

1974  
КОМИТЕТ ПО ИЗУЧЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОЗЕРА СЕВАН  
ПРИ СОВЕТЕ НАРОДНЫХ КОМИССАРОВ ЗСФСР

СЕВАНСКОЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ БЮРО

---

# МАТЕРИАЛЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ОЗЕРА СЕВАН И ЕГО БАССЕЙНА

---

Под редакцией профессора В. Г. ГЛУШКОВА  
и Завед. Севанским Бюро В. К. ДАВЫДОВА

---

ЧАСТЬ IV. ВЫПУСК 3

С. Я. Ляtti

ПОЛИВНЫЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ ОЗЕРА СЕВАН  
И РЕКИ ЗАНГИ

ЭРИВАНЬ

1938



КОМИТЕТ ПО ИЗУЧЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОЗЕРА СЕВАН  
ПРИ СОВЕТЕ НАРОДНЫХ КОМИССАРОВ ЭСФСР

СЕВАНСКОЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ БЮРО

551.48

M-34

# МАТЕРИАЛЫ

## ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ОЗЕРА СЕВАН

### И ЕГО БАССЕЙНА

Под редакцией профессора В. Г. ГЛУШКОВА  
и Завед. Севанским Бюро В. К. ДАВЫДОВА

ЧАСТЬ IV. ВЫПУСК 3

С. Я. Лягги

ПОЛИВНЫЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ ОЗЕРА СЕВАН  
И РЕКИ ЗАНГИ

БИБЛИОТЕКА  
Геологического Ин-та  
Арм. Фил. Акад. Наук СССР

ЭРИВАНЬ  
1933



Отв. редактор: проф. В. Г. Глушков и В. К. Давыдов

Техническ. редактор: М. Эприк

Издание Закавказского Севанского Комитета.

Типография Арменгиза

---

Зак. № 2857, Главл. 8924 (6.). Тир. 700.



ԱՆԴՐԺՈՂԿՈՄԽՈՐՀԻՆ ԿԻՑ  
ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՅԵՎ ՈԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ԿՈՄԻՏԵ  
ՍԵՎԱՆԱ ՀԻԴՐՈՄԵՏԵՈՐՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԲՅՈՒՐՈ

---

## Ն Յ Ո Ւ Թ Ե Ր

ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ՅԵՎ ՆՐԱ ԱՎԱԶԱՆԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ

ԽՄԲԱԳՐՈՒԹՅԱՄԲ

Պրոֆ. Վ. Գ. Գ Լ Ե Ղ Կ Ո Վ Ի

և Սեանա Բյուրոյի Վարիչ

Վ. Կ. Դ ա Վ Ի Դ Ո Վ Ի

Մ. IV, 3

Ս. ՅԱ. ԼՅԱՏՏԻ

ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ՅԵՎ ԶԱՆԳՈՒ ԳԵՏԻ ՋՐԵՐԻ  
ՎՈՌՈԳՄԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Թ Ե Ր Ե Վ Ա Ն 1933

---

THE COMMITTEE FOR THE INVESTIGATION OF LAKE SEVAN  
at the Council of People Commissaries of the Transcaucasian S. F. S. R.  
THE SEVAN HYDRO-METEOROLOGICAL BUREAU

---

## MATERIALS

ON THE INVESTIGATION OF LAKE SEVAN AND ITS BASIN

Edited by Professor V. G. Glužkov  
and the Chief of the Sevan Bureau V. K. Davydov

P. IV, 3

S. I. Latti.—Watering properties of the water of the  
Sevan Lake and the Zanga river

Erivan—1933



## СОДЕРЖАНИЕ

С. Я. Лятти—Поливные качества воды озера Севан и реки Занги

|                                                                      | Стр- |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| Состав воды озера Севан и реки Занги . . . . .                       | 5    |
| Ирригационная оценка воды . . . . .                                  | 19   |
| Изменение поливных качеств воды при понижении уровня озера . . . . . | 34   |

## ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. Յա. Լյատտի—Սեվանա լճի յեվ Զանգու գետի ջրերի վոռոգման հատկությունները

|                                                                                 | Ծր |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Սեվանա լճի յեվ Զանգու գետի ջրերի կազմը . . . . .                                | 5  |
| Ջրի գնահատումը վոռոգման տեսակետից . . . . .                                     | 19 |
| Ջրի վոռոգման հատկությունների փոփոխումը լճի մակերեսն իջեցնելու դեպքում . . . . . | 34 |

## CONTENTS

S. I. Latti—Watering properties of the water of the Sevan Lake and the Zanga river

|                                                                                   | Page |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------|
| The composition of water of the Lake Sevan and of the Zanga river . . . . .       | 5    |
| The irrigation value of the water . . . . .                                       | 19   |
| The alteration of the watering quality with a lowered level of the lake . . . . . | 34   |



## I.

### Поливные качества воды озера Севан и реки Занги.

С. Я. Ляtti.

Командное положение озера Севан над безгодными территориями ССР Армении, которые при орошении могли бы с успехом возделываться под самые рентабельные культуры (хлопок, виноград, табак и пр.), уже давно выдвигало проблему ирригационного использования этих вод.

Связанное с разрешением этого вопроса изучение озера и его истока начато в апреле 1928 г. и закончено в полевой и лабораторной части в октябре 1930 г.

В рамки настоящей работы включено краткое описание химизма воды озера Севан и реки Занги и характеристика поливных качеств этой воды.

Химический состав и концентрация солей в естественных водах подвержены изменениям во времени и в пространстве.

Крупные водоемы, как правило, отличаются неоднородностью состава и неодинаковостью концентрации воды: глубинные зоны очень часто обладают более сильной концентрацией и иным характером солёности, нежели поверхностные; различные участки их, в зависимости от степени непосредственного влияния поверхностного и грунтового питания, в разные периоды года разнятся концентрацией и составом растворенных компонентов. Реки в период таяния снегов несут больше взвешенного материала, часто иного химического и механического состава и меньше растворенных веществ, чем в период межени.

Нарушение естественного режима озера вызовет иные соотношения между притоком и оттоком воды, иные соотношения прихода-расходных статей селевого баланса, а, следовательно, и изменения в характере и концентрации солёности.

Это непостоянство состава воды чрезвычайно осложняет и увеличивает объем необходимых работ для получения данных, позволяющих учесть хотя бы с некоторым приближением количество и качество растворенных и взвешенных материалов, доставляемых в разное время на орошаемые поля.

По этим соображениям оз. Севан подверглось систематическому зональному исследованию в разные периоды года. Охвачены годовым циклом изучения все более значительные притоки, а также исток и среднее течение р. Занги.



#### Полевая методика.

Образцы воды из различных зон озера извлекались батометром копенгагенского образца и с помощью каучуковой трубки переливались в бутылки с притертыми пробками. Местоположение судна определялось буссолью или секстаном. Сроки до анализа допускались от одного до трех дней.

Образцы воды для учета растворенных наносов в реке Занге на водомерном посту Арзни, у головных сооружений оросительной системы «Киров» (в 95 км от истока) брались ежедневно мензуркой или стаканчиком, предварительно калиброванным. Образцы за весь месяц сливались вместе. Консервантом служил формалин. Для контроля над свободной углекислотой (активная реакция) брались ежедекадные пробы в размере литровой бутылки каждая и до отправки в лабораторию хранились на льду, а для общего контроля ежемесячно между 15-м и 20-м числами производилась выемка пробы непосредственно производителем работ и им же анализировалась в лаборатории. Сроки до начала анализа колебались в пределах от 1 до 35 суток.

Пробы на взвешенные вещества на водомерных постах «Занга-мост» у истока и «Занга-мельница» в 3 км ниже брались ежедневно с 0.2 ширины и 0.6 глубины реки в количествах, пропорциональных расходам воды. Суммированием этих образцов за месяц получалась средне-месячная проба, из которой и определялось содержание взвешенных наносов. Выемка образцов производилась калиброванным стаканчиком. Консервантом служил формалин.

Пробы для учета взвешенных веществ на водомерном посту «Занга-Арзни» брались батометром-тахиметром на металлической шланге. Количество ежедневной пробы для составления суммарно-месячной определялось колебанием скорости течения реки в постоянной точке взятия пробы, что приблизительно соответствовало колебаниям расходов воды. Сливание воды с отстоявшегося в течение не менее 2-х недель осадка в четвертных бутылках и доставка из сел. Арзни в лабораторию в сел. Еленовке производились раз в месяц самим автором.

#### Лабораторная методика.

Химический анализ воды. К и Na определялись из 1—2 литров воды весовым методом, причем из выпаренного остатка серная кислота удалялась баритом, а другие сильные кислоты и большинство двух-трех-валентных катионов выпариванием и прокаливанием с щавелевой кислотой. Окончательная очистка углещелочей производилась многократной обработкой с  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{NH}_4\text{OH}$ . Хлориды взвешивались в платиновой чашке и отделялись хлороплатинатом.

Ca и Mg определялись из 500—1000 куб. см воды весовым методом; последний — чаще осаждением по Шмидцу.

Fe, Al и  $\text{PO}_4$  определялись колориметрическими методами: роданидным, по Атак'у и Denigès.

$\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{NH}_4$  — методами Грандвалля и Ляжу, Грисса и Несслера. При количественных определениях  $\text{NO}_3$  предварительно удалялся Cl приливанием раствора  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  и последующей фильтрацией и прибавлялись аналогичные количества раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  к пробе и стандарту перед их



выпариванием. Перед вливанием несслеровского реактива к жестким водам прибавлялся раствор сегнетовой соли.

Cl—способом Мора из 100 см<sup>3</sup> воды, упаренной до 10—15 см<sup>3</sup>, при наблюдении за наступлением конца реакции через желтые очки. Реже—весовым путем.

SO<sub>4</sub>—из 1—2 литров пробы весовым баритовым методом.

CO<sub>2</sub> общая—газометрическим методом *Петерсена—Тредвелля*. Давление бралось из показаний ртутного барометра или барографа метстанции в с. Еленовка.

HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub> и CO<sub>2</sub> своб.—объемными способами.

SiO<sub>2</sub>—из 250—1000 см<sup>3</sup> воды весовым путем с выпариванием и обработкой в платиновой чашке.

SiO<sub>3</sub>—вычислялась из Щ.Р. и различных состояний углекислоты.

Плотный остаток—выпариванием 250—1000 см<sup>3</sup> воды в платиновой чашке.

pH—чаще вычислялось из данных полного анализа.

Валовой анализ взвешенных наносов, за исключением газометрического определения углекислоты гумуса и карбонатов, производился по методам, описанным акад. *К. К. Гедройцем*.

Механический анализ. Агрегаты более 1.00 мм отсеивались системой сит. Подготовка образцов для дальнейшего определения более мелких частиц производилась кипячением их с дистиллированной водой в течение одного часа. Частицы менее 0.01 мм отмучивались по *Сабанину*, а частицы от 0.01 до 1.00 мм отделялись на фракции по объему в трубках *В. Г. Глушкова*.

## ОЗЕРО СЕВАН

Согласно данным 17 полных и 51 кратких анализов воды различных зон озера в разные месяцы 1928—29 г. г., всюду, за исключением недоступных прибою бухточек, обнаружена однородность химического состава; сравнение результатов отдельных анализов показало отклонение от среднего в пределах  $\pm 1-2\%$  (см. Материалы по исследованию озера Севан и его бассейна, ч. II, вып. I и 2).

Данные исследований 1929—30 г. в количестве 5 подробных и около 150 кратких химических анализов воды преимущественно из придонных зон озера подтвердили ту же картину однородности концентрации солей во всей массе воды. Можно отметить, как правило, что придонные слои отличаются весьма незначительно более повышенным содержанием Ca, HCO<sub>3</sub>, HPO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, Mg, K и Na, чем поверхностные.

На основании этого анализ воды, приводимый в таблице 1 можно считать характерным для озера Севан за весь период наших исследований с точностью  $\pm 1-2\%$  отклонений.



Таблица 1.

Средний химический состав воды оз. Севан.

| Составные части                          | В л и т р е в о д ы               |                  |        |               |          | мгг-эквивал.<br>% % |
|------------------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------|---------------|----------|---------------------|
|                                          | мгг                               | ионы             | мгг    | мгг-ионы      | эквивал. |                     |
|                                          | К а т и о н ы                     |                  |        |               |          |                     |
| K <sub>2</sub> O                         | 25,8                              | K                | 21,4   | 0,548         | 0,548    | 2,7                 |
| Na <sub>2</sub> O                        | 104,2                             | Na               | 77,3   | 3,364         | 3,364    | 16,5                |
| CaO                                      | 47,4                              | Ca               | 33,9   | 0,846         | 1,692    | 8,3                 |
| MgO                                      | 92,0                              | Mg               | 55,9   | 2,297         | 4,595    | 22,6                |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 0,1                               | Fe               | 0,07   | 0,001         | 0,003    | 0,0                 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | 0,2                               | Al               | 0,1    | 0,004         | 0,011    | 0,1                 |
| NH <sub>3</sub>                          | 0                                 | NH <sub>3</sub>  | —      | —             | —        | —                   |
|                                          | Σг'                               |                  | 188,67 |               | 10,213   | 50,2                |
|                                          | А н и о н ы                       |                  |        |               |          |                     |
| Cl                                       | 62,3                              | Cl               | 62,3   | 1,757         | 1,757    | 8,7                 |
| SO <sub>3</sub>                          | 12,4                              | SO <sub>4</sub>  | 16,9   | 0,176         | 0,352    | 1,7                 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>            | 0,73                              | HPO <sub>4</sub> | 0,99   | 0,0105        | 0,021    | 0,1                 |
| CO <sub>2</sub> гидрок.                  | 299,2                             | HCO <sub>3</sub> | 414,7  | 6,801         | 6,801    | 33,4                |
| CO <sub>2</sub> карб.                    | 26,4                              | CO <sub>3</sub>  | 36,0   | 0,5995        | 1,199    | 5,9                 |
| N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>            | 0                                 | —                | —      | —             | —        | —                   |
| N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>            | 0                                 | —                | —      | —             | —        | —                   |
|                                          | Σг'                               |                  | 530,89 |               | 10,130   | 49,8                |
|                                          | Σ(г'+г') 719,56                   |                  |        |               |          | 100,0               |
|                                          | М и л л и г р . - э к в и в . ‰ ‰ |                  |        |               |          |                     |
| Плотн. ост. 105-110°                     | 551,8                             | Сильных кислот   | 10,4   | I кислотность | 20,8     |                     |
| SiO <sub>2</sub>                         | 3,2                               | Слабых           | 39,4   | II „          | 0        |                     |
| Окисляем. в O <sub>2</sub>               | 2,1                               | Поправка +       | 0,2    | III „         | 0        |                     |
| Ш. Р. см <sup>3</sup> HCl $\frac{p}{10}$ | 80,0                              | Σг'              | 50,0   |               |          |                     |
| Житк. нем. град.                         | 17,7                              | Щелочей          | 19,2   | I щелочность  | 17,7     |                     |
| pH                                       | 9,25                              | Щелочн. земель   | 30,9   | II „          | 61,4     |                     |
| Взвешенный матер.                        | 0,00                              | Слаб. основ.     | 0,1    | III „         | 0,1      |                     |
|                                          |                                   | Поправка —       | 0,2    |               | 100,0    |                     |
|                                          |                                   | Σг'              | 50,0   |               |          |                     |

Вода I класса Пальмера  
Щелочный коэффициент—13,2

Сравнение результатов химических анализов поверхностных слоев воды оз. Севан, произведенных *О. К. Стаховским* в 1893—94 годах, с полученными нами показывает их почти полное совпадение при некотором превышении концентрации у *О. К. Стаховского* в пределах от 0,26 до 6‰ по отдельным элементам. В пользу несколько большей величины солености во время исследований *О. К. Стаховского* говорит более низкий уровень озера в эти годы, соответствующий засухливости в 1890-ых годах



и уменьшенному объему озера. Результаты анализов О. К. Стаховского и других и их сравнение с нашими уже довольно подробно рассматривались в печати\*), почему здесь важно лишь отметить, что вышеприведенный средний анализ является также и многолетним, отображающим состав воды оз. Севан в пределах  $\pm 2-3\%$  отклонений.

Среди характерных особенностей состава этой воды в общих чертах можно отметить:

**1. Сравнительно высокую минерализованность**, определяемую плотным остатком в 551.8 мгр на литр воды. В подавляющем большинстве случаев практики ирригационные воды в вегетативный период обладают плотным остатком растворенных веществ от 150 до 350 мгр литр.

**2. Высокую щелочность**— $pH=9.25$ . Доказано, что при прочих равных условиях оптимальными для развития органической жизни обладает среда с активной реакцией, определяемой  $pH=7.07$ , т. е. нейтральной.

**3. Значительное содержание магниезиально-натровых солей.** Соли эти, за незначительностью их потребления растениями, рассматриваются в поливной воде в лучшем случае как нейтральные. Причины накопления магниезиально-натровых солей в воде Севана вытекают из общей аккумуляции солей этим озером в силу многократного превышения притока воды над стоком. Притекающая с бассейна вода, весьма мало содержащая растворенного натрия и магния, по поступлении в озеро теряет большую часть на испарение, превращаясь в небольшой остаток, в котором сохраняется первоначальное количество этих элементов.

**4. Преобладание магниезиально-натровых солей над кальциевыми.** Причина этого явления кроется в наличии в водах изучаемого нами бассейна весьма ограниченного количества сильных кислот при наличии гораздо большего количества щелочей. В результате последние вытесняют кальций из растворимых соединений с сильными кислотами; будучи мало растворим в формах своих углесоединений, кальций интенсивно выпадает из раствора в осадок, уступая доминирующее место в растворе натрию и магнию. Факт выпадения извести из раствора под влиянием физико-химических процессов преимущественно перед биологическим потреблением подтверждается хотя бы тем, что запасы калия и фосфора сохраняются в удобоусвояемом состоянии в растворе почти не затронутыми биологическим потреблением.

**5. Отсутствие взвешенных материалов.** Наличие и в особенности высокая насыщенность поливной воды взвешенными материалами расценивается как одно из наиболее существенных положительных свойств ее.

**6. Незначительную окисляемость**, что является показателем малого развития органической материи в этой среде и, следовательно, ничтожного содержания органического азота.

\*) См. работу автора в Бюллетене Бюро гидрометеорологических исследований на озере Севан, № 7—8, 1929 г.



**7. Отсутствие азотосодержащих солей.** Этот характерный признак замкнутых и полусточных водоемов квалифицируется как отрицательное свойство поливной воды.

**8. Богатство фосфором и калием.** Эта особенность воды озера Севан, являясь во всех отношениях положительным фактором, вытекает: а) из богатства этими элементами горных пород бассейна, б) из низкой концентрации органической жизни данной водной среды, в силу чего калий и фосфор мало утилизируются, и в) из процесса аккумуляции всех солей этим водоемом.

Из вышеуказанных особенностей воды Севана необходимо выделить пункты 1, 3, 5 и 7, как отрицательные поливные признаки воды всякого водоема, вмещающего более, чем однолетний сток воды со своего бассейна, и принадлежащего к климатической области со значительным преобладанием испарения с водной поверхности над осадками.

Очевидно, что спуск озера, постепенно сокращая его зеркало, понижая абсолютную величину испаряемости воды из него и увеличивая его проточность, тем самым приведет постепенно к меньшей минерализации, магниальности и щелочности воды.

Подробнее вопрос об изменении солёности воды по мере понижения уровня озера будет рассмотрен ниже.

Отрицательность 1-го и 3-го признаков, т. е. высокой минерализации и значительного содержания магния и натрия, как и характерная особенность воды Севана, заключающаяся в наличии высокой щелочности, проявляется в непосредственном неблагоприятном их влиянии на почву и растения. Отсутствие в поливной воде взвешенных наносов и азотосодержащих соединений отрицательно потому, что, во-первых, такая вода бесплодна за отсутствием ценных для растений азотистых, фосфористых и калийных удобрений и, во-вторых, обладает слабо выраженной кольматационной способностью.

Характер влияния отмеченных особенностей воды Севана на растения и почвы рассмотрим во второй части работы.

## РЕКА ЗАНГА

Занга у истока. Стационарные наблюдения велись с июня 1928 г. по май 1929 г. на обоих постах—у моста и развалин мельницы—над режимо́м взвешенных веществ.

В результате были получены нижеследующие данные:



Таблица 2.

| Год<br>и<br>месяц | Занга-мост                                                  |                       |                                 |                              | Занга-мельница                                             |                       |                                 |                               |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------|
|                   | Средн. мес-<br>ячное содер-<br>жание взвеш.<br>вещ. гр/литр | Гигроско-<br>пичность | Потеря<br>при прока-<br>ливании | Прокален<br>ный оста-<br>ток | Средн мес-<br>ячное содер-<br>жание взвеш.<br>вещ. гр/литр | Гигроско-<br>пичность | Потеря<br>при прока-<br>ливании | Прокален-<br>ный оста-<br>ток |
|                   |                                                             |                       |                                 |                              |                                                            |                       |                                 |                               |
| 1928 VI           | 0,0109                                                      | 11,31                 | 31,47                           | 68,53                        | 0,0213                                                     | 9,56                  | 23,22                           | 76,78                         |
| » VII             | 0,0056                                                      |                       |                                 |                              | 0,0119                                                     |                       |                                 |                               |
| » VIII            | 0,0056                                                      |                       |                                 |                              | 0,0119                                                     |                       |                                 |                               |
| » IX              | 0,0096                                                      | 8,28                  | 28,26                           | 71,74                        | 0,0135                                                     | 10,20                 | 33,16                           | 66,84                         |
| » X               | 0,0096                                                      |                       |                                 |                              | 0,0135                                                     |                       |                                 |                               |
| » XI              | 0,0139                                                      |                       |                                 |                              | 0,0081                                                     |                       |                                 |                               |
| » XII             | 0,0005                                                      | 9,30                  | —                               | —                            | 0,0012                                                     | 11,70                 | 40,96                           | 59,04                         |
| 1929 I            | 0,0086                                                      |                       |                                 |                              | 0,0071                                                     |                       |                                 |                               |
| » II              | 0,0053                                                      |                       |                                 |                              | 0,0070                                                     |                       |                                 |                               |
| » III             | 0,0064                                                      | 8,40                  | 27,24                           | 72,76                        | 0,0149                                                     | 8,40                  | 27,24                           | 72,76                         |
| » IV              | 0,0057                                                      |                       |                                 |                              | 0,0072                                                     |                       |                                 |                               |
| » V               | 0,0056                                                      |                       |                                 |                              | 0,0105                                                     |                       |                                 |                               |
| Среднее           | 0,0073                                                      |                       |                                 |                              |                                                            |                       |                                 |                               |

Приведенные цифры характеризуют ничтожность мути в этой части р. Занги. Концентрацию мути в смысле ее поливной ценности можно смело приравнять нулю. Можно лишь отметить, что озерная вода, почти совершенно лишенная взвешенных материалов, с поступлением в р. Зангу постепенно приобретает незначительное количество их на данном участке реки.

Согласно данным о гигроскопичности, потере при прокаливании и морфологических признаках, взвешенный материал отличается здесь глинистостью и большим содержанием органических веществ.

Рассмотренные наносы р. Занги в пределах этих водомерных постов целиком определяются соленостью воды оз. Севан. Приводим результаты кратких анализов:

Таблица 3.

| Место взятия<br>образца | Дата      | мг в литре |                               |                                      |                               | ЩР<br>см <sup>3</sup> HCl $\frac{п}{10}$ | Примечание             |
|-------------------------|-----------|------------|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|------------------------|
|                         |           | Cl         | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | С <sup>1</sup> <sub>2</sub><br>карб. | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |                                          |                        |
| 1. Занга-мост           | 10 VII 28 |            |                               |                                      |                               |                                          | Среднее из<br>анализов |
|                         | 30 I 29   | 62,9       | 0,71                          | 24,6                                 | 0                             | 80,5                                     |                        |
| 2. » »                  | 26 XI 28  | 62,0       | 0,72                          | 23,8                                 | 0                             | 80,8                                     |                        |
| 3. Занга-мельница       | » »       | 62,0       | 0,72                          | 23,8                                 | 0                             | 81,0                                     |                        |
| 4. У сел. Чирчир        | » »       | 62,0       | 0,72                          | 23,3                                 | 0                             | 80,6                                     |                        |

Беглого сравнения их со средним анализом воды озера (табл. 1) достаточно для заключения, что вода озера не претерпевает изменений в



химическом составе на участке р. Занги от истока до сел. Чирчир.

Р Занга у

с. Арзни.

Растворенные наносы. Изучение растворенных веществ свелось к получению средних месячных образцов воды и их полных химических анализов. Всего было произведено 12 таких анализов, по одному для каждого месяца, начиная с мая 1929 г. и кончая апрелем 1930 года. Результаты их сведены в таблицах, приложенных к настоящей работе.

Из этих данных усматривается, что вода р. Занги на посту Арзни на протяжении гидрологического года характеризуется соленостью в пределах колебания плотного остатка от 156.0 мгр на литр в мае до 334.0 мгр в феврале. Это довольно обычная концентрация солености и относительно небольшая амплитуда ее годового колебания для наиболее известных ирригационных вод.

Сопоставляя месячный ход колебаний солености и расходов воды (табл. 6), заметим, что максимальным расходам соответствует минимальная соленость, а повышенной солености—пониженные расходы воды. Аналогичную общей солености кривую дают и отдельные наиболее значительные компоненты. Наибольшую годовую амплитуду обнаруживают:  $\text{Cl}$  (отношение минимального месячного количества к максимальному составляет 1:4),  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  (1:3), наименьшую— $\text{CaO}$  (1:1,5).

Проследив полный цикл годового хода солености, заметим, что наименьшей величины она достигает в мае, июне и апреле (плотный остаток 156.0, 184.0 и 212.0 мгр на литр, далее в июле и марте она дает уже скачек вверх) плотный остаток 280.0 и 290.4 мгр(л), а все остальные месяцы обладают очень устойчивой соленостью в пределах колебания плотного остатка от 316.0 до 334.0 мгр на литр (см. график).

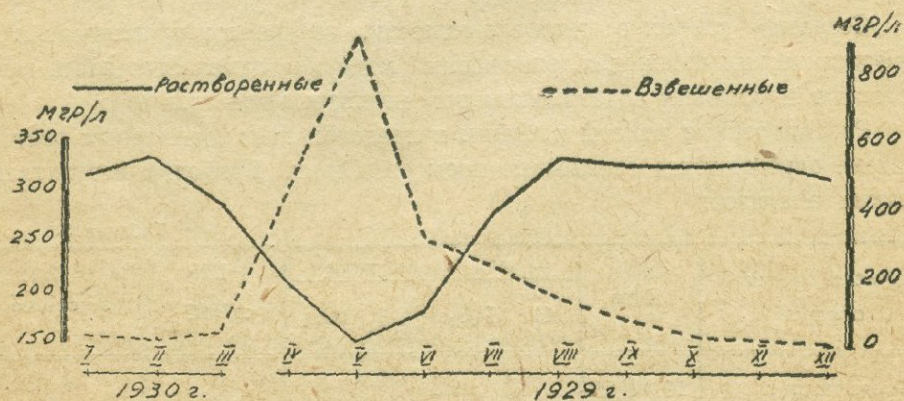


График годового хода растворенных и взвешенных наносов  
р. Занги у сел. Арзни.

Колебания солености воды р. Занги на п. Арзни, присущая ей годовая амплитуда и обратная зависимость солености от расходов воды представляют собой явления, свойственные вообще большинству рек. Но



наряду с этим можно выделить некоторые индивидуальные особенности р. Занги:

1. высокую щелочность, превышающую  $pH=8.4$  на протяжении периода с октября по февраль,

2. значительное содержание и преобладание в плотном остатке магниально-натровых соединений, колеблющихся от паводка к межени в пределах от 51 до 70% всех солей,

3. ничтожное содержание сернокислых солей: до 8% в период паводка и 3—4% в период межени,

4. относительно высокое содержание калия и фосфора.

Причина высокой щелочности, особенно в зимний период обусловлена влиянием воды оз. Севан да и вода притоков реки Занги отличается реакцией, измеряемой  $pH > 7.07$ .

Значительная концентрация и доминирование магниально-натровых солей в воде реки Занги является результатом влияния двух источников питания: озера Севан, и многочисленных родников преимущественно на левом берегу реки, также обогащенных магнием и натром.

Ничтожное содержание сернокислых солей и относительно высокая концентрация калия и фосфора в воде р. Занги целиком объясняются бедностью питающих реку вод этими солями и богатством их калием и фосфором и стоят в связи с отсутствием или весьма малым распространением осадочных серо- или гипсоносных пород в верховьях реки при большом распространении там изверженных пород, богатых калием и фосфором.

Взвешенные наносы. Учет взвешенных материалов р. Занги у сел. Арзни производился с апреля 1929 г. по май 1930 года.

Полученные средне-месячные, минимальные и максимальные суточные расходы приводятся ниже в таблице 4.

Согласно этих данных и предыдущего графика, годовой ход концентрации мути в реке Занге обнаруживает резкий подъем с наступлением паводка, достигая максимума в мае, далее в июне резко падает, а потом, медленно убывая, показывает уже ничтожное содержание мути с октября месяца с минимумом в феврале.

Сличение расходов воды (табл. 6) и взвешенных материалов обнаруживает между этими двумя явлениями прямую зависимость: высоким расходам воды соответствует высокая концентрация взвешенных веществ, в обоих случаях с максимумом в мае и, наоборот, низким расходам воды соответствует ничтожное количество взвешенных веществ.

Привлекает внимание низкое состояние мутности в паводок 1930 года с максимумом в апреле. Это обстоятельство находит объяснение в раннем, исключительно маловодном и кратковременном паводке этого года.

Сравнивая мутность воды р. Занги и туркестанских рек (табл. 5), обратим внимание на следующие явления:



Таблица 4

**Взвешенный материал в воде р. Занги на посту Арзни**

| Дата |       | Место выемки пробы |                        | Суммарно-<br>месячный<br>объем пробы<br>в литрах | Количество взвешенных мате-<br>риалов г/литр |          |         |
|------|-------|--------------------|------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------|---------|
| Год  | Месяц | С шири-<br>ны реки | С глу-<br>бины<br>реки |                                                  | Среднее<br>за<br>месяц                       | Максимум | Минимум |
| 1929 | IV    | 0,2                | 0,5 и 0,6              | 20,08                                            | 0,4699                                       | 2,124    | 0,0300  |
| „    | V     | „                  | 0                      |                                                  |                                              |          |         |
|      |       |                    | 0,6X2                  | 88,66                                            | 0,9097                                       | 1,2522   | 0,1794  |
|      |       |                    | 1,0                    |                                                  |                                              |          |         |
| „    | VI    | „                  | 0                      |                                                  |                                              |          |         |
|      |       |                    | 0,6X2                  | 102,47                                           | 0,3226                                       | 1,0260   | 0,0679  |
|      |       |                    | 1,0                    |                                                  |                                              |          |         |
| „    | VII   | „                  | 0                      |                                                  |                                              |          |         |
|      |       |                    | 0,6                    | 64,75                                            | 0,2364                                       | 0,3128   | 0,0274  |
|      |       |                    | 1,0                    |                                                  |                                              |          |         |
| „    | VIII  | 0,2                | 0                      |                                                  |                                              |          |         |
|      |       |                    | 0,6                    | 54,23                                            | 0,1450                                       | —        | 0,0178  |
|      |       |                    | 1,0                    |                                                  |                                              |          |         |
| „    | IX    | „                  | 0                      |                                                  |                                              |          |         |
|      |       |                    | 0,6                    | 32,87                                            | 0,0839                                       |          |         |
|      |       |                    | 1,0                    |                                                  |                                              |          |         |
| „    | X     | 0,2. 0,5<br>и 0,7  | 0                      |                                                  |                                              |          |         |
|      |       |                    | 0,6                    |                                                  |                                              |          |         |
|      |       |                    | 1,0                    | 21,23                                            | 0,0399                                       |          |         |
|      |       |                    | 1,0-0,0                |                                                  |                                              |          |         |
| „    | XI    | „                  | 1,0-0,0                | 49,09                                            | 0,0271                                       |          |         |
| „    | XII   | „                  | „                      | 50,50                                            | 0,0212                                       |          |         |
| 1930 | I     | „                  | „                      | 24,47                                            | 0,0253                                       |          |         |
| „    | II    | „                  | „                      | 24,49                                            | 0,0125                                       |          |         |
| „    | III   | „                  | „                      | 27,98                                            | 0,0375                                       |          |         |
| „    | IV    | „                  | „                      | 32,09                                            | 0,2346                                       |          |         |
| „    | V     | „                  | „                      | 20,12                                            | 0,2122                                       |          |         |

1. ничтожную, более чем в 10 раз меньшую концентрацию взвешенных материалов в воде р. Занги в сравнении с туркестанскими реками,

2. общность характера годового хода мутности в обоих случаях.

Первое вытекает из озерного и родникового характера питания р. Занги задренованности бассейна р. Маман, ее главного притока и поставщика взвешенных материалов, а также из сложения русла и поймы р. Занги коренными, т.е. не кластическими породами.

Второе является следствием аналогичного хода годового стока воды.

Суммарное количество взвешенных наносов, пронесенных р. Зан-



Таблица 5

| Река                         | Год     | Среднее ‰/100 содержание взвешенного материала |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Примечание                                   |
|------------------------------|---------|------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------------------------------|
|                              |         | IV                                             | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | I    | II   | III  |                                              |
| Занга, п. Арзни              | 1929—30 | 0,47                                           | 0,91 | 0,32 | 0,24 | 0,15 | 0,08 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0 ‰/100 веса наносов к общему объему воды.   |
| Аму-Даря, ст. Керки          | 1913—12 | 7,66                                           | 7,74 | 3,48 | 5,46 | 3,51 | 2,65 | 1,23 | 0,94 | 0,99 | 1,24 | 1,37 | 2,44 | 9 ‰/100 объема наносов к общему объему воды. |
| Сыр-Дарья, ст. Запорожск. я. | »       | 1,64                                           | 4,98 | 2,19 | 1,99 | 0,86 | 0,77 | 0,53 | 0,48 | 0,30 | 0,55 | 0,71 | 1,22 | —                                            |

гой у п. Арзни за период с апреля 1929 г. по март 1930 года даем в таблице 6. В виду отсутствия в нашем распоряжении обработки расходов воды за 1930 г., для подсчета суммарного расхода взвешенных материалов в январе—марте этого года использованы соответствующие средние за 1925—29 г. Если учесть крайние колебания средних месячных расходов воды в эти три месяца на протяжении указанного ряда лет и ничтожное содержание взвешенного материала в этот период года, то ошибка в общем результате подсчета годового расхода наносов р. Занги укладывается в пределах  $\pm 0.04—0.12\%$  этого результата.

Из показаний приведенной таблицы 6 следует, что р. Занга расходует в апреле  $24\%$ , в мае— $55\%$ , в июне— $10\%$ , в июле— $5\%$ , в августе— $2\%$  и в сентябре около  $1\%$  годовой суммы своих взвешенных наносов, т. е.  $97\%$  за летнее и только  $3\%$  за зимнее полугодие.

Обращает внимание исключительно высокий процент расхода взвешенных наносов в апреле—мае и столь же исключительно ничтожный расход их на протяжении зимнего периода. Подобная амплитуда и резкое сконцентрирование расхода взвешенных материалов весной были бы вполне уместны, если бы ту же картину обнаруживал и сток воды, чего в действительности не наблюдается. Наоборот, сток реки Занги отличается на протяжении года значительной зарегулированностью: многолетний средний месячный расход воды относится к максимальному среднему месячному, как 1:3.

Эта характерная особенность годового расхода взвешенных материалов р. Занги находит себе объяснение в факторах питания и сложении русла и поймы этой реки: взвешенные наносы поступают главным образом с правобережной части водосборного бассейна, отличающейся пиковостью весеннего поверхностного стока, левый же берег с количественно преобладающим постоянным родниковым питанием дает лишь ничтожное количество взвешенного материала.



Таблица 6

| Год,<br>месяц | Расходы воды |                     | Количество взвешенных наносов |               | Примечание                                     |
|---------------|--------------|---------------------|-------------------------------|---------------|------------------------------------------------|
|               | м³/сек       | Тысяч куб. м в мес. | гр на 1 литр                  | Тонн в м. сяц |                                                |
| 1929 IV       | 44.50        | 115,344             | 0.4699                        | 54.200        | Расходы воды по данным гидрометрического поста |
| » V           | 50.62        | 135.556             | 0.9097                        | 123,316       |                                                |
| » VI          | 28.13        | 72,916              | 0.3226                        | 23,523        |                                                |
| » VII         | 17.43        | 46,780              | 0.2364                        | 11,059        |                                                |
| » VIII        | 12.64        | 33,848              | 0.1450                        | 4,908         |                                                |
| » IX          | 12.68        | 32.871              | 0.0839                        | 2,758         |                                                |
| » X           | 12.72        | 34.069              | 0.0899                        | 1,359         |                                                |
| » XI          | 11.87        | 30.767              | 0.0271                        | 834           |                                                |
| » XII         | 11.29        | 30.239              | 0.0212                        | 641           |                                                |
| 1930 I        | 10.10        | 27.052              | 0.0253                        | 684           |                                                |
| » II          | 10.31        | 24.736              | 0.0125                        | 309           |                                                |
| » III         | 12.09        | 32,382              | 0.0375                        | 1.214         |                                                |
| За год        |              |                     |                               | 224,805       |                                                |

Механический состав взвешенных веществ. Механическому анализу были подвергнуты всего 12 средне-месячных образцов взвешенных наносов. Результаты анализов приводим в таблице 7.

Таблица 7

| Год, месяц | Фракции в % |           |           |           |           |       | Сумма |
|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|
|            | <0,01       | 0,01—0,05 | 0,05—0,25 | 0,25—0,50 | 0,50—1,00 | >1,00 |       |
| 1929 IV    | 47.33       | 13.42     | 25.02     | 3.85      | 6.74      | 3.64  | 100,0 |
| » V        | 42.20       | 9.27      | 27.42     | 6.66      | 10.02     | 4.43  |       |
| » VI       | 50.20       | 8.17      | 30.73     | 3.03      | 5.07      | 2.80  |       |
| » VII      | 61.35       | 13.17     | 21.96     | 2.20      | 0.88      | 0.44  |       |
| » VIII     | 56.75       | 18.14     | 23.95     | 0.97      | 0.19      | 0     |       |
| » IX       | 62.42       | 17.11     | 19.37     | 0.89      | 0.21      | 0     |       |
| » X        | 67.23       | 15.42     | 16.02     | 0.99      | 0.34      | 0     |       |
| » XI       | 61.98       | 17.43     | 19.11     | 1.21      | 0.27      | 0     |       |
| » XII      | 71.23       | 14.17     | 15.14     | 0.46      | 0         | 0     |       |
| 1930 I     | 69.12       | 16.04     | 13.62     | 1.02      | 0.20      | 0     |       |
| » II       | 74.24       | 18.42     | 6.42      | 0.82      | 0.10      | 0     |       |
| » III      | 48.47       | 14.11     | 23.34     | 4.41      | 5.75      | 2.92  |       |

Данные таблицы выявляют песчаный характер взвешенного материала изучаемой нами реки. Почти 50%, а в месяцы максимального их расхода и более, падают на фракцию от 0.05 мм и крупнее; это характерный признак наносов горных рек с большими скоростями течения.

Сличение годового хода обнаруживает, что крупные фракции нахо-



дятся в прямой, а мелкие в обратной зависимости от расходов воды. Таким образом, по мере затухания кривой расходов воды и кривой содержания общего количества взвешенных наносов, механический состав последних изменяется в сторону убывания песчаных и нарастания глинистых фракций.

Согласно почвенной механической классификации по трехчленной формуле взвешенные наносы реки Занги следует отнести к категории глинисто-песчано-пылеватых в паводковый и к глинисто-пылевато-песчаных в меженный период.

Химический состав взвешенных наносов. Всего валовому анализу было подвергнуто 4 и определению гумуса и карбонатов 3 средне-месячных проб за 1929 г. Результаты их даем в таблице 8 с приведением для сравнения состава ила р. р. Аму-Дарья и Нила.

Таблица 8

| Состав-<br>ные<br>части        | % сухого вещества |   |       |     |          |                     |    | Аму-Дарья<br>ст. Керки<br>1/X—1910 до<br>2/IV—1911 | Нил<br>Высокий<br>уровень |
|--------------------------------|-------------------|---|-------|-----|----------|---------------------|----|----------------------------------------------------|---------------------------|
|                                | IV                | V | V-VI  | VII | VII-VIII | IV-IX<br>фр. < 0.01 | IX |                                                    |                           |
|                                |                   |   |       |     |          |                     |    |                                                    |                           |
| SiO <sub>2</sub>               | 59,85             |   | 58,93 |     | 54,95    | 55,24               |    | 51,57                                              | 54,94                     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 18,82             |   | 15,17 |     | 18,00    | 18,54               |    | 17,56                                              | 22,81                     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4,29              |   | 8,48  |     | 5,72     | 7,51                |    |                                                    |                           |
| CaO                            | 3,70              |   | 3,53  |     | 3,20     | 2,18                |    | 9,82                                               | 1,35                      |
| MgO                            | 2,35              |   | 2,49  |     | 2,82     | 2,57                |    | 3,04                                               | 0,24                      |
| MnO                            | 0,16              |   | 0,14  |     | 0,13     | 0,06                |    | 0,20                                               | —                         |
| K <sub>2</sub> O               | 1,42              |   | 0,97  |     | 1,08     | 1,93                |    | 2,48                                               | 1,35                      |

Обзор представленного таблицей материала позволяет характеризовать наносы р. Занги, как выщелоченные продукты механического разрушения различных горных пород в верховьях этой реки. Выщелоченность их особенно сильно проявляется в малом содержании кальция и щелочей.

Характерно, что одновременно с щелочными и щелочно-земельными основаниями происходит выщелачивание и кремнекислоты. Обстоятельство выщелачивания кремнекислоты вытекает из того, что несмотря на резкую выщелоченность наносов р. Занги кальцием и натрием, не наблюдается значительного обогащения невыщелоченного остатка кремнекислотой и подтверждается наличием большего содержания SiO<sub>2</sub> (см. приложение, табл. I) в составе растворенных наносов.

Валовой состав наносов по месяцам обнаруживает большое постоянство. Можно лишь подметить некоторое убывание кальция карбонатов и натрия и увеличение гумуса, азота, фосфора и калия по мере изменения механического состава в сторону большей глинистости и общего понижения взвешенных наносов в р. Занге.

Сравнение химического состава взвешенных наносов р. Занги с раз-

Гос. архив  
Арх. Фил. Ан. Н. 1938



личными типами почв обнаруживает их близость к выщелоченным черноземам, но с уклоном в сторону накопления полуторных окисей вместо кремнезема.

Из сравнения наносов реки Занги с наносами Нила и Аму-Дарьи подмечается более близкое сходство в общих чертах наших наносов с нильскими. Заслуживает внимания значительное содержание фосфора в зангинских наносах.

Вода реки Занги давно и не безуспешно применяется для орошения земель низовьев этой реки (Зангибасарский водный район). Выводится она из русла реки много ниже сел. Арзни, т. е. места наших исследований. На пути от сел. Арзни река Занга питается водой многих родников левого берега и принимает сточные и промышленные воды гор. Эривани. Последнее обстоятельство дало основание ожидать, что состав воды, забираемой из реки оросительной системой Зангибасарского водного района, может сильно отличаться от состава воды р. Занги у сел. Арзни. Поливные качества воды Зангибасарского района, очевидно, сама практика признает удовлетворительными, почему для нас представляло интерес выяснить насколько отличается состав этой воды на п. Арзни. С этой целью нами были произведены полные химические анализы образцов воды, взятых из р. Занги почти одновременно 12 и 13 апреля у селений Чарбах, ниже г. Эривани, и Арзни и повторно у с. Чарбах 20 мая.

Результаты этих анализов даем в таблице II в приложении.

Взаимное сопоставление и сравнение с результатами средне-месячных анализов воды реки Занги на п. Арзни позволяет в основном признать воду реки Занги против селений Чарбах и Арзни весьма сходной; в обоих случаях вода характеризуется принадлежностью к первому классу Пальмера, отличается почти той же соленостью и преобладанием магниезиально-натровых солей в плотном остатке.

Вопреки общему положению, что соленость речной воды повышается по мере приближения к устью реки, р. Занга у сел. Чарбах отличается несколько меньшей соленостью, чем у вышерасположенного селения Арзни: плотные остатки на 12—13 апреля составляют 212.0 и 218.0 *мг/литр*. То же подтверждают поддающиеся весьма точному аналитическому определению *Сl* и *ЩР*. Изменяется также несколько и общий характер растворенного состава, правда, в рамках одного и того же класса Пальмера. Так, например, процент первой щелочности воды р. Занги против сел. Чарбах равен 3.8—4.6, а против сел. Арзни на протяжении года 5.3—13.5. Этот факт понижения и изменения в наблюдаемом направлении характера солености воды р. Занги на отрезке ее от сел. Арзни до сел. Чарбах, представляя собой интересное явление аazonального порядка, можно объяснить лишь поступлением в реку на этом участке вод менее минерализованных и более близких к третьему классу Пальмера.

Так как в целом соленость и ее особенности в воде реки Занги у



сел. Чарбах сохраняются почти такими же, как и в сел. Арзни, а также и мутность, то мы вправе считать оросительную воду, взятую на р. Занге у сел. Арзни, близкой по поливным качествам к воде, применяемой ныне для орошения земель в низовьях этой реки.

## Ирригационная оценка воды

Поливные свойства воды можно рассматривать с точки зрения непосредственного влияния растворенных и взвешенных наносов своим составом на урожайность растений или со стороны изменения состава и физического состояния почвы под влиянием этой воды.

Наблюдения показывают, что вода разного происхождения—дождевая, речная, грунтовая, озерная и др.—оказывает далеко неодинаковое влияние на орошаемые земли. Различное воздействие этих вод, очевидно, вытекает из различия их свойств, т. е. состава, концентрации и режима растворенных и взвешенных в ней материалов.

Вода оз. Севан и реки Занги, согласно вышеприведенных материалов, обладает рядом существенных свойств, ставящих ее во многом особняком от вод, широко и успешно применяемых в деле ирригации.

Свойства эти таковы:

1. относительно высокая минерализованность,
2. высокая активная щелочность,
3. значительное содержание и преобладание магниезиально-натровых солей в плотном остатке,
4. малое содержание, а в озерной воде и отсутствие взвешенных материалов,
5. ничтожное содержание азотосодержащих соединений,
6. богатство калием.

Рассмотрим эти свойства с точки зрения их ирригационного значения.

## Непосредственное влияние на растения

1. Минерализованность, определяемая для озера Севан плотным остатком растворенных солей в 551.8 *мг* на литр солей, обычно встречаемых в естественных водах, может воздействовать непосредственно на растения только в положительном направлении, причем положительное влияние этого раствора возрастает с увеличением концентрации до некоторого предела и большего содержания N, P, K, Ca и др. Это демонстрируется, например, вегетационными опытами, где почвы заменяются растворами смесей различных солей или кварцевым песком, поливаемым их растворами, а еще нагляднее, практикой орошения артезианскими водами в пустыне Сахаре\*), сплошь и рядом содержащими 4—6 и более *г* растворенных солей в литре.

\*) Проф. Н. М. Тулайков, Журнал С.Х.-Л., 1910.



## 2. Высокая активность щелочности—рН от 7.6 до 9.25.

Активная щелочность (реакция) среды является могущественным фактором как минералогической, так и органической жизни в этой среде. Сильно кислая среда энергично переводит и удерживает в растворе многие необходимые растительным и животным организмам элементы, как то, фосфор, кальций, калий и др., тем самым препятствуя нормальному развитию многих организмов, а резко щелочная, наоборот, осаждает кальций, фосфор и др., превращая их в биологически неусвояемое состояние, и в то же время действует в диспергирующем направлении на ткани организмов. Как сильно кислая, так и сильно щелочная среда не благоприятствуют также и жизнедеятельности весьма ценных почвенных бактерий. Из работ *Омелянской*, *Виноградова* и др. видно, что ими для опытов по нитрификации применялась всегда добавка углекальция, углемагния или в меньшем количестве угленатрия с конечным доведением и поддержанием активной реакции культуры в пределах рН от 6 до 8. Интересно отметить, что в тех случаях, когда для производства нитратов к разведенному раствору  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  добавлялись неорганические питательные соли, в том числе и кальций сильных кислот, когда вследствие электролитической ионизации образовывалась среда с резко выраженной активно-кислой реакцией, процесс этот не удавался до внесения достаточного количества солей сильных оснований и слабых кислот.

В литературе можно встретить ряд указаний, что более или менее значительные отклонения активной реакции среды в обе стороны от нейтральной (рН—7.07) пагубно отзываются на растительных организмах и, наоборот, небольшие отклонения стимулируют их рост, но нет конкретных данных о предельной выносливости тех или иных организмов к активной реакции окружающей среды (известкование и гипсование доводит активную реакцию почвенных растворов до рН—8.4). Косвенные материалы из этой области, полученные акад. *К. К. Гедройцем* по вопросу о влиянии на растения кислот и щелочей, показывают, что культурные растения умеренных широт максимально без вреда переносят раствор КОН от 0.0005 до 0.001 нормальной концентрации, т. е. от 28 до 56 *мл* редкого калия на литр воды. Минимальная концентрация КОН, уже убивающая растения, по его же данным, колеблется для четырех подвергнутых эксперименту культур в рамках от 280 до 1120 *мл* на литр воды. Активная реакция растворов КОН близка рН—14.14.

Активная щелочность воды реки Занги и озера Севан, измеряемая рН от 7.6 до 9.25 гораздо ниже, чем растворов КОН, переносимых растениями без вреда; потенциальная щелочность наших вод также невелика, особенно если вычесть часть последней, приходящуюся на углекальциевую и углемагниевою соли, сообщающие воде активную щелочность лишь немногим выше рН—8.4. Отсюда нам кажется наиболее правильным отнесение наших вод по их активной и потенциальной щелочности к их переменному воздействию на растения, как это происходит при



орошении, к категории непосредственно стимулирующих жизнедеятельность этих растений.

3. Значительное содержание магниезально-натровых солей и их преобладание в плотном остатке. Магниезально-натровые соединения, со-

Таблица 9

|                                 | Lupinus alb.<br>Люпин бел. | Medicago<br>sat.<br>Люцерна | Triticum v.<br>Пшеница | Zea mays<br>Макс | Andropogon<br>sorghum<br>Сорго | Gossypium<br>barbadense<br>Хлопок | Beta vulg.<br>Свекловица | Avena sat.<br>Овес |
|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                 | г/л<br>N/100               | г/л<br>N/100                | г/л<br>N/100           | г/л<br>N/100     | г/л<br>N/100                   | г/л<br>N/100                      | г/л<br>N/100             | г/л<br>N/100       |
| Соли                            |                            |                             |                        |                  |                                |                                   |                          |                    |
| MgSO <sub>4</sub>               | 0,71                       | 0,07                        | 0,34                   | 17,00            | 0,26                           | 0,02                              | 0,03                     | 0,12               |
| MgCl <sub>2</sub>               | 0,75                       | 0,11                        | 0,28                   | 4,44             | 0,07                           | 0,02                              | 0,03                     | 0,18               |
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | 1,25                       | —                           | 0,66                   | 0,80             | 0,36                           | 0,27                              | 0,36                     | 0,36               |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 4,00                       | —                           | 2,84                   | 35,5             | 1,25                           | 0,36                              | 0,62                     | 1,75               |
| NaCl                            | 4,50                       | —                           | 2,63                   | 2,34             | 0,88                           | 0,37                              | 1,46                     | 2,00               |
| NaHCO <sub>3</sub>              | 3,00                       | —                           | 2,10                   | 4,20             | 0,74                           | 0,53                              | 0,63                     | 0,75               |

гласно обширным наблюдениям и исследованиям особенно американских ученых, признаются наиболее вредными из обычных растворимых солей



поливной воды. L. L. Harter, опыты которого подтверждает Magavan, путем погружения корней растений в растворы различных солей, получил нижеследующие предельные концентрации магниевых и натровых солей, при которых растения еще не погибали (см. табл. 9 на стр. 21).

Наибольшей ядовитостью отличались соли магния и углекислый натр, а наиболее чувствительными к ним оказались хлопок и сахарная свекловица. Опыты с более слабыми растворами чаще обнаруживали действие, стимулирующее рост корней.

Прибавление солей кальция, особенно  $\text{CaSO}_4$ , сильно понижает ядовитость магниезиально-натровых солей. Так, например, было установлено, что в чистых растворах различных солей кукуруза в 36—200 раз менее вынослива, чем люпин, а с прибавлением  $\text{CaSO}_4$  разница в выносливости между двумя этими растениями почти исчезала. Сахарная свекла показала способность переносить в 50 раз большую концентрацию  $\text{NaCl}$ , чем  $\text{MgCl}_2$  и выносливость ее по отношению к обоим этим солям почти снисвелировалась после прибавления гипса. Внесение  $\text{CaCl}_2$  к раствору  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  вызвало 50-кратное понижение ядовитости для сорго, а прибавка  $\text{CaCO}_3$  лишь 3-кратное.

Акад. К. К. Гейдรอยц в 1910 г. опытным изучением влияния некоторых кислот, щелочей и неорганических солей на растения—лен, белую горчицу, ячмень и обыкновенную вику—пришел к выводу, что наибольшей ядовитостью из солей отличается серноокислый и далее хлористый магний. Максимальной допустимой концентрацией этих солей оказался 0.01 п раствор.

В плотном остатке воды озера Севан содержится 33% натровых и 45% магниевых солей, при этом 80% из них связаны с углекислотой. Отсюда каждый литр воды при плотном остатке 0.5518 *г* содержит  $0.5518 \times 0.33 \times 0.80 = 0.1457$  *г*  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $0.5518 \times 0.45 = 0.2483$  *г* магниезиальных солей. То же для реки Занги, где согласно средне-месячным анализам (см. приложение), на протяжении года имеем от 0.0293 до 0.0819  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и от 0.0416 до 0.1247 магниезиальных солей.

Сравнивая теперь концентрацию солей магния и угленатрия в воде озера Севан и реки Занги с предельной концентрацией этих солей, выносимой растениями (табл. 9), находим:

1. концентрация магниезиальных солей в воде озера превышает почти в 10 раз предел выносливости для хлопка и свекловицы в чистых растворах этих солей, почти равна пределу для овса и пшеницы и во много раз менее предела выносливости многих других растений,

2. концентрация магниезиальных солей в воде реки Занги превышает от 2-х до 6-ти раз этот предел для хлопка и от 1.3 до 4-х раз для свекловицы и остается ниже предельной выносливости почти для всех остальных подвергнутых эксперименту растений,

3. концентрация угленатрия в воде озера Севан и реки Занги всегда ниже в 2—6 раз допустимого для растений предела.

Прибавление к чистым растворам магнезии солей кальция незави-



симо от аниона понижает их ядовитость для чувствительных растений в 50 и более раз, а в природе, в данном случае в наших водах, кальциевые соли всегда присутствуют. Из этого очевидно, что концентрация магниевых солей с естественной примесью к ним кальциевых и других в озерной и речной воде никогда не превышает 0.2 предела выносливости наиболее чувствительных к ним растений.

Иначе обстоит дело с угленатровыми солями. Здесь эффект понижения вредности чистых растворов от прибавления различных кальциевых солей бывает различен: наибольший эффект дает прибавка кальциевых солей сильных кислот и ничтожный — прибавка  $\text{CaCO}_3$ . Оно и понятно:  $\text{CaCO}_3$ , не будучи растворим в растворе  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , не корректирует свойств раствора наличием в нем иона  $\text{Ca}$ . Очевидно, что химическая сущность обезвреживания сводится здесь главным образом к переводу угленатрия в соли натрия с сильными кислотами ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaSO}_4, \text{Cl} = \text{Na}_2\text{SO}_4, \text{Cl}_2 + \text{CaCO}_3$ ), к понижению щелочности среды, когда открывается доступ большему количеству иона кальция в раствор. В естественных условиях в изучаемых нами водах имеется преимущественно смешанный раствор углесолей магния, натрия, кальция и калия, т. е. щелочность, создаваемая диссоциацией соединений угленатрия,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$ , усиливается другими катионами, а именно, магнием и калием. Исходя из этих соображений, трудно допустить, чтобы естественная добавка различных углесолей к раствору угленатрия в наших водах, фактически повышающая создаваемую последним щелочность, еще более удалила бы его концентрацию от предела выносливости растений. Поэтому в нашем случае правильнее оценка концентрации угленатрия, как чистого раствора этой соли, т. е. согласно данных L. Harter'a, считая эту концентрацию в 2—6 раз ниже предела выносливости самых чувствительных растений, подвергнутых опыту.

4. Малое содержание, а в озерной воде и отсутствие взвешенных наносов. Это явление в отношении непосредственного влияния на растения сказывается в малом приносе на орошаемые поля питательного илистого материала. Так, например, около 50% взвешенных наносов реки Занги, падающих на фракцию 0.01 мм при поливной норме 3200 м<sup>3</sup>, растянутой на 4 срока от 20/IV до 15/VIII, несут на гектар орошаемой почвы только 6.6 кг  $\text{K}_2\text{O}$ , 2.5 кг  $\text{P}_2\text{O}_5$  и около 1.0 кг N, т. е. количество азота, фосфора и калия, покрывающее лишь 2—10% потребности в них одного интенсивного урожая пшеницы.

5. Ничтожное содержание азото-содержащих соединений. Отсутствие солевого азота и ничтожное содержание органического (малая окисляемость—2.0 мг  $\text{O}_2$  на литр) в воде озера Севан и присутствие в небольшом количестве солевого и органического азота в воде реки Занги не представляют собой существенного источника азотистого питания для орошаемых этой водой культур. При поливной норме от 3 до 5 тыс. куб м на 1 га река Занга несет этим путем на гектар орошаемого участка лишь 1.5—3.0 кг азота, а вода озера Севан и того меньше. По подсчетам



W. O. Clark'a даже дождевая вода дает в среднем до 5 кг азота на гектар площади в год. Культурные почвы содержат 50—1000 мг  $N_2O_5$  на килограмм сухой почвы.

6. Богатство калием и фосфором. Вода озера Севан при скромной поливной норме в 3200 м<sup>3</sup> на гектар несет на поля 75 кг  $K_2O$  и 2.4 кг  $P_2O_5$ , а вода реки Занги при той же поливной норме, растянутой на четыре полива,—24 кг калия и около 1.0 кг фосфора. Норма 75 кг  $K_2O$  на гектар превышает почти в 2 раза потребность отличного урожая пшеницы. Это обстоятельство позволяет говорить, что орошаемые почвы, будучи поливаемы водой оз. Севан или водой реки Занги со значительной примесью первой, менее всего будут нуждаться в дотации калия.

С целью получения более наглядного представления о влиянии воды озера Севан на растения, был поставлен небольшой доступный нам в лабораторных условиях опыт с проращиванием семян. Было взято два аналогичных комплекта семян: по 100 зерен ячменя, обыкновенной пшеницы, овса и полбы. Оба комплекта, одинаково разостланные между фильтровальными бумагами и при соблюдении прочих тождественных условий, ежедневно смачивались: первый 50 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, а второй—тем же количеством воды из озера. На четвертый день семена, смачиваемые дистиллированной водой, обнаружили всхожесть в 30%, а семена, увлажняемые озерной водой в 13%. На следующий день—соответственно 35 и 38%. Далее кривые всхожести обоих комплектов семян шли почти совпадая, достигнув в конечном итоге соответственно 72—73 и 73—74% на 8-й и 10-й день. Таким образом оказалось, что подвергнутые нами опыту семена при увлажнении их водой озера обнаружили всхожесть не ниже, чем увлажненные дистиллированной водой. Кроме того, следует отметить, что к концу опыта не было констатировано никаких признаков угнетения у всходов, увлажняемых водой озера, а наоборот, отмечался более интенсивный рост их, несмотря на то, что в силу испарения, концентрация раствора, которым питались эти всходы, на 8-й и 10-й день уже была в 7—9 раз выше первоначальной.

Конечно, в данном опыте обстановка отличается от тех естественных условий, при которых будет происходить полив земель.

Подытоживая все сказанное об изучаемых нами водах в связи с их непосредственным влиянием своим составом на растения, мы позволим себе сделать следующие выводы:

1. Вода озера Севан и реки Занги принадлежит к категории слабых природных растворов различных солей, которые будучи даже концентрированы до 5-ти и более раз, не только оказываются безвредными, но, наоборот, стимулируют рост наиболее чувствительных к солям растений.

2. Растворенными и взвешенными наносами воды озера Севан и р. Занги доставляется на орошаемые поля более чем потребное растениям количество калия (от 30—80 кг на гектар при весьма скромной поливной норме в 3200 м<sup>3</sup>) и менее 5—10% потребного растениям количества азота и фосфора.



## Влияние на почвы

Поливная вода действует на почву в трех главных направлениях:

1. изменяет физическое состояние почвы, как то: структуру, скважность, плотность, условия аэрации и др.,
2. изменяет механический состав почвы,
3. изменяет химический состав почвы.

Первое явление сказывается в набухании почвенных частиц, разрушении структурных отдельностей, заполнении некапиллярных пустот взвешенными речными и почвенными частицами и, в результате всего этого, в уменьшении скважности, увеличении плотности и ухудшении условий аэрации почвы.

Изменение механического состава почвы происходит в силу вымывания мелкозема, привноса илистых частиц, дисперсии более крупных агрегатов, коагуляции коллоидных частиц и от других причин.

Изменение химического состава почвы вызывается эллювиально-аллювиальной деятельностью поливной воды и изменением почвообразовательного процесса в целом.

Характер, направление и интенсивность этих процессов вытекают из взаимодействия:

- 1) свойств поливной воды,
- 2) технических приемов полива,
- 3) почвенных условий,
- 4) глубины залегания и свойств грунтовых вод,
- 5) физико-химической обработки почв,
- 6) климата местности и др. причин.

Общим свойством всех поливных вод является заполнение ими некапиллярных пустот почвы и энергичное уплотнение ее. Капельно-жидкая вода, приходя в соприкосновение с поверхностью воздушно-сухой почвы, передвигается в боковом и вертикальном направлениях, захватывает иловато-пылеватые частицы с возвышенных точек микрорельефа и отлагает их на более низких участках и в пустотах почвы.

Интенсивность и конечная степень уплотнения почвы зависят от количества гравитационной энергии поливной воды, расходуемой в единицу времени на единицу площади, от степени первоначальной сухости почвы, от частных свойств поливной воды и от привходящих факторов.

При прочих равных условиях дождевая вода, содержащая лишь небольшое количество окислов азота и серы, растворенных газов и тонкой пыли и соответственно обладающая нейтральной или едва кислой реакцией и весьма малым коэффициентом вязкости, даже при больших ливнях производит лишь ничтожное уплотнение почвы. Поливная вода поверхностного стока селевого порядка, характеризующаяся высоким содержанием мути, ничтожной минерализацией, преобладанием растворенного кальция над другими элементами и превышением эквивалента сильных кислот над щелочами вызывает также сравнительно небольшое уплотнение почвы. Поливная вода, тоже слабо минерализованная, но принадлежащая



к 1 классу Пальмера (эквивалент щелочей больше эквивалента сильных кислот), обладающая уже первоначально в гравитационном состоянии щелочной реакцией  $pH > 7,07$ , вскоре после прекращения процесса полива в силу испарения, транспирации и инфильтрации вглубь, постепенно переходит в пленочное состояние с активной реакцией  $pH = 10.2$  и более; при этом ион кальция, осаждаясь, перестает практически существовать в почвенном растворе. Этот процесс вызывает замещение иона кальция погложительного комплекса ионом натрия, форсирует интенсивность распада структурных отдельностей почвы, в результате чего происходит значительное уплотнение пахотного горизонта. Наглядно на практике последнее сказывается прежде всего в сформировании весьма прочной и мощной корки на глинистых и суглинистых почвах после их поливов щелочными водами 1 класса Пальмера. Явление это как раз очень широко распространено в Эриванской долине, где оросительная вода, стекая преимущественно с изверженных пород щелочного характера, обладает щелочными свойствами.

Различные приемы увлажнения почвы могут как содействовать, так и противодействовать проявлению в неизменном состоянии естественных физико-химических свойств поливной воды. Метод затопления, сущность которого сводится к быстрому поступлению значительных масс воды и резкому взаимодействованию гравитационных потоков воды и воздушно-сухой почвы, наиболее благоприятствует прямому проявлению физико-химических свойств поливной воды и усиливает ее воздействие в направлении уплотнения почвы физико-механической работой. Метод орошения инфильтрацией, при которой механическому уплотнению гравитационным потоком воды подвергаются лишь междурядья, а пахотный горизонт поливного участка в целом увлажняется капиллярно передвигающейся пленочной и парообразной водой, содействует концентрированному проявлению физико-химических свойств поливной воды на междурядневом пространстве и изменяет эти свойства по мере капиллярного продвижения воды: задерживаются механические наносы, не все растворенные соли при капиллярно-пленочном передвижении раствора двигаются с одинаковой скоростью, при парообразном передвижении воды соли и вовсе задерживаются. Метод орошения подземными пористыми трубами доставляет пахотному горизонту совершенно измененную воду и не производит механической работы.

Почва различного механического и химического состава неодинаково относится к одной и той же поливной воде. При других аналогичных условиях, чем почва глинистее, тем она чувствительнее к физико-механическому и химическому влиянию оросительной воды, тем она быстрее и сильнее уплотняется, полнее лишается аэрации и соответственно глубже изменяется физико-химический и биологический режим ее. Поэтому очень часто поливная вода, проявляющая прекрасные качества на растениях, возделываемых на песчано-каменистых почвах, оказывается совершенно непригодной для орошения тех же растений, возделываемых на суглини-



стых и глинистых почвах. Могущественное значение при орошении имеет и химический состав, особенно, тяжелых почв. Последние, обладая большой удельной влагоемкостью и влагоконсервирующей способностью, всасывая обычную мало минерализованную поливную воду, совершенно изменяют и обогащают растворенный состав ее, придавая ей иные свойства.

Глубина залегания грунтовых вод и их свойства представляют собой весьма актуальные факторы в деле ирригации. Влияние близких к поверхности грунтовых вод на пахотный горизонт почвы общеизвестно. Вода с прекрасными поливными качествами для иных почв может в короткий срок привести к засолению подобные же почвы, подстилаемые близкими солеными грунтовыми водами. Последний процесс ускоряется некоторым поднятием уровня грунтовых вод. Воды, содержащие мало взвешенных наносов, каковыми являются наши, расходуются при орошении в большом количестве и вызывают раньше поднятие грунтовых вод до угрожающей высоты, чем воды мутные.

Физико-химическая обработка почвы, преследуя задачу максимально повысить ее урожайность, по всем пунктам препятствует вредному влиянию поливной воды и стремится утилизировать все ее полезные свойства. Так, например, если слабо минерализованная поливная вода, благодаря характеру солевого состава, интенсивно нарушает структуру почвы, то введением соответствующего минерального тука (при щелочности гипса,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  и др.), это свойство ее будет парализовано. Если та же вода обладает также и значительным содержанием солей, но все же менее предела выносливости растений, то, очевидно, простого изменения характера солености введением в почву нейтрализующего минерального тука окажется недостаточно. В последнем случае рациональная обработка почвы будет предшествовать увеличению концентрации солей в почве. С этой целью, наряду с общераспространенной обработкой почв, например, в Средней Азии, по описаниям проф. *Воейкова*, акад. *Миддендорфа* и др., тысячелетиями применяется введение в тяжелые почвы навозного удобрения с 80% содержанием песка, чем уменьшается испарение с их поверхности и улучшается просачивающая способность почв. Т. к. на подстилку скоту вместо соломы употребляют песок, то разрешается и вопрос о навозном удобрении и соломенном топливе в степных районах. В результате такой обработки, когда изменяются механический и химический состав почв, они сохраняют свое плодородие тысячелетиями, а без него при аналогичных прочих условиях засоляются в течение нескольких лет.

Климату местности принадлежит здесь выдающаяся роль. С возрастанием сухости и температуры прогрессируют скорость испарения и растворяющая энергия поливной воды, что способствует засолению почв. Наоборот, с уменьшением дефицита влажности и температуры засоление аналогичных почв может произойти лишь при сильно минерализованных водах. При одной и той же поливной воде, чем суше климат, тем труднее



и сложнее физико-химическая и механическая обработка почвы для сохранения ее рыхлости и инфильтрационной способности, дабы избежать засоления.

Перейдем к оценке воды Севанского озера и р. Занги со стороны ее непосредственного влияния на орошаемые почвы.

Общая соленость наших вод, достигающая максимально около 550 мг на литр, не представляет собой значительного отклонения от обычных оросительных вод и потому сама по себе должна быть отнесена к категории благоприятных для орошения. В самом деле, для заметного аллювиального засоления севанской водой почвы, т. е. при условии накопления в ней, примерно, 0.3% растворенных солей при годовой поливной норме в 5000 куб. м воды на гектар, потребовалась бы полная аккумуляция растворенных солей в течение 30 лет. Это, конечно, невозможно уже по причине сброса и инфильтрации части поливной воды и ее совместной с атмосферными осадками промывной деятельности.

Высокая щелочность наших вод, вытекающая из значительного содержания в них ионов натрия, магния и калия, ненасыщенность ионами сильных кислот, определяет тенденцию этих вод к вытеснению из почвенного поглотительного комплекса иона кальция с заменой последнего ионами натрия и магния. Процесс активизируется особенно с момента перехода поливной воды из гравитационного состояния в капиллярно-пленочное, когда щелочная реакция ее значительно повышается\*) и, как следствие этого, ион кальция осаждается из раствора, переставая быть помехой проявлению свойств иона натрия. В результате этот процесс, вызывая распад агрегатности почвы, в первой стадии содействует образованию корки на пахотном горизонте после поливов, а в дальнейшем приводит к общей солонцеватости почв со всеми вытекающими отсюда последствиями. Степень и интенсивность хода осолонцевания почвы от орошения нашими водами измеряются главным образом ее составом и физико-химической обработкой. В тех случаях, когда почвы достаточно песчаные или превращаются в них искусственной обработкой, т. е. обладают хорошим дренажем, когда они содержат гипс или другие сероносные минералы или получают их в виде удобрительных туков, то, очевидно, нельзя говорить в первом случае о возможности вообще засоления их слабо минерализованной водой, а во втором—о вытеснении ионом натрия иона кальция, т. к. в почвенном растворе будет преобладать теперь уже кальциевый ион над щелочными.

Наоборот, когда почвы глинисты или суглинисты, негипсоносны или сероносны и не получают их в виде искусственного удобрения, они в полной мере восприимчивы к замене поглощенного кальция поглощенным натрием. При этом наиболее благоприятном условии для осолонцевания почвы поливная вода из озера, содержащая в среднем 77.3 мг Na в литре, может коллювиальным путем, при идеальной полноте поглощения почвой всего натрия и поливной норме в 5000 м<sup>3</sup> на гектар, дать около

---

\*) По материалам Б. Б. Полынова, Б. И. Философова и др.



0.0031% поглощенного натрия в полуметровом почвенном слое за год. Средне солонцеватые почвы содержат примерно 0.05—0.2% поглощенного натрия. Так как вода Севана отличается, сверх того значительным содержанием щелочных солей магния и натрия, то к этому можно соответственно прибавить такой же процент возможного поглощения этих катионов, придающих почвам свойства, близкие свойствам поглощенного натрия. Но и от этого годовое увеличение количества щелочных солей в почве, за исключением поверхностного коркового слоя раходится вне пределов практического их ухудшения. Другое дело—постепенное многолетнее накопление щелочей при достаточной сухости и слабом дренаже. Здесь, очевидно, при тяжелых почвах должны быть приняты меры либо к понижению щелочности воды и увеличению растворимости иона кальция в почвенном растворе, либо к увеличению дренажа искусственным путем, либо в обоих этих направлениях.

Вода реки Занги, отличаясь в среднем вдвое меньшей щелочностью и содержанием ионов натрия, магния и калия, должна произвести в этом направлении и меньший эффект.

Кроме осолонцевания почвы работой приносных ионов натрия, магния и калия, щелочной характер наших вод содействует и более интенсивному расщеплению минеральных почвенных частиц, извлекая из последних дополнительное количество этих катионов. В результате уцелевшая и вновь образующаяся коллоидная часть почвы может быть интенсивнее насыщена ионами этих металлов. Ион же кальция принимает ничтожное участие, потому что в щелочной среде осаждается. В итоге колловиальное осолонцевание усиливается «самоосолонцеванием» почвы. Весьма возможно, что «самоосолонцевание» почв под влиянием увлажнения их весьма слабо щелочной водой при затрудненном дренаже и сухости воздуха получает превалирующее над колловиальным засолонением значение. Однако, не располагая конкретными материалами, мы лишены возможности даже приблизительно судить о размерах этого явления при различных привходящих моментах.

Вопрос о вредном влиянии иона натрия на продуктивность почв широко трактуется в литературе. Особенно подробно он освещается работами Калифорнийского университета. Из работ названного университета в области конкретного количественного изучения вредности угленатрия и других растворимых солей в почвах для растений выделяются труды профессоров E. W. Hilgard'a и R. H. Longbridge'a.

Последний на основании экспериментальных исследований и наблюдений определил максимально безвредное для 40 обычных культур количество щелочей в четырехфутовом почвенном слое. Оно оказалось равным 300 кг  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  на гектар для наиболее чувствительных культур. Известный американский ученый H. Stabler, пользуясь последней величиной и зная солевой состав данной воды, предложил простой коэффициент для характеристики этой воды в ирригационном отношении. Предложенный щелочной (ирригационный) коэффициент представляет собой высоту



слоя воды, выраженную в дюймах, который после высыхания оставляет на гектаре площади 300 кг  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  или 1500 кг  $\text{NaCl}$  или 3000 кг  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , или наконец сумму этих трех солей, равнодействующую по вредности 300 кг  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , при оставлении без изменения количества соды, уменьшении хлористого натра в 5 раз и сернокислого натра в 10 раз.

Вычисленные по этому принципу щелочные коэффициенты наших вод варьируют от 13.2 для озера Севан до 124 для реки Занги. Годовой ход их для реки Занги характеризуется колебанием в пределах от 24.5 до 45.0 на протяжении с июля по март и только в мае и июне достигает 124 и 114.

Согласно американских данных, ирригационная оценка вод по щелочному коэффициенту Стаблера может быть произведена на основании нижеприводимой таблицы 10, заимствованной нами из работы проф. Н. Н. Славянова.

Таблица 10

| Щелочной<br>коэффиц. | Класс                | Характеристика                                                                                                             |
|----------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 18                   | Хорошая              | Воды успешно применяются много лет без специальных мер предупреждения накопления щелочей                                   |
| 18—6                 | Удовлетворительная   | Необходимость предупреждать постепенное накопление щелочей была признана, за исключением рыхлых почв со свободным дренажем |
| 5.9—1.2              | Неудовлетворительная | Текстура почвы имеет очень большое значение. Искусственный дренаж почти всегда необходим                                   |
| 1.2                  | Плохая               | Практически негодна для ирригации                                                                                          |

Сравнивая щелочные коэффициенты наших вод с данными этой таблицы, мы видим, что воду Севанского озера с ее щелочным коэффициентом, равным 13.2, следует отнести к категории удовлетворительных, а воду реки Занги с ее щелочным коэффициентом от 24.5 до 124 на протяжении всего гидрологического года—к хорошим.

По существу этой стаблеровской оценки вод необходимо отметить, что она зиждется на учете только трех ионов— $\text{Na}$ ,  $\text{Cl}$  и  $\text{SO}_4$ , при чем, пренебрегая калием, предполагает, что эквивалентные количества хлора и серного иона образуют соответствующее количество натровых солей, а остаток иона натрия перечисляется в соду; далеко не безразличный в отношении воздействия на почву и растения ион магния вовсе игнорируется.

Преобладающее содержание в наших водах именно солей магния, обуславливающих их высокую щелочность не в меньшей мере, чем натрий, не позволяет при ирригационной оценке севанской и зангинской воды пренебрегать этими солями. Несомненно также, что кроме непосредствен-



ного аналогичного с натрием влияния на почвы, щелочной ион магния замещает часть сильных кислот, тем содействуя увеличению содержания в воде соды за счет уменьшения хлора и серно-кислых солей натрия. Значительному возрастанию соды за счет последних солей содействует также и щелочной ион калия.

Учитывая частный случай своеобразия наших вод, произведем подсчет высоты слоя их в дюймах, дающего по высыханию 300 кг соды на гектар площади с нижеследующими коррективами к методу Стаблера:

1. из количества хлора в поливной воде вычитывается эквивалентное количество его, необходимое для замещения калия,

2. остаток сильных кислот распределяется между эквивалентными количествами натрия и магния, как 2:1,

3. вредность всех магниевых солей приравнивается к таковой  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , т. е.  $10 \text{ MgCl}_2, \text{MgSO}_4, \text{MgCO}_3 = 1 \text{ Na}_2\text{CO}_3$ .

Тогда щелочной (ирригационный) коэффициент воды озера Севан равен 8, вместо прежнего 13.2, коэффициент же воды р. Занги на протяжении года колеблется в пределах от 15 до 60, вместо 24.5—124, за период июль—март щелочной коэффициент воды реки Занги будет иметь численную величину от 15 до 23 и в мае и июне 60 и 58.

Сличением теперь этих измененных коэффициентов с данными вышеприведенной таблицы 10, выявляется, что воду Севанского озера с коэффициентом ее щелочности, равным 8, следует отнести к категории ирригационно удовлетворительных, приближающихся к неудовлетворительным, а воду реки Занги, давшую за 10-ти месячный период щелочные коэффициенты между 15 и 23—к удовлетворительным, приближающимся к хорошим. Согласно этому, при орошении водой, подобной севанской и в меньшей мере зангинской, признается необходимость предупреждать постепенное накопление щелочей за исключением рыхлых почв со свободным дренажем.

Таким образом, мы видим, что американская ирригационная практика признает необходимость предупреждения постепенного накопления щелочей в почвах при их орошении водой с щелочностью, равной воде Севана и отчасти реки Занги, за исключением рыхлых почв со свободным дренажем. То же вытекало и из наших предыдущих рассуждений об осолонцевании суглинистых и глинистых почв, не содержащих и не получающих извне гипса или сероносных продуктов, если рассматривать натро-магнезиальный почвенно-поглощительный процесс на протяжении ряда лет.

Коль скоро среди предполагаемых к орошению нашими водами земель «Киров» и других (данные Б. Я. Галстяна и А. М. Налбандяна) встречаются глинистые и суглинистые почвы с затрудненным дренажем, то меры для предупреждения накопления щелочей во многих случаях должны быть приняты. Последние для наших вод сводятся по преимуществу к простому переводу соды в сернокислую соль натрия. Внесением около 1.6 центнеров  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  на 1000 м<sup>3</sup> воды Севана (если прене-



брежь уравнением  $\text{MgCO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ ) достигается повышение ее щелочного коэффициента с 8 до 21, иначе говоря, этого количества гипса вполне достаточно для превращения воды Севана из удовлетворительной в хорошую. Для повышения щелочного коэффициента воды Занги с 15 до 52 необходимо внести на 1000 м<sup>3</sup> около 0.8 центнера  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Для почв, содержащих в естественном состоянии гипс или серу (окисляется в очве в серную кислоту), наши воды, переходя в почвенные растворы, приобретают хорошие качества, согласно стаблеровского ирригационного коэффициента и без искусственной добавки этих соединений. Теоретически гипсование, понижая щелочность, открывает доступ в почвенный раствор иону кальция, при котором не имеет места насыщение почвенного поглотительного комплекса ионом натрия, не происходит процесса осолонцевания. То же достигается навозным удобрением, поставляющим углекислоту для поддержания кальция почвенного раствора карбонатных почв в гидрокарбонатном растворимом состоянии, хотя при этом и не изменяется стаблеровский коэффициент поливной воды.

Принцип американской ирригационной классификации вод таит в себе как бы положение, что почвы всегда глинисто-суглинистого константного характера обладают более или менее затрудненным дренажем. Отсюда дается универсальная характеристика: чем поливная вода менее минерализована и менее щелочная, тем она лучше, тем выше ее щелочной коэффициент. Между тем это положение не всегда справедливо. С возрастанием песчаного характера почвы роль поливной воды, кроме увлажнения, сводится еще к питанию растений минеральными солями и более интенсивному расщеплению минеральных почвенных частиц с вывобождением необходимых растениям питательных элементов. Щелочность воды именно способствует энергичному распаду механических продуктов выветривания. Отсюда получается обратное: с уменьшением ирригационного коэффициента поливной воды до некоторого предела, возрастает ее ценность для песчано-каменистых почв со свободным дренажем.

Имея подобного рода противоречия, мы отнюдь не можем согласиться с общей формулой стаблеровской характеристики наших вод, т. е. рекомендовать ее гипсование при всех почвенных условиях, чтобы тем самым, повышая ее щелочной коэффициент, улучшить ее качества. Несомненно, что натуральная вода Севана со щелочным коэффициентом равным 8, агрессивнее расщепляющая крупнообломочный материал физического выветривания пород в мелкозем, окажет лучшее воздействие на урожайность каменистых почв, где мелкозем находится в дефиците, чем та же вода, охарактеризованная в результате гипсования ирригационным коэффициентом, равным 21.

Подводя итог всему сказанному о натро-магнезиальной щелочности наших вод в рамках влияния на почвы, мы приходим к заключениям:

1. При орошении нашими водами суглинистых и глинистых почв



котловинных и пониженных участков необходимо принимать меры, предупреждающие накопление щелочей, что достигается проще всего гипсованием почвы. Гипс должен быть внесен раньше всего и в наибольшем количестве в депрессионные участки микрорельефа, которые наиболее подвержены солонцеванию.

2. Вода озера Севан и реки Занги в натуральном состоянии представляет собой хороший поливной материал для рыхлых каменистых почв склонов со свободным дренажем.

Для полноты оценки влияния наших вод на почвы остается еще вкратце рассмотреть роль малого содержания взвешенных веществ в воде реки Занги и отсутствие их в воде Севана.

Илистым материалам поливных вод придается обыкновенно некоторая ценность в смысле их удобрительного значения. В наших водах их содержание невелико и, следовательно, в этом отношении ценность их также незначительна. Но, кроме того, большое количество мути поливной воды плюс воздушно-сухая пылеватая поверхность почвы, орошаемой не-щелочной водой, обуславливает медленно-равномерное поглощение воды орошаемым участком, чем отчасти регулируется амплитуда колебания уровня грунтовых вод. Другое дело, малое содержание взвешенных наносов в щелочной поливной воде. Она стремительно, по отдельным трещинам, в повышенном количестве поливной нормы и при меньшем обогащении пылевыми частицами поверхности почвы проникает в грунтовые воды, вызывая их резкий подъем по участкам расположения трещин и вертикальных ходов. В результате, если грунтовые воды солены, то от полива почв такими водами наступает капиллярное и инфильтрационное засоление участков почв, что не так легко происходит при мутных и не щелочных водах. Проф. В. Г. Глушков описывает, например, такой случай: «...В Хивинском ханстве, в бекстве Пор-су орошение происходит из громадного арыка Клыч-Ниаз-бая; арык этот проходит близ озера, будучи отгорожен от него дамбой; спасаясь от высокой воды, 2—3 года тому назад окрестные текинцы разрушили часть дамбы и пустили арык в озеро, так что теперь арык течет через него и оставляет в нем свои наносы. Зимой 1911 года начались жалобы на сильнейшее засоление полей, чего не было прежде, несмотря на то, что культура почвы велась веками».

Усиление отрицательного влияния наших вод от малого содержания в них механического материала справедливо для равнинных суглинистых и глинистых почв и для депрессионных участков микрорельефа орошаемой затоплением почвы; для скелетно-каменистых же почв склонов со свободным дренажем и глубокими водами, наоборот, накопление и подъем грунтовых вод в первой стадии превращения их в мелкоземистые культурные почвы играет скорее положительную роль. Отсутствие или малое содержание в наших водах взвешенного материала, интенсивно содействующее подъему грунтовых вод, должно быть учтено перед орошением этой водой почв, подстилаемых близкими солеными грунтовыми водами,



## Изменение поливных качеств воды при понижении уровня озера

Мы описали и разобрали ирригационные качества воды озера Севан, но при этом почти не коснулись вопроса изменения химизма воды по мере понижения уровня озера.

Понижение уровня озера будет непременно сопровождаться изменением поливных качеств заключенной в нем воды. Выше мы отметили, что по мере понижения уровня озера, вместе с уменьшением минерализации воды Севана, будут улучшаться поливные качества. Теперь разберем этот вопрос подробнее.

Гидрохимические исследования Севана показали нам, что вода озера с ее химическим составом беспрерывно формируется из воды притоков. 12.7 частей этой слабо минерализованной воды, теряя 11.7 частей на испарение, образуется 1 часть более концентрированной солями воды озера. Растворенный состав воды притоков на протяжении годового цикла характеризуется в среднем следующими числами:

|                      |     |     |      |     |     |                 |                  |                  |                  |                 |       |
|----------------------|-----|-----|------|-----|-----|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-------|
| Плотный<br>ост. 110° | K   | Na  | Ca   | Mg  | Cl  | SO <sub>4</sub> | HPO <sub>4</sub> | HCO <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> | своб. |
| 137.0                | 2.7 | 7.9 | 17.0 | 6.3 | 4.9 | 4.8             | 0.23             | 85.7             | 29.2             | 13.0            |       |

Ирригационный коэффициент Стаблера—154

По мере понижения уровня озера увеличивается площадь сухого бассейна. Приращение сухого бассейна будет сопровождаться приращением притока в озеро. Количественное и качественное изменение приточковой воды повлияет на состав воды озера.

Количественные изменения притока воды в озеро взяты нами из таблицы расчета водного баланса\*) (табл. 11, столбец 2 и 3). Согласно тех же предположений, коэффициент стока воды с освобождаемых из под озера участков исчисляется около 0.1. Таким образом около 90% выпадающих на поверхность новых земель атмосферных осадков будет испаряться на месте. Отсюда следует, что 10% стекающих осадков должно содержать все то количество легкорастворимых и индифферентных солей, что захвачено в раствор выпавшими осадками.

Грунты озера растворимых солей не содержат, но отличаются глинистостью, т. е. обладают огромной поверхностью соприкосновения с водой. Учтя это, мы примем, что сток воды с этих грунтов будет обладать концентрацией солей, близкой к концентрации солей в воде озера Севан (табл. 1).

Гидрометрическими данными устанавливается средний приток воды в озеро и приращение притока при каждых 10 метрах понижения уровня озера. Согласно гидрохимических исследований мы располагаем средним анализом воды современного притока в озеро. Соленость притока воды с освобождаемых грунтов примем равной солености воды озера.

\*) Автор пользуется предварительными данными, незначительно отличающимися от окончательно принятых в водном балансе.



Пользуясь всеми этими цифровыми данными, произведем по правилу смешения вычисления содержания наиболее важных с точки зрения ирригации химических факторов. Результаты вычислений сведены в таблицу 11.

Таблица 11

| Пониж.<br>уровня<br>в<br>метрах | Годовой приток воды<br>в млн куб. м |                                 | Сухой<br>ост. 110° | Соли<br>натрия | Соли<br>магния | Коефф. по<br>Стаблеру |
|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------|----------------|----------------|-----------------------|
|                                 | С современ-<br>ного бас-<br>сейна   | С освобож-<br>даемой<br>площади |                    |                |                |                       |
|                                 | м в литре воды                      |                                 |                    |                |                |                       |
| 0                               | 706,5                               | 0,0                             | 137                | 18,6           | 27,7           | 154                   |
| 10                              | »                                   | 4,5                             | 140                | 19,7           | 29,2           | 144                   |
| 20                              | »                                   | 7,4                             | 141                | 20,1           | 30,0           | 141                   |
| 30                              | »                                   | 10,7                            | 143                | 21,1           | 31,0           | 134                   |
| 40                              | »                                   | 16,1                            | 146                | 22,3           | 32,6           | 127                   |
| 50                              | »                                   | 36,4                            | 157                | 26,5           | 38,3           | 107                   |
| 60                              | »                                   | 37,8                            | 158                | 26,9           | 39,0           | 105                   |
| 70                              | »                                   | 40,5                            | 159                | 27,9           | 39,9           | 101                   |
| 80                              | »                                   | 42,3                            | 160                | 28,0           | 40,0           | 101                   |
| 90                              | »                                   | 42,4                            | 160                | 28,0           | 40,0           | 101                   |

Из таблицы видим, что соленость воды притока с бассейна питания озера будет несколько увеличиваться, благодаря примешиванию воды с более низкой части озерной котловины, ныне затопляемой водой озера.

Таким образом можно констатировать, что вода притока обладает и будет обладать по мере спуска озера хорошими поливными качествами (коефф. Стаблера 154—101).

Установив количество и состав притекающей в озеро при различных его горизонтах воды, разберемся в изменениях объема и качества воды в самом озере вследствие потерь ее на испарение.

В настоящее время в озеро притекает ежегодно 706.5 млн м<sup>3</sup> воды. Большая часть этой воды в течение года расходуется озером на испарение. Остается от испарения только 55.6 млн м<sup>3</sup> воды, которая вытекает из озера подземным или надземным путем. Этот остаток содержит 100% годового притока хлора, около 80% натрия, около 75% магния, около 15% кальция и т. д. Ежегодная трата на испарение исчисляется округло 1200 млн м<sup>3</sup> воды, в том числе испаряется обратно 550 млн м<sup>3</sup> осадков, выпадающих на зеркало озера; таким образом воды, поступившей от притоков, испаряется в год около 650 млн м<sup>3</sup>. Примем, что испарение распределяется равномерно по площади озера в 1416 км<sup>2</sup>. Тогда при понижении уровня озера испарение будет убывать прямо пропорционально убыванию зеркала озера. Это зависимость выражается отношениями:

$\frac{F_0}{F_{10}} = \frac{e_0}{e_{10}}, \frac{F_0}{F_{20}} = \frac{e_0}{e_{20}}$  и т. д., где  $F_0$  и  $e_0$  — площадь зеркала и абсолютная потеря приточковой воды на испарение при современном горизонте, а  $F_{10}, F_{20}$  и  $e_{10}, e_{20}$  — те же величины при 10, 20...-метровом понижении уровня озера.



Численные значения  $F_0, F_{10}, F_{20}$  известны из литературных данных,  $e_0$  равно 650 млн  $m^3$  воды в год; значения  $e_{10}, e_{20} \dots$  вычисляются из пропорции. Разности между годовым притоком воды  $Q_0, Q_{10}$ , и  $e_0, e_{10}$  дают нам остаток от испарения.

Так как на испарение теряется дистиллированная вода, то все соли воды притока должны скопиться в остатке воды от испарения. Отношения притока воды к соответствующим остаткам ее после испарения дают нам коэффициенты-множители, показывающие, во сколько раз сократился объем воды притока. В таблице 11 дано содержание солей в единице объема воды притока через каждые 10 метров понижения уровня озера. Помножая эти данные на соответствующие коэффициенты сокращения объема воды притока, мы должны получить содержания солей в единицах объемов упаренной в озере воды притока. Полученные произведения оказываются однако выше истинных чисел: не учитывается то обстоятельство, что часть солей при упаривании воды выпадает в осадок. Необходимо введение коррективов.

Выше было упомянуто, что при современном 12.7-кратном концентрировании воды притока в озере из раствора исчезает около 20% солей натрия и около 25% солей магния. Сумма всех растворенных солей убывает при этом на 68.5%: выпадает почти нацело в осадок кремнезем, свыше 80% солей извести и т. д., часть солей используется биообитателями.

При меньшем упаривании воды притоков должно сохраниться в растворе больше процентов солей. Примем, что между показателями кратности упаривания и процентами ухода солей из раствора существует почти прямо-пропорциональная зависимость.

Исходя из этого, легко вычислить, какой процент солей воды притока теряется из раствора при различных уровнях озера. Так, например, при уровне озера на 10 метров ниже современного из раствора воды будет теряться, вместо современных 68.5%, только 26.5% всех солей. Потеря из раствора солей магния уменьшается при этом с 25 до 10%, а солей натрия—с 20 до 8%. При еще большем падении уровня озера процент выпадения солей из раствора будет еще меньше.

Вычитая из вышеупомянутых произведений потери солей из раствора, мы получим содержание солей в литре упаренной воды притока на каждые 10 метров понижения уровня озера. Результаты вычислений приводим в таблице 12.

Таблица обнаруживает, что уже после спуска озера на 10 метров притоковая вода будет упариваться не в 12.7 раза, а только в 5.5. Вследствие этого, конечная концентрация натрово-магнезиальных солей будет достигать только 55—60% современной концентрации их в воде озера. При спуске озера на 20 метров притоковая вода, вследствие еще большей убыли испарения, подвергнется еще меньшей концентрации. Сумма всех растворенных солей падает относительно медленнее, давая даже некоторое повышение при снижении уровня на первые 10 метров.

В обратном направлении, чем изменение натровых солей, изменя-



Таблица 12

| Пониже-<br>ние<br>уровня<br>в м | Годовой<br>приток<br>воды | Остаток от<br>испарения | Сухой оста-<br>ток 110° | Соли<br>натрия | Соли<br>магния | Кoeffи-<br>циент по<br>Стаблеру |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------|---------------------------------|
|                                 | в млн куб м               |                         | мг в литре воды остатка |                |                |                                 |
| 0                               | 706,5                     | 55,6                    | 552                     | 182,1          | 249,3          | 13,2                            |
| 10                              | 711,0                     | 129,0                   | 566                     | 99,6           | 144,0          | 28,4                            |
| 20                              | 713,9                     | 176,6                   | 467                     | 76,3           | 113,4          | 37,2                            |
| 80                              | 717,2                     | 229,6                   | 391                     | 63,2           | 92,3           | 44,7                            |
| 40                              | 722,6                     | 317,3                   | 310                     | 50,8           | 74,3           | 56,1                            |
| 50                              | 742,6                     | 649,2                   | 186                     | 30,1           | 43,7           | 94,3                            |
| 60                              | 742,9                     | 671,6                   | 173                     | 29,9           | 43,3           | 94,5                            |
| 70                              | 744,3                     | 714,9                   | 165                     | 29,0           | 41,5           | 97,5                            |
| 80                              | 747,0                     | 744,7                   | 161                     | 28,1           | 40,1           | 101,0                           |
| 90                              | 748,9                     | 748,9                   | 160                     | 28,0           | 40,0           | 101,0                           |

ются значения ирригационного коэффициента. Последние вычислялись из уравнения Стаблера, считающего, что геометрические отношения между количествами натрия, хлора и серной кислоты остаются постоянными или, вернее, сохраняется постоянство отношения между натрием и суммой хлора и серной кислоты.

$$Ka = \frac{662}{Na - 0,32 Cl - 0,43 SO_4}$$

Из хода изменения коэффициента Стаблера видно, что начиная уже с 10-метрового спуска озера, притоковая вода после потерь на испарение не выходит из пределов класса хороших поливных вод: ирригационные коэффициенты равны 28,4 и выше, тогда как удовлетворительные воды обладают коэффициентами от 18 и ниже.

Располагая данными таблицы 12, мы можем теперь перейти к непосредственным вычислениям состава воды озера Севан через определенные периоды времени при заданных количествах выпуска воды из озера. Возьмем вариант ежегодного выпуска 1000 млн куб метров воды.

Согласно данных Е. С. Маркова, могут быть произведены подсчеты объемов воды в озере через каждые 10 метров. Из полученных объемов воды усматривается (табл. 13), что ежегодным выпуском одного миллиарда куб метров воды уровень озера понижается на 10 метров в течение 13 лет плюс время выпуска накопленной за этот срок воды притока, что составляет всего около 15 лет.

При том же темпе выпуска вод следующая 10-метровая призма воды озера израсходуется в течение 14 лет и т. д. Сроки, потребные для понижения уровня на каждые 10 метров даем в столбце 2 упомянутой таблицы.

Втечение каждого из этих сроков в озеро притекает определенное количество воды  $Q_n$  с сухого бассейна. Часть из этой воды  $W$  испаряется, а остаток от испарения  $v$  несколько пополняет запасы воды  $V$  в озере и разбавляюще влияет на последние.



При современном горизонте озера вода притока упаривается в озере до концентрации озерной воды и поэтому никакого изменения состава воды озера в годовом итоге не вызывает. При спуске озера картина меняется. От понижения уровня озера только на 10 метров вода притока в результате изменения в озере будет иметь уже отличный от современного состав. Общая соленость ее выше, но натровых и магниальных солей в ней на 40—50% меньше, чем в воде современного озера.

При ежегодном выпуске в 1 млрд куб м воды в течение 15 лет уровень воды озера Севан спадает на 10 метров. При этом происходят следующие интересные явления.

1. В озеро притекает  $\frac{Q_0 + Q_{10}}{2} \times 15$  м<sup>3</sup> воды, или обозначим это  $Q_{0-10}$ , где  $Q_0$ —годовой современный приток воды, а  $Q_{10}$ —то же после 10-метрового спуска озера.

2. Приточная вода  $Q_{0-10}$  теряет на испарение  $\frac{W_0 + W_{10}}{2} \times 15$  или  $W_{0-10}$  куб м воды, где  $W_0$ —годовая современная потеря воды притоком а испарение, а  $W_{10}$ —то же после 10-метрового понижения уровня озера.

3.  $Q_{0-10} - W_{0-10} = \frac{v_0 - v_{10}}{2} \times 15$  или  $v_{0-10}$  м<sup>3</sup> воды, где  $v_0$ —годовой современный упаренный остаток воды притока, а  $v_{10}$ —то же после 10-метрового понижения уровня озера.

4. В литре воды  $v_{0-10}$  содержится в среднем  $\frac{C_0 E + C_{10} E}{2} = C_{0-10} E$  всех растворенных солей, из них  $\frac{C_0 Na + C_{10} Na}{2} = C_{0-10} Na$  солей натрия и  $\frac{C_0 Mg + C_{10} Mg}{2} = C_{0-10} Mg$  солей магния, где  $C_0$ —содержание солей в воде современного притока,  $C_{10}$ —то же при уровне озера на 10 метров ниже и  $E$ —обозначение понятия суммы солей.

Суммы натровых, магниальных и всех солей в литре воды озера с горизонтом на 10 метров ниже современного могут быть получены из следующих уравнений:  $C_{10} E = \frac{v_{0-10} \cdot C_{0-10} E + V_0 \cdot C_0 E}{v_{0-10} + V_0} \dots (1)$

$$C_{10} Na = \frac{v_{0-10} \cdot C_{0-10} Na + V_0 \cdot C_0 Na}{v_{0-10} + V_0} \dots (2)$$

$$C_{10} Mg = \frac{v_{0-10} \cdot C_{0-10} Mg + V_0 \cdot C_0 Mg}{v_{0-10} + V_0}$$

где  $V_0$ —объем воды в озере в м<sup>3</sup>.

Подставляя вместо символов их численные значения и произведя вычисления, мы получаем содержание всех солей и в отдельности натровых и магниальных после понижения уровня на 10 метров в течение 15-летнего периода.

Точно таким же образом, исходя каждый раз из предыдущих данных, вычисляем изменение состава воды озера и для 20, 30, 40...-метрового понижения уровня. Результаты вычислений сведены в нижеследующую таблицу:



Состав воды озера Севан при ежегодном выпуске 1 млрд м<sup>3</sup> воды

Таблица 13

| Изобаты<br>м | Продолжи-<br>тельность<br>сливания<br>призмы в<br>годах | Приток<br>воды | Потеря<br>притока<br>на упя-<br>вление | Остаток<br>притока | Объем<br>воды<br>в озере | Сухой<br>остаток<br>110° | Соли<br>натрия | Соли<br>магния | Коефф.<br>по<br>Стаблеру |
|--------------|---------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|----------------|--------------------------|
|              |                                                         |                |                                        |                    |                          |                          |                |                |                          |
| 0            |                                                         |                |                                        |                    | 54 702                   | 551,8                    | 182,0          | 249,3          | 13,2                     |
|              | 15                                                      | 10 631         | 9 246                                  | 1 385              |                          |                          |                |                |                          |
| 10           |                                                         |                |                                        |                    | 41 311                   | 552,4                    | 181,0          | 247,4          | 13,5                     |
|              | 14                                                      | 9 975          | 7 968                                  | 2 140              |                          |                          |                |                |                          |
| 20           |                                                         |                |                                        |                    | 29 146                   | 548,0                    | 177,0          | 243,7          | 13,9                     |
|              | 14                                                      | 10 017         | 5 125                                  | 2 843              |                          |                          |                |                |                          |
| 30           |                                                         |                |                                        |                    | 18 003                   | 531,3                    | 168,9          | 231,8          | 15,0                     |
|              | 13                                                      | 9 358          | 4 803                                  | 4 555              |                          |                          |                |                |                          |
| 40           |                                                         |                |                                        |                    | 8 296                    | 499,2                    | 146,4          | 202,1          | 18,5                     |
|              | 10                                                      | 7 326          | 2 493                                  | 4 833              |                          |                          |                |                |                          |
| 50           |                                                         |                |                                        |                    | 3 322                    | 408,4                    | 107,5          | 149,6          | 26,5                     |
|              | 5                                                       | 3 714          | 662                                    | 3 052              |                          |                          |                |                |                          |
| 60           |                                                         |                |                                        |                    | 1 532                    | 300,0                    | 70,0           | 98,2           | 40,4                     |
|              | 4                                                       | 2 974          | 201                                    | 2 773              |                          |                          |                |                |                          |
| 70           |                                                         |                |                                        |                    | 437                      | 215,1                    | 43,3           | 61,4           | 65,6                     |
|              | 2                                                       | 1 491          | 31                                     | 1 460              |                          |                          |                |                |                          |
| 80           |                                                         |                |                                        |                    | 12                       | 175,0                    | 32,8           | 48,5           | 92,3                     |
|              | 1                                                       | 748            | 0                                      | 748                |                          |                          |                |                |                          |
| 90           |                                                         |                |                                        |                    | 0                        | 160,7                    | 28,1           | 40,1           | 101,0                    |

Приведенные в таблице ирригационные коэффициенты мы исчислили, пользуясь вышеприведенным уравнением Стаблера.

Таблица обнаруживает относительно плавное убывание суммы растворенных солей, натровых и магниевых в отдельности, в воде озера Севан по мере понижения уровня. Столь же плавно возрастают ирригационные качества воды.

При понижении уровня озера на 40 метров общая соленость убывает всего с 551,8 мг до 499,2 мг в литре воды, но, начиная с этого горизонта, убывание ее пойдет более интенсивными темпами. Убывание натровых и магниезиальных солей происходит несколько интенсивнее и плавнее.

Как показывает таблица изменения ирригационных коэффициентов, вода озера до понижения уровня на 40 метров, при выпуске 1 млрд м<sup>3</sup> воды на протяжении 56 лет, будет обладать удовлетворительными поливными качествами (коэффициент от 13,2 до 18). Согласно этому, при орошении такой водой признается желательность мер, предупреждающих накопление в почвах щелочей.

Начиная с 40 метров понижения уровня озера, вода в нем характеризуется уже хорошими поливными качествами. При дальнейшем спуске озера качество воды улучшается более быстрыми темпами.



Проект использования севанских вод предусматривает спуск озера не менее, чем на 50 метров. Таблица 13 показывает состав и качество воды для этого горизонта в начальный момент достижения этого уровня при ежегодном выпуске 1 *мрд м³* воды из озера. Годовой же приток воды в озеро после потерь ее на испарение при этом горизонте отличается гораздо меньшей минерализованностью и лучшими поливными качествами.

|          | Сухой остаток 110° | Соли натрия | Соли магния | Коефф. по Стаблеру |
|----------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|
|          | мг в литре         |             |             |                    |
| $V_{50}$ | 408,4              | 107,5       | 149,6       | 26,5               |
| $v_{50}$ | 186,0              | 30,1        | 43,7        | 94,3               |

Приведенные числа показывают огромную разницу в солености между этими водами. При поддержании уровня озера выпуском избытка воды на отметке—50 м, очевидно, будет протекать процесс дальнейшего опреснения воды озера до того конечного момента, который характеризуется составом опресняющей воды.

Свободный опресняющий избыток воды  $v_{50}$  определяется (табл. 12) числом 649.2 мил.  $м³$  в год.

$V_{50}$  (табл. 13) равен 3.332 млн. куб. метров воды.

Отсюда по правилу смешения может быть вычислен состав воды  $V_{50}$  через каждый год опреснения без дальнейшего спуска озера.

|               | Сухой остаток 110° | Соли натрия | Соли магния | Коефф. по Стаблеру |
|---------------|--------------------|-------------|-------------|--------------------|
|               | мг в литре         |             |             |                    |
| После 1-го г. | 372                | 95          | 132         | 28                 |
| » 2 »         | 342                | 85          | 118         | 31                 |
| » 3 »         | 317                | 76          | 106         | 35                 |
| » 4 »         | 296                | 69          | 96          | 38                 |
| » 5 »         | 278                | 63          | 88          | 42                 |
| » 10 »        | 225                | 46          | 63          | 58                 |

Приведенные числа иллюстрируют весьма интенсивное опреснение озера после достижения 50-метрового понижения уровня.

Таблица 13 устанавливает ход изменения качества воды озера при ежегодном выпуске 1 *мрд куб* метров воды. При этом достигается понижение озера на 50 метров через 66 лет.

При вариантах менее интенсивного выпуска воды понижение уровня происходит медленнее. Соответственно мы будем иметь в моменты наступления указанных горизонтов несколько менее минерализованную воду, чем это показывает график. Но при медленном расходе вековых запасов воды озера придется дольше поливать водой повышенной концентрации солей. Обратно, при форсированных темпах спуска озера, вода в нем раньше приобретает вместо удовлетворительных хорошие поливные качества.



## В ы в о д ы

1. Вода озера Севан и реки Занги в годовом и многолетнем периоде и во всех районах представляет собой природный разбавленный раствор различных солей от 156.0 до 551.8 *мг* на литр воды. Этот раствор, будучи даже концентрирован в 5—10 раз, оказывает стимулирующее влияние на рост наиболее чувствительных к солям культурных растений наших широт.

2. Активная реакция наших вод колеблющаяся в пределах pH от 7.6 до 9.25 также оказывает благоприятное влияние на рост растений.

3. Растворенными и взвешенными наносами воды озера Севан и реки Занги при скромной поливной норме в 3200 *м³* доставляется на 1 *га* орошаемого поля ежегодно 80—30 *кг*  $K_2O$  и только 3—5 *кг* азота и фосфора; очевидно, поливаемые этой водой поля будут меньше всего требовать добавления калия и будут нуждаться в азото-фосфористых удобрениях.

4. Общее количество растворенных солей в воде Севана, определяемое 550 *мг* в литре воды, не может быть признано достаточным источником аллювиального засоления любых почв: для минимального осолонения метрового слоя почвы (до 0.3% содержания растворимых солей) потребуется аккумуляция им всех солей поливной нормы в 5000 *м³*, примерно в течение 30 лет, что невозможно в силу промывной деятельности атмосферных осадков и поливной воды и благодаря потреблению многих солей растениями.

5. Концентрация натрово-магнезиальных щелочных солей в воде Севана и в меженный период в воде реки Занги находится в пределах, в каких практика орошения подобными водами суглинистых и глинистых равнинно-долинных почв признает необходимость мероприятий, предупреждающих их накопление. Последние мероприятия, согласно стаблеровской ирригационной характеристике, сводятся к простому понижению щелочности наших вод, что достигается внесением в почву 1.6 центнера  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  на 1000 *м³* поливной воды озера или 0.8 центнера гипса на то же количество зангинской воды.

6. Гипсования при орошении нашими водами потребуют в первую очередь и в большом количестве тяжелые почвы, не содержащие в естественном состоянии серо- и гипсоносных продуктов, депрессионные участки микрорельефа почвы, куда собирается в большом количестве поливная вода и почвы с близкими к поверхности солеными грунтовыми водами. Гипсованием карбонатных почв теоретически достигается улучшение условий для растворимости иона кальция в почвенном растворе. То же



примерно достигается и навозным удобрением при поливном хозяйстве. Ион кальция в почвенном растворе улучшает структуру почвы и предохраняет ее от распада под влиянием ионов натрия и магния.

7. Натуральная вода Севана, относимая к классу ирригационно-удовлетворительных, приближающихся к неудовлетворительным, оказывает большее влияние на повышение урожайности скелетно-каменистых почв склонов со свободным дренажем, благодаря свойству щелочных вод энергичнее высвобождать питательные минеральные вещества из относительно крупных продуктов механического распада пород, чем та же вода, переведенная гипсованием в класс ирригационно-хороших вод (по Стаблеру). Поэтому Севанская вода без затрат на ее улучшение является хорошим поливным материалом для слабо развитых почв каменистых склонов, за исключением депрессионных впадин макро и микро-рельефа, которые потребуют гипсования, а более тяжелые почвы и мелиоративных работ по дренажу.

8. Малое содержание в наших водах взвешенных материалов усугубляет их агрессивность по поднятию грунтовых вод, почему орошение полей с близкими и солеными грунтовыми водами без искусственного понижения последних и гипсования почвы едва ли возможно.

9. Искусственное понижение уровня озера Севан будет сопровождаться уменьшением солености воды и улучшением ее поливных качеств. При выпуске, например, ежегодно 1 *мрд куб* метров воды, вода озера переходит из класса удовлетворительных в класс ирригационно-хороших вод через 56 лет. Уровень озера за это время спадет на 40 метров. При дальнейшем его понижении убывание солености воды происходит многократно ускоренным темпом.

---



## ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Воейков—Очерки Туркестана—Хива и Бухара. С. Х. Л. 1913.
2. К. К. Гедройц—Материалы по вопросу о влиянии на растения кислот, щелочей и некоторых неорганических солей. Ж. О. А. 1910.
3.     »     »     —Засолонение почвы и действие на растения солей, засоляющих почвы. С. Х. Л. апр. 1918.
4.     »     »     —Почвенно-поглотительный комплекс и почвенно-поглотительные катионы, как основа генетической почвенной классификации. Изд. Нос. с. х. оп. ст. 47, 1927.
5.     »     »     —Химический анализ почвы. Изд. «Новая деревня», Москва—Ленинград, 1930 г.
6. В. Г. Глушков—Отчет о работах Гидрометрической части в Туркестанском крае в 1911 г. Изд. Г. У. З. и З. СПб, 1912.
7. А. Ф. Лебедев—Почвенные и грунтовые воды. Сельхозгиз, Москва—Ленинград, 1930 г.
8. С. Я. Лятги—Гидрохимические исследования озера Севан и его притоков. Бюлл. Бюро Гидрометеорологических исследований на озере Севан № 7—8, Эривань, 1929.
9. А. Ф. Миддендорф—Очерки Ферганской долины. СПб, 1882.
10. В. Новиков—Отчет о работах химической лаборатории Гидрометрической части Г. У. З. и З. в 1912—13 г.г. Петроград, 1915.
11. Г. И. Павлов—Динамика строения пахотного горизонта в условии орошаемого земледелия и факторы ее обуславливающие. О.И.И.В.Х. Матер. по опытно-исслед. делу, т. I, Ташкент, 1930.
12. Б. Б. Полюнов и Б. Н. Философов—Об изменении растворов при капиллярном поднятии их в почвах и грунтах. Изд. Научн. Мелиор. И-та, вып. XXI. Лен. 1930.
13. Н. Н. Славянов—Эквивалентная форма выражения анализов воды и ее применение. Изд. Геол. Ком. Лен. 1929.
14. Ф. Тредвел—Курс аналитической химии, т. II, кн. I. Госиздат, 1927.
15. Н. Н. Тулайков—Солонцы, их использование и улучшение. С. Х. Л. апрель, май, авг. 1909—10 г.г.
16. С. И. Тюремнов—Общий очерк солончаков Восточного Закавказья. Труды Кубанского с. х. И-та, т. VI, Краснодар, 1929.
17. Г. В. Хлопин—Методы санитарных исследований, том I, Вода. Изд. ВСНХ, Ленинград, 1928 г.
18. Материалы по исследованию озера Севан и его бассейна, ч. II, вып. I. Гидрохимические исследования. Ленинград, 1933.

### Рукописные материалы

19. В. К. Давыдов—Озеро Севан и его водные ресурсы. Материалы по исследованию озера Севан, ч. VI.
20. Б. Я. Галстян—Почвенный очерк земель с.-з. и ю.-в. «Киров» Эриванского округа, 1927 г.
21. А. М. Налбандян—Материал лабораторных и полевых исследований почв и грунтовых вод земель Киров.



## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**Таблицы средних месячных анализов воды р. Занги  
у с. Арзни.**

**Таблицы разовых анализов воды р. Занги у с. с. Арзни  
и Чарбах.**



Таблица 1

Средние месячные анализы воды р. Занги у с. Арзни 1929 г.

|                                |                 | Май        |               | Июнь       |               | Июль       |               | Август     |               | Сентябрь   |               |
|--------------------------------|-----------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|
|                                |                 | мг на литр | то же в ионах | мг на литр | то же в ионах | мг на литр | то же в ионах | мг на литр | то же в ионах | мг на литр | то же в ионах |
| Катионы                        |                 |            |               |            |               |            |               |            |               |            |               |
| K <sub>2</sub> O               | K               | 4,6        | 3,8           | 4,8        | 4,0           | 8,9        | 7,4           | 11,3       | 9,4           | 10,8       | 9,0           |
| Na <sub>2</sub> O              | Na              | 17,5       | 13,0          | 18,6       | 13,7          | 42,1       | 31,2          | 49,9       | 37,1          | 52,6       | 39,0          |
| CaO                            | Ca              | 29,8       | 21,2          | 29,5       | 21,0          | 41,0       | 29,3          | 46,8       | 33,5          | 47,4       | 33,9          |
| MgO                            | Mg              | 12,5       | 7,5           | 14,3       | 8,6           | 38,4       | 23,2          | 42,0       | 25,3          | 43,2       | 26,1          |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe              | 0,07       | 0,05          | 0,07       | 0,05          | следы      | —             | 0,02       | 0,014         | 0          | —             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al              | 0,22       | 0,12          | 0,21       | 0,11          | 0,12       | 0,06          | 0,07       | 0,04          | 0,06       | 0,03          |
| NH <sub>3</sub>                | NH <sub>4</sub> | 0,1        | 0,1           | 0,1        | 0,10          | 0          | —             | 0          | —             | 0          | —             |
|                                | Σг              |            | 45,8          |            | 47,6          |            | 91,2          |            | 105,5         |            | 108,0         |

|                               |                          |      |       |      |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------|--------------------------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Анионы                        |                          |      |       |      |       |       |       |       |       |       |       |
| Cl                            | Cl                       | 11,8 | 11,8  | 12,4 | 12,4  | 33,7  | 33,7  | 38,9  | 38,9  | 37,6  | 37,6  |
| SO <sub>4</sub>               | SO <sub>4</sub>          | 7,5  | 9,0   | 7,6  | 9,1   | 7,4   | 8,9   | 7,9   | 9,5   | 7,7   | 9,2   |
| N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | NO <sub>3</sub>          | 0,9  | 1,03  | 1,6  | 1,8   | 1,8   | 2,1   | 2,9   | 3,3   | 3,2   | 3,7   |
| N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | NO <sub>3</sub>          | 0,06 | 0,08  | 0,01 | 0,01  | 0,005 | 0,006 | 0     | —     | 0,02  | 0,02  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | HPO <sub>4</sub>         | 0,16 | 0,2   | 0,04 | 0,06  | 0,31  | 0,42  | 0,46  | 0,62  | 0,44  | 0,59  |
| CO <sub>2</sub>               | гидрок. HCO <sub>3</sub> | 69,6 | 96,5  | 78,1 | 108,4 | 158,8 | 220,1 | 183,0 | 253,7 | 181,1 | 251,0 |
| SiO <sub>2</sub>              | связ. SiO <sub>2</sub>   | 4,2  | 5,3   | 2,9  | 3,7   | 4,5   | 5,7   | 6,0   | 7,6   | 4,9   | 6,2   |
| CO <sub>2</sub>               | карбон.                  |      |       |      |       |       |       |       |       | —     | —     |
|                               | Σг                       |      | 123,9 |      | 135,5 |       | 270,9 |       | 313,6 |       | 308,3 |
|                               | Σ(г+г')                  |      | 169,7 |      | 183,1 |       | 362,1 |       | 419,0 |       | 416,3 |

|                                          |       |       |       |       |       |
|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Плотн. остаток 105—110°                  | 156,0 | 184,0 | 280,0 | 332,0 | 328,0 |
| CO <sub>2</sub> своб.                    | 4,2   | 6,2   | 5,8   | 3,4   | 3,6   |
| SiO <sub>2</sub> „                       | 19,8  | 25,1  | 19,9  | 22,0  | 21,1  |
| Окисляемость в O <sub>2</sub>            | 1,0   | 0,9   | 0,8   | 1,1   | 0,9   |
| Щ. Р. см <sup>3</sup> HCl $\frac{n}{10}$ | 17,2  | 18,7  | 37,6  | 43,6  | 42,8  |
| pH                                       | 7,72  | 7,6   | 7,94  | 8,28  | 8,20  |
| Взвешенных материал.                     | 909,7 | 322,6 | 236,4 | 145,0 | 83,9  |

|                                     | мг—эквивал. в ‰ | мг—эквивал. в ‰ | мг—эквивал. в ‰ | мг—эквивал. в ‰ | мг—эквивал. в ‰ |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Сильных кислот                      | 11,6            | 11,6            | 11,9            | 11,9            | 11,5            |
| Слабых „                            | 37,4            | 38,1            | 38,2            | 38,6            | 37,8            |
| Щелочей                             | 14,3            | 14,2            | 15,7            | 16,4            | 16,9            |
| Щелочных земель                     | 36,2            | 35,7            | 34,1            | 33,0            | 33,8            |
| Слабых оснований                    | 0,5             | 0,4             | 0,1             | 0,1             | 0,0             |
| Ошибка анализа                      | ±0,0            | ±0,3            | ±0,1            | ±0,5            | ±0,7            |
| Жесткость в нем. град.              | 4,7             | 4,9             | 9,5             | 10,6            | 10,8            |
| ирригационный коэф-фициент Стаблера | 124             | 114             | 40              | 32              | 29              |



Таблица 1 (продолжение)

Средние месячные анализы воды р. Занги у с. Арзни 1929—1930 г.

| Октябрь       |                  | Ноябрь        |                  | Декабрь       |                  | Январь        |                  | Февраль       |                  | Март          |                  | Апрель        |                  |
|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| мг<br>на литр | то же<br>в ионах | мг<br>на литр | то же<br>в ионах | мг<br>на литр | то же<br>в ионах | мг<br>на литр | то же<br>в ионах | мг<br>на литр | то же<br>в ионах | мг<br>на литр | то же<br>в ионах | мг<br>на литр | то же<br>в ионах |
| 10,5          | 8,7              | 13,2          | 11,0             | 10,7          | 8,9              | 10,8          | 9,0              | 13,0          | 10,8             | 9,0           | 7,5              | 6,6           | 5,5              |
| 49,0          | 36,4             | 57,9          | 43,0             | 59,4          | 44,1             | 53,0          | 39,3             | 61,5          | 45,6             | 46,1          | 34,2             | 33,1          | 24,6             |
| 44,2          | 31,6             | 44,4          | 31,7             | 45,0          | 32,2             | 45,6          | 32,6             | 44,0          | 31,5             | 42,0          | 30,0             | 34,4          | 24,6             |
| 43,7          | 26,4             | 44,1          | 26,6             | 42,0          | 25,3             | 42,0          | 25,3             | 43,8          | 26,4             | 40,0          | 24,1             | 22,9          | 13,8             |
| 0,02          | 0,014            | 0,02          | 0,01             | следы         | —                | 0             | 0                | 0,02          | 0,01             | 0             | —                | 0,02          | 0,01             |
| 0,08          | 0,042            | 0,07          | 0,04             | "             | —                | 0,02          | 0,01             | 0,04          | 0,02             | 0,02          | 0,01             | 0,07          | 0,04             |
| 0             | —                | 0             | —                | "             | —                | 0             | —                | 0             | —                | 0             | —                | 0             | —                |
| 103,2         |                  | 112,4         |                  | 110,5         |                  | 106,2         |                  | 114,3         |                  | 95,8          |                  | 68,6          |                  |

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 38,2  | 38,2  | 40,8  | 40,8  | 40,2  | 40,2  | 39,3  | 39,3  | 49,1  | 49,1  | 36,5  | 36,5  | 22,0  | 22,0  |
| 8,6   | 10,3  | 8,1   | 9,7   | 8,2   | 9,8   | 8,4   | 10,1  | 8,7   | 10,4  | 7,9   | 9,5   | 5,8   | 7,0   |
| 0,4   | 0,46  | 0,4   | 0,5   | 1,1   | 1,3   | 1,3   | 1,5   | 2,4   | 2,8   | 2,8   | 3,2   | 2,6   | 3,0   |
| 0,01  | 0,01  | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | следы | —     |
| 0,48  | 0,65  | 0,41  | 0,55  | 0,43  | 0,58  | 0,47  | 0,64  | 0,42  | 0,57  | 0,34  | 0,46  | 0,31  | 0,42  |
| 179,4 | 248,7 | 183,5 | 254,4 | 180,1 | 249,7 | 176,4 | 244,5 | 170,1 | 235,8 | 157,4 | 218,2 | 104,8 | 145,3 |
| 3,1   | 3,9   | 4,6   | 5,8   | 7,4   | 9,4   | 4,4   | 5,6   | 5,5   | 7,0   | 7,2   | 9,1   | 9,0   | 11,4  |
| 2,2   | 3,0   | 2,1   | 2,9   | 2,2   | 3,0   | 2,3   | 3,1   | 6,2   | 8,4   | —     | —     | —     | —     |
| 305,2 |       | 314,6 |       | 314,0 |       | 304,7 |       | 314,1 |       | 277,0 |       | 189,1 |       |
| 408,4 |       | 427,0 |       | 424,5 |       | 410,9 |       | 428,4 |       | 372,8 |       | 257,7 |       |

|       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 327,5 | 332,5 | 317,2 | 316,0 | 334,0 | 290,4 | 212,0 |
| 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 4,4   | 7,4   |
| 28,4  | 23,4  | 23,4  | 25,2  | 25,3  | 18,8  | 13,4  |
| 0,8   | 0,9   | 0,9   | 1,0   | 0,9   | 0,7   | 0,9   |
| 42,8  | 44,2  | 43,4  | 42,6  | 43,3  | 38,2  | 26,8  |
| 8,7   | 8,63  | 8,7   | 8,42  | 8,80  | 8,35  | 7,65  |
| 39,9  | 27,1  | 21,2  | 25,3  | 12,5  | 37,5  | 234,6 |

| мг—эквив-<br>вал. в ‰ | мг—эквив-<br>вал. в ‰ | мг—эквив-<br>вал. в ‰ | мг—эквив-<br>вал. в ‰ | мг—эквив-<br>вал. в ‰ | мг—эквив-<br>вал. в ‰ | мг—эквив-<br>вал. в ‰ |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 11,6                  | 11,6                  | 11,7                  | 11,9                  | 13,7                  | 12,4                  | 11,5                  |
| 38,5                  | 37,8                  | 38,2                  | 37,9                  | 36,2                  | 37,3                  | 38,0                  |
| 16,2                  | 18,4                  | 18,4                  | 17,3                  | 18,9                  | 16,4                  | 17,1                  |
| 33,6                  | 32,2                  | 31,7                  | 32,9                  | 31,2                  | 33,9                  | 33,3                  |
| 0,1                   | 0,0                   | 0,0                   | 0                     | 0                     | 0                     | 0,1                   |
| ±0,1                  | ±0,6                  | ±0,1                  | ±0,2                  | ±0,1                  | ±0,3                  | ±0,5                  |
| 10,5                  | 10,6                  | 10,4                  | 10,4                  | 10,5                  | 9,8                   | 6,6                   |
| 34                    | 26                    | 24                    | 30                    | 26                    | 36                    | 45                    |



Таблица II

Разовые анализы воды р. Занги у с. с. Арзни и Чарбах 1930 г.

|                                          |                  | с. Арзни—13 апр. |                  | с. Чарбах—12 апр. |                  | с. Чарбах—20 апр. |                  |
|------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
|                                          |                  | мг<br>на литр    | то же<br>в ионах | мг<br>на литр     | то же<br>в ионах | мг<br>на литр     | то же<br>в ионах |
| <b>Катионы</b>                           |                  |                  |                  |                   |                  |                   |                  |
| K <sub>2</sub> O                         | K                | 6,2              | 5,15             | 6,0               | 5,0              | 6,4               | 5,3              |
| Na <sub>2</sub> O                        | Na               | 32,8             | 24,3             | 28,0              | 20,8             | 30,8              | 22,9             |
| CaO                                      | Ca               | 33,4             | 23,9             | 33,0              | 23,6             | 34,3              | 24,5             |
| MgO                                      | Mg               | 22,6             | 13,6             | 21,3              | 12,8             | 22,5              | 13,6             |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | Fe               | 0,01             | 0,01             | 0,03              | 0,02             | 0,04              | 0,03             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>           | Al               | 0,03             | 0,02             | 0,10              | 0,05             | 0,09              | 0,05             |
| NH <sub>3</sub>                          | NH <sub>4</sub>  | 0                | —                | 0,02              | 0,02             | 0,03              | 0,03             |
|                                          | Σr               |                  | 67,0             |                   | 62,3             |                   | 66,4             |
| <b>Анионы</b>                            |                  |                  |                  |                   |                  |                   |                  |
| Cl                                       | Cl               | 23,3             | 23,3             | 20,8              | 20,8             | 23,9              | 23,9             |
| SO <sub>4</sub>                          | SO <sub>4</sub>  | 5,0              | 6,0              | 7,0               | 8,4              | 7,9               | 9,5              |
| N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>            | NO <sub>3</sub>  | 5,6              | 6,4              | 6,5               | 7,5              | 6,9               | 7,9              |
| N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>            | NO <sub>3</sub>  | следы            | —                | следы             | —                | следы             | —                |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>            | HPO <sub>4</sub> | 0,35             | 0,47             | 0,24              | 0,32             | 0,26              | 0,35             |
| CO <sub>3</sub> гидрок.                  | HCO <sub>3</sub> | 96,5             | 133,8            | 88,5              | 122,7            | 103,7             | 143,8            |
| SiO <sub>3</sub> связ.                   | SiO <sub>3</sub> | 9,4              | 11,9             | 11,3              | 14,3             | 7,2               | 9,1              |
|                                          | Σr               |                  | 181,9            |                   | 174,0            |                   | 194,6            |
|                                          | Σ(r+r')          |                  | 248,9            |                   | 236,3            |                   | 261,0            |
| <b>Плотный осадок 105—110°</b>           |                  | 218,0            |                  | 212,0             |                  | 234,8             |                  |
| CO <sub>2</sub> своб.                    |                  | 6,2              |                  | 6,3               |                  | 6,4               |                  |
| SiO <sub>2</sub> "                       |                  | 18,6             |                  | 22,7              |                  | 27,6              |                  |
| Окисляемость в O <sub>2</sub>            |                  | 0,7              |                  | 3,6               |                  | 2,9               |                  |
| Щ. Р. см <sup>3</sup> HCl $\frac{n}{10}$ |                  | 25,08            |                  | 23,87             |                  | 25,95             |                  |
| pH                                       |                  | 7,69             |                  | 7,65              |                  | 7,71              |                  |
| Взвешенных материалов                    |                  | 412,0            |                  | 243,4             |                  | 78,1              |                  |
|                                          |                  | мг—эквивал. в ‰  |                  | мг—эквивал. в ‰   |                  | мг—эквивал. в ‰   |                  |
| Сильных кислот                           |                  | 12,8             |                  | 13,5              |                  | 14,1              |                  |
| Слабых "                                 |                  | 36,5             |                  | 36,5              |                  | 36,8              |                  |
| Щелочей                                  |                  | 17,2             |                  | 15,8              |                  | 16,0              |                  |
| Щелочных земель                          |                  | 33,5             |                  | 34,1              |                  | 33,0              |                  |
| Слабых оснований                         |                  | 0                |                  | 0,1               |                  | 0,1               |                  |
| Ошибка анализа                           |                  | ±0,7             |                  | ±0,0              |                  | ±0,0              |                  |
| <b>Жесткость в немецк. град.</b>         |                  | 6,5              |                  | 6,3               |                  | 6,6               |                  |
| Ирригационный коэффициент Стаблера       |                  | 46,3             |                  | 63                |                  | 58                |                  |



## ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ՅԵՎ ԶԱՆԳԻ ԳԵՏԻ ՋՐԵՐԻ ՎՈՌՈԳՄԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ս. ՅԱ. ԼՅԱՍՏԻ

### Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հետազոտությունները կատարվել են 1928 թ. ապրիլից մինչև 1930 թ. հոկտեմբերը։ Ուսումնասիրվել են կղզվող և լուծվող բերվածքները (наносы) և նրանց փոփոխությունները ժամանակի և տարածության մեջ։ Հավաքված են նմուշներ և կատարվել են ջրի 37 լիակատար և 226 կրճատ քիմիական վերլուծում, կղզվող բերվածքների 5 լիակատար, 12 կրճատ քիմիական և 12 միխանիկական վերլուծում, նաև կղզվող բերվածքների վերաբերմամբ 200-ից ավել կշռի վորոշում։ Ստացված տվյալների համաձայն Սևանա լճի և Զանգի գետի ջրերը բնորոշվում են հետևյալ հատկություններով.

1. Աղիություն՝ լիտրի մեջ 156.0-ից մինչև 551.8 միլլիգրամ.
2. Մշտապես պատկանում են Պայլների 1 դասակարգին։ Ալկալիները եկվիվալենտը ավելի մեծ է, քան ուժեղ թթուների եկվիվալենտը.
3. Բարձր ալկալի ալկալիություն՝ рН 7.6-ից մինչև 9.25-ը.
4. Մագնեիական և նատրիական աղերի բարձր բովանդակություն՝ 51-ից մինչև 78% ամուր մնացորդ.
5. Կալիումի և ֆոսֆորի հարաբերապես բարձր բովանդակություն՝ մինչև 25.8 մգր  $K_2O$  և 0.7 մգր  $P_2O_5$  մեկ լիտր ջրի մեջ.
6. Բորակածին պարունակող միացությունների չնչին քանակ.
7. Զանգի գետի ջրի մեջ տասնապատիկ պակաս է կղզվող բերվածքների բովանդակությունը, քան Թուրքեստանի գետերի մեջ, իսկ Սևանա լճի մեջ այդպիսիք բացակայում են։

Հետազոտությունների տվյալների վերլուծումը բերում է հետևյալ լեզրակացություններին.

1. Սևանա լճի և Զանգի գետի ջրերը, նույնիսկ 5—10 անգամ կենտրոնացվելու դեպքում, ներկայացնում են իրենցից տարբեր աղերի բնական լուծույթ, վորն անեցման խթան են հանդիսանում մեր լեռերում մշակվող ալյուրների համար, վորոնք ամենազգայուն են աղերի հանդեպ։

2. Սևանա լճի և Զանգի գետի ջրերը, յերբ 3200 մ<sup>3</sup> համաստ վորոգման նորմայով ենք ոգտվում, յուրաքանչյուր ջրվող հեկտարին հասցնում են 80—30 կգ  $K_2O$  և միայն 3—5 կգ բորակածին և ֆոսֆոր։

3. Մեր ջրերում լուծված աղերի ընդհանուր կենտրոնացումը բավական չէ, վորպեսզի յուրաքանչյուր մշակվելիք հող պարզ վորոգման միջոցով աղիացվի, վորովհետև դրա համար (վորպեսզի հողը ունենա լուծվող աղերի 0.3%-ը) անհրաժեշտ է ի կատար ածել 5.000 մ<sup>3</sup> վորոգման նորմայի ու-



նեցած աղերի ալկուոլուալի (ներկուտակման) ամբողջ պրոցեսը առ-  
նվազը 30 րոպեով ընթացքում, վորպիսի պրոցեսին խանգարելու յեն մթնո-  
լորտային տեննեքի և վոռոգման ջրի ելուվիալ գործունեյութունը, նաև  
շատ աղերի կլանումը բույսերի կողմից:

4. Մեր ջրերի նատրիա-մագնեսիական ալկալիությունը հասնում է  
կենտրոնացման ալն դեպքում, յերբ կալիա կամ կալա-ավագոտ հարթա-  
վայրերի և հովիտների հողերի վոռոգման պայմաններում անհրաժեշտ են  
համարվում ալնալիսի միջոցառումներ, վորոնք կանխում են ալկալիների  
կուտակումը: Ամենապարզ միջոց է համարվում հիշյալ կուտակման դեմ պալ-  
քարելու համար հողի դիպսացումը (գաճացումը): 1.6 ցենտներ  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
Սեանա ջրի 1.000 մ<sup>3</sup>-ի վրա և կամ 0.8 ցենտներ գաճ Չանգու ջրի նույն  
քանակի վրա բավական է համարվում, վորպեսզի նրանց ալկալիական  
կոեֆիցիենտները բարձրանան, առաջինը՝ 8-ից մինչև 81 և յերկրորդը՝  
15-ից մինչև 52-ը և ալգալիսով այդ բավարար վոռոգողական ջրերը վերած-  
վեն լավ ջրերի:

5. Գաճացնելու կարիք կլինի առաջին հերթին և ամենամեծ չափով  
ժանր հողերը, միկրոբեյեֆի կորացած տարածությունները, ալն հողերը,  
վորոնք համեմատաբար մակերեսից մոտիկ են պարունակում իրենց մեջ  
գրունտային աղի ջրեր, և առհասարակ մանրագետնային հողերը, վորոնք  
ալկալիական ջրերով վոռոգվելուց հետո ավելի ուժեղ և ամուր կեղև են  
տալիս:

6. Սեանի բնական ալկալիական ջուրը, վորը մեծ յնանդով է կորզում  
սննդարար հանքային նյութերը լեռնահանքերի ֆիզիկո-մեխանիքական քամ-  
հարումից գոյացած համեմատաբար խոշոր նյութից, վոռոգման տեսակետից  
ավելի լավ նյութ է հանդիսանում քարքարոտ, սարալանջային, թուլլ զար-  
գացած հողիչի համար (բացառություն են կազմում մակրո և միկրո-բեյեֆի  
ցած ընկած տարածությունները, վորոնք գաճացում են պահանջում և կամ  
առանձին դեպքերում կարիք ունեն ծանր հողերի և գրենաժային մեխորա-  
տիվ աշխատանքների), քան թե նույն ջուրը, վորը զուրկ է հարձակողակա-  
նությունից գաճացման պայմաններում:

7. Ալն հանգամանքը, վոր Սեան-Չանգու ջրի մեջ բացակայում են կամ  
շատ քիչ են մեխանիքական կշռված նյութերը, ավելի ակտիվ է դարձնում  
նրանց գրունտային ջրերը բարձրացնելու գործում, ուստի և ալնալիսի դաշ-  
տեր վոռոգելը, վորոնց գրունտային ջրերը մոտիկ են մակերեսից, հազիվ  
թե հնարավոր լինի առանց նրանց արվեստական իջեցման և գաճացման:

8. Սեանա լճի մակերեսի արվեստական իջեցմանը կողգակցի ջրի  
աղիության պակասումը և նրա վոռոգման հատկությունների բարելավումը:  
Որինակ, ամեն տարի 1 միլիարդ խորանարդ մետր բաց թողնելու դեպքում,  
լճի ջուրը բավարար տեսակից վերածվում է 56 տարվա ընթացքում լավո-  
րակ վոռոգման ջրերի: Լճի մակերեսը ալն ժամանակի ընթացքում կիջնի 40  
մետրի չափով: Մակերեսի հետագա իջեցման ընթացքում ջրի աղիության  
պակասումը կկատարվի բազմապատիկ արագացված տեմպով:



## WATERING PROPERTIES OF THE WATER OF THE LAKE SEVAN AND THE ZANGA-RIVER

By S. J. LATTI

### S U M M A R Y

The investigations lasted from April 1828 to October 1930 having presented a study of the suspended and dissolved alluvial deposits and their changes within time and space. Samples have been collected: 37 complete and 226 concise chemical analyses of water, 5 complete and 12 concise chemical and 12 mechanical analyses of suspended matter, and above 200 weight determinations of suspended deposits have been carried out. According to the obtained data the waters of the lake Sevan and the Zanga-river possess the following properties:

1. A salinity within the limits from 156.0 to 551.8 mg per liter.
2. They belong always to Palmer's 1-st class; the equivalent of alkalis being greater than the equivalent of strong acids.
3. A high rate of active alkalinity—pH from 7.6 to 9.25.
4. A high rate of content of magnesium and natron salts—from 51 to 78% of the solid residue.
5. A content of a relatively large quantity of kalium and phosphor, amounting to 25.8 mg of  $K_2O$  and 0.7 mg of  $P_2O_5$  per liter of water.
6. An insignificant presence of chemical combinations containing nitrogen.
7. The water of the Zanga-river contains ten times less of suspended matter than the Turkestan rivers; the water of the lake Sevan contains none.

Following inferences have been drawn from the analysis of the obtained data:

1. The waters of the lake Sevan and the Zanga-river with even 5 or 10 fold concentration, present a natural solution of various salts, stimulating the growth of the most salt sensitive plants cultured in our latitude.
2. The moderate watering of the Sevan and Zanga waters at the norm of 3200  $m^3$  supplies annually on 1 ha of the watered field 80 to 30 kg of  $K_2O$  and only 3 to 5 kg of nitrogen and phosphor.
3. The general concentration of dissolved salts in these waters proves not to be sufficient for a mere alluvial salinization of cultured soils, there being necessary for the purpose (a 0.3% content of dissoluble salts in soil) a realization of the process of a complete accumulation of salts of a watering norm of 5000  $m^3$  for 30 years in the least, which would be inevitably hindered by the alluvial activities of atmospheric precipitations, of the very process of watering and by the absorption of many of the salts by plants.



4. The natron-magnesium alkalinity of the considered waters, attains concentration when, in conditions of irrigation of clayey or argillaceous soils, it proves necessary to take measures preventing an accumulation of alkalis. The simplest of measures in this respect is considered the gypsuming of soil: 1.6 cwt of  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  per 1000 m<sup>3</sup> of the lake water or 0.8 cwt of gypsum per same quantity of the Zanga-river water suffice for the increase of their alkaline coefficients respectively from 8 to 21 and 15 to 52,—and thus changing them from but satisfactory into high quality irrigation waters.

5. The gypsuming would prove necessary above all and in a high rate for heavy soils, depressions of the microrelief, soils with saline underground water relatively near the surface and in general for finegrained soils, which being irrigated with alkalined water form a thicker and more solid crust.

6. The naturally alkaline water of the lake Sevan, having the property of energetically extricating the nourishing mineral constituents from the relatively rough material of physico-mechanical processes of erosion of rocks, proves to be a far better watering material for bare slopes and feebly developed soils (except for lowland tracts of the macro-and micro-relief requiring gypsuming or single cases of heavy soils also wanting drainage) than the same water devoid of its aggressive properties owing to the process of gypsuming.

7. The total absence or most insignificant presence of suspended matter in the Sevan—Zanga waters raises their active properties with regard to the lifting of underground waters, which renders the irrigation of the fields with saline underground waters near the surface, almost impracticable without their artificial lowering and gypsuming of the soil.

8. The artificial lowering of the level of the lake Sevan would be followed by a decrease in the salinity of the water and an improvement of its watering quality.

Given a yearly output of say 1 milliard cb. meters in the course of 56 years, the water of the lake, which was already of a fit quality for irrigation, acquires a high quality. Within that period the level of the lake sinks by 40 meters. With a farther sinking of the level the salinity of the water decreases at a far greater rate of speed.

55(c 43)  
626





Цена 2 руб.

Ч. 4, 63

6659

СП И С О К  
ИЗДАНИЙ СЕВАНСКОГО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО БЮРО

Бюллетень Бюро гидрометеорологических исследований на оз. Севан

№ 1—3, Эривань, 1927 г. (разошелся).

№ 4, „ 1928 г. „

№ 5—6, „ 1928 г. „

№ 7—8, „ 1929 г. „

Материалы по исследованию оз. Севан и его бассейна:

Ч. I, вып. 1. Гидрометрические наблюдения, Эривань 1931 г.

Ч. I, вып. 2. Б. Д. Зайков и С. Ю. Белинков. Гидрометрические исследования в бассейне оз. Севан в 1926—1930 гг. Ленинград, 1932 г.

Ч. I, вып. 3. Б. Д. Зайков. Гидрологический очерк бассейна оз. Севан (в печати).

Ч. III, вып. 1. Метеорологические наблюдения на станциях Севанского бассейна. Ленинград, 1931 г.

Ч. III, вып. 3. Н. Г. Николаев и Г. И. Орлов. Снеговой покров в бассейне оз. Севан. Эривань 1932 г.

Ч. IV, вып. 1. Материалы гидрохимических исследований. Ленинград, 1932 г.

Ч. IV, вып. 2. С. Я. Лягди. Гидрохимический очерк оз. Севан. Ленинград, 1932 г.

Ч. IV, вып. 3. С. Я. Лягди. Поливные качества воды оз. Севан и р. Занга. 1933 г.

Ч. IV, вып. 4. С. Я. Лягди. Грунты оз. Севан. Тифлис, 1932 г.

АДРЕС ИЗДАТЕЛЬСТВА:

г. Эривань, ул. Ленина, 39, Закавказский Севанский Комитет