

А. Г. МАРКОСЯН

## ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В ТЕРМИЧЕСКОМ И КИСЛОРОДНОМ РЕЖИМЕ ОЗ. СЕВАН И О ВЛИЯНИИ ЭТИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

До снижения уровня озеро Севан принадлежало к типу глубоких олиготрофных озер с чистой, прозрачной, насыщенной кислородом водой. «Цветения» воды никогда не наблюдалось. Условия существования форелей здесь были исключительно благоприятными. По богатству форелями Севан занимал первое место среди естественных водоемов мира, их ежегодный улов составлял более 5 тыс. ц.

С понижением уровня озера на 17 м объем его водной массы сократился с 58 до 35 млрд. м<sup>3</sup> (т. е. почти на 40%), площадь—с 1416 до 1258 км<sup>2</sup> (на 11%). Средняя глубина озера уменьшилась с 41,3 до 28,9 м (Малого Севана—с 50,9 до 40,9 м и Большого Севана—с 37,7 до 24,0 м).

Сокращение водной массы озера и уменьшение его глубины вызвало глубокие изменения в физико-химическом режиме и характере биологических процессов. Наиболее резко эти изменения выражены в более мелководном Б. Севане, и это особенно важно, т. к. по площади он значительно больше Малого и рыбный промысел в основном сосредоточен именно в этой части его.

Значительные изменения имеют место в термическом и кислородном режиме озера.

Термический режим Севана изучался в 1894 г. Марковым [5], в 1925—1926 гг.—Фортуновым и Иняевским [8], в 1926—1930 гг.—Давыдовым [2] и в 1937—1939 гг.—Толмачевым.

В последние годы проведены новые исследования в этом направлении, что позволяет провести сравнение температурных условий в озере в разные периоды.

На рис. 1 изображены кривые годового хода температур на постоянной станции, находящейся в центральной части Б. Севана в 1938 и 1969 гг. На рис. 2 приведены кривые, характеризующие температурные условия в летне-осенний период на периферических участках Б. Севана в те же годы. Сравнение данных позволяет сделать следующие основные заключения:

Одной из особенностей термического режима озера, что отмечалось и ранее, является необычно глубокое положение слоя температурного скачка в летний период, что является следствием интенсивного прогре-

вания его. В период летнего максимума прогрева вод Севана, который наступает в конце августа—начале сентября, слой температурного скачка находится на глубинах от 18—20 до 27—30 м. Ниже 27—30 м располагается гипolimнион—слой холодных вод, где температура обычно не поднимается выше 5—8°. В прежних условиях площади с глубинами более 27—30 м занимали в Б. Севане около 800 км<sup>2</sup>, т. е. почти 80% его площади имело глубины, достаточные для образования гипolimниона.

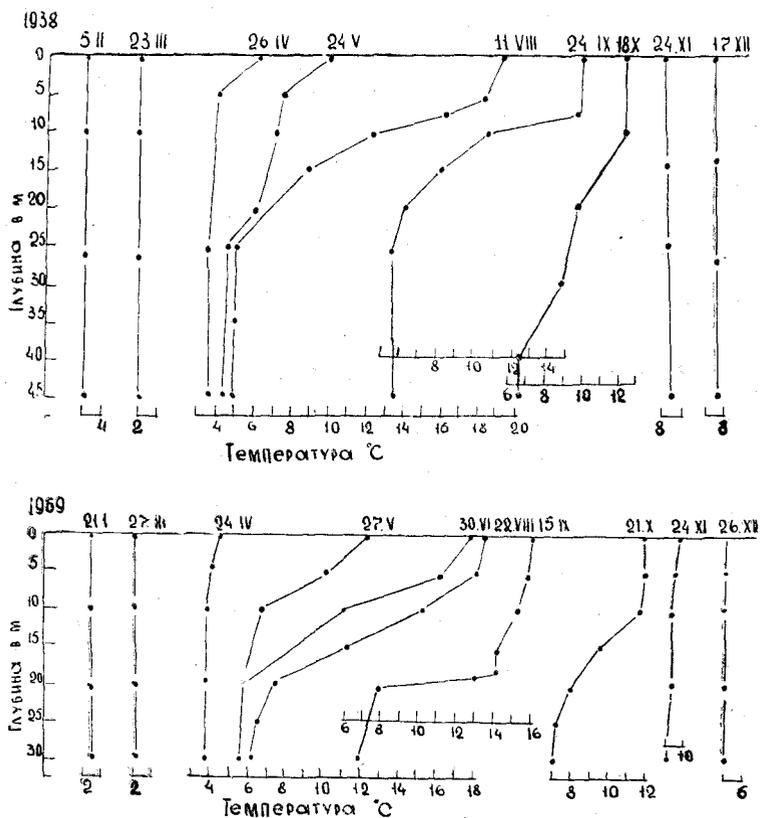


Рис. 1. Вертикальное распределение температуры в центральной части Б. Севана в 1938 и 1969 гг.

Другой отмеченной особенностью термического режима озера является существование в летнее время в Б. Севане так называемого «температурного купола». Своеобразная система течений в Б. Севане и особенности рельефа дна обуславливают поднятие глубинных холодных вод в центральной части бассейна, вследствие чего слой температурного скачка располагается здесь значительно выше, а именно на глубинах от 10—15 до 15—20 м, и гипolimнион начинается уже с 15—20 м.

Объем холодных вод гипolimниона в Б. Севане до спуска по приблизительным расчетам составлял 18—22 млрд м<sup>3</sup>. С уменьшением глубины озера мощность гипolimниона, т. е. слоя холодных вод, соответственно сокращается; одновременно возрастающими темпами происхо-

дит и уменьшение площади, занимаемой гипolimнионом, что обусловлено особенностями морфометрии Б. Севана. На современном этапе понижение уровня озера на каждый последующий метр приводит к уменьшению этих площадей примерно на  $100 \text{ км}^2$  [3].

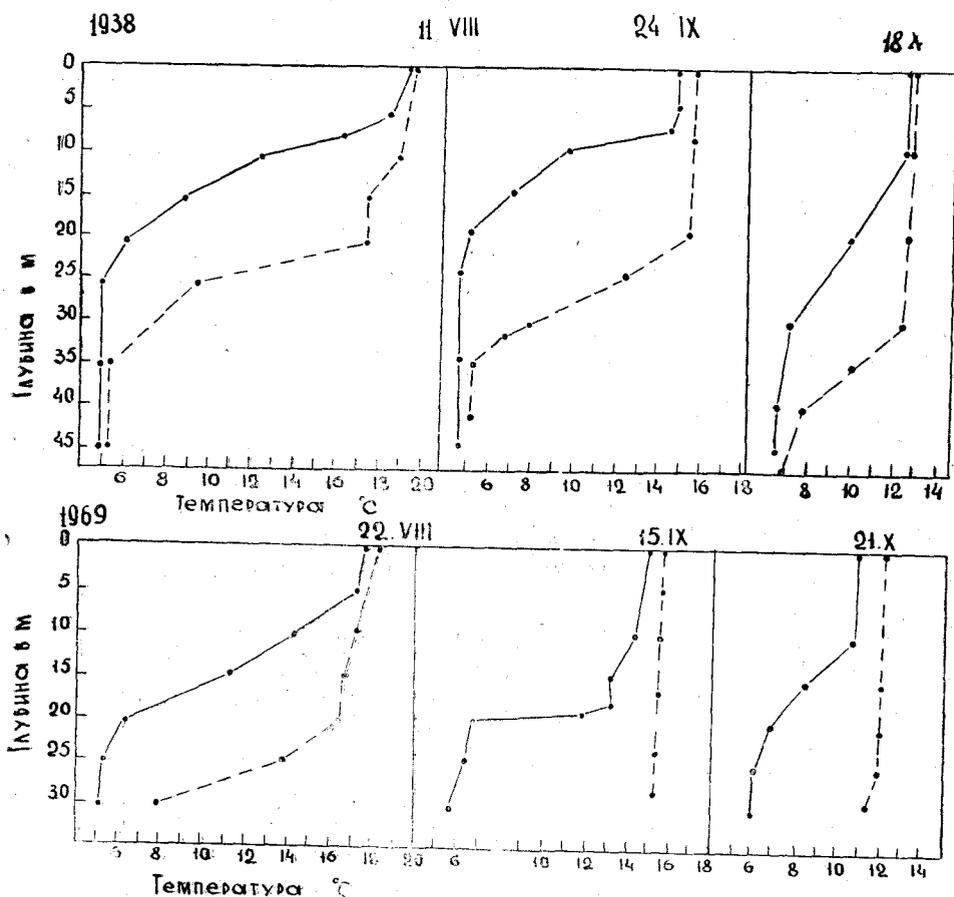


Рис. 2. Вертикальное распределение температуры в центральной (—) и периферической (---) частях Б. Севана в 1938 и 1969 гг.

В настоящее время при максимальной глубине Б. Севана 32 м слой температурного скачка на большей части его площади в летне-осенний период достигает дна и холодные воды гипolimниона практически сохраняются только в области «температурного купола» площадью  $150\text{--}200 \text{ км}^2$ . Объем гипolimниона составляет всего  $2,5\text{--}3,0$  млрд  $\text{м}^3$ . По данным Айнбунда [1], в 1957 г. площадь «купола» достигала  $280\text{--}330 \text{ км}^2$ .

Таким образом, в летне-осенний период большая часть дна Б. Севана имеет высокие температуры  $14\text{--}16^\circ$  вместо  $6\text{--}8^\circ$  до спуска.

В условиях меньших глубин осенняя гомотермия на большей части площади Б. Севана, за исключением района «купола», устанавливается уже в конце сентября при температуре около  $15^\circ$ , тогда как в 1938 г. это явление наступало лишь в начале декабря при температуре  $7\text{--}8^\circ$ . Охлаждение озера в декабре—январе происходит более быстрыми темпами,

что связано с уменьшением его теплозапаса. Этим объясняется более частое замерзание озера в последние годы. Если с 1833 г. по 1948 г., т. е. за 115-летний период, озеро замерзало всего 8 раз, то с 1945 г. по 1969 г. сплошной ледостав на озере наблюдался 7 раз. Весеннее и летнее прогревание озера также несколько ускорилось.

Столь же большие изменения претерпел кислородный режим озера, тесно связанный с температурными условиями в водоеме. На рис. 3 и 4 представлены кислородные кривые для центральной части Б. Севана (район «температурного купола») в начале и в конце периода стратификации в разные годы. До спуска для Севана была характерна высокая насыщенность кислородом на всех глубинах и в течение всего года. Количество кислорода в гипolimнионе к концу периода летней стагнации не падало ниже 8,2 мг/л (82% насыщения), за исключением отдельных, ограниченных по площади, впадин Малого Севана. С начала спуска до конца 50-х годов содержание кислорода в озерных водах оставалось достаточно высоким, несмотря на временные понижения, связанные с размывом илистых грунтов прибрежных районов. В 1957—1958 гг. количество кислорода в гипolimнионе обычно не опускалось ниже 7—8 мг/л. Резкое устойчивое ухудшение кислородного режима Большого Севана наблюдается начиная примерно с 1960 г. и выражается во все возрастающем дефиците кислорода в гипolimнионе в конце периода летней стагнации. По имеющимся данным, количество кислорода в гипolimнионе в сентябре 1960 г. уменьшилось до 5,3 мг/л (60% насыщения).

В октябре 1964 г. содержание кислорода в этих слоях составило 4,7 мг/л.

Широкими исследованиями термического и кислородного режима, проведенными в течение 1969 г., на дне Б. Севана обнаружена область пониженного содержания кислорода (5 мг/л в сентябре и 3,5—4,0 мг/л в октябре), занимающая центральную, наиболее глубокую часть его и соответствующая области распространения холодных вод, площадью около 150 км<sup>2</sup>.

В 1970 г. уже в конце августа количество кислорода в придонных холодных слоях Б. Севана снизилось до 3,5—4,0 мг/л, а в конце сентября—до 2,5 мг/л, что говорит о дальнейшем ухудшении кислородного режима озера.

В придонных водах, лежащих в зоне температурного скачка или эпимлиона и подвергающихся полному или частичному перемешиванию, содержание кислорода остается, несмотря на потребление, относительно высоким (рис. 5).

Резкое падение содержания кислорода в холодных глубинных водах Б. Севана связано с сокращением объема этих вод. В прежних условиях запасы кислорода в водах, лежащих ниже температурного скачка, при большом объеме последних, были достаточно велики, чтобы потребление его на окислительные процессы не оказывало существенного влияния на концентрацию. Поэтому, как уже указывалось, его содержание не падало ниже 8,2 мг/л. В настоящее время, когда объем этих вод и соответ-

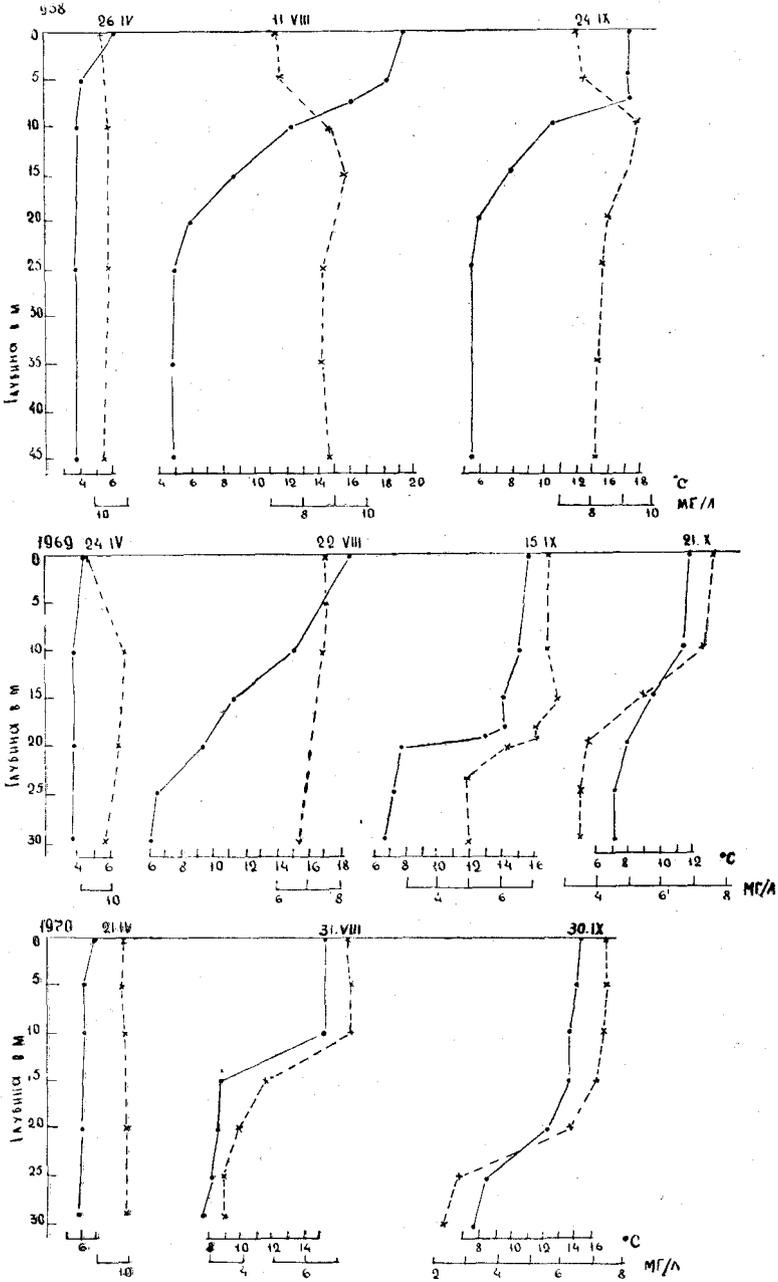


Рис. 3. Вертикальное распределение температуры (—) и кислорода (---) в центральной части Б. Севана в 1938, 1969 и 1970 гг. в начале (апрель) и конце (август—октябрь) периода стратификации.

ственно запасы кислорода в них значительно уменьшились (а потребление кислорода на окислительные процессы осталось прежним или даже несколько возросло), озеро подходит к началу осеннего перемешивания с большим дефицитом кислорода в природных неперемешивающихся слоях.

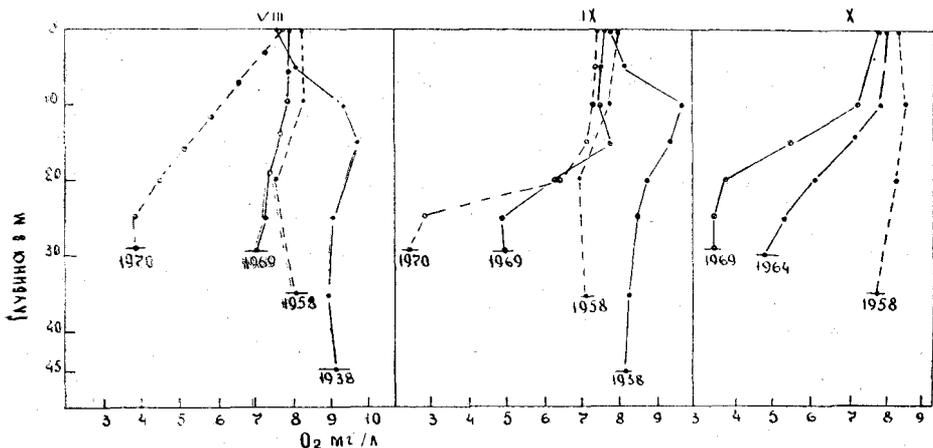


Рис. 4. Вертикальное распределение кислорода на постоянной станции в Б. Севане в конце периода летней стратификации в разные годы.

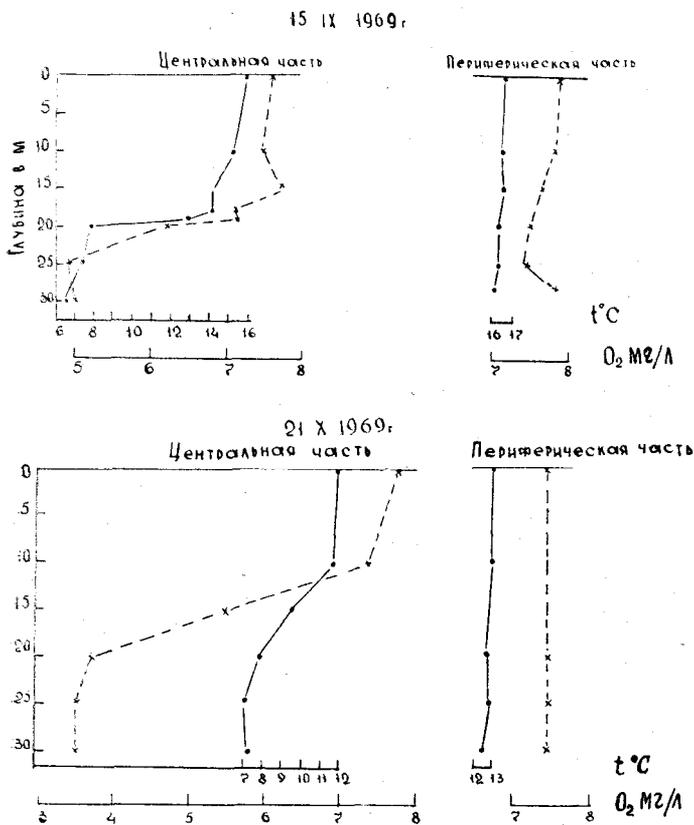


Рис. 5. Вертикальное распределение температуры (—) и кислорода (---) в различных частях Б. Севана в сентябре и октябре 1969 г.

Таким образом, в результате спуска Б. Севан превратился в умеренно глубокий, хорошо прогреваемый водоем с выраженным дефицитом кислорода в гипolimнионе в летне-осенний период. В противополож-

ность Б. Севану, в Мзлом, благодаря его большой глубине, изменения выражены в значительно меньшей степени.

Существенные изменения в термическом и кислородном режиме не могли не повлиять на ход биологических процессов в озере. Одним из наиболее важных биологических последствий спуска является возникновение в озере «цветения» воды, вызванного массовым развитием синезеленых водорослей рода *Апабаена* [4]. Это явление наблюдается ежегодно, начиная с 1964 г., в летне-осенний период. Продолжительность «цветения» с каждым годом увеличивается. При «цветении» огромные массы водорослей поднимаются в поверхностные слои воды, загрязняя и ухудшая питьевые качества ее. Важно отметить также, что виды *Апабаена* в некоторых случаях могут быть токсичными.

Возможности для «цветения» появились в озере с того времени, когда большая часть дна Большого Севана стала интенсивно прогреваться, и процессы распада органических веществ на дне ускорились, а усилившиеся процессы циркуляции вод в результате уменьшения глубины облегчили поступление питательных для водорослей веществ в верхние слои воды. Как установлено исследованиями, проведенными на украинских водохранилищах, в возникновении «цветения» очень важную роль играет также кислородный дефицит придонных слоев воды [6].

Другим очень важным биологическим последствием спуска явилось сокращение численности форелей, составляющих богатство Севана.

Форели принадлежат к рыбам, очень требовательным к температурному и кислородному режиму среды, чем и объясняется ограниченность их распространения в озерах. Потребность форелей в кислороде зависит от температуры—с увеличением температуры интенсивность процессов обмена, и соответственно потребность в кислороде, увеличивается. Температурный оптимум форели 12—15°, а содержание кислорода, при этом, должно составлять 8—10 мг/л. Форели могут жить при количестве кислорода 7 мг/л, если температура не превышает 8—10°. До спуска, как только температура воды в прибрежных районах повышалась, а содержание кислорода в ней падало, форель уходила в более глубокие холодные слои, где и находила подходящие для себя температурные и кислородные условия.

В настоящее время, как уже сказано, объем холодных вод сильно уменьшился, а те глубинные слои воды, где еще сохраняются низкие температуры, непригодны для форелей из-за большого дефицита кислорода.

Именно ухудшением условий жизни форели в озере можно объяснить сокращение улова ее (с 5,5 тыс. ц в 1952 г.—до 1,2 тыс. ц в 1968—1969 гг.); проведение интенсивных рыбоводных мероприятий (увеличение выпуска мальков, выпуск подрощенной молодежи и пр.) не сопровождается поэтому соответствующим увеличением запасов этой рыбы.

Браконьерство и хищение рыбы, несомненно, влияют на точность учета уловов и не дают возможности получить точное представление об истинных запасах рыбы. Однако уменьшение величины вылова на один замет невода, продолжающееся падение общих уловов форелей при зна-

чительно возросшей интенсивности их промысла, относительная стабильность темпа роста и упитанности рыбы при ухудшении условий откорма—факторы, свидетельствующие о падении численности этой рыбы [7].

В этих же условиях сига, будучи менее требовательными по сравнению с форелями к содержанию в воде кислорода и низким температурам, напротив, увеличили свою численность. Их уловы возросли с 20 ц в 1945 г. до 6 тыс. ц в настоящее время. Однако в последние годы температурные и кислородные условия в водоеме настолько изменились, что их уже нельзя считать благоприятными даже и для сигов.

Озеро Севан имеет важнейшее значение для республики и как источник чистой пресной воды. В настоящее время, как известно, не существует таких методов борьбы с «цветением», которые не нарушали бы другие биологические процессы в водоеме. Поэтому должны быть приняты все меры, чтобы восстановить режим, исключающий «цветение».

Единственной мерой, которая может восстановить чистоту севанских вод (т. е. уничтожить «цветение») и сохранить севанских форелей, является подъем уровня озера на 5 м, а при возможности в дальнейшем—на 7 м. При этом его гидрологический режим приблизится к таковому в 1957—1958 гг. Объем холодных вод и соответственно запас кислорода в них увеличится, и, таким образом, прежние условия в известной степени будут восстановлены.

Следует однако отметить, что подъем уровня озера может быть эффективным лишь при условии защиты озера от загрязняющего влияния стоков. В последние годы поступление промышленных, бытовых и сельскохозяйственных стоков увеличивается, а это в дальнейшем очень быстро может привести к значительному ухудшению его кислородного режима, независимо от уровня вод. Поэтому, наряду с повышением уровня, следует форсировать строительство коллектора для удаления сточных вод и строго регламентировать применение минеральных удобрений в бассейне озера.

Севанская гидробиологическая станция  
АН АрмССР

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Айнбунд М. М. Результаты комплексных исследований по севанской проблеме, ч. I, 1961.
2. Давыдов В. К. Материалы по исследованию озера Севан и его бассейна, ч. II, вып. I, 1934.
3. Киреев И. А. Материалы по исследованию озера Севан и его бассейна, ч. V, 1933.
4. Легович Н. А. Биологический журнал Армении, г. XXI, 12, 1968.
5. Марков Е. С. Озеро Гокча, ч. I, 1911.
6. Сиренко Л. А., Черноусова В. М., Арендарчук В. В., Козицкая В. Н. Гидробиологический журнал, т. V, 3, 1969.
7. Смолей А. И. Биологический журнал Армении, XXI, 6, 1968.
8. Фортунатов М. А. и Иняевский А. П. Научные известия Ереванского университета, 2, 1927.