

## ГИДРОТЕХНИКА

И. В. ЕФИМАЗАРОВ

ВОЗМОЖНОСТЬ ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ ЭКОНОМИИ ВОДНЫХ  
РЕСУРСОВ ДЛЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
И МОНОМОЛЕКУЛЯРНАЯ ЗАЩИТНАЯ ПЛЕНКА ДЛЯ БОРЬБЫ  
С ИСПАРЕНИЯМИ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДОЕМОВ, ОЗЕР  
И ВОДОХРАНИЛИЩ

## I. В в е д е н и е

В СССР, южнее 55° северной широты, потери воды на испарения с водной поверхности обычно превышают то количество воды, которое выпадает в виде осадков на эту поверхность.

Для наших южных республик, т. е. южнее 50° северной широты, это соотношение еще более резкое, в особенности для месяцев наибольшего испарения.

Тогда как для Онежского и Чудского озер отношение годового испарения к осадкам составляет 0,5 и 0,6, для Каспийского моря получается 5,75, для Аральского моря—11,0, для Балхаша—7,4, для Иссык-Куля—3,1, для Кудундинского озера—3,3 и для озера Севан—2,0 (1900 м над уровнем моря). Еще более резкая картина получается для отдельных месяцев с наибольшими испарениями. Так, для оз. Севан в среднем многолетнем для осенних месяцев это отношение получается до 4,0.

Величина испарений с водной поверхности у нас доходит до 1330 мм в год для озера Балхаш, 1000 мм для Каспийского моря, 770 мм для озера Севан, и, по-видимому, около 1000 мм для водоемов Араратской котловины, а в США годовое испарение с водной поверхности колеблется в пределах 1200—2400 мм, а в Техасе даже до 3300 мм (в штате Оклахома испарение с прудов в 10 раз больше полезного используемого объема воды) [30,8р]<sup>1</sup>.

В США 1300 водохранилищ и озер имеют испарение, превышающее ежегодно 90 млрд. куб. м. и 1,5 млн. водоемов, имеющих испарение больше 10 млрд. Следовательно, всего испарение составляет более 100 млрд. куб. м [8р].

Если 40% этих испарений могут быть сохранены мерами соответствующей борьбы (см. ниже), то это составит огромную цифру в

<sup>1</sup> Индекс р—означает ссылку на литературу на русском языке.

40 млрд. куб. м (Дресслер и Иоханзон [30], исходя из 40%, определяют вероятную экономию испарений в 80 млрд. куб. м).

По неполным данным, суммарная площадь озер СССР (кроме Каспийского моря, площадь которого составляет 400 млрд. кв. м) составляет 300 млрд. кв. м (16 000 озер), и действующие водохранилища дают еще 25 млрд. кв. м. По прудам-водоемам данные очень неполные, и эти имеющиеся данные составляют ничтожную долю названных выше цифр.

Так как нас в данном случае интересуют площади водной поверхности с большим испарением, т. е. площади, расположенные южнее 55° северной широты, то можно осторожно исходить из  $\frac{1}{2}$  общей площади для СССР, т. е. из 100 млрд. кв. м.

Испарения с наших водоемов (по Зайкову) изменяются от 600 до 1000 мм для территории между 55 и 48° северной широты и от 1000 до 1700 мм для территорий южнее, т. е. от 48 до 36° широты.

Исходя из испарения 800 мм, получим с принятой для иллюстрации  $\frac{1}{2}$  всей площади испарение в 80 млрд. куб. м, и возможную экономию воды в 30 млрд. куб. м.

Для Армянской ССР имеются более точные данные: в части, относящейся к озеру Севан, величина испарений составляет в среднем ежегодно 750 мм или 1,0 млрд. куб. м, а вероятная экономия — около 0,4 млрд. куб. м, ежегодно, если исходить из данных, принимаемых в США [30].

В Армянской ССР площадь водоемов (кроме оз. Севан) составляет около 24 кв. км, а площадь планируемых водохранилищ — еще 90 кв. км, что при 1000 мм приводит к испарениям с поверхности всех водоемов и водохранилищ около 0,12 млрд. куб. м, и следовательно, возможная экономия в испарениях составит около 0,45 млрд. куб. м, вместе с оз. Севан.

Из приведенных очень приближенных цифр, которые говорят только о порядке величин, видно, что борьба с испарениями, если возможно ее эффективное и экономическое осуществление (см. ниже), равноценна получению нового мощного источника воды и поэтому заслуживает и срочного изучения и срочного осуществления.

Достаточно отметить, что только для озера Севан речь идет о получении дополнительных 400 млн куб. м воды, получение которых переброской тоннелем из верховьев бассейна р. Арпы оценивается капиталовложениями больше 360 млн руб. (по новым подсчетам АрмГидЭПа).

Борьба с испарением с водных поверхностей может осуществляться либо уменьшением площади зеркала такой поверхности, что противоречит стремлению к использованию водоема как энергетического, многолетне регулирующего водохранилища, либо покрытием водной поверхности такой пленкой, которая препятствовала бы испарению.

Еще 20—30 лет тому назад делались предложения о покрытии водной поверхности нефтяной пленкой, но они были отвергнуты по причинам, изложенным ниже.

Тогда же были начаты исследования по покрытиям водной поверхности мономолекулярной пленкой органических соединений, содержащих группу гидроксила. Эти соединения образуют на воде мономолекулярную пленку, но, как показали многочисленные исследования за рубежом последних 5—7 лет (см. библиографию в конце), только жирные, цетиловые спирты, гекса- и октодеканолы создают такую пленку, которая эффективно и экономически выгодно уменьшает испарения. Стоимость сохраненного кубического метра воды определяется в 2—0,5 цента (цент—одна сотая доллара). У нас в СССР хотя и проводились лабораторные физико-химические исследования [1р—7р], но они не были перенесены в натуру и не вышли за пределы химических учреждений. Вместе с тем учреждения СССР, связанные с изучением и использованием водных ресурсов, Главное управление гидрометеорологической службы с его научными учреждениями и энергетические, водно-энергетические научные учреждения и министерства, — хотя и признают значение этого вопроса, но до сих пор не занимались его изучением.

Несколько иное положение в меллоративных учреждениях СССР. Комитет по ирригации Министерства сельского хозяйства СССР, совместно с Всесоюзным институтом гидротехники и меллорации того же министерства и с институтами органической химии (чл.-корр. АН СССР А. Д. Петров) и физической химии АН СССР, (акад. П. А. Ребиндер) ведут поиски новых, еще более качественных препаратов, чем гексадеканоль.

Целью настоящей статьи является расширение постановки этого вопроса для СССР и для проблемы озера Севан (Армения) в частности, а также ознакомление общественности с основными результатами опубликованных за рубежом работ (свыше 100 названий). В разделе 2 приводится попытка автора охватить формулами связь между факторами определяющими: расход химиката для создания защитной пленки, его стоимость, возможная экономия, величина испарения в некоторый анализ этих связей в первом приближении. В разделе 3 и в последующих (до раздела 9 включительно) дан в систематическом порядке обзор опубликованных литературных данных, затрагивающих физико-химическую сторону вопроса. В разделе 10 показано, в виде иллюстрации, в цифрах, значение борьбы с испарениями для Армянской ССР и для СССР и необходимость срочного изучения всего вопроса. В разделе 11 сделана попытка составить план срочных работ по рассматриваемому вопросу, в первом приближении, и в конце дана библиография, 105 названий, по вопросу о борьбе с испарениями с водной поверхности созданием мономолекулярной пленки, послуживших для составления обзора (разделы 3—9).

В связи с отмеченным выше, составление детального плана работ по этому вопросу необходимо координировать с Комитетом по пригации и институтами ВСХ АН и АН СССР.

Считаю необходимым выразить благодарность за консультацию в области химической, воздушную от Института органической химии АН Армянской ССР (докт. А. Т. Бабалян и директор института А. М. Гаспарян), за сведения любезно сообщенные чл.-корр. АН СССР А. Д. Петровым (Институт органической химии АН СССР), а также любезно предоставленные библиографические сведения и возможность ознакомления с материалами, со стороны Гидротехнического общества Франции и ее Управления электричеством (проф. Ж. Ремениерас), и Бюро мелнорации США (Х. По).

## 2. Определение расхода и стоимости органических веществ для создания мономолекулярной пленки, уменьшающей испарение с водной поверхности

Если  $n$  — норма расхода химиката в граммах на квадратный метр водной поверхности в сутки,  $k_1$  — стоимость 1 килограмма,  $N$  — число суток, а  $F$  — площадь водной поверхности в квадратных метрах, то расход химиката в килограммах составит:

$$\frac{nFN}{1000} \text{ кг.} \quad (1)$$

а стоимость

$$\frac{k_1 nFN}{1000}$$

Если  $H$  — величина годовых испарений с водной поверхности в метрах, то величина испарения составит  $HF$  кубических метров, и если  $p$  — процент экономии испарений в долях единицы, а  $(\kappa)$  — доля покрытия водной поверхности пленкой, зависящая от ветра, то количество сохраненной от испарения воды равно  $\kappa pFH$  куб. м.

Следовательно, расход химиката на 1 куб. м сохраненной воды равен

$$k_{\text{из}} = \frac{nN}{1000H\kappa p} \quad (2)$$

т. е. не зависит от  $F$ , если в свою очередь  $n$  не зависит от  $F$ , но зависит от  $H$  и от  $\kappa p$ .

Стоимость одного кубического метра сэкономленной воды равна

$$k_{\text{э}} = \frac{k_1 n N}{1000 \kappa p H} \quad (3)$$

Но испарения распределяются с большой неравномерностью в течение года, и поэтому частное  $H:N$ , если расчет должен быть произведен по месяцам, должно быть скорректировано коэффициентом годовой неравномерности  $\beta = 12 \frac{H_{\text{мес}}}{H}$ . Следовательно,

$$k_0 = 0,030 \frac{k_1 n}{kr} \cdot \frac{1}{n_{min}} \quad (4)$$

где для случая борьбы с испарениями в течение всего года  $\beta = 1$ .

Даже если  $k_1$ ,  $n$  и  $r$  рассматривать как постоянные, в условиях шивикового ( $k$ ), то  $k_0$  будет тем меньше, чем больше испарения в рассматриваемом месяце (обратная пропорциональность). Поэтому даже если для круглогодочной борьбы с испарениями  $k_0$  получится нежелательно большим, то, выделяя месяцы с наибольшим испарением, можно значительно снизить величину  $k_0$  и, следовательно, проводить борьбу с испарениями в течение той части года, когда испарения велики, если условия по ветру односторонны.

То же относится и к многолетним колебаниям испарения. Экономические расчеты, основанные на уравнении (4), могут показать, что в течение ряда лет с высокой температурой будет выгодно в некоторые годы вести борьбу с испарениями в течение всего года, а в течение других холодных лет — только в месяцы наибольших испарений.

Наибольшее значение для рассматриваемого вопроса имеет величина  $n$  — норма расхода химикатов, которая зависит от теоретически возможной нормы, но которая изменяется в зависимости от  $F$  и  $r$ , так как связана с давлением в пленке, от скорости ветра  $v$ , от параметра бактериологического воздействия  $\psi$  и от параметра способа подачи химиката в воду  $\phi$ .

Т. е.

$$n = n_{min} \cdot n(F, r, v, \psi, \phi) \quad (5)$$

Произведение  $\frac{k_1 n}{r}$  не может изменяться в больших пределах так как если изменяется ( $n$ ), то соответственно изменяется и ( $r$ ). Если в зависимости от чистоты продукта и необходимых примесей изменяется  $k_1$ , то соответственно изменяется и отношение  $\frac{k_1 n}{r}$ .

Возможно, что грубо дробь  $\frac{k_1 n}{r}$  окажется приблизительно постоянной величиной.

От этих общих соображений перейдем, для определения числовых значений величин  $n$ ,  $r$  и  $k_1$  и для выяснения изменчивости  $n$  и  $r$  в зависимости от природных условий, в первом приближении, к обзору тех данных, которые получены в результате опытов за рубежом за последние годы.

Эти данные позволяют нам привести цифровые результаты подсчетов для условий СССР, в частности для условий Армянской ССР и, что особенно интересно и важно, для озера Севан, в разделе 10.

### 3. Химия и физика мономолекулярной пленки, образуемой цетиловыми спиртами (окто- и гексадеканол) на водной поверхности, и создание энергетического барьера, затрудняющего испарение с этой поверхности

Жирные кислоты и главным образом жирные (цетиловые) спирты, октодеканоль (stearyl alcohol)  $\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{OH}$  и гексадеканоль (cetyl alcohol)  $\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{OH}$ , с  $\text{C}_{12}$ — $\text{C}_{20}$  цепочками углерода, типичны для образования мономолекулярной пленки на водной поверхности [30]. Они имеют одну гидроксильную группу (ОН). Этот гидроксил аналогичен гидроксилу воды и стимулирует соединение конца цепочки с молекулами поверхности воды. Плотное расположение молекул этого вещества, обеспечиваемое достаточным его количеством, препятствует высккиванию молекул из воды, с ее поверхности, т. е. препятствует испарению [30, 42]. Толщина этой пленки составляет только 0,000015 [8р, 96]—0,000025 мк [30].

Цетиловые спирты, окто- и гексадеканолы, в виде белых порошкообразных кристаллов, при соприкосновении с водой интенсивно образуют мономолекулярную бесцветную пленку, саморасплывающуюся (spreading) по водной поверхности.

Предполагается, что молекулы жирной пленки располагаются перпендикулярно к водной поверхности с гидроксидом (ОН) внизу [1, 30, 42, 96].

Растворимость пленки в воде ничтожна—0,0002 части на миллион [72]; ничтожна и испаряемость [1, 42].

Для жирных спиртов установлено, что сопротивление пленки молекулам воды зависит от напряжения в пленке и тем больше, чем больше это напряжение [11, 96]. Наличие пленки цетилового спирта увеличивает общее сопротивление примерно в три раза. В соответствии с этим мономолекулярная пленка должна теоретически уменьшать испарение на 70% [69]. Лангмюир постулировал существование энергетического барьера для испарений при наличии мономолекулярной пленки. Для непрерывности такого барьера пленка должна находиться в напряженном состоянии, обеспечивающим давление внутри пленки, измеряемое динами на сантиметр. Это давление не должно быть меньше 10 *дин/см* [96]. К таким результатам и выводам пришли за последние пять лет.

Более ранние физико-химические исследования жирных кислот и части спиртов, Хедестранда [48], Рейлиля [83], Лангмюира Д. и Н. [62], Лангмюира и Шефера [63] и русских ученых Тельда и Ткачева [1р], Скляренко и Баранцева [2р, 4р], Ребиндера [3р, 4р], Глазова [6], Хеймана [7] показали, что не все жирные кислоты и спирты обладают отмеченными выше положительными особенностями.

Особенно интенсивное изучение различных соединений произведено за последние несколько лет. Так, Юго-западный исследовательский институт (США, Техас) обследовал 150 химических и пришел к

выводу, что только окто- и гексадеканолы, т. е. цетиловые спирты, заслуживают серьезного внимания [42].

Жирные кислоты образуют на воде твердый мономолекулярный слой, обладающий некоторой прочностью на сдвиг; но такой слой образует трещины при малейшем движении, которые не заживают и благодаря которым не получается защиты от испарений [96]. Цетиловые спирты не отличаются этими отрицательными качествами.

В целях борьбы с испарениями делались также предложения о покрытии водной поверхности толстой и тонкой нефтью. Толщина такой пленки в 50 раз больше мономолекулярной пленки цетиловых спиртов. Такая пленка обладает жесткостью, и частицы пыли образуют капилляры, способствующие испарению воды. Предложение использовать нефтяную пленку было запатентовано Нельсоном в 1939 г.; Файном было предложено покрытие водной поверхности тонкими пластмассовыми покрытиями. Все такого рода предложения неэффективны по существу и не могут быть оправданы экономически [30, 42].

Все жирные пленки способствуют успокоению водной поверхности, и поэтому в целом ряде случаев жирные кислоты приводили к некоторой экономии испарений, которая связана только с таким успокоением [7р].

#### 4. Сохранность мономолекулярной пленки, возможность ее детектирования и длительность ее существования

Сохранность мономолекулярной пленки обязательна для получения экономии на испарении с водной поверхности.

В различных условиях получаются резко различные значения этой экономии, что объясняется упрощенными методами образования пленки, ее содержания и детектирования, т. е. определения ее наличия и состояния.

Если бросить на воду щепотку порошка камфоры (шпатель), то при наличии пленки порошок не перемещается; при отсутствии пленки порошок рассеивается, ганцует. Можно вместо камфоры использовать порошкообразный жирный спирт. Так же можно пользоваться или ей водной суспензией спирта [30, 96].

Но такое определение только наличия и отсутствия пленки недостаточно, и этим объясняются полученные большие колебания в экономии испарений.

В связи с отмеченным выше влиянием давления в пленке (напряженного состояния) на ее состояние и на образование энергетического барьера необходимо детектирование пленки с определенным этим давлением (Бюро мелиорации США—[12—16]).

Для такого определения может служить додециловый спирт, который рассеивается, если давление не соответствует его концентрации. Концентрация 0,0, соответствует давлению пленки в 5 *дин/см*, для 10 *дин*—концентрация 0,06, для 20 *дин*—1,1, для 30 *дин*—10,0 [96], 3. Изв. ТН. № 3

Как будет видно ниже, мономолекулярная пленка подвергается со временем разрушению, и поэтому давление в пленке непрерывно падает, вплоть до ее исчезновения. Поэтому практиковавшееся до 1957 г. спорадическое возобновление пленки и является причиной значительного колебания величины экономии испарений в целом (большом) ряде опубликованных опытов. Становится ясным почему Бюро мелиорации США перешло к непрерывному восстановлению не только самой пленки, но и к непрерывному восстановлению давления в пленке.

Поэтому от подачи в воду гексадеканоль в твердом виде сетчатыми поплавками на якорях в зернистой или хлопьеобразном (для увеличения поверхности) виде перешли к подаче в виде мелкой водяной суспензии с огромной развитой поверхностью, способной мгновенно образовать всю пленку и поддерживать ее давление [30, 96].

К таким опытам, не учитывавшим значения поддержания давления в пленке, относятся опыты Геологического управления США на водоеме в 12000 кв. м, которые показали: при подаче октодеканоль 0,25 кг на 1000 кв. м экономия в испарениях в среднем за 10 дней составила 4%; при подаче 2,25 кг на 1000 кв. м — 9%; при подаче 2,25 кг гексадеканоль на 1000 кв. м в течение трех недель экономия составила 18%. Температура воды под пленкой поднялась на 1,8°C [42]. Эти результаты косвенно указывают на влияние давления в пленке, но относятся к прерывистой зарядке химикалия один раз в 10 и 20 дней.

Опыты в июне 1956 г. в Техасе показали, что октодеканоль лучше, чем гексадеканоль и по экономии испарений, и по длительности жизни пленки. Оба вещества давали значительную экономию порядка 8—9 дней и очень большую начальную экономию [42].

Для непрерывной подачи гексадеканоль в озерных условиях, при наличии судоходства, были использованы суда. Простое приспособление к водяному насосу судовой машины дает струю воды через бак с гексадеканолем и направляет в озеро. Рассеивание вещества происходит в следе судна, и площадь и программа подачи может контролироваться. В 1957 г. (летом и осенью) этот метод использован с баком, наполненным порошкообразным гексадеканолем и защитными химикалиями в водяном растворе (суспензия), на озере в 20 000 кв. м в Центральном Иллинойсе [85].

*Влияние ветра.* При пленках, образованных на водоемах и озерах, наблюдается скольжение пленки и обволакивание плавающих тел у берегов [1]. От действия воли пленка сжимается и расширяется, но не разрушается, как жесткая нефтяная пленка. После нарушения легко восстанавливается. Имеются указания Мансфильда, что только при малых ветрах получается большое уменьшение испарения благодаря пленке [72].

Новые исследования Бюро мелиорации США показали, что при легком бризе вызванные им волны стихали после аппликации гекса-

деканоля. По окончании аппликации часть материала оказалась перемещенной в сторону подветренного берега озера Кидс. В общем материал перемещается с водной поверхностью и пленка в подветренном направлении утолщается. Рыбы делают попытки вылавливать гексадеканоль. Твердые, нераспустившиеся крупинки гексадеканоля, отогнанные ветром к берегу, уже не в состоянии образовывать пленку. В результате был улучшен метод аппликации и произведен переход к суспензионной аппликации [14].

Опыты в Техасе с резервуаром—водоемом площадью 200 тыс. кв. м, при температуре воздуха 38–40°C, температуре воды 30°C, влажности 18–30% и ветре от 3 до 7,5 м/с (условие, при котором обычно испарение составляет 12,7 мм/час) дали экономию в 30–40%; подавалась диспергированная эмульсия. В отчете отмечено, что при длительных периодах экономия будет больше. Отмечается также, что если поддерживается постоянная ненарушаемая пленка, то обеспечена экономия 50% и больше.

*Влияние бактерий.* Для продолжительности жизни пленки очень существенно отношение к ней бактерий и микроорганизмов. Обнаружено, что бактерии *Pseudomonas* и *Alcaligenes* увеличиваются в количестве при пленке. В опытах увеличение составляло от 10 до 50 колоний на миллилитр. Даже такое увеличение незначительно с точки зрения качества воды [66, 96]. Но это увеличение имеет значение для существования пленки, так как указывает на роль пленки в качестве питательной среды. Поэтому Техасский институт делал опыты с гексадеканолем в смеси с соединениями меди, в поисках бактериологического и бактериостатического реагента, который мог бы повлиять на биохимическое окисление [42, 96].

Существенно, что и шарики гексадеканоля, повешанные в сетке, подвергаются биологической деструкции.

Бюро мелiorации США [14] произвело исследования на озерах Кидс (24 000 кв. м) и Хефнер (10 кв. км). Пробы брались раз в неделю. Один грамм пробы вводился на нормальный питательный агар. Посев с озера Хефнер дал для *Pseudomonas* три и для *Alcaligenes* четыре колонии на миллилитр, и это число не увеличилось к концу исследования. Но озеро Кидс дало увеличение до 60-ти и 30-ти (но и эти количества ниже нормы для питьевой воды). После прекращения подачи гексадеканоля на 15 дней число колоний упало до двух. Эти виды бактерий появляются в промышленном гексадеканоле и до погружения в воду.

В опытах на озерах Кидс и Хефнер применялся гексадеканоль при таком составе:

Тетрадеканоль—1,1%  
Гексадеканоль—91,6%  
Октодеканоль—7,3%

В Найроби (Африка) применялся раствор гексадеканоля в керо-

ские с добавкой 3% рассеивающих веществ (spreading agent), а каких — не указано [42].

### 5. Влияние пленки на качество воды

Специально поставленные еще Мансфильдом в Австралии многочисленные опыты показали, что мономолекулярная пленка гексадеканоля не имеет запаха, цвета, не влияет на кислородный и углекислотный обмен между воздухом и водой, не влияет на флору и фауну акваторий, не токсична и нет основания опасаться вреда для здоровья при использовании водоема для питьевой воды; не мешает проникновению света [1, 14, 30, 42]. Эти исследования проверены департаментом здравоохранения США [8р].

Лабораторные опыты с разными рыбами, акватическими микроорганизмами, с утками, с разными акватическими растениями и газовым обменом показали, что отрицательное влияние получается только для ныряющих (emerge) насекомых. Новые, более развитые, опыты ведутся в университете Колорадо.

Опыты по влиянию пленки гексадеканоля на озерах Кидс и на части озера Хефнер были настолько благоприятны, что позволили перейти к опытам на всем озере Хефнер, которое служит для водоснабжения города Оклахома [96].

### 6. Опыты с количественным определением влияния пленки гексадеканоля на величину испарения с водной поверхности

Первые опыты, начиная с 1925 г., в лабораторной и полублабораторной обстановке, исследователей, отмеченных выше [27, 30, 48, 62, 63, 83, 3р—7р], приводили к экономии испарений около 50% и производились при одновременной подаче гексадеканоля. Мансфильд [30] в результате трехлетних исследований на резервуарах от 8 до 88 тысяч кв. м получал экономию, которая колебалась в широких пределах — от 0 до 90%, в зависимости от состояния пленки и условий опыта. Бюро мелниорации США [30, 8р] произвело опыты с экономией в 45—64%.

На резервуаре трехметрового диаметра, при одновременной подаче, экономия в течение недели составила 50% в среднем; в начале опыта было 90% [1] и даже до 97% [96]. По другому источнику отмечается снижение потерь на испарение до 65% в лабораторных и 20—30% в полевых условиях, при одновременной подаче гексадеканоля. В Австралии, где исследования с гексадеканолом были впервые поставлены в широком диапазоне Мансфильдом (1952—1956 гг.), считают, что на небольших водоемах снижение испарения нужно считать в 25%, а на больших водохранилищах — в 37% [8]. Вместе с тем есть указания, что опыты Мансфильда [42, 72] на озере площадью 8,4 кв. м привели к разочарованию, без объяснения деталей. В Африке на метеорологической станции Найроби, на четырехфутовых испарителях удалось получить от 50 до 70% экономии испарений при использова-

нии гексадеканоля. На водоеме больше 0,35 кв. км, при обычном испарении, которое составляет 1800 мм и доходит до 3000 мм, экономия составила от 15 до 24%. В условиях Иллинойса [85], на озерах, удавалось экономить в испарениях доводить до 33% в жаркое время и получать 11% в среднем в холодное время года, в условиях единовременной подачи гексадеканоля. Приводятся графики изменений испарения в течение трех месяцев: августа, сентября и октября 1956 г., с трехкратной подачей гексадеканоля за это время.

Изложенное является далеко не полным перечнем всех результатов опытов, произведенных на разных континентах.

Первые исследования производились на испарителях, покрытых пленкой и не покрытых. Дальнейшие исследования производились на водоемах и на испарителях, а также на частях озер, покрытых пленкой и не покрытых.

Имеется дискуссия по вопросу об ошибке, вносимой коэффициентами перехода от испарителей к водоемам [45]. Опубликованы исследования с расчетами по тепловому балансу [45, 58] и с определением изменений в температуре воды при наличии пленки. Опыты в Сан-Антонио (США) подтверждают увеличение температуры воды примерно на 2°C при наличии пленки [45, 48].

Харбек [42] в конце статьи, в целом положительно относящийся к результатам использования гексадеканоля, пишет: „Опыты проведенные в Техасе с экономией испарения в 18% вряд ли можно оценивать как практический успех, при расходе гексадеканоля в 2,25 г на кв. м. Если будут найдены методы снижения этой цифры, то мономолекулярная пленка получит все права на использование“.

Это высказывание несколько противоречит приводимым им же данным и не соответствует расходу гексадеканоля при непрерывной подаче и при контроле за давлением в пленке.

В докладе Управлению электричеством Франции Каяус [17] отмечает преждевременность выводов, ввиду того, что опыты, перенесенные в условия больших озер, еще не завершены. Изложенные им на половине страницы данные показывают недостаточное знакомство даже с приведенным выше неполным изложением результатов опытов.

Но, разумеется, нужно отметить, что опыты на озере Хэфнер (10 кв. км) еще не завершены. Поэтому использовать приведенные выше показатели для больших озер можно пока только условно, для иллюстрации того, что возможно получить при благоприятных условиях.

## 7. Удельный расход гексадеканоля

Все изложенное показывает, что удельный расход гексадеканоля зависит: в первую очередь от величины испарения без пленки, природных условий водоема, его величины, температурных условий, населяющих его микроорганизмов, условий подачи вещества в

воду, возможностей поддержания необходимого давления в пленке, времени ее существования и, как следствие, от величины экономии в испарениях.

Теоретический расход определен Ламером [8р] в 0,0004 г на кв. м и не зависит от времени. Специальное правительственное издание по определению водных ресурсов США (конец 1957 г., в двух томах) определяет практический расход в 0,00075 г на кв. м за сутки [1]. Бюро мелиорации США по опытам на озерах Кидс и Хефнер дает от 0,00013 до 0,00027, опыты на водохранилище Ретлсвек (Колорадо) дают 0,00062, опыты в Техасе—от 0,007 до 0,014. Получается диапазон изменений от 0,0004 до 0,0140, т. е. в 35 раз.

Дресслер и Иоханзон, исходя из опыта Техасской фирмы, изготовляющей гексадеканоль специально для целей борьбы с испарениями, считают, в опубликованном в 1958 г. [30] примере: 0,0147 г на кв. м в сутки и при этом экономия в испарениях в 40%, т. е. считают в три раза меньше приведенного верхнего предела нормы  $\mu=0,0140$ . Поэтому, из осторожности в первом приближении, примем для наших соображений этот верхний предел, в три раза более высокий, чем принято для техасского примера, и в 35 раз больший теоретической нормы (т. е. 0,014 г на кв. м в сутки) при экономии в испарениях в 40%, в предположении, что покрытая пленкой поверхность не обнажается под влиянием ветра на длительные периоды.

## 8. Стоимость гексадеканоля

Гексадеканоль может быть получен из животных жиров, растительных масел и из продуктов нефти (парафин) синтетическими процессами. По литературным данным, стоимость 1 кг гексадеканоля составляет (в долларах): Австралия—1,7; Иллинойс (США)—4,5 (в малых количествах); Техас (США)—0,9; США (Ламер)—1,25 [85, 8р].

Директор предприятия Archer—Daniels—Midland Co., Minnesota, Minneapolis, изготовляющего гексадеканоль именно для целей борьбы с испарениями с водной поверхности, А. Иоханзон в совместной статье с Дресслером [31] приводит стоимость гексадеканоля в 1,33 доллара за килограмм. Поэтому именно эта цифра кладется в основу дальнейших рассуждений.

В СССР гексадеканоль пока получается только омылением цетилового эфира церотиновой кислоты (кашилотный жир) на заводе им. Вахитова в Казани и применяется для синтеза известного стирального порошка „Новость“ (натриевая соль сульфозфира гексадеканоля). В случае наличия спроса гексадеканоль может изготавливаться в СССР в любых количествах; путем гидрирования стеарина (смесь пальмитиновой и стеариновой кислот), имеющегося в любых жирах; можно получать также гидрированием синтетических кислот (А. Д. Петров).

Цена зависит, в чрезвычайно сильной степени, от чистоты продукта. Химически чистый (реактивный) может стоить до 6000 руб. за килограмм, тогда как технический—6 руб., т. е. в 1000 раз меньше (К. Д. Петров).

Эта стоимость технического гексадеканоля дает величину 4—5-кратную для перехода к доллару, т. е. близка к паритетной стоимости доллара. Поэтому приводимые ниже в центах цифры стоимости 1 куб. м сохраненной воды можно переводить считая стоимость цента по паритету, т. е. 4 коп. = 1 центу.

Приводимые для СССР данные не характерны, так как относятся к выпуску небольших количеств, и выше было отмечено, что в малых количествах гексадеканоль в США (Иллинойс) отпускался по цене в три раза более дорогой, чем отпускная цена завода в Миннезоте.

### 9. Стоимость 1 кубического метра сэкономленной воды

Исходя из приведенных выше цифр, подвергнутых некоторому анализу, для примера, разобранного Дреслером и Иоханзоном [30] для водоема площадью 10 кв. км при обычных испарениях в 1200 мм в год, считая что 70% испарений приходится на шесть летних месяцев и что экономия в испарениях составит 40%, получается стоимость 1 куб. м сэкономленной воды в 1/3 цента (Дреслер и Иоханзон, [30], при норме расхода в 0,0047 г на кв. метр в сутки. При меньшей величине испарений стоимость куб. метра получится больше, а при большей соответственно меньше по зависимости (4).

Дреслером и Иоханзоном исчислены и прочие расходы, как стоимость оборудования, амортизируемого в пять лет, оплата рабочей силы (один сотрудник на 10 точек питания, в месяц 400 долларов), расход энергии, охрана, эксплуатационные расходы. Все эти расходы составили 0,05 цента на 1 куб. м, т. е. в данном случае 15%. При принятой нами норме в 0,014 г на кв. метр в сутки для этого примера получается стоимость одного сохраненного куб. метра воды—1 цент. По другим американским источникам, стоимость 1 куб. м экономии составляет 0,125 цента [1], т. е. в три раза меньше, чем по Дреслеру и Иоханзону, и в восемь раз меньше принимаемой нами цифры в 1 цент; Бюро мелiorации США приводит цифру и в 2 цента. Эта стоимость находится в сильной зависимости от величины испарения и от степени обнажения водной поверхности, и не может рассматриваться как постоянная.

### 10. В ы в о ы

Обзор опыта за рубежом и изложенные зависимости, полученные для экономического расчета, позволяют остановиться на некоторых цифрах для практических расчетов, в условиях СССР, которые

разумеется потребуют дальнейших уточнений и исследований (см. ниже).

Приводимые ниже цифры являются условными, так как они исходят из данных по водоемам, площадь которых меньше 10 кв. км.

Влияние ветра и волнений, еще недостаточно изученное, может заметно повлиять на расход химикалия ( $n$ ) и на величину экономии в испарениях ( $p$ ).

Приводимые ниже цифры говорят лишь о том, что получится, если данные по водоемам с площадью меньше 10 кв. км распространить и на большие водохранилища и озера.

Такая оговорка существенна и для озера Севан, площадь которого 1400 кв. км и где ветры значительно влияют на испарение.

Поэтому цифры, характеризующие экономику борьбы с испарением, нужно рассматривать как иллюстрацию, показывающую всю значимость вопроса и всю необходимость заняться этим вопросом безотлагательно как для озера Севан, так и для СССР в целом.

Иллюстрация эта нужна и для того, чтобы показать, что в случае подтверждения возможности экономически оправдываемой борьбы с испарениями количество необходимого химикалия настолько велико, что оправдывает создание специальной отрасли промышленности. Это последнее обстоятельство важно потому, что стоимость технического продукта сильно зависит от вырабатываемого количества, а стоимость продукта необходимо максимально снизить.

Если даже для озера Севан оправдаются принятые предположения и можно будет получить 200—400 млн. куб. м экономленной воды, то и это не будет означать, что все прочие мероприятия для обеспечения ирригации и гидроэнергетики водой могут отпасть. Ни в коем случае. Многолетние регулирующие возможности озера Севан настолько велики, что до сих пор намеченные мероприятия (использование подземных вод, дополнительные ирригационные водохранилища, переброска воды из верховьев р. Арпы) не могут обеспечить это огромное водохранилище достаточным количеством воды.

Поэтому все, что может дать борьба с испарениями, должно идти на дополнительное расширение регулирующей способности озера.

На основе изложенных в предыдущих разделах данных нет возможности полностью раскрыть зависимость (5) для  $n$ —расхода химикалия, и поэтому для предварительных расчетов можно принять:

$n = 0,014$  г на кв. метр в сутки при экономии испарений  $p = 0,4$  (см. раздел 7).

Стоимость химикалия принимается в 1,33 доллара за килограмм и не переводится в рубли по причинам, отмеченным выше (см. раздел 8).

Следовательно, формула (4) дает  $k_v = \frac{0,14}{H_{\text{мес.}}}$  в центах за 1 куб. м сохраненной воды, если  $k = 1$ . Если полученное значение использовать для озера Севан, исходя из среднегоголетней величины годовых испарений,  $H = 770$  мм, то получим: при  $H_{\text{ср. мес.}} = 0,064$  м,

$\kappa_n = 2,2$  цента за 1 куб. м при экономии испарений в 400 млн. куб. м. Для месяца наибольших испарений, сентября, с  $H_{мес.} = 105$  мм получим:  $\kappa_n = 1,35$  цента за 1 куб. м, а за пять месяцев (VII—XII) с наибольшим испарением получится  $H_{мес.} = \frac{0,466}{5} = 0,093$  м, и, следовательно,  $\kappa_n = 1,5$  цента за куб. метра при экономии испарений 200 млн куб. м.

Для водоема с испарением в 2000 мм в год получим  $\kappa_n = 0,85$  цента за 1 куб. м, а для месяца с наибольшим испарением  $\kappa_n = 0,425$  цента, если коэффициент неравномерности испарений  $\beta = 2$ .

Для иллюстрации приводятся также следующие цифры. Один кубический метр севанской воды дает 2 квч электрической энергии, что при себестоимости энергии в Армянской энергосистеме в 2.1 коп. за киловатт-час составит 4,2 коп. на куб. метр воды. При стоимости электрической энергии на газе на обычных тепловых электростанциях в 6 коп. (Баку) получим 12 коп. на куб. метр воды, а для ТЭЦ на газе для Армянской ССР стоимость энергии исчисляется в 3.3 коп. за киловатт-час, т. е. в 6.6 коп. за 1 куб. м (Институт энергетик и гидравлики АН Армянской ССР).

Для Севана потребуется гексадеканоль согласно формуле (1) 7300 т в год. Если вести борьбу с испарениями в течении пяти месяцев, то расход получится в 3000 т, а для Армянской ССР еще около 600 т ежегодно. Если для СССР принять цифру экономии испарений, приведенную во введении, т. е. 30 млрд. куб. м, то расход гексадеканоля составит много десятков тысяч тонн ежегодно, считая, что борьбу с испарениями можно будет рационально вести в среднем только полгода и что экономически выгодно будет вести эту борьбу на больших озерах.

На водоемах и водохранилищах с небольшой площадью—около 1 кв. км и меньше—можно уже считать борьбу с испарениями экономически выгодной и подлежащей внедрению.

## II. Необходимые исследования по применению гексадеканоля для борьбы с испарениями с водной поверхности

Так как значительная экономия испарений при применении мономолекулярной пленки гексадеканоля или октодеканоля не подлежит сомнению, так же как не подлежит сомнению экономичность этого процесса при больших испарениях и для малых водоемов, и так как стоимость одного кубического метра воды, спасенного от испарения, определяется зависимостью (см. выше)

$$\kappa_n = 0,030 \frac{\kappa_n \Pi}{\kappa_p H_{мес.}} ; \quad (4)$$

где норма расхода гексадеканоля

$$n = \varphi (F, \rho, v, \theta, \psi) + n_{min} . \quad (5)$$

то для условий СССР и, в частности, Армянской ССР необходимы следующие исследования:

1. Определение стоимости гекса- и октодеканолов в условиях СССР и, в частности, Армянской ССР как из животного жира и растительных масел, так и в особенности из синтетических продуктов.

Определение необходимой чистоты продукта и зависимости экономии испарения от чистоты продукта.

Определение зависимости этой стоимости от чистоты продукта, учитывая, что необходимо производство тысяч и даже десятков тысяч тонн ежегодно.

Установление зависимости благоприятных условий получения продукта от районов СССР и возможное влияние транспорта (Компетенция ЦНТК и Совнархоза Армянской ССР, а также институтов органической химии, энергетики и гидравлики Академии наук Армянской ССР).

2. Определение условий хранения продукта как в кристаллическом, хлопьеобразном и порошкообразном виде, так и в виде эмульсии. Определение потери веса со временем, условий размножения микроорганизмов и бактерий и их влияния на разрушение продукта. Лабораторное определение нормы расхода продукта в зависимости от бактериологического разрушения (Компетенция Сектора микробиологии и Института тонкого органического синтеза—биохимия—АН Армянской ССР).

3. Определение условий биохимической сохранности мономолекулярной пленки на поверхности воды, в связи с отмеченным п. 2, как при различных составах воды, так и в условиях воды озера Севан и других водоемов Армянской ССР. Определение влияния ветра на больших озерах и мер борьбы с обнажением водной поверхности (Компетенция гидробиологической станции озера Севан и Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР).

4. Изучение и разработка методов детектирования пленки и определения ее давления с переходом к теледетектированию, с автоматизацией подачи продукта для поддержания постоянного давления в пленке. Лабораторное определение нормы расхода продукта в зависимости от давления в пленке (Компетенция Института органической химии по сектору физической химии и Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР).

5. Разработка проекта, заказ судового оборудования и испытание в натуре, для непрерывной подачи продукта в суспензированном или ином виде, в озерных условиях, с учетом расхода продукта и контроля пленки в соответствии с п. 4 (Компетенция Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР).

6. Определение зависимости расхода продукта от величины экономии испарений в связи между экономией испарения, давлением пленки на

испарителях и количеством расходуемого продукта (Компетенция Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР—сектор гидрометеорологии и Обсерватории, Управление гидрометеорологической службы на озере Севан).

7. Определение расхода продукта в полевых условиях на озере Севан и на одном из малых водоемов, где испарения особенно велики и потребность в воде не обеспечивается, в зависимости от условий подачи продукта, давления в пленке и от экономии испарений.

Определение влияния скорости ветра, высоты волны и параметров сноса подачи продукта и образования пленки (Компетенция Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР—сектор гидрометеорологии).

8. Обобщение зависимости для  $n$  (5) и уточнение зависимости для  $k_x$  (4) и определение зависимости для  $k$ .

Энергетические и энерго-экономические расчеты для озера Севан и сопоставление с получением воды от подземных вод Арагатской котловины, от перебросок воды из соседних бассейнов, сопоставление с эквивалентом по электрической энергии от газовых электрических станций КЭС и ТЭС, с учетом категории регулирующей энергии, получаемой от озера Севан (Компетенция Института энергетики и гидравлики АН Армянской ССР—сектор энергетики).

9. Поиски новых замесителей гексадекаполя в направлении дальнейшего улучшения состава нетиловых или других спиртов в целях борьбы с разрушением пленки, для улучшения эффекта рассеивания пленки (spreading), в целях уменьшения расхода химиката.

Поиски в направлении комбинирования разных составов и смесей в тех же целях (Компетенция институтов органической химии и тонкой органической АН Армянской ССР).

10. Координация, увязка и общее руководство всеми исследованиями, цель которых—получение нового дешевого источника воды для озера Севан и для других водоемов Армянской ССР и СССР. Наблюдение за сроками должно проводиться Институтом энергетики и гидравлики.

11. Ввиду большого значения изучаемого вопроса для всех южных районов СССР с большим испарением с водной поверхности, т. е. для всех территорий южнее параллели 55°, необходимо привлечение к участию в этой работе Главного управления гидрометеорологической службы, соответствующих институтов АН СССР и Министерства химической промышленности СССР.

12. Необходимо поставить вопрос об экономических расчетах производства гекса- и октодеканолей в СССР, так как будущие потребности можно очень грубо оценить в десятки тысяч тонн ежегодно.

13. Для более детального ознакомления с исследованиями и с примененным мономолекулярной пленки на озерах необходима специализированная командировка в США наших ученых, при обязатель-

ном условии предварительного ознакомления с разными аспектами этого вопроса по литературным данным и с хорошим знанием языка.

Институт энергетики и гидравлики

АН Армянской ССР

Поступило 15.III 1960

#### Ի. Վ. ԵՂԱԶԱՐՅԱՆ

ԺՈՂՈՎՐԴԱԿԱՆ ՏՆՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐ ԶՐԱՅԻՆ ՊԱՇՏԱՐՆԵՐԻ ԶԳԱՎԻ  
ՏՆՏԵՍՈՒՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԶՐԱՎԱԶԱՆՆԵՐԻ, ԼՃԵՐԻ ՈՒ  
ԶՐԱՄԲԱՐՆԵՐԻ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԻՑ ԳՈՂՈՐՇԻԱՅՈՒՄԱՆ ԳԵՄ ՊԱՅՔԱՐՆԵՐԸ  
ՀԱՄԱՐ ՄԻԱՄՈՒԵԿՈՒՅՄԱՐ ՊԱՇՏՊԱՆՆԵՎ ԻՍՂԱՆԵՐ

#### Ա մ փ ո փ ու ռ մ

ՍՍՍՐ-ում հյուսիսային լայնություն 55-ից հարավ գտնվող ջրային մակերևույթներից գոյություն ունեցող ստանձառող ջրի կորուստը սովորաբար զերայանցում է ջրի այն լայնակին, որը տեղումների ձևով թափվում է այդ մակերևույթին:

Մեր հարավային սեպտորիկաների համար, որոնք գտնվում են հյուսիսային լայնություն 50-ից հարավ, այդ հարաբերությունը հանդես է գալիս այնպիսի խիստ ձեռով, հատկապես ամենաշատ գոյություն ունեցողին Արմավիրի մարզում, երբ Օնկա և Չուլ լճերի համար տարեկան գոյություն ունեցող հարաբերությունը տեղումներին կազմում է 0,5 և 0,6, Կասպից ծովի համար ստացվում է 5,75, Արալյան ծովի համար՝ 11,0, Բայխաչի համար՝ 7,4, Իսիկ-Կուլիի համար՝ 3,1, Կախանյանի լճի համար՝ 3,3 և Սևանա լճի համար՝ 2,0 (բարձրությունը ծովի մակերևույթից 1900 մ): Առայժի խիստ պակաս է ստացվում ամենաշատ գոյություն ունեցող ամիսների համար, այսպիսով Սևանա լճի համար այդ հարաբերությունը աշնանային ամիսների բազմաթիվների միջինը կազմում ստացվում է մինչև 4,0:

Մեղ մոտ, ջրային մակերևույթից տարեկան գոյություն ունեցող Սևանա լճի համար հասնում է մինչև 1330 մմ, Կասպից ծովի համար՝ 1000 մմ և 770 մմ Սևանա լճի համար, Արարատյան հովտի ջրավազանների համար համանորար նա կազմում է մոտավորապես 1000 մմ, իսկ ԱՄՆ-ում ջրային մակերևույթներից տարեկան գոյություն ունեցող ստանձառում է 1200—2400 մմ սահմաններում, իսկ Տիխաստում անկամ հասնում է 3360 մմ (Պլյախոմա նահանգում գոյություն ունեցող լճակներից 10 անգամ ավելի է օդոսկար օդապարծիվի ջրի ծավալից):

ԱՄՆ-ում 1300 ջրամբարներ ու լճեր տարեկան ունենում են այնպիսի քան 90 միլիարդ խոր. մետր գոյություն ունեցող և 1,5 միլիոն ջրավազաններ՝ 10 միլիարդի համարող գոյություն ունեցող Նեպտուն ամբողջ գոյություն ունեցող կազմում է 100 միլիարդ խոր. մետրից ավելի: Եթե պալլադի համապատասխան միջոցներիով (տես Ներքևում) այդ գոյություն ունեցող 40<sup>0</sup> պահպանվի, ապա դա կկազմի հսկայական մի թիվ՝ 40 միլիարդ խոր. մ (Իրեսպերը և Իոհանգոնը 40<sup>0</sup>-ից ելնելով, գոյություն ունեցող հարավոր անտեսումը հաշվում են 80 միլիարդ խոր. մ):

ном условии предварительного ознакомления с разными аспектами этого вопроса по литературным данным и с хорошим знанием языка.

Институт энергетики и гидравлики  
АН Армянской ССР

Поступило 15.III 1960.

Ի. Վ. ԵՂԻԱԶԱՐՅԱՆ

ԺՈՂՈՎՐԴԱԿԱՆ ՏՆՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐ ԶՐԱՅԻՆ ՊԱՇԱՐՆԵՐԻ ԶԳԱԼԻ  
ՏՆՏԵՍՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԶՐԱՎԱԶԱՆՆԵՐԻ, ԼՃԵՐԻ ՈՒ  
ԶՐԱՄԲԱՐՆԵՐԻ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԻՅ ԴՈՒՈՐՇԻԱՅՄԱՆ ԴԵՄ ՊԱՅՔԱՐԵԼՈՒ  
ՀԱՄԱՐ ՄԻԱՄՈՒԵԿՈՒՅԱՐ ՊԱՇՏՊԱՆԻՉ ԹԱՂԱՆԹ

Ա մ փ ո փ ու ո

ՍՍՈՒՄ-ում հյուսիսային լաճնության 55°-ից հարավ գտնվող ջրային մակերևութներից գոլորշիացման պատճառով ջրի կորուստը սովորաբար դեբաղանցում է ջրի այն քանակին, որը տեղումների ձևով թափվում է այդ մակերևութին:

Մեր հարավային ռեսպուբլիկաների համար, որոնք գտնվում են հյուսիսային լաճնության 50°-ից հարավ, այդ հարաբերությունը հանդես է գալիս այլևի խիստ ձևով, հատկապես ամենաշատ գոլորշիացման ամիսներին: Այն ժամանակ, երբ Օնեգա և Չուգ լճերի համար տարեկան գոլորշիացման հարաբերությունը տեղումներին կազմում է 0,5 և 0,6, Կասպից ծովի համար ստացվում է 5,75, Արալյան ծովի համար՝ 11,0, Բալխաշի համար՝ 7,4, Իսիկ-Կուլիի համար՝ 3,1, Կալանդինի լճի համար՝ 3,3 և Սևանա լճի համար՝ 2,0 (բարձրությունը ծովի մակերևութից 1900 մ): Առավել խիստ պատկեր է ստացվում ամենաշատ գոլորշիացման առանձին ամիսների համար. այսպիսով Սևանա լճի համար այդ հարաբերությունը աշնանային ամիսների բազմատարիների միջինի դեպքում ստացվում է մինչև 4,0:

Մեզ մոտ, ջրային մակերևութից տարեկան գոլորշիացման մեծությունը Բալխաշ լճի համար հասնում է մինչև 1330 մմ, Կասպից ծովի համար՝ 1000 մմ և 770 մմ Սևանա լճի համար, Արարատյան հովտի ջրավազանների համար հավանաբար նա կազմում է մոտավորապես 1000 մմ, իսկ ԱՄՆ-ում ջրային մակերևութներից տարեկան գոլորշիացումը տատանվում է 1200—2400 մմ սահմաններում, իսկ Տեխասում անգամ հասնում է 3360 մմ (Օկլախոմա նահանգում գոլորշիացումը լճակներից 10 անգամ ավելի է օգտակար օգտագործվող ջրի ծավալից):

ԱՄՆ-ում 1300 ջրամբարներ ու լճեր տարեկան ունենում են ավելի քան 90 միլիարդ խոր. մետր գոլորշիացում և 1,5 միլիոն ջրավազաններ՝ 10 միլիարդի հասնող գոլորշիացում: Հետևաբար ամբողջ գոլորշիացումը կազմում է 100 միլիարդ խոր. մետրից ավելի: Եթե պալքարի համապատասխան միջոցներով (տես ներքևում) այդ գոլորշիացումների 40% պահպանվի, ապա դա կկազմի հսկայական մի թիվ՝ 40 միլիարդ խոր. մ (Դրեսսլերը և Իոհանզոնը 40%-ից ելնելով, գոլորշիացման հնարավոր անտեսումը հաշվում են 80 միլիարդ խոր. մ):

Ըստ ոչ լրիվ տվյալների ՍՍՌՄ-ի լճերի գումարային մակերեսը (բացի Կասպից ծովից, որի մակերեսը կազմում է 400 միլիարդ քառ. մետր) կազմում է 300 միլիարդ քառակուսի մետր (16000 լիճ) և գործող ջրավազանները տալիս են ևս 25 միլիարդ քառակուսի մետր: Լճակների ու ջրամբարների վերարկրյալ եղած տվյալները ոչ լրիվ են և այդ եղածները վերը բերած թվերի հետ համեմատած կազմում են նրանց չնչին մասը:

Քսենի որ մեկ տվյալ գեպջում հետաքրքրում են ջրային այն մակերևույթները, որոնք ունեն առավելագույն գոլորշիացում և որոնք ընկած են հյուսիսային լայնություն 55°-ից հարավ, ապա կարելի է զգուշացնել հաշվել գոլորշիացումը կլնելով ՍՍՌՄ-ի ընդհանուր մակերեսի մեկ երրորդ մասից՝ այսինքն կլնելով 100 միլիարդ քառակուսի մետրից:

Մեր ջրամբարներից գոլորշիացումը (ըստ Ջալիդի) փոփոխվում է 600-ից մինչև 1000 մմ այն անրիտորիանների համար, որոնք ընկած են հյուսիսային լայնություն 55° և 48°-ում և 1000-ից մինչև 1700 մմ ավելի հարավ ընկած՝ այսինքն 48° մինչև 36° լայնություն տերիտորիանների համար:

Հաշվելով 800 մմ, ցուցադրման համար ընդունելով ամբողջ տերիտորիայի մեկ երրորդը, կստանանք 80 միլիարդ խոր. մետր գոլորշիացում, իսկ գոլորշիացման հնարավոր տնտեսումը կարող է լինել 30 միլիարդ խոր. մ:

Հաշվական ՍՍՌ-ի համար կան ավելի ճիշտ տվյալներ. հատկապես Սևանա լճին վերաբերող գոլորշիացման մեծությունը կազմում է տարեկան միջին հաշվով 750 մմ կամ 1,0 միլիարդ խոր. մետր, իսկ հնարավոր տնտեսումը, կլնելով ԱՄՆ-ում ընդունվող տվյալներից, կկազմի մոտ 0,4 միլիարդ խոր. մետր:

Հաշվական ՍՍՌ-ում ջրամբարների մակերեսը (առանց Սևանա լճի) կազմում է մոտավորապես 24 քառ. կմ, իսկ շախագծվող ջրավազաններինը՝ նորից 90 քառ. կմ, որը 1000 մմ գեպջում բոլոր ջրամբարների ու ջրավազանների մակերևույթից գոլորշիացման պայմանում բերում է մոտ 0,12 միլիարդ խոր. մետր, և հետևապես գոլորշիացման հնարավոր տնտեսումը Սևանա լճի հետ միասին կկազմի 0,45 միլիարդ խոր. մետր:

Ինքրիվ մոտավոր թվերը, որոնք նշում են միայն այսպես ասած մեծությունների կարգի մասին, ցույց են տալիս, որ գոլորշիացումների դեմ պայքարը, եթե հնարավոր է դրա էֆեկտիվ և տնտեսական իրագործումը, հավասարազոր է ջրի ստացման մի հզոր աղբյուրի և այդ պատճառով այն արժանի է շտապ ուսումնասիրության և արագ իրականացման:

Բավական է նշել, որ հենց միայն Սևանա լճի համար խոսքը վերաբերում է լրացուցիչ 400 միլիոն խոր. մ ջրի ստացմանը, որի համար Արփա գետի ավազանի վերնամասից թունելի միջոցով ջրի տեղափոխումը գնահատվում է ավելի քան 360 միլիոն ուղբու կապիտալ ներդրումով (ըստ Հայհիդրոէներգոնախագծի նոր հաշվումների):

Ջրային մակերևույթներից գոլորշիացման դեմ պայքարը կարելի է իրագործել կամ այդ մակերևույթի հայելու մակերեսի փոքրացմամբ, սակայն որը հակասում է ջրամբարը որպես էներգետիկ բազմատարի կարգավորման ջրավազանի օգտագործման ցանկությունը, կամ էլ ջրային մակերևույթը այնպիսի բարակ թաղանթի ծածկումով, որը կընդհատի գոլորշիացմանը:

Դեռ 20—30 տարի առաջ առաջարկներ էր արված ջրային մակերևույթը ծածկել նավթային թաղանթով, սակայն դրանք չնդունվեցին հողիածի մեջ



անխանակում պարունակող մատենագրություն, որը և ծառայել է ամփոփումը կազմելու համար (3—9 բաժինները):

Վերը նշվածի կապակցութեամբ, անհրաժեշտ է աշխատանքային մանրամասն պլան կազմել այդ հարցի վերաբերյալ և այն կոորդինացնել Ոստղման կամիտեի և Համամիութենական գյուղատնտեսական ակադեմիայի և ՍՍՄ Գիտությունների ակադեմիայի ինստիտուտների հետ:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

- 1р. Гельд и Ткачев. ДАН СССР, сер. А., 1933.
- 2р. Скляренко и Баранав. Журнал физ. химии, 8, 51, 1936.
- 3р. Ребиндер П. „Известия АН СССР,“ сер. хим., № 5, 1085, 1937.
- 4р. Барнаев М. Журнал физ. химии, 9, 69, 1937.
- 5р. Ребиндер П. ДАН СССР, сер. А, 296, 1938.
- 6р. Глазов Н. Журнал физ. химии, 11, 484, 1938.
- 7р. Хейнман А. С. Журнал физ. химии, XVI, вып. 1, стр. 118—123, 1940.
- 8р. Борьба с испарениями из прудов и водоемов США Журнал „Гидротехника и мелiorация“, № 6, 1959.
- 9р. Уменьшение испарения из водохранилищ химическим способом. Из. картотеки „Строительство и архитектура“, 1959.
  1. Ackerman E. A., Löff O. G. Technology in water development. Water resources program for the future. 1957, Nov. 1. Part III, § 3. Reduction of reservoir evaporation.
  2. Anderson E. R. Energy budget Studies, water-loss investigations: Lake Hefner Studies. Techn. report U. S. Geol. survey prof. paper, 223 pp. 71—119, 1954.
3. Anti-Evaporation chemical being tested on African reservoirs. Water works Eng. 108, 880, Sept., 1955.
4. Archer R. J., Lamer V. K. The effect of monolayers on the rate of evaporation of water.—Ann New-York Acad. Sci., vol. 58, p. 807—829, 1954.
5. Archer R. J., Lamer V. K. The rate of evaporation of water through fatty acid monolayers. — Journ. Phys. Chem., 59, p. 200—208. 1955.
6. Berger B. B. Use of hexadecanol in evaporation reduction. — Journ. American Water Works Association, vol. 50, juillet 1958, p. 855—858, 6 ref. bibl.
7. Blaney H. F. Evaporation and stabilization of Salton sea water surface. Tr. Am. Geoph. Union, 1955, № 4.
8. Blaney H. F. Evaporation and evapotranspiration investigations in the San-Francisco Bay area. Tr. Am. Geoph. Union 1955 Oct.
9. Blaney H. F. Evaporation study at Silver lake in the Mojave Desert, California. Tr. Am. Geoph. Union, April, 1957.
10. Bowen J. S. The ratio of heat losses by conduction and evaporation from any water surface. Phus. Rev., 27, 779—787, 1926.
11. Briscoe H. V. A., Sebba F. The avaporation of water through unimolecular films. Journal Chem. Soc., part I, Janvier-Juin, 1940.
12. Bureau of reclamation. — Reservoir evaporation reduction with monomolecular and similar films. — Progress Report, mars 1955 à mars 1956. Denver, Bureau of Recl. Chem. Ewngng. Lab. Report no S1—9, 29 janvier 1957. 36 p., 49 fig., 11 ref. bibl.
13. Bureau of reclamation. — Water quality studies with hexadecanol, Oklahoma City: Okla. Preliminary evaporation reduction studies, Lake Hefner, Oklahoma City. — Report of Committee of Collaboration, Bureau of Reclamation, U. S. Dept. of the Interior, apr. 15,—1957.
14. Bureau of reclamation. —Preminary evaporation reduction studies, lake Hefner—Oklahoma City. — Denver, Bureau of Reclam., 15 avril 1957, 18 p., 2 fig.

15. Bureau of reclamation. — Determination of the presence and degree of compression of a monomolecular layer using indicator oils. — Denver, Bureau of Reclamation, 3, June 1957, Labor. Rep. № S 1—13.
16. Bureau of Reclamation. Reservoir evaporation control-screening tests on monolayers and duplex films. — Bureau of Reclamation, Denver, Juillet 1957, Chemical Engineering Laboratory, report № S 1—12.
17. *Cappus P.* Evaporation de l'eau des retenues. Electricité de France. 10 Mars 1958.
18. Cetyl alcohol reduces evaporation from reservoirs. World Meteorological Organisation. WMO Bulletin. April 1958, vol. VII, № 2, (64—67).
19. *Chang S. L.* Effect of disinfecting agents on evaporation reduction with hexadecanol. — Journ. Amer. Wat. Works Ass., nov. 1959, p. 1421.
20. Chemicals combat evaporation. Farm. South Africa, 1958, 31, № 12.
21. Chem. Eng. Jan., 1948.
22. Chemical Eng. News. 13 Feb. 1956.
23. Chem. Week. 28 June 1957.
24. *Coffny, Harbek* A comparison of rainfall data from rain-gage and changes in lake levels (Hefner). Bull. Am. Meteorological Society 1959 July, p. 349.
25. *Cruse R. R., Beadle B. W.* Water conservation through control of evaporation. Journ. of Am. Water Works Assoc., 49 (1957) pp. 397—404.
26. *C. S. I. R. O.* Saving Water in Dams. — C. S. I. R. O., Leaflet series № 15, Melbourne, 1956.
27. *Davaux H.* The Study of the influence upon evaporation by oils and solid and liquid thin layers. Bulletin Soc. Franç. de Phys., Mai 20, 1921.
28. *Dressler R. G.* The Southwest cooperative project on reservoir evaporation control. Proc. 1-st Intern. Conference on Reservoir evaporation control. pp. 67—74 Southwest Research Inst. 1956.
29. *Dressler R. G.* The Texas Eng. Oct. 1956.
30. *Dressler R. G., Johanson A. G.* Water reservoir evaporation control. Chemic. Eng. Progress. 1958, 51. № 1 (66—69).
31. *Durham K., McArthur I. K. H.* The influence of dosage on the efficiency of films of fatty alcohols for water conservation. — Research, Juillet 1957.
32. Feasibility of chemical evaporation control. Technology Newsletter. Chemical Week 79, 67, 28 July 1956.
33. *Fleming de Roscoe.* Pelletes to prevent evaporation. — Science Digest. Decembre 1956
34. *Fresse S. W.* Reservoir evaporation control by other techniques. Proc. 1-st Intern. Conference on reservoir evaporation control. pp. 45—52, 1956.
35. *Garstka W. K., Phillips H. B., Allen I. E., Hebert D. J.* Withdrawing water from lake Mead in water-loss investigations: Lake Mead Studies. U. S. Geol. Survey prof. pap. 298, 1957.
36. U. S. Geological Survey. Water loss investigations: Lake Hefner Studies. Prof. pap. 269, 1954.
37. U. S. Geological Survey. Water loss lake Hefner Studies. Prof. pap. 270, 1954.
38. U. S. Geol. Survey. Water resources Revue. Nov. 1956.
39. *Grundy F.* Cetyl alcohol reduces evaporation from reservoirs. WMO Meteorological Bulletin, 1958, 7, № 2 (64—67).
40. *Harbeck G., Earl Jr.* Evaporation research at lake Hefner. — Journ. A. W. W. A. août 1952, p. 701—706, 2 fig., 4 ref. bibl.
41. *Harbeck G. E.* The use of reservoirs and lakes for the dissipation of heat. U. S. Geol. Survey Cirs. 282. 1953.
42. *Harbeck E.* Can Evaporation losses be reduced? — Proc. A. S. C. E., vol. 84, IR 1' Janvier 1958, paper № 1499, 8 p., 17 réf. bibl.
43. *Harbeck E.* Discussion on Harbeck. P. A. S. C. E. Irr. Div. April 1958.
44. *Harbeck E.* Discussion on Harbeck. P. A. S. C. E. Irr. Div. Jan. 1959.

45. *Harbeck E. C., Coberg G. E.* A method of evaluating the effect of a monomolecular film in suppressing reservoir evaporation. *Journal of Geophysical Research*, № 1, Janvier 1959, p. 89—93, 1 tabl., ref. bibl.
46. *Harkins W. D.* The physical chemistry of surface films. — Reinhold publishing corporation, New-York, 1952, p. 152.
47. *Harmon Craig Ed.* New research methods in hydrology. Proc. conference Scripps Inst. Oceanogr. La Jolla Calif. Febr. 2—3—1957. p. 33.
48. *Hendstrand G.* The influence of thin surface films on the evaporation of water. — *Journ. Phys. Chem.*, 28, p. 1244—1252, 1924.
49. *Henderson, Crowell, Pickering* Memorandum on toxicity Bioassays of hexadecanol from Robert A. Taft San. Eng. Center USPHS, Cincinnati, Ohio, 1956.
50. *Hollis M. D.* We must take a hard look at water supply problems. *Water Works Eng.* Feb. 1959 (118—120).
51. *Hoon R. C.* Restriction of water loss due to evaporation and seep. e. *Indian Construction news* 1957, 6, № 8 (23—30).
52. *Jacobs W. C.* Sources of atmospheric heat and moisture, *Annals N. Y. Acad. Sci.* 44, 19—40, 1913.
53. *Koberg G. E.* Energy budget studies, water-loss investigations Lake Mead. U. S. Geol. Survey prof. paper 298, pp. 20—29, 1958.
54. *Koenig, Louis.* Reducing evaporation losses from reservoirs. *Texas Irrig. Meeting AsM College*, 3 Jan. 1957.
55. *Kohler M. A.* Lake and pan evaporation water-loss investigation; Lake Mead. *U. S. Geol. Survey prof. paper* 269, pp. 127—148, 1954.
56. *Kohler M. A., Nordenson T. J., Fox W. E.* Evaporation from pans and lakes. U. S. Weather bureau Res. paper 38, 1955.
57. *Kohler M. A., Nordenson T. J., Fox W. E.* Lake Mead Studies. U. S. Geol. Survey prof. paper 298, 38—60, 1958.
58. *Kohler M. A.* Discussion on Harbeck and Koberg (№ 43).
59. *Lamer V. K.* The physical chemical basis of water evaporation control by the monomolecular film technique. Proc. 1-st Intern. Conference on Reservoir evaporation control, pp. 7—12, 1956.
60. *Lamer V. K., Rosano H. L.* The rate of evaporation of water through monolayers of ether, acids, and alcohols. — *Journ. Phys. Chem.*, vol. 60, p. 348, 1956.
61. *Langmuir I.* The constitution and fundamental properties of solids and liquids *Journ. Am. Chem. Soc.*, 39, 1848—1906, 1917.
62. *Langmuir I., Langmuir D. B.* The effect of monomolecular films on the evaporation of ether solution. — *Journ. Phys. Chem.*, 31, p. 1719—1731, 1927.
63. *Langmuir I., Schaeffer V. J.* Rates of evaporation of water through monolayers on water. — *Journ. Frank. Inst.*, 235, p. 111—162, 1943.
64. *Laycock H. C.* Cetyl alcohol controls evaporation. *Water Sewage works* 103, 346—347, Aug. 1956.
65. *Ludzack F. J., Ettinger M. E.* Biological oxidation of cetyl alcohol. *Taft Sanitary Eng. Ctr.*, Cincinnati, July, 1956.
66. *Ludzack F. J., Ettinger M. B.* Biological oxidation of hexadecanol under Laboratory conditions. — *Journ. A. W. W. A.*, 49, p. 849, 1957.
67. *Macklichan K. A.* Estimated use of water in U. S. 1950. *Geol. Survey Circ.* 115.
68. *Mansfield W. W.* The effect of surface films on the evaporation of water. — *Nature*, Dec. 12, vol. 172, p. 1101, 1953.
69. *Mansfield W. W.* Influence of monolayers on the evaporation of water. — *Nature*, vol. 175, p. 247—249, 1955.
70. *Mansfield W. W.* Field trials on the use of Cetyl Alcohols to restrict evaporations. Commonwealth of Australia. Melbourne. Serial 74, Nov. 1955.
71. *Mansfield W. W.* Influence of monolayers on the natural rate of evaporation of water. — (en allemand). — *Nature*, vol. 175, № 4449, p. 247—249, London, 1955. Analyse dans *Die Wasserwirtschaft*, № 7, avril 1956, p. 192.

72. *Mansfield W. W.* The use of hexadecanol for reservoir evaporation control.—1-st Inter. Conf. on reservoir evaporation control San Antonio, Tex. Southwest Research Inst., Apr. 1956. p. 13.
73. *Mansfield W. W.* The influence of monolayers on evaporation from water storages. I. The potential performance of monolayers of cetyl alcohol.—Austral. J. Appl. Sci., 1958, 9, № 3, 245—54.
74. Memorandum of the Chairman to members of the Senate Committee on interior and insular affairs. April 14, 1958, Washington 1958.
75. *Moran W. T.* Bureau of Reclamation. Denver April 1957 Special invest. memoranda N 55--57.
76. *Moran W. T. Garstka W. U.* The reduction of evaporation through the use of monomolecular films. Presented at the third Congress of the International Commission on Irrigation and Drainage, San Francisco (Calif.) May, 1957.
77. *Moran W. T.* Reclamation tests way to prevent evaporation losses. New Release for June 6, 1957.
78. *Narasimhan S., Ramdas L. A.* Effects of Temperature of the efficiency of monomolecular films in suppressing evaporation.—Journal of Scientific & Industrial Research, 1957, vol. 16 A. № 8. p. 357—358.
79. *Nelson F. C.* Oil coating for preventing evaporation of water, as in desert regions. U. S. Patent 2, 170, 644.
80. Proceedings of the 1-st International conference on reservoir evaporation control. Southwest Research Institute. San Antonio Tex. Apr. 4, 1956.
81. *Ramdas L. A.* Effect of temperature on the efficiency of monomolecular films in suppressing evaporation.—Journ. of Scientific and Industrial Res., 1957, № 8. p. 357—358.
82. *Ramdas L. A.* Evaporation Control.—Council of Scientific & Industrial Research, New-Delhi, India, 1957.
83. *Rideal E. K.* The influence of thin surface films on evaporation of water.—Journ. Phys. Chem., 29, p. 1585. 1925.
84. *Roberts W. J.* Suppressing evaporation from water surfaces: Annual Meeting Am. Geoph. Union, 1957, April 29.
85. *Roberts W. J.* Evaporation suppression from water surfaces.—Tr. Am. Geoph. Union, 1957, Oct.
86. *Stockinger H. E.* Water quality studies with hexadecanol. Kid's Lake Oklahoma city, Okla.—Bureau of Reclamation, Denver, Colo., Apr 1957
87. *Stockinger H. E.* Preliminary toxicity studies with hexadecanol reservoir evaporation reduction.—Chem. Eng. Lab. Rept № S 1—10, Bureau of Reclamation, Denver, 1959.
88. *Stockinger H. E.* Opinion on toxicity of hexadecanol proposed for use in evaporation control.—Memorandum from Robert A. Tait San. Eng. Center, USPHS, Cincinnati, Ohio, 1959.
89. *Stockinger H. E.* Opinion on toxicity of octadecanol proposed for use in evaporation control.—Memorandum from Robert A. Tait San. Eng. Center, USPHS, Cincinnati, Ohio, 1959.
90. *Timblin L. O. Florey Q., L.* Reservoir evaporation reduction with monomolecular and similar films.—Progress Report, Mar., 1955—1956, Bureau of Reclamation, U. S. Dept. of the Interior, Chemical Engineering Laboratory, report № S 1—9, Janv. 29, 1957.
91. *Timblin L. O.* Determination of the presence and degree of compression of a monomolecular layer using indicator oils.—Bureau of Reclamation, U. S. Dept. of the Interior, Chemical Engineering Laboratory, report № S 1—13, Jun. 3, 1957.
92. *Timblin L. O., Moran W.* Use of monomolecular layers for reservoir evaporation reduction.—Journal A. W. W. A., juillet 1957, p. 840—848, 2 fig., 22 ref. bibl.
93. *Thomas H. E.* The conservation of ground water. Mc Graw Hill. 1951.
94. *Thomas N. O., Harbsck G. E.* Reservoirs in U. S. Geol. survey paper 1360—A 1956.
95. *Sutherland K. L.* Economic Methods of Controlling Evaporation of Water.—Research, May 1957.
96. *Timblin L. O., Moran W. T., Garstka W. U.* Use of monomolecular layers for reservoir evaporation reduction. Annual Conference Atlantic City 13 May 1957.