

ГИДРОТЕХНИКА

И. В. ЕГИАЗАРОВ

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И БОРЬБА С ИСПАРЕНИЕМ ВОДЫ
С ПОВЕРХНОСТИ МАЛЫХ И БОЛЬШИХ ВОДОЕМОВ*

§ 1. О дефиците водных ресурсов

Говорить о ресурсах воды и об их многообразном комплексном использовании—означает затрагивать почти все вопросы народного хозяйства и быта. На протяжении всей многовековой, скорее многотысячелетней, истории использования человеком пресных наземных вод, вода потреблялась для ирригации, бытового водоснабжения и судоходства; в XIX веке и вплоть до пятидесятых годов XX столетия—для промышленного водоснабжения и за последнее время особенно интенсивно—для энергетических целей. Но уже вторая половина XX века ставит перед человечеством новые вопросы и задачи, требующие воду в очень больших количествах. Темпы роста всех видов народного хозяйства невероятно увеличились и продолжают нарастать, а так как растет и население земного шара, которое в 1900 году составляло 1,5 млрд жителей, теперь приближается к 3 млрд, к 2000 году составит около 5 млрд жителей, то одна только проблема питания приводит к потребности в воде, которая в южных районах с 80 процентами всего населения земного шара из года в год ставит все новые вопросы, являющиеся следствием дефицита воды.

Эти новые вопросы водоснабжения связаны со следующими обстоятельствами:

1. Резко растущим бытовым водоснабжением.

2. Ростом потребности промышленности в воде. Этот рост определяется двумя факторами: собственно потреблением воды для промышленного производства, и, что очень прискорбно, в 10—100 раз, а иногда и в 1000 раз большей потерей воды для других нужд, вследствие ее загрязнения и отравления промышленными отходами, сбрасываемыми в реки.

3. С ростом мощности тепловых электростанций. Если до сих пор строились тепловые станции мощностью в десятки и сотни тысяч киловатт, то теперь началось строительство тепловых станций мощно-

* Доложено на общем собрании Академии наук Армянской ССР 23 марта 1962 г.

стью в миллионы киловатт, на угле, нефти и особенно на газе, а также и на атомном топливе; 80% всей электрической энергии вырабатывается на тепловых станциях. Тепловые процессы на всех этих станциях требуют воду не только для парообразования, но в значительно большем количестве для охлаждения, так что средние реки не могут удовлетворить эту потребность; большие тепло-электростанции должны строиться на берегах больших рек или водоемов. В Армянской ССР ни одна из рек не может удовлетворить эту потребность и мощную тепловую электростанцию можно расположить только на берегу озера Севан. Атомные же станции, которые тоже являются тепловыми, требуют воду как для охлаждения так и для удаления радиоактивных отходов, которые несут с собой лучевую болезнь и которые способны заразить воду в огромных количествах. Английские инженеры подсчитали, что радиоактивные отходы, сбрасываемые в Атлантический океан, способны к 2000 году заразить 5% объема Атлантического океана.

4. Растущими нуждами орошения и обводнения больших территорий, требующими больших количеств воды; но только 40—60% воды используется полезно, а остальная вода теряется, и притом не только теряется, но приводит зачастую к заболачиванию и засолению территорий.

5. Необходимость обеспечения потребностей рыбоводства в воде требует не столько количества воды, сколько ее качества, чистоты, что идет полностью в разрез с загрязнением и отравлением воды, уже отмеченным выше.

6. Необходимостью обеспечения сохранности уровня внутренних морей, как например Каспийского моря. Известно, что за последние десятилетия этот уровень непрерывно падает вследствие разбора воды притоков моря на нужды народного хозяйства и вследствие больших потерь на испарение, о которых речь еще будет впереди. Для пополнения Каспийского моря водой уже приступлено к переброске вод рек, питающих Северный Ледовитый океан в рр. Каму и Волгу.

7. Необходимостью обеспечения водой гидростанций не только старых, уже работающих, но и новых, мощность которых уже достигла 5 миллионов киловатт в одной станции и которых к 1980 году должно быть построено около 180.

Рост потребности в воде и острая необходимость в охране вод от загрязнения привели Совет Министров СССР к изданию Постановления об использовании водных ресурсов и об охране вод. Нужно принять все меры к тому, чтобы это постановление было полностью осуществлено. В соответствии с этим постановлением все союзные Академии наук организовали институты по проблемам водного хозяйства. Академия наук Армянской ССР преобразовала бывший Водно-энергетический институт в два института: Институт энергетики и Институт водных проблем.

Характерной особенностью старых потребителей воды—ирригации и судоходства, было приспособление нужд в воде этих потреби-

телей к наличным водным ресурсам, со слабым стремлением к вмешательству человека в режим подтока, к некоторому сезонному перераспределению наличных водных ресурсов, к регулированию стока. Стремление регулировать сток воды и создавать для этого большие водохранилища более резко выражено у энергетического потребителя воды, у гидроэлектростанций. Но создание водохранилищ с большими водными свободными поверхностями приводит в южных районах к большим потерям воды на испарение, а иногда и на инфильтрацию в чашу водохранилища; борьба с инфильтрацией всегда максимально осуществлялась, а с испарением до последнего времени не было средств борьбы.

Отмеченное приспособление старых потребителей воды—ирригации, судоходства и энергетики выразалось в том, что их потребности планировались и проектировались на основе и параллельно с изучением водных ресурсов и с возможностями этих водных ресурсов. Остальные потребители воды в прошлом были настолько скромны, что еще недавно в планировании их потребности не было особой нужды.

Несмотря на наличие в Союзе ССР огромных, по общему количеству, водных ресурсов наземных и подземных (грунтовых), их распределение крайне неравномерно и отличается тем, что наиболее богатые ресурсы расположены на территориях, слабо населенных и слабо развитых (например, Сибирь). Вместе с тем и распределение стока в течение года далеко не отвечает годовому распределению в потреблении воды.

Поэтому необходимы водохранилища для регулирования стока рек не только для гидроэлектростанций, но и для промышленных нужд. Поэтому уже в ближайшем будущем необходимо планировать развитие населенных мест (городов) и развитие промышленных центров в районах, богатых водой. Такое планирование по воде еще только начинается.

Как следствие, большое значение приобретает использование подземных и грунтовых вод; это использование должно развиваться наряду с использованием наземных вод. Большое значение должно получить годовое и многолетнее регулирование подземными водами и последующее их восполнение. Подземные водохранилища интересны и тем, что хранение в них воды не связано с потерей на испарение.

До сих пор использование подземных вод значительно отстает от использования наземных, в частности в СССР, а также и в Армянской ССР, где благодаря деятельности вулканов создались условия, исключительно благоприятные для образования подземных водохранилищ (примером может служить Араратская котловина).

При отмеченном большом дефиците воды в южных районах СССР, необходимо подчеркнуть наличие огромных непроизводительных потерь воды. К таким потерям в первую очередь относится испарение с водных поверхностей и потери воды, используемой для орошения.

Почему испарение следует считать потерей? Потому, что испаряющаяся влага, как правило, не выпадает в виде осадков там же, а уносится воздушными течениями далеко от места испарения и выпадает в виде осадков обычно на территориях с избыточным увлажнением. Поэтому необходима и полезна борьба с испарением. Прямая борьба с испарением, без уменьшения испаряющей поверхности, стала теперь возможна благодаря замечательным свойствам мономолекулярной пленки жирных спиртов.

Но прежде чем перейти к характеристике одномолекулярной пленки, которая способна уменьшать испарение с водной поверхности, необходимо остановиться на характеристике существующих у нас южных водоемов, озер, водохранилищ и прудов, на оценке теряемых на испарение количеств воды и на возможных объемах спасаемой от испарения воды.

Такая сэкономленная вода настолько велика по объему, что ее сохранение равносильно созданию нового большого источника воды. равноценна увеличению водных ресурсов, которыми мы располагаем в южных районах и которые становятся все более дефицитными.

§ 2. Южные водоемы СССР и потери воды на испарение с их поверхности

В СССР, южнее 55° северной широты, потери воды на испарение с водной поверхности обычно превышают то количество воды, которое выпадает в виде осадков на эту поверхность. Для наших южных союзных республик это соотношение еще более резкое, в особенности для месяцев наибольшего испарения.

Потеря воды на испарение с семи южных морей и озер составляет около 450 куб. км и почти в 5 раз превышает осадки, выпадающие на поверхности этих водоемов. Этот испаряющийся объем равен приблизительно десяти полным объемам озера Севан.

Общая площадь южных водоемов и водохранилищ составляет не менее 250 тыс. кв. км, а вместе с Каспийским и Аральским морями больше 700 тыс. кв. км (см. приложение к § 2). Испарение с этих водоемов составляет ежегодно от 70 до 130 см с каждого квадратного метра площади водоема. Считая в среднем 80 см слоя испарения, получим потерю воды со всех водоемов, кроме морей, в 200 куб. км, т. е. больше трех объемов озера Севан.

Возможность экономить даже небольшую долю воды, теряемой на испарение, равносильна обнаружению новых больших водных ресурсов. Так, для юга СССР экономия 20% испаряющейся воды составила бы ежегодно 40 млрд. куб. м полезной воды, т. е. две третьих объема озера Севан. Для озера Севан экономия испарения в 20% за месяцы наибольшего испарения может дать около 180 млн.

куб. метр. воды, т. е. столько же сколько будет вытекать из озера после нового равновесного уровня, при снижении на 20 м, т. е. при новой принятой равновесной отметке уровня озера в 1896 м. Иначе говоря, экономия испарений в 20% равноценна удвоению нового равновесного стока из оз. Севан. Это количество сэкономленной воды может оросить больше 20000 гектаров и, следовательно, имеет огромное значение для сельского хозяйства. Севанский каскад из 6-ти гидроэлектростанций уже построен и способен принять сток воды в 1200 млн. куб. м, т. е. во много раз больший, чем новый равновесный сток в 180 млн. куб. м. Следовательно, все то, что может дать переброска из соседних рек, как река Арпа, и все то, что может дать экономия в испарении, даже если эта экономия составит не 20, а все 100%, будет полностью использовано для ирригации и для Севанского каскада гидроэлектростанций, без каких бы то ни было новых капиталовложений в этот каскад. Каждый кубический метр спасенной воды может дать на каскаде 2 кв. часа электрической энергии, и притом самой ценной энергии, способной многолетне регулировать не только свои гидроэлектростанции, но и гидроэлектростанции всей Армянской энергосистемы.

В рассмотренных южных районах СССР и в Армянской ССР влияние испарения на осадки незначительно и, как показали исследования ГУГМС, это влияние ограничивается небольшой прибрежной полосой. Испаряющаяся влага поднимается в верхние слои атмосферы и уносится далеко на восток. Для озера Севан влага уносится за пределы Каспийского моря к горам Тянь-Шаня, где эта влага не нужна, так как имеется в огромном избытке.

Приложение к § 2. В таблицах № 1—5 даются сведения о числе, площади, величине испарения с южных водоемов СССР.

Необходимо отметить, что по СССР не имеется полного кадастра водоемов и их паспортизации. Пришлось, для получения представления о занимаемых ими площадях и об испаряемых объемах воды, использовать разрозненные данные, разбросанные по большому числу источников. Разумеется, приводимые в таблицах итоговые данные будут несколько занижены.

Для сравнения приводим некоторые данные по США. Площадь 1300 озер и водохранилищ, каждое из которых по емкости больше 6 млн. куб. м, составляет 44,5 тыс. кв. км и площадь 1,5 млн. водоемов (ср. площадь в среднем 0,4 га) составляет 6 тыс. кв. км, т. е. всего около 50 тыс. кв. км или в 5 раз меньше площади южных водоемов СССР.

Испарение в южной части США значительно больше чем в СССР и для 21 водоема колеблется от 1100 до 2900 мм (в Техасе достигает 3300 мм). В среднем на испарение тратится 1800 мм, т. е. больше, чем расходуется на сельскохозяйственное орошение. В бассейне р. Колорадо на испарение тратится одна шестая запасов воды в водохранилищах, тогда как на ирригационный полив расходуется одна треть этой емкости. В штате Оклахома испарение с прудов в 10 раз больше, чем полезно используемый объем воды. Для 17 западных штатов США потеря на испарение и на транспирацию оценивается в 36 куб. км. Считая среднее испарение в 1800 мм (см. выше), получается для США потеря воды на испарение с водоемов в 90 куб. км.

Таблица 1

Водоёмы-пруды (кроме водохранилищ)

	Площадь кв. км	Источник
РСФСР	288	Справочник по водному хозяйству Гипровод МСХ СССР, 1958.
Туркменская ССР	156,2	
Узбекская ССР	70	
Казахская ССР	26	
Грузинская ССР	14	
Азербайджанская ССР	2,7	
Армянская ССР	22,75	Министерство водного хозяйства Армянской ССР
СССР	601,7	

Таблица 2

Пруды, водоёмы, водохранилища, озера

Площадь в кв. км	Суммарная площадь в кв. км 10'	Источник
0,01—1	20	Труды III Гидрологического съез- да 1957 г., т. IV.
1—20	156	
20—50	7	
50—100	10	
100—500	48	
600—1000	16	
более 1000	24	

281

Площадь озёр СССР, кроме Каспий- ского моря	300	Водный кадастр СССР Т о ж е
Водоохранилища, действующие . . .	25	
В том числе:		Труды III Гидрологического съезда, 1957 г., т. IV.
Волга (Иваньково), Угличское, Ры- бинское, Горьковское, Куйбышев- ское (Куйбышевское б.45)	13,12	
Кама (Пермское)	1,93	
Днепр (ДнепроГЭС, Козловка)	2,56	
Дон (Цимлянское)	2,70	
Кура (Мингечаур)	0,60	
Обь (Новосибирск)	1,07	
Сыр-Дарья (Кара-Кумск.)	0,51	
Ангара (Иркутское)	1,15	

24,0 тыс. кв. км

Таблица 3

Планируемые и проектируемые водохранилища

	Площадь в кв. км	Источники
Армянская ССР	88,5	Министерство водного хозяйства Армянской ССР
Киргизская ССР	1126,5	Институт энергетики и водного хозяйства АН Киргизской ССР
Грузинская ССР	250,0	Институт энергетики АН Грузинской ССР
Казахская ССР	15,0 АН Казахской ССР
Азербайджанская ССР	23	Азербайджанский НИИГиМ
Средняя Азия	2880,0	Институт водных проблем и гидротехники АН Узбекской ССР

Таблица 4

Моря и озера (южные)

	Площадь по Звонкову	Кв. км. X X 10 ¹	Осадки		Испарение		Отношение испарения к осадкам	Источник
			мм	куб. км	мм	куб. км		
Каспийские	394	424	172	73	1000	424	5,75	Сборник под ред. Е. П. Блядника 1957 г.
Аральское	63,8	68,7	82	5,6	920	63	11,2	
Балхаш	17,3	17,3	180	3,1	1330	23	7,4	
Иссык-куль	6,2	6,2	275	1,7	850	5,25	3,1	
Кулундинское . . .		0,91	217	0,2	710	0,645	3,3	
Байкал	31,5		294	9,25	(700)	(22)	(2,4)	III Гидрол. съезд 1957 г. т. IV, и Проблема озера Севан АН Арм. ССР 1961 г. т. 1
Севан*		1,4	348	0,49	766	1,085	2,2	
		518,5		94		539	4,65	

* Сток из озера Севан 0,135 куб. км, приток в озеро Севан 1,22 куб. км или испарение с поверхности озера составляет 90%, притока со всего бассейна озера (озеро почти бессточное).

Таблица 5

Сводная таблица площадей и испарения

	Площадь в кв. км	Теряется на испарение (считая в среднем 800 мм) куб. км
Озера	230000	184
Аральское море	70000	56
Каспийское море	400000	320
Водохранилища, действующие . . .	25000	
Из них южные	17000	13,6
Волоеы-пруды	600	4,8
Проектируемые и строящиеся водо- хранилища	4630	3,7
ИТОГО без Каспийского и Араль- ского морей	252000	206 куб. км
Моря	470000	376
Озеро Севзи на уровне 1895 м . . .	1230	0,82

§ 3. Пленка цетиловых спиртов толщиной в одну молекулу и ее замечательная способность уменьшать потери на испарение

Молекулы жирных цетиловых спиртов (гексадеканоль) и жирных стеариловых спиртов (октодеканоль) с 12 до 20 углеродными цепочками имеют одну гидроксильную группу (ОН) на молекулу. Этот гидроксил аналогичен гидроксилу молекулы воды и прочно им удерживается на поверхности воды после контакта, тогда как вся цепочка углеродов отталкивается от воды. Вместе с тем эти длинные молекулы жирных спиртов притягиваются друг к другу, и, таким образом, образуют на поверхности воды частокол из почти вертикально расположенных цепочек углерода с прочно удерживаемым водою гидроксидом. Образуется пленка, тончайший ковер на поверхности воды, толщиной всего—навсего в миллионные доли миллиметра, и эта пленка с давлением около 40 дин/см, этот молекулярный частокол, способен эффективно удерживать обычно вырывающиеся с водной поверхности молекулы воды, приводящие к испарению.

Пленка в ее ненарушенном совершенном состоянии способна удерживать до 90—95% всех стремящихся к испарению объемов воды.

Эти свойства жирных спиртов стали достоянием мировой науки только с 1925 года, причем в период 1930—40 гг. существенные исследования проведены советскими учеными. В статьях автора [169]—[171] даны результаты зарубежного и советского опыта: к этим статьям приложена библиография [1]—[148]. В настоящей статье библиография и ее номерация продолжена и охватывает еще 24 названия, №№ 149—172). Только с 1952 года перешли от научных исследований, чисто лабораторного физико-химического характера, к исследованиям под открытым небом в целях реального использования чудесных свойств жир-

ной спиртовой пленки для практических целей, для борьбы с испарением с водоемов (Мансфильд, Австралия).

Жирные спирты могут быть получены из животных жиров (кашалотовый жир) или из растительных масел (пальмовое масло, сурепное, рапсовое масло), а также синтетически из нефтепродуктов, как вторичные спирты из разветвленных парафиновых углеводородов нефти (жидкие парафины), как отход производства твердого парафина. Это так называемые жирные спирты из вторых неомыляемых, которые у нас изготавливаются четырьмя действующими заводами.

Зарубежный опыт с гекса- и октодеканолями [163, 169—171] дал прекрасный результат. При всех положительных свойствах по борьбе с испарением, образуемая этими спиртами пленка прозрачна, пропускает кислород и углекислоту и солнечные лучи, безвредна, не имеет запаха и не только не вредна для растений и любых живых организмов, но даже может служить для их питания, что отрицательно сказывается на расходе химикалия; необходимы некоторые химические добавки для борьбы с таким расходом пленки на питании акваторической фауны.

Все эти свойства подробно изучены за рубежом и получили официальное признание органов здравоохранения [107, 122, 125, 140, 147, 148, 163, 167, 169—172].

В условиях СССР получение жирных спиртов из кашалотового жира или пальмового масла не является перспективным, так как связано с импортом. Поэтому особое значение приобретают отмеченные выше спирты из вторых неомыляемых, которые по своим показателям приближаются к гекса и октодеканолям (см. ниже § 5), и экономика которых является для СССР вполне перспективной (§ 6). Отрицательным отличием спиртов из вторых неомыляемых является некоторый запах, который возможно удастся преодолеть. В Австралии и Африке для лучшей технологии диспергирования химикалия на водной поверхности и для уменьшения расхода на питание фауны растворяют не имеющий запаха химикалий в керосине. США на такие меры, портящие воду на поверхности, не идут, и стремятся совершенствовать технологию подачи химикалия в виде эмульсии с водой, или растворяя в этиловом спирте, что несколько удорожает химикат.

§ 4. Исследования по борьбе с испарением за рубежом.

Экономика

Борьба с испарением с водоемов стала за последние 10 лет не только возможной, но и реальной, и как будет видно ниже, стала и рентабельной.

Расход этилового спирта составляет в среднем за 5 летне-осенних месяцев с наибольшим испарением, около 3 т. на 1 кв. км лодной поверхности. Разумеется, этот средний расход, в зависимости от отмеченных выше температурных и ветровых условий, подвержен

значительным колебаниям и зависит и от абсолютной величины испарения (тем меньше, чем больше абсолютная величина испарения [169—171]).

При стоимости качественной цетиловой смеси гекса- и октодеканоя в 600 долларов за тонну, расход составляет 1800 долларов на кв. км водной поверхности. По отчету исследований Бюро Мелиораций США на озере Хефнер в 1958 г. [144] эта стоимость химикалия составила 1150 долларов за тонну с отмеченной в отчете перспективой снижения стоимости вдвое.

Исключительно тяжелые метеорологические условия и неудачная эксплуатация оборудования, которое создавало и поддерживало защитную пленку на озере Хефнер, привело к тому, что покрытие озера пленкой в среднем за 115 дней составило только 10% поверхности озера. Несмотря на это стоимость воды сэкономленной благодаря одномолекулярной пленке, составила только 3,7 цента по стоимости химикалия и 1,4 цента по эксплуатационным расходам, на 1 куб. м воды. Всего 5,1 цента при стоимости продукта в 115 центов за килограмм. Такова стоимость при 10%-ном результирующем покрытии пленкой поверхности озер [144]. Следовательно, в этих тяжелых ветровых и температурных условиях, при стоимости химикалия в 600 долларов за тонну, один кубический метр спасенной воды обошелся бы в 3,25 цента.

Исследования на озерах Ретленек (0,1 кв. км), Ралстон (6,0 кв. км), Каргер (4 кв. км), Сахуаро (4 кв. км), Хефнер (10 кв. км) и на водохранилище Мид (160 кв. км) показали [161, 171], что даже при неблагоприятных метеорологических условиях и неудачной эксплуатации пленки, большие водные пространства являются положительным фактором и создают более благоприятные условия, чем средние и малые водоемы. Так, опыты на водохранилище Мид дали особо благоприятный результат. Приведем некоторые новые данные. В докладе 86-ой сессии Конгресса США [167] по вопросу о борьбе с испарением отмечается, что составлены расчеты экономии испарений и стоимости для 10 западных районов США с водоемами от 2 до 200 кв. км для 1960—1980 гг., исходя из борьбы с испарением в течение 4—6 месяцев в году. Потери на испарение только для этих 10-ти районов исчислены в 5,65 млрд. куб. м в год. Планируется экономия испарений в 1960 г.—1,22 и в 1980 г.—2,35 млрд. куб. м при стоимости 1 куб. м воды соответственно 3,65 цента и 0,825 цента. Следовательно, предлагается планировать только для 10 западных районов США расход на борьбу с испарением в 44,5 млн. долларов в 1960 году и 19,7 млн. в 1980 г. Современные (1960) цены на воду для коммунальных нужд колеблются в США в пределах от 0,4 до 6,25 центов за куб. м воды. В этом же докладе Конгрессу отмечается, что после исследований 1958 г. на озере Хефнер уже созданы новые, более дешевые промышленные химикалии—смеси, которые эффективнее предыдущих. Отмечается, что можно специализировать смеси

цетиловых спиртов применительно к температурным условиям данного водоема.

Английская фирма химических продуктов Price Limited [168] провела в 1957 и 1958 гг. опыты в Испании на Рио-Тинто и получила экономию испарения в 20 и 30%, при стоимости 1 куб. м экономии воды около 3 и 1,7 английских пенса. Были также проведены опыты на Шотландском озере Лох-Лаган (10 кв. км).

Скорость движения ковров защитной пленки составила около одной тринадцатой скорости ветра. Скорость дрейфа пленки непрерывно возрастает при постоянной скорости ветра.

Английский опыт приводит к выводу, что американский метод рассеивания волной эмульсии менее эффективен, чем кристаллический порошок. Опыт Австралии приводит к наилучшим результатам при растирании кристаллических блоков твердых спиртов на проволоочной металлической щетке и сдувании такого порошка на поверхность воды с движущейся лодки. Этот метод получил апробацию и на озере Лох-Лаган.

Особо подчеркиваются преимущества подачи растворенного в керосине химикалия.

В Англии для водоемов площадью меньше 4000 кв. м уже создан промышленный тип ветрового автомата для непрерывной подачи химикалия в течение целого месяца, без обслуживания.

Новые австралийские исследования последних лет дают 50% экономии испарения при ветре до 5 миль в час. Для водохранилища Умберунберка разработана новая техника создания и поддержания пленки на больших водных поверхностях в течение 12 месяцев. Особенности этой техники не опубликованы, но экономия испарения составила 30%, что по сравнению с результатами, полученными на озере Хефнер, является большим шагом вперед.

В новой американской статье 1961 года [164] приведена схема автоматической подачи химикалия, управляемая анемометром. Дозировка концентрата суспензии регулируется при помощи электромагнитного клапана, который управляется анемометром. Приведена также практически линейная зависимость расхода химикалия от скорости ветра.

Для определения влияния периодической подачи гексадеканоловой суспензии были проведены испытания, при которых 12 часов пленка поддерживалась, а следующие 12 часов подача химикалия прекращалась. Такое периодическое существование пленки привело к уменьшению экономии испарения, которая составила только 6,5%. Такой резкий результат несколько противоречит другим исследованиям, в частности и на озере Хефнер, и нашим исследованиям на берегу озера Севан.

В 1959 и 1960 г.г. совместными усилиями Бюро Мелиораций США, потребителей воды реки Солт, Геологической службы, службы здравоохранения, были проведены исследования на водохранилищах

Сахуаро и Мид [171], [172] с целью определения условий распространения монопленки, ее дрейфа под влиянием ветра, и возможности детектирования покрытой поверхности и давления пленки.

Были сконструированы автоматические распылители, которые могли подавать расплавленный химикалий (нагрев сопла газовой горелкой) в виде тумана с размерами частиц меньше 100 микрон. На водохранилище Сахуаро в июле 1960 г. работало 8 таких распылителей. Были использованы также и сельскохозяйственные распылители. Предпочтение было отдано плавлению и распылению, так как превращение химикалия в порошок увеличивало его стоимость вдвое. Другим преимуществом была возможность обслуживания распылителей только двумя рабочими, тогда как прежние методы подачи химикалия обслуживались целыми бригадами. Автомат был устроен так, что распыление велось только при наличии ветра с берега, а подача химикалия автоматически регулировалась пропорционально скорости ветра; подача прекращалась при очень малой и очень большой скоростях ветра.

Опыты на водохранилище Мид ([172] стр. 21) показали, что смена направления ветра приводила к дрейфу пленки по спирали в течение многих часов, прежде чем преобладающее направление ветра приводило пленку к берегу. Берега водохранилища были большей частью крутые и выброс пленки на берег не приводил к ее потере. Даже при сильных ветрах временное исчезновение пленки приводило к ее последующему восстановлению после ослабления ветра. Фотографирование через поляризующие светофильтры показало, что поверхность водоема, покрытая монопленкой с неполным давлением, дает изображение как непокрытая поверхность, и граница между покрытой поверхностью с полным давлением и непокрытой поверхностью обрисовывается более четко, чем при обычном фотографировании. Установлено, что если пленка видима и удастся получить фотографию, то давление в пленке полное, оптимальное.

Опыты на водохранилище Сахуаро привели Бюро Мелиораций к выводу, что стоимость одного кубического метра спасенной от испарения воды должна составить около 3 центов, и что количество сэкономленной воды пропорционально абсолютной величине обычного испарения без пленки, что подтверждает результаты полученные автором в 1959 г.

Анализ отбора питьевой воды из водохранилища, покрытого пленкой октодеканоля, показал отсутствие следов октодеканоля; если следы имеются в питьевой воде, то их концентрация меньше 10 частей на миллиард частей воды ([172], стр. 18)

§ 5. Исследования в СССР по борьбе с испарением

В 1957 и 1958 гг. в результате командировки за границу автор получил возможность обосновать для Академии наук Армянской ССР необходимость изучения и исследования защитного действия мономо-

лекулярной пленки применительно к борьбе с испарением на озере Севан, среднее годовое испарение которого составляет 1,2 млрд. куб. м. Каждый кубический метр сэкономленной воды может быть использован для орошения, для получения сельскохозяйственной продукции и для получения многолетне регулирующей энергии на уже существующем Севанском каскаде из шести гидростанций.

В 1958 году вопрос об экономической, рентабельной возможности применения одномолекулярной пленки жирных спиртов был ясен для малых водоемов-прудов, но для больших водоемов оставался еще открытым, еще не было произведено исследований на больших водоемах в неблагоприятных метеорологических условиях. Только в 1960 году по инициативе автора Институтом водных проблем (ИВП) Армянской Академии наук (под руководством директора проф. А.К. Анианя) были начаты исследования одномолекулярной пленки на испарителях Арданишской озерной экспериментальной базы Института, расположенной на берегу озера Севан [165, 170]. По инициативе автора ИВП оборудовал в том же 1960 г. в Норкской открытой лаборатории большой волновой и ветровой бассейн для исследований сдувания пленки ветром.

В 1960 году по инициативе Советского Комитета международной комиссии по ирригации и дренажу при Министерстве сельского хозяйства и ВАСХНИЛа, Всесоюзным Институтом гидротехники и мелiorации (Макарова) были начаты лабораторные исследования по цетиловым спиртам в лабораториях Института органической химии (под руководством члена-корр. АН СССР проф. А. Д. Петрова) и Института физической химии АН СССР (под руководством проф. А. А. Трапезникова), а также на Валдайской опытной базе Государственного гидрологического института (В. И. Кузнецов).

Исследования на Валдайской базе [160] проводились летом 1960 г. на открытых испарителях с тремя импортными жирными спиртами, спиртом из стеарина, из кашалотового жира, спиртом из вторых неомыляемых, получаемых окислением парафина на наших советских заводах, и из хлопкового масла, а затем осенью того же года эти же химикалии исследовались ИВП в Арданише на берегу озера Севан [165]. Все исследования продолжались и в 1961 г.

В 1961 году ИВП вел интенсивные исследования в трех направлениях. Продолжались исследования на испарителях на берегу озера Севан (Мхитарян), на реликтовом озерке (0,4 кв. км) там же на берегу озера (Жамагорцян) и на ветровом и волновом бассейне в Норке (Бек-Мармарчев). Таким образом, осуществлена совместная работа нескольких секторов ИВП.

В сравнительных опытах 1960 г. на испарителях Валдая и Арданиша наилучший результат получен со спиртами из кашалотового жира (до 62% экономии испарения); импортный цетиловый спирт дал 47 и 26% экономии; жирные спирты из вторых неомыляемых дали около 30%; остальные спирты дали значительно меньше экономии.

Исследование ИВП 1961 года подтвердили эти результаты; к таким же результатам на испарителях, расположенных на берегу Кенгирского озера, несколько позже пришла и Академия наук Казахской ССР.

В 1961 г. ИВП проведены также большие исследования на реликтовом озерке отшнуровавшемся от озера Севан при его опускании, в довольно бурных тяжелых метеорологических ветровых условиях, при длительном ветре одного направления поперек озерка по малой его оси. Для компенсации фильтрации из озерка в озеро Севан, была оборудована специальная насосная станция, которая качала воду из озера Севан в озерко, и для исследования фильтрационных потоков озерко было окружено 12 специальными мерными грунтовыми колодцами.

Определение испарения проводилось как методом испарителей, причем кроме отмеченных выше береговых испарителей, использован и особый пловучий испаритель на озерке, так и методом водного баланса (определялась сумма испаряемой и фильтрующейся воды). Заключаются подсчеты также и по методу турбулентной диффузии и по методу теплового баланса.

Вопросы водного баланса и возможность выделения его компонента испарения требуют достаточно точного определения фильтрации из опытного реликтового озерка. Для этого в зимний период 1961—1962 гг., когда озерко было покрыто льдом и когда испарение с поверхности воды почти отсутствует, произведены измерения снижения горизонта, которое определяется только фильтрацией. Таким образом, определяются все компоненты водного баланса.

Сравнительные опыты по применению пленок, создаваемых гексадеканолом и спиртами из вторых неомыляемых, производившиеся на испарителях, установленных на плоту в озерке, показали, что эффект от пленок сохранился в течение первых 10 суток и привел к экономии испарений для обоих химикатов около 50%. На самом Арданишском озерке пленка создавалась путем подачи советских спиртов с помощью лейки с моторной лодки по ежедневной норме 0,04 г на кв. м поверхности, в течение 19 суток. За первые 10 суток, при больших скоростях ветра, от 3 до 6 м/сек. сокращение испарения составило около 15%. Низкий процент объясняется сильным ветром на озерке с сдуванием пленки на берег. Сдвигания ветром особенно неблагоприятны для малых и средних водоемов (в данном случае 0,4 кв. км) и значительно более благоприятны для таких больших водоемов как озеро Севан. Скорость перемещения (дрейфа) пленки ветром оказалась примерно в 20 раз меньше скорости ветра. Такое же соотношение скорости получилось и для самого озера Севан по наблюдениям за небольшим ковром монопленки, созданном на озере около Арданиша.

Данные наблюдений по скорости и направлениям ветра и по длительности действия этих факторов над озером Севан показывают,

что монопленка, созданная на части озера с учетом направления ветра, не достигает противоположного берега за время его действия в одном направлении.

Для монопленки на озере Севан наибольшее значение имеют постоянно дующие бризы, теоретическим изучением которых и их суточным ходом также занялся ИВП. Бриз дует обычно по нормали к берегу, днем с озера, а ночью с берега. В течение 6—8 часов бриз не меняет своего направления, изменяется только скорость ветра. При средней скорости ветра около 5 м/сек скорость дрейфа пленки составит около 0,25 м/сек, что за 6 часов приведет к перемещению монопленки на 5,4 км, т. е. на одну пятую ширины озера; следовательно, можно будет избежать выбрасывания пленки ветром на берег и рассчитывать для озера Севан на значительно лучшее покрытие поверхности озера пленкой, чем на озере Хефнер.

На положительное влияние больших водных пространств указывают и новые исследования в Австралии [166].

Для озера Севан метеорологические условия значительно более благоприятные, чем для озера Хефнер. Средне-месячная скорость ветра колеблется в пределах 2,9 — 4,0 м/сек, т. е. вдвое меньше, очень редко достигая предельного значения — около 10 м/сек, при котором пленка разрушается и перемещивается. Температура воды озера Севан колеблется в пределах 13—18°, тогда как на озере Хефнер — в пределах 25—28°. Снижение температуры увеличивает экономию испарения.

Вышеизложенное приводит к заключению, что, считая по американским ценам (соображения о стоимости в наших ценах см. ниже в § 6), один кубический метр экономии воды для наших больших озер и водохранилищ, должен стоить заметно меньше 3,25 цента, что подтверждается и запланированными в США цифрами (см. § 4).

В том же 1961 году ИВП проведены опыты на Норкском ветроаэро и волновом бассейне, длиной 50 м, шириной 13 м и высотой стенок 1,4 м, площадью 500 кв. м, снабженном волнопродуктором с переменной частотой колебаний, а также, что самое существенное, снабженном аэродинамическим двойным устройством с двумя центробежными вентиляторами, производительностью по 40000 куб. м воздуха в час, с электромоторами по 20 квт, для моделирования ветра. Эта установка позволяет создавать волны высотой до 25 см и скорости ветра до 10 м/сек. Предусмотрена возможность стереофотоъемок, киноъемок и фотоъемок с высоты в 4,5 м. Скорости искусственного ветра измерялись и регистрировались специально протарированной трубкой Пито у самой водной поверхности, вертушками, а также контактными анемометрами.

В результате ежедневной (7 дней) подачи советских спиртов из вторых неомыляемых по норме 0,02 г на кв. м, при отсутствии ветра, экономия испарения составила 48%.

Распространение пленки на поверхности воды, в результате подачи подогретой эмульсии жидких спиртов в воду, происходило очень

энергично, что детектировалось древесными опилками, которыми предворительно покрывалась вода. Начальная скорость распространения пленки из вторых неомыляемых была 2 м в минуту, конечная—около 1 м в минуту, причем пленка увлекала перед собой все плавающие тела.

Ввиду невозможности пользования при волнениях динамером, величина давления в пленке измерялась индикатором, додециловым спиртом с вазелиновым маслом, изготовленным и протарированным в лаборатории проф. Трапезникова. Некоторым дефектом было то, что предел тарировки составил 29 дин/см, тогда как необходимо было иметь возможность измерять давление до 50 дин. Оптимальное значение давления в пленке составляет обычно 40 дин. Для исследований 1962 г. проф. Трапезниковым уже изготовлены индикаторы, дающие возможность измерять давление в требуемых пределах. К сожалению, не было сделано попытки использования для определения давления в пленке метода измерения поверхности температуры воды термисторами [15].

Разумеется, необходимо принять все меры к разработке методики и аппаратуры не только для измерения давления в пленке, но и для дистанционного измерения этого давления.

Вопрос о возможности хорошего детектирования монопленки до сих пор полностью не разрешен ни за рубежом, ни у нас и является слабым местом. Поэтому и оконтуривание и выделение части поверхности водоемов, покрытой пленкой, и определение этого покрытия в зависимости от скорости и направления ветра встретило затруднение и должно явиться одним из основных моментов исследований 1962 года. В разработке методики детектирования пленки в 1962 году принимает участие и Институт органической химии АН Армянской ССР.

Как данные исследований в СССР, так и новые данные исследований за рубежом указывают на необходимость перехода к испытаниям в натуральных условиях, не только на берегу больших водоемов, но к исследованиям на самых больших водоемах в условиях ветрового дрейфа монопленки, с четким определением степени покрытия водоема в зависимости от метеорологических условий.

В зарубежной литературе нет сведений о результатах с такими химикатами как спирты из вторых неомыляемых и не отмечаются волновые и ветровые экспериментальные исследования на опытных резервуарах. По-видимому наша установка в ИВП в Норке является первой.

Институт должен в ближайшее время усилить теоретические исследования по вопросам определения теплового режима малых и больших водоемов при наличии монопленки, влияние ветра и волнения на устойчивость и прочность пленки; в натуре необходимо определить зависимость условий дрейфа пленки от скорости и направления ветра, зависимость расхода химиката от ветра и температуры, исследования по обеспечению дистанционного детектирования пленки

и автоматизации подачи пленки для обеспечения рациональной степени покрытия.

Необходимо подчеркнуть, что развитие теоретических исследований по гидротермодинамике в ИВП должно быть связано с разрешением проблемы борьбы с испарением. Нужно принять все меры к автоматизации процесса подачи химиката и поддерживания монопленки для уменьшения эксплуатационных расходов, которые составляют около половины стоимости химиката.

В 1961 году ИВП (Ереван) привлек к исследованиям Севанскую гидробиологическую станцию Академии наук Армянской ССР (директор А. Г. Маркосян) для исследования биологического влияния одномолекулярной пленки на флору и фауну реликтового озера. После покрытия водоема монопленкой повторные исследования не выявили отрицательного влияния пленки на водные организмы озера, на цветковую растительность, на фито- и зоопланктон (до 9 г на куб. м), на огромное количество серобактерий—спирохет, на рыбы, оставшиеся в озере от озера Севан—храмули и сига.

Наблюдения за вылетом и размножением тензидида (массовый компонент Севанской бентофауны и основная кормовая база Севанских рыб) были проведены в лотках Севанского рыбоводного завода. Наблюдения за питанием форелей Севана—гехаркуни и боджака в условиях наличия жирной одномолекулярной пленки должны продолжаться в 1962 году.

Экспериментальные исследования показали, что цетиловый спирт из вторых неомыляемых в количестве 0,1 г на кв. м поверхности стимулирует развитие бактерий; аналогичные результаты получены в американских и английских исследованиях для гекса и для октодеканоля. Севанская гидробиологическая станция считает, что полное истребление однократно созданной пленки из советских спиртов бактериями осуществляется за две недели. В 1962 году будут проведены исследования влияния спиртов из вторых неомыляемых на развитие икры и молоди форелей на Севанском рыбоводном заводе.

Возможно, что использование монопленки жирных спиртов фауной озера приведет к такому развитию этой фауны, а как следствие и особо ценного рыбного населения озера (форель—ишхан), что увеличение веса улова рыбы окажется экономически компенсирующим нежелательный расход химиката*.

Таким образом, к решению проблемы по борьбе с испарением привлечены по АН Армянской ССР: ИВП, являющийся ведущим, Севанская гидробиологическая станция и Институт органической химии, по АН СССР—Институты органической и физической химии, по ЦУГМС—Государственный Гидрологический институт и по Министерству сельского хозяйства и ВАСХНИЛу—Всесоюзный Институт гид-

* Такая мысль была высказана при обсуждении президентом АН Армянской ССР академиком В. А. Амбарцумяном.

ротехники и мелиорации; поддерживается связь и с Академией наук Казахской ССР, которая начала свои опыты на берегу Кенгирского водохранилища.

§ 6. Предположения по экономике борьбы с испарением в СССР

По докладу члена-корреспондента АН СССР проф. А. Д. Петрова (Институт органической химии АН СССР), сделанному 6 апреля 1961 г. в Ереване и 17 апреля в Москве (ВНИИГиМ), стоимость импортного гекса и октодеканоля в условиях СССР нужно оценивать в 4 рубля* за килограмм, цетиловый спирт из кашалотового жира в 1,7 рубля; из сурепного масла—1,4 из вторых неомыляемых в 75 копеек, при промышленном производстве.

Отпущенные в 1962 году Институту водных проблем АН Арм. ССР две тонны спиртов из вторых неомыляемых оплачены по цене 50 копеек за килограмм (стоимость тары 7 коп.); в 1951 году эти же спирты в количестве 1 тонны были получены по цене в 1 р. 88 к. за кг., т. е. в 3,5 раза дороже.

В СССР имеется уже 4 завода окисляющих парафин на жирные кислоты и далее на жирные спирты по старой прерывной технологии и строятся еще 4 завода. Каждый из этих заводов будет выпускать по 1000 т жирных спиртов из вторых неомыляемых. Следовательно, пока что обеспечено 8000 т.

Но конкурентом—потребителем на этот продукт являются стирочные порошки (типа „Новость“) и конкурентом более платежеспособным, чем потребитель, борющийся за уменьшение испарения.

Если исходить из стоимости парафина в 40 руб. за тонну, то стоимость жирных спиртов не должна превысить 100 руб., т. е. 10 копеек за килограмм.

В наших условиях, разумеется, не может быть речи об отпуске химического продукта не по ценам себестоимости, а по ценам, которые может выдержать другой потребитель того же продукта (мыльные порошки). Подходя с плановой, общегосударственной точки зрения, у нас стоимость электрической энергии для электро-химических заводов (так называемых энергоемких производств) снижена до 0,2 коп. за киловатт-час, тогда как с других потребителей электрической энергии взимается оплата во много раз более высокая. В такое же положение должна быть поставлена борьба с испарением, борьба за дополнительные водные ресурсы, для всех целей и в особенности для сельского хозяйства.

Поэтому вопросу определения стоимости жирных спиртов и определения количеств их промышленного выпуска должно быть уделено большое внимание со стороны правительственных органов, руководящих химической промышленностью. Необходимо также опреде-

* Все стоимости в ценах 1961 г.

ление перспективы дальнейшего снижения стоимости, химикалия по мере увеличения потребности на жирные спирты.

З а к л ю ч е н и е

Государственный комитет Совета Министров СССР по координации научно-исследовательских работ включил проблему борьбы с испарением с водосемов с использованием моноленки жирных спиртов в число важнейших проблем по Союзу ССР на ближайшие годы.

Успешное и интенсивное развитие исследований за прошедшие два года вселяет уверенность в том, что Институт водных проблем АН Армянской ССР сумеет успешно и быстро провести дальнейшие исследования по этой проблеме применительно к озеру Севан и другим водоемам Армянской ССР.

Խ. Վ. ԵՂՈՒՋԱՔԻՐՅԱՆ

ՋՐԱՅԻՆ ԻՆՍՏԻՒՏՆԵՐԸ ԵՎ ՊԱՅՔԱՐԸ ՄԱՆԻ ՈՒ ԽՈՇՈՐ ՋՐԱՄՐԱՄԱՆԵՐԻՑ ՋՐԻ ԿՈՂՈՐՇԻՎՈՅՄԱՆ ԴԵՄ*

Ա. մ փ ո փ ո ս մ

Հոդվածի § 1-ում քննարկվում է բնակչության ավելացման, արդյունաբերության և ոռոգման զարգացման, ինչպես նաև հիդրո և ջերմաէլեկտրակայանների հոգմից ջրի ծախսման հետ կապված ավելի ու ավելի մեծ ուսուսում ստացող ջրային սետուրաների անբնօրհաս աճող զեֆիցիտի հարցը ներշնչում են ոռոգման համար օդադրամիտ, արդյունաբերական մնացուկներով կեղտոստիտ և ջրամբարներից դուրսբերող ջրի մեծ հորստաները:

§ 2-ում արվում է ՍՍՄԻՄ հարավային ջրամբարների մակերևանների մեծության անալիզը և որոշվում են դուրսբերողումից առաջացող կորուստները (չհաշված դուրսբերումը ծովերի մակերևույթ): Նշվում է, որ Սևանա լճի մակերևույթից դուրսբերող ջրի սխալն 20⁰ -ի տեսնաման դեպքում կիրկնապատսիփի նրա բնական հոսքը շրագղան դետի մեջ:

§ 3-ում ցույց է արվում դուրսբերուման դեմ պայքարի հնարավորությունը ջրի մակերևույթի ցեֆիլային սպիրտներից միայն մեկ մոլեկուլի հաստությունը նարպտ փառի ստեղծման միջոցով (սե՛ս ս ՆՍՄԻ Դ-ԻՍ Տեղեկագրիչ տեխն զիտ. սերիայի 1960 թ. № 3 և 5 և 1961 թ. № 2-ում տպագրված հեղինակի հոդվածները՝ հալերեն ամփոփումներով):

§ 4-ում նոր տվյալներ են տրվում արտասահմանում դուրսբերուման դեմ պայքարի ողողվածը տարվող հետապոտությունների վերաբերյալ, որոնք չեն հրատարակվել հեղինակի նախորդ հոդվածներում, և նշվում է խոշոր ջրամբարների՝ լճերի և ջրավազանների վրա հետապոտությունների անցկացու-

* ՆՍՄԻ ԳՍ. 1962 թ. մարտի 23-ի Ընդհանուր մոդոփում արտասահման ճառից:

մը: Բերվում են սովյալներ գոլորշիացման դեմ արտասահմանում տարվող պայքարի էկոնոմիկայի վերաբերյալ:

§ 5-ում բերվում են սովյալներ գոլորշիացման դեմ պայքարի ուղղությամբ ՍՍՌ-ում տարվող հետազոտությունների վերաբերյալ, հատկապես 1960 թվականից Հայկական ՍՍՌ Ի.Ա. Ջրալին սրբորշիմաների ինստիտուտի կողմից Նորքի բաց լարորատորիայի ալիքային և քամու մեծ ջրամբարի և Սեփանա լճի ավին. Արդյանիշ տեղանքում բացթողյալ գոլորշիացուցիչների ու Սեփանից՝ նրա մակերևույթի իջեցման ժամանակ անջատված 0,4 քառ. կիլոմետր տարածությունում մնացուկային լճակի վրա հեղինակի նախաձեռնություններով տարվող հետազոտությունների վերաբերյալ:

§ 6-ում քննարկվում է պարաֆինից սինթեզվող շլուծվող ճարպոտ սովետական սպիրտների սպապորժմամբ գոլորշիացման դեմ ՍՍՌ-ում տարվող պայքարի էկոնոմիկայի հարցը: Գիմիական ալգ նյութի մեկ կիլոգրամի այժմյան արժեքը 50 կոպեկ է (նոր դրամով), ժառանգական արտադրության վեպքում այն պետք է իջնի մինչև 10 կոպեկ: Այս դեպքում մեկ քառակուսի կիլոմետր ջրի մակերեսի վրա ամռան և աշնան 5 ամսվա առավել գոլորշիացման ժամանակաշրջանում կատարվող ծախսեր կկազմի 300 ռուբլի 1962 թ. պետք է փորձեր սկսվեն հենց Սեփան լճի մակերեսի մի փոքր մասի վրա:

Հոդվածի վերջում ի շարունակություն նախորդ հոդվածներում հրատարակված զրականություն (148 անուն), արվում է 24 անունից բաղկացած լրացուցիչ գրականության ցանկ (ՃԿ 149—172):

I. W. EGIAZAROFF,

Member of the Armenian Academy of Sciences and corresponding member
of the French (Toulouse) Academy of Sciences

WATER RESOURCES AND THE REDUCTION OF EVAPORATION FROM SMALL AND GREAT RESERVOIRS AND LAKES*

The § 1 of the paper is examining the continually growing deficiency of water resources and the catastrophically growing use of water by the population, industry and irrigation, and the growing capacity of electrical stations.

Great irrigation water losses are emphasized and great losses due to evaporation from water surfaces. Great water contamination is greatly hindering the water use of rivers.

In § 2 an analysis of the magnitude of water surfaces of lakes and reservoirs of the southern territory of USSR, is given, which shows that about 200 cubic kilometers of water is lost by evaporation. Particularly for the lake Sevan in Armenia (1400 square kilometers) an economy of 20% of water evaporated will give a 100 percent increase of water flow in the river Razdan (Zanga).

* Allocation on the General Annual Meeting of the Armentian Academy of Sciences.

In § 3 a brief summary of the cetyl alcohol monolayers ability of hindering water evaporation loss is given. See also authors publications in the same Review 1960 № 3 and 6 and 1961 № 2.

§ 4 gives new information of research results abroad not published in authors previous papers and the transition to the use of the monolayer on great water surfaces (lake Hefner, reservoir Mead in USA) is emphasized.

In § 5 are briefly outlined the results of evaporation reduction research in USSR and especially in Armenia, where by the authors initiation such research is started in 1960 in the open hydraulic laboratory, of the Institute of Water Problems, formerly Water Power Institute organised in Armenia by the author in 1944.

Investigations are accomplished on a great wave and wind reproducing reservoir, and on the shores of lake Sevan on open evaporators and on a small ricket lake left by lake Sevan the level of which is lowered.

The biological effects of the monolayer cetyl alcohol film on the very valuable fish of the lake Sevan (trout-forel) and on the fish food fauna is also investigated.

In § 6 the economical conditions of evaporation reduction in USSR are analyzed, when synthetic cetyl alcohols from paraffine at a cost of 0.5 roubles now and 0.1 in the future for a kilogram will be available.

In 1962 research on a part of the great lake Sevan must be started.

At the end of the paper a bibliography (№ 149—172) additional to the formerly given (№№ 1—148) is published.

Л И Т Е Р А Т У Р А

Библиографический список статей и отчетов по рассмотренному в статье вопросу, является продолжением библиографии, опубликованной в статьях автора в „Известиях АН Армянской ССР“ 1960, № 3 и 6, и поэтому здесь этот список начинается с № 149.

149. *Dorraster R.* General linearized theory of the effect of surface films on water ripples. Part I and II. Kon. Ned. Akad. Wet. Ser. B. V. 54, 1951.
150. *Harbeck G. E.* Evaporation suppression in laboratory and field 7-th Hydr. Conf. Iowa, 1958.
151. *Roberts.* Reducing lake evaporation in the midwest. Journal of Geophys. Research, Oct., 1959.
152. *Zanker K.* Verminderung der Verdunstungsverluste. Wasser und Boden. Hamburg. 1961. № 1.
- 152a. *Stewart.* Phase relationships and spreading of cetyl alcohols. Australian Journ. of Appl. Sc. March 1960, vol. 11, № 1.
153. *Vines.* Reducing evaporation with cetyl alcohol films. To жс.
154. *Hellström B. and Janson M. E.* Evaporation from water surfaces coated with film. Kungl. Tekniska Högskolans handlingar, № 146, 1959.
155. *Tisdall A. N.* Chemical control of evaporation in Australia. Journal of Soil and Water Conservation, Jan. 1959.

156. *Petrou A. D.* Propriétés tensio-actives des sulfonates. Parfumerie, Cosmétique Savons, 1959, Février.
157. *Петров А. Д.* Синтез и свойства парадиажкилбензолов. Известия АН СССР. ОХН, 1960, № 4.
158. *Петров А. Д.* Синтез разветвленных кислот. Журнал общей химии, 1960, том XXX.
159. *Петров А. Д.* Синтез и свойства солей кислот и сульфозэфиров спиртов. Журнал общей химии, 1960, том XXX.
160. *Макарова В. С.* Применение мономолекулярных пленок. Журнал гидротехники и мелиорации, 1960, № 11.
161. *Timblin L. O., Florey Q. L., Garstka W. U.* Laboratory and field reservoir evaporation reduction performed by U. S. B. of Reclamation. Symposium on Monolayers. Am. Chemical Soc. September, 1960.
162. *Окуда, Хаями.* Экспериментальные исследования испарений с взволнованной водной поверхности. Рефер. журнал „Геофизика“. 1960, № 90831—2420.
163. *Noon R. C.* World-wide survey on prevention of evaporation loss. Intern. Commission on Irrigation and Drainage, 1960.
164. *Кроу Ф. Р.* Уменьшение испарения водоемов. Журнал сельскохозяйственной техника, 1961 г. Am. Society of Agriculture. Перевод из журнала American Society of Agricultural, 1961, Vol. 12.
165. *Макарова В. С. и Мхитарян А. М.* Опыты по применению мономолекулярных пленок для сокращения испарения, на берегу озера Сенаи. Известия ОТН АН Армянской ССР, 1961 г., № 3.
166. *Mansfield.* The influence of monomolecular film on evaporation from reservoirs. Australian Journal of Applied Sciences, 1959, vol. 10, № 1. Реферативный журнал „Геофизика“, № 10, 1960, № 12532. Устойчивость пленки в зависимости от скорости ветра.
167. Evaporation reduction and seepage control. Water resources activities in the United States, 86-th Congress 2-d session. 1960 Washington. Committee print № 28.
168. Evaporation control. Further information on monolayers. Water and Water Eng-g. London, March, 1961.
169. *Егиазаров И. В.* Возможность значительной экономии водных ресурсов для народного хозяйства и мономолекулярная защитная пленка для борьбы с испарением с поверхности водоемов, озер и водохранилищ. Известия ОТН АН Арм. ССР*, 1960, № 3.
170. *Егиазаров И. В.* То же, № 6. 1960, сообщение 2.
171. *Егиазаров И. В.* То же, № 2. 1961, сообщение 3.
172. U. S. Bureau of Reclamation. 1960 evaporation reduction Studies. Chem. Eng. L. Report № S1—32. 1961.