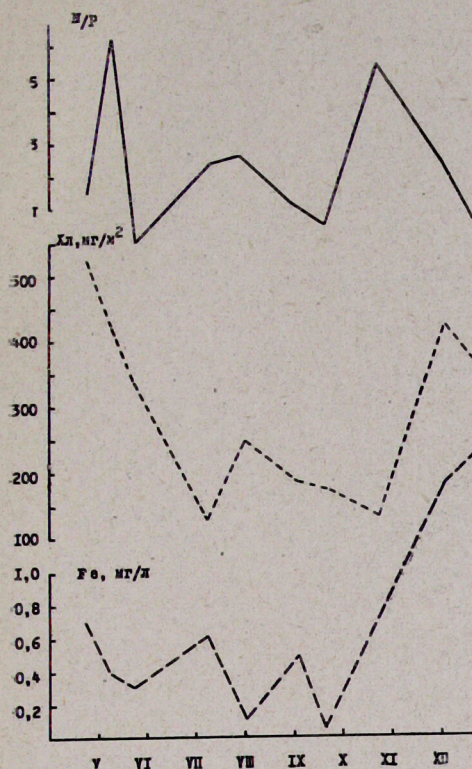


Рис. 1. Динамика отношения N/P, содержания железа и хлорофилла «а» в Малом Севане в 1976 г. (ст. 4).

озера наблюдается обратная зависимость между хлорофиллом и температурой, так же возрастают ко дну биогены. По-видимому, ослабление света под высоко расположенным термоклином компенсируется благоприятным биогенным режимом.

В период стагнации, который совпадает по времени с «цветением» синезеленых, распределения хлорофилла и температуры совпадают, биогены резко убывают от дна к поверхности.

Совпадение температурных кривых и распределения хлорофилла могут свидетельствовать о том, что условия развития фитопланктона в этот период определяются турбулентным перемешиванием воды (Denman, 1974).

Несмотря на отсутствие данных о содержании органических форм биогенов, рассмотрение сезонной динамики вертикального распределения оказывается довольно информативным (рис. 3, 4).

Во все периоды наблюдений прослеживается зависимость между вертикальным распределением температуры и биогенов, а также хлорофилла «а».

Зависимость эта неоднозначная и определяется как видовым составом фитопланктона, так и характером температурного распределения.

В условиях гомотермии, когда вегетируют холодолюбивые формы, распределение хлорофилла довольно однородно (с увеличением ко дну в М. Севане). Также довольно однородно распределены фосфаты. В распределении азота наблюдается слоистость, отмеченная в свое время и Л. П. Рыжковым.

В начальный период стратификации в обеих частях

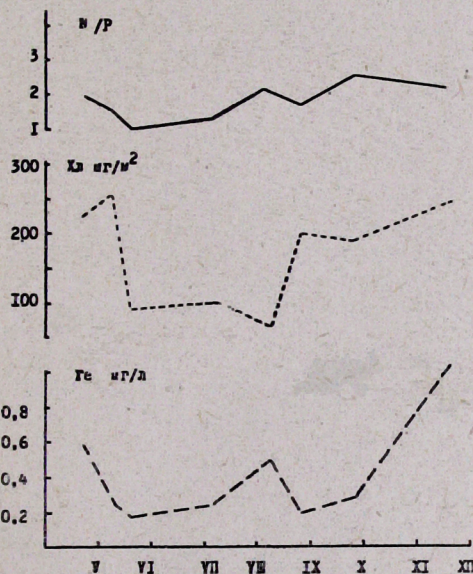


Рис. 2. Динамика отношения N/P, содержания железа и хлорофилла «а» в Большом Севане в 1976 г. (ст. 22).

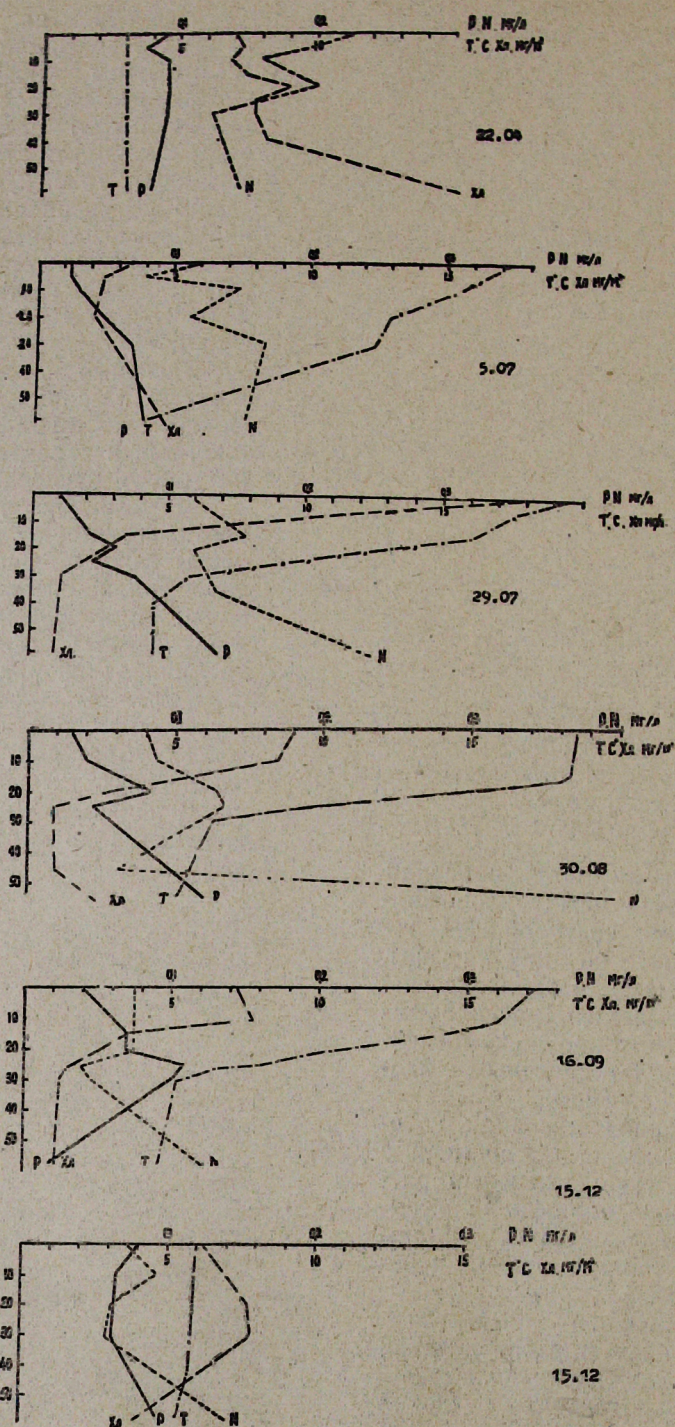


Рис. 3. Вертикальное распределение основных биогенов, хлорофилла «а» и температуры воды в Малом Севане (ст. 4). В скобках — дата измерений

Таким образом, данные этого периода наглядно демонстрируют роль термоклина, наличие которого является препятствием для поступления обогащенных биогенами вод в верхние слои эвфотической зоны.

С этой точки зрения представляет интерес сравнение данных 1976 г. для Б. Севана с таковыми 1975 г. (рис. 5). Процесс прогрева-

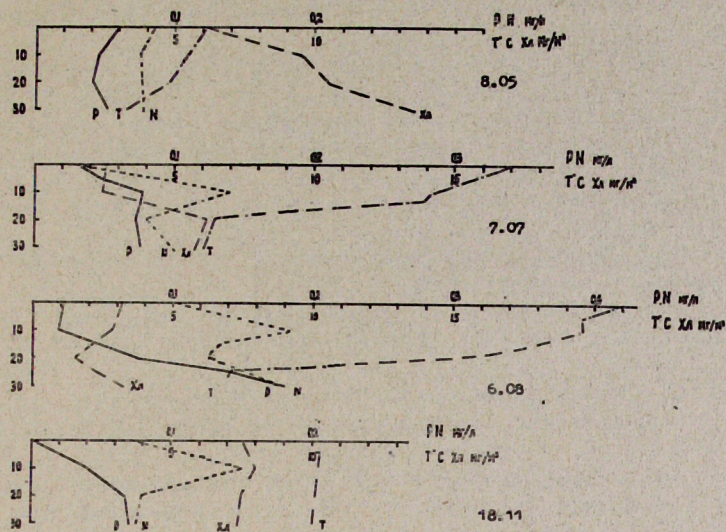


Рис. 4. Вертикальное распределение основных биогенов, хлорофилла «а» и температуры воды в Большом Севане в 1976 г. (ст. 22).

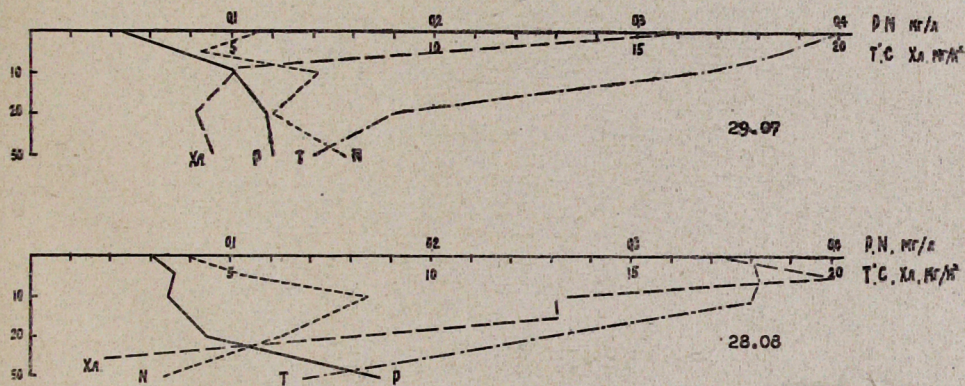


Рис. 5. Вертикальное распределение основных биогенов, хлорофилла «а» и температуры воды в Большом Севане в период «цветения» синезеленых в 1975 г. (ст. 22).

ния водных масс в 1975 г. шел более интенсивно и при более высоких температурах, вследствие чего температурная стратификация была менее устойчивой, гипolimнион в Б. Севане почти не был выражен. Стратификация биогенов также была менее резко выражена. Вероятно, это явилось одной из причин более интенсивной вегетации синезеленых по сравнению с 1976 г.

Резюмируя, следует подчеркнуть, что складывающийся биогенный режим оз. Севан является довольно благоприятным для развития фи-

топланктона, в связи с чем имеется вероятность усиления процесса эвтрофикации.

ЛИТЕРАТУРА

- Гусева К. А. Роль синезеленых водорослей в водоеме и факторы их массового развития. В сб. «Экология и физиология синезеленых водорослей», «Наука», М.—Л., 1965.
- Легович Н. А. Изменения в качественном составе фитопланктона оз. Севан под влиянием понижения его уровня. Биол. журн. Армении, XXI, № 18, 34—41, 1968.
- Мешкова Т. М. Закономерности развития зоопланктона в озере Севан, Ереван, 1975.
- Россолимо Л. Л. Антропогенное эвтрофирование водоемов. В сб.: «Общая экология. Биоценология. Гидробиология», т. II, «Итоги науки и техники», М., 1975.
- Рыжков Л. П. Динамика соединений азота в оз. Севан. Биол. журн. Армении, XIX, № 3, 78—85, 1966.
- Слободчиков Б. Я. Гидрохимический режим озера Севан по данным 1947—1949 гг. Труды Севанск. гидробиол. станции, т. XII, 1951.
- Слободчиков Б. Я. и Стройкина В. Г. Влияние азота, фосфора и железа на развитие фитопланктона в озере Севан. Изв. АН Арм. ССР, сер. биол., VI, № 7, 13—18, 1953.
- Шилькрот Г. С. Причины антропогенного эвтрофирования водоемов, в сб.: «Общая экология. Биоценология. Гидробиология», т. II, «Итоги науки и техники», М., 1975.
- Denman Kenneth L., Platt Trevor. Coherences in the horizontal distributions of phytoplankton and temperature in the upper ocean. „Mem. Soc. Roy. Sci. Liège“, 1, 19—30, 1974.
- Lund. J. W. G. The ecology of freshwater phytoplankton.—Biol. Rev., vol. 40, N 2, 231—283, 1965.