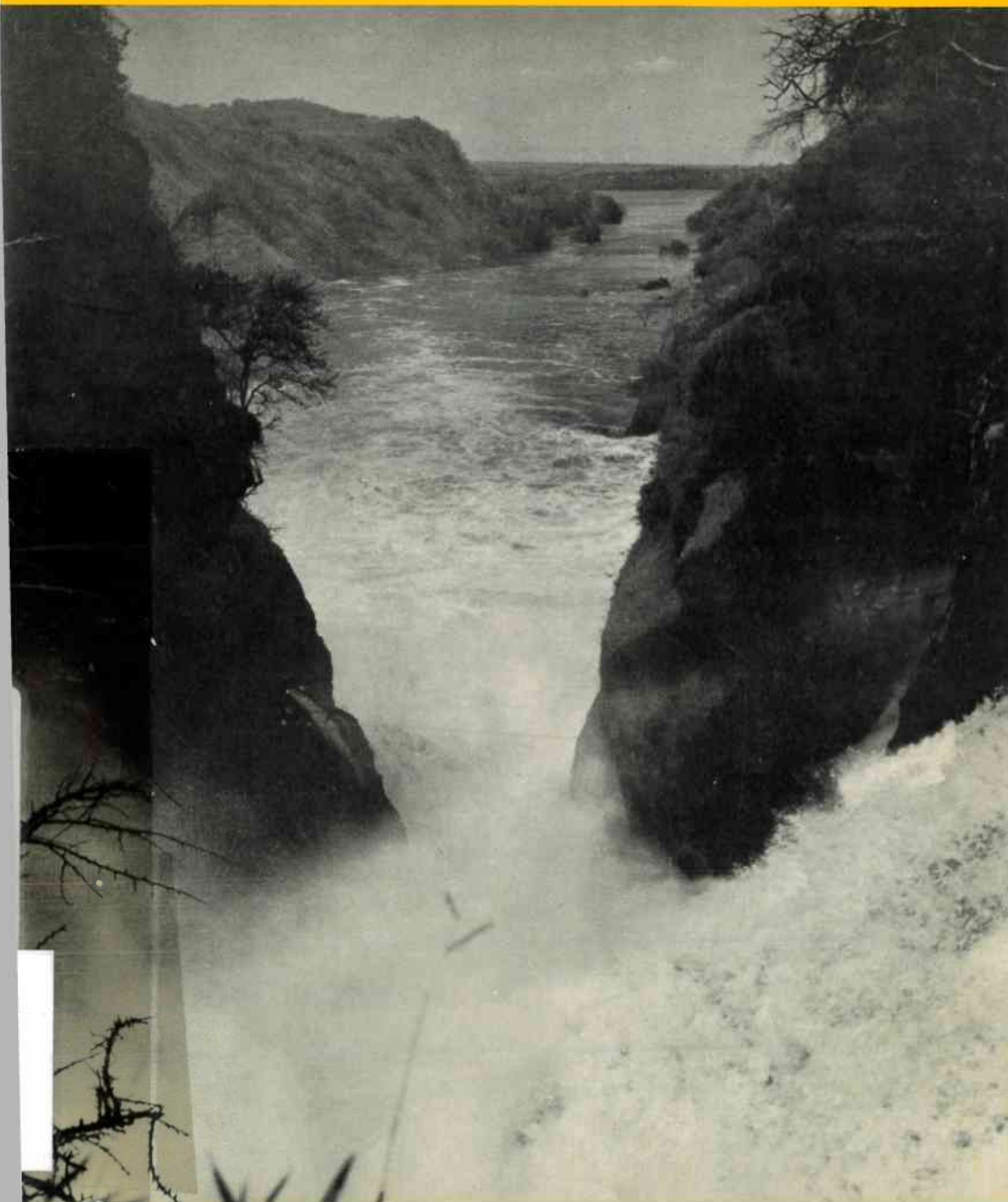




ПОГОДА И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

ВСЕМИРНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ



Вряд ли можно назвать еще два фактора, которые так непосредственно влияют на жизнь каждого из нас, как погода и вода. О значении их можно судить, если вспомнить тот простой факт, что источником всех наших водных ресурсов является дождь или снег, хотя взаимосвязь между погодой и водой гораздо глубже и сложнее, чем кажется на первый взгляд.

Всемирная Метеорологическая Организация призвана сыграть важную роль в разрешении чрезвычайно серьезных проблем, связанных со все увеличивающимся спросом на воду в современном мире.

Сознавая эту роль и желая дать более полное представление о деятельности ВМО в области развития и использования водных ресурсов, Организация избрала в качестве темы Мирового метеорологического дня на 1967 год тему « Погода и водные ресурсы ». Настоящая брошюра публикуется как составная часть литературы и другой информации, которая может использоваться странами — Членами Всемирной Метеорологической Организации при проведении Мирового метеорологического дня. Мы надеемся, однако, что эта брошюра может оказаться полезной и для других целей.

Брошюра была написана в основном выдающимся канадским специалистом в области гидрологии Дж. П. Брюсом, и пользуясь этой возможностью я хочу выразить ему живейшую благодарность за его ценный вклад в эту новую публикацию ВМО.

D. A. Davis.

(Д. А. Дэвис)
Генеральный Секретарь



03-3988

C.2

Фото на обложке : Водопад Мерчисон на реке Нил, Уганда

Вступление

Вся жизнь на земле связана с водой. Человек использует воду для питья и приготовления пищи. Он моется водой и с ее помощью выращивает растения, добывает энергию, выплавляет сталь и варит пиво. Он плавает в воде и ловит в ней рыбу. Вода помогает ему охладить жилища, тушить пожары и избавляться от отходов своей жизнедеятельности. К сожалению, вода не всегда имеется в достаточном количестве. Нередко ее нехватает для удовлетворения нужд человека, а иногда ее слишком много. В одних районах есть многоводные озера и реки, а в других воды практически нет.

Каковы причины засух и наводнений, и почему вода распределяется по земной поверхности столь неравномерно? Геологические факторы, характер почв и растительности влияют на распределение воды, но возникновение и жизнь озер, рек и пустынь, наводнения и засухи зависят преимущественно от погоды и климата, ибо источником всей пресной воды на земле являются дождь и снег, выпадающие из облаков, а главная масса воды, которую теряет земля, возвращается в атмосферу в результате испарения. Таковы некоторые элементы гидрологического цикла — вечного движения воды из атмосферы на землю в виде осадков, затем в реки, озера и подземные водоемы, а оттуда — в море. Затем вода испаряется в атмосферу, и цикл начинается сначала. Основная масса водяных паров в атмосфере появилась в результате испарения воды с поверхности соленых морей. Поэтому гидрологический цикл можно назвать грандиозной естественной установкой по опреснению воды, с помощью которой соленая морская вода превращается в водяной пар, а затем в пресную воду, которая выпадает на поверхность земли. Однако, лишь сравнительно небольшая часть воды на земле участвует в гидрологическом цикле, становясь доступной для человека. Подсчитано, что 97 % всей воды на земном шаре сосредоточено в океанах и морях. Из остающихся трех процентов, которые составляют пресную воду, почти три четверти скованы в массах нетающего льда. Большая доля остающейся воды скапливается под землей. К счастью, во многих местах до нее нетрудно добраться. В любой отдельно взятый отрезок времени озера и реки всего мира несут в себе одну треть одного процента пресной воды земли, а в атмосфере находится всего одна десятая часть этого одного процента.

Однако не следует делать из этого поспешных выводов. Если в любой данный момент атмосфера содержит в себе лишь сравнительно незначительную долю земной воды, окружающий землю воздух пребывает в настолько активном движении, что в течение небольшого отрезка времени им переносятся гигантские массы воды. Например, в течение одной недели в июле месяце над засушливым штатом Аризона в США в атмосфере пронесется в среднем 18 миллиардов кубометров воды, что примерно равняется годовому стоку реки Колорадо. Фактически вся та вода, которой пополняются наши озера, реки и водоемы, должна пройти сквозь атмосферу на своем пути от моря к земле. Поэтому все реки и подземные воды, которыми мы пользуемся, зависят от атмосферных явлений. Ввиду подвижности атмосферы, эти явления нередко удалены во времени и пространстве от используемых нами источников и водных потоков.

Таким образом, совершенно очевидно, что погода является решающим фактором в географическом распределении воды и происходящих время от времени колебаниях в этом распределении. Гораздо труднее понять, каким образом метеорологическая теория и получаемые с ее помощью данные могут помочь практическому решению проблемы развития водных ресурсов и защиты от наводнений. В настоящей брошюре объясняется, каким образом информация о погоде помогает решению проблем воды во многих районах мира.

В жизненно важной области гидрометеорологии, используя метеорологию для решения проблем воды, Всемирная Метеорологическая Организация создала действенную межправительственную систему координации. Ею осуществляется широкая программа технической помощи, и — в сотрудничестве с другими международными учреждениями —

разработка проектов гидрологических исследований в рамках Международного Гидрологического Десятилетия. Эти стороны деятельности ВМО также освещаются в настоящей брошюре.

Разумное использование любых природных ресурсов, в том числе и водных, требует надежных прогнозов об их поведении в будущем. Например, чтобы управлять механизмами плотины электростанции с максимальной выгодой, как с точки зрения производства энергии, так и с точки зрения регулирования паводков, необходимы прогнозы о мощности притока воды в водохранилище и распределении его во времени. В случае наступления паводка уровень водохранилища должен быть снижен в такой степени, чтобы оно могло принять в себя паводковую воду, но не более. Экономические выгоды точных прогнозов чрезвычайно велики. Например, подсчитано, что уточнение на один процент прогнозов относительно поступления весенних паводковых вод в реку Пис-Ривер (Британская Колумбия) позволит Канаде ежегодно экономить миллион долларов на эксплуатации громадной электростанции, строящейся в районе Портадж Маунтин.

Прогнозы и предупреждения о паводках чрезвычайно ценны также на реках, не регулируемых плотинами, для сведения до минимума материальных и человеческих жертв.

Метеорологическая информация и прогнозы играют важную роль в прогнозировании речного стока и паводков. В целях обеспечения необходимого тесного сотрудничества между метеорологами и гидрологами, правительства многих стран, например Австралии, Польши, Швеции, США и СССР возложили ответственность за составление прогнозов речного стока и паводков на свои национальные метеорологические или

Часть I **Использование** **знаний о погоде** **в развитии** **водных** **ресурсов**

Гидрологи- **ческие** **прогнозы**

*Спасательные операции
во время наводнения
1953 г., Голландия*





гидрометеорологические службы. В других странах национальные гидрологические агентства, а также агентства провинций и штатов тесно сотрудничают с метеорологическими службами в создании надежной системы прогнозов о наводнениях.

Прогноз речного стока после ливней или таяния снегов складывается из трех основных элементов. Во-первых, должен быть определен общий объем талых и ливневых вод, поступающих в русло реки. Это достигается посредством наблюдений на ряде наблюдательных постов и станций, или же, в некоторых случаях, путем метеорологических радарных наблюдений за выпадением дождей над бассейном реки.

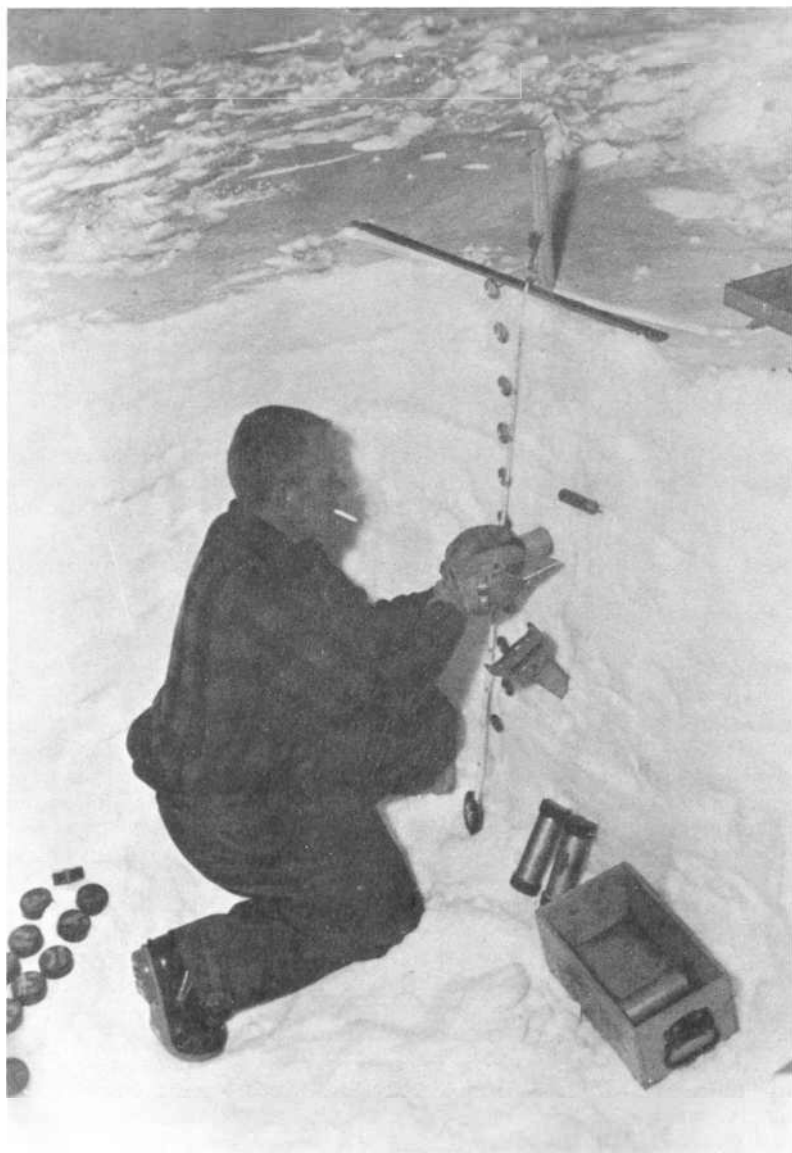
Во-вторых, определяется та часть общего объема воды, которая поступит в русло реки в ближайшем будущем. Для разных речных бассейнов величина этой части зависит от времени года, влажности почвы, от того, заполнены ли водой пруды и углубления в земле, а также от интенсивности осадков и скорости таяния снегов. В-третьих, необходимо рассчитать движение всей массы поступающей воды во времени. Будет ли подъем уровня воды в реке и его падение происходить постепенно, или же вода быстро поднимется и так же быстро спадет? Расчет всех этих трех элементов делается обычно прогнозистами, которые используют графические и статистические методы. Однако, во многих странах для решения уравнений, связывающих сток воды с метеорологическими факторами, все шире и шире применяются более сложные аналитические методы и электронно-вычислительные машины.

Помимо прогноза паводков на реках в результате ливневых дождей и таяния снегов, во многих районах весьма важным является предсказание сезонного стока, в особенности там, где необходимо планировать сев на поливных землях в самом начале вегетационного периода,

Затопленный район в долине Роны, Южная Франция, 1954 г.

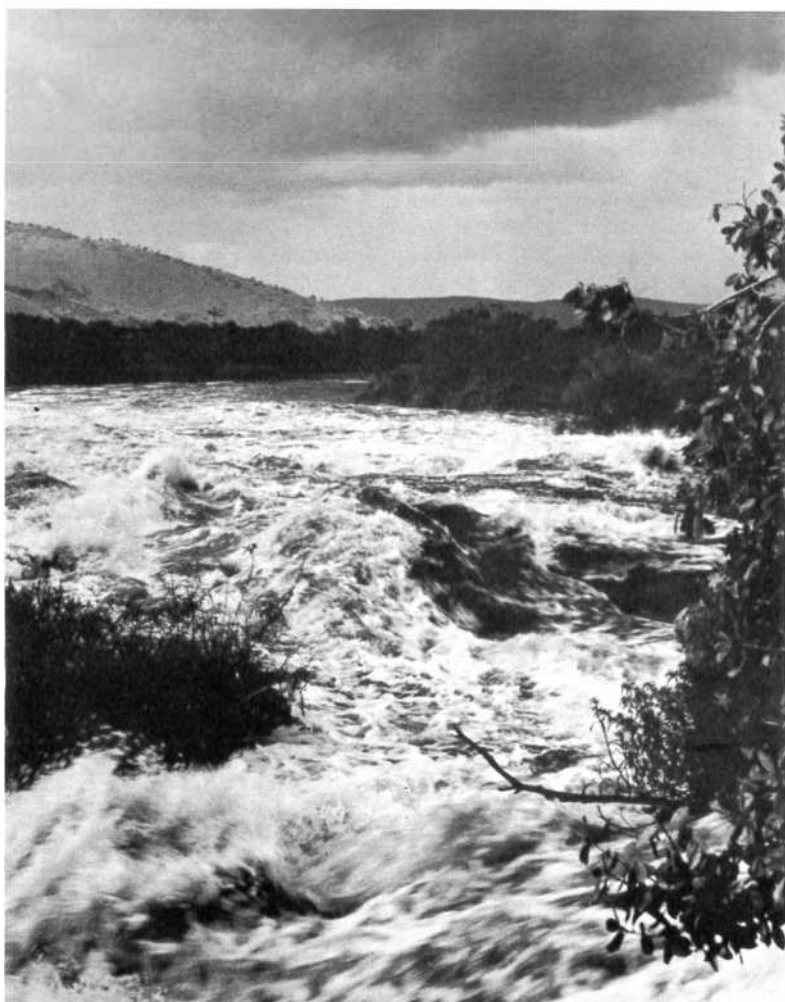
исходя из того количества воды, на которое можно рассчитывать. Надежные прогнозы объема стока за сезон возможны в тех районах, где зимние осадки выпадают преимущественно в виде снега. В таких районах, как правило, существует четкая взаимосвязь между объемом весеннего паводка и сезонным накоплением снега, которое определяется либо путем измерения снежного покрова, либо измерением количества зимних осадков на метеорологических наблюдательных станциях. Эта взаимосвязь может быть затем использована для предсказания сезонного объема стока на основе имеющихся данных о снежном покрове.

Точное измерение снежного покрова весьма важно для составления надежных сезонных прогнозов, и в этой связи разрабатываются новые замечательные технические методы измерения. Съемки с метеорологических спутников открывают большие потенциальные возможности оценки пространственного расположения больших снеговых масс в отдаленных и недоступных для наблюдения бассейнах. Недавние опыты в СССР говорят о том, что затухание естественной земной радио-



Измерение снежного покрова

*Сезонное увеличение
стока вследствие
снеготаяния*



активности под воздействием снежного покрова может быть измерено с самолета, и дает возможность сделать полезные выводы при оценке с воздуха запаса воды в снежном покрове.

В странах, расположенных в высоких широтах, прогнозы об образовании льда, его движении и таянии могут быть также весьма полезными, способствуя наиболее эффективной эксплуатации гидроэлектростанций и организации судоходства. Метеорологические факторы, обуславливающие обмен тепла между водой и воздухом, играют решающую роль в образовании и таянии льда. Прогнозы ледового режима тоже требуют тесного сотрудничества метеорологии и гидрологии.

Гидро- сооружения

Каждый год на малых и больших реках, а также на озерах строятся бесчисленные гидротехнические сооружения для отвода и регулирования водных потоков. Любое такое сооружение — будь то крупная или малая плотина, труба для пропуска воды под полотном шоссе, городская канализационная система для стока ливневых вод, дренажное устройство на аэродромах, или даже водосточный желоб на крыше здания, должно проектироваться с учетом тех потоков воды, которые необходимо отводить или регулировать. Прогнозы в отношении этих потоков нередко выводятся на основе данных об осадках. На строительство таких сооружений во всем мире тратятся, по-видимому, колоссаль-

ные средства. Подсчитано, например, что в одних только США на строительство сооружений, спроектированных на основе данных об атмосферных осадках, расходуется ежегодно 10 миллиардов долларов.

При строительстве больших плотин и мостов на крупных реках инженер-проектировщик зачастую располагает достаточными сведениями о фактическом стоке воды за целый ряд лет. Однако, по-другому обстоит дело при строительстве небольших сооружений на реках с непостоянным водным режимом. В большинстве случаев здесь едва ли можно рассчитывать на достаточную полную информацию о расходе воды. В этой связи перед метеорологами, гидрологами и инженерами встает обычная и в то же время весьма сложная проблема. Как получить надежную оценку объема стока на основе данных об атмосферных осадках и прочих метеорологических данных? По сравнению со сведениями о речном стоке, метеорологических данных, как правило, больше, и они охватывают большие периоды времени. Поэтому разрабатываются методы оценки на их основе речного стока и уровня воды в озерах.

При строительстве больших плотин, как правило, всегда имеется достаточно информации о стоке, на основе которой можно определить расход воды в реке, а значит и вместимость водохранилища для оптимального использования выбранного под него участка. Кроме того, инженеру необходимо знать, какие размеры должны иметь водосброс и предохранительные устройства плотины с тем, чтобы в случае очень крупного паводка все сооружение не оказалось под угрозой. Нередко этот фактор

1 Большие плотины



*Плотина Рио Лемба,
Сальвадор*

чрезвычайно важен. Например, предполагается строить земляную плотину вверх по течению от населенных районов. В этом случае должно быть избрано наиболее оптимальное с точки зрения безопасности решение, так как переливание воды через верх плотины может привести к ее разрыву и опустошению в нижнем течении реки. Статистические анализы краткосрочных (10–50 лет) данных о стоке той или иной реки недостаточны для точной оценки редко случающихся паводков большой силы. Поэтому нередко инженер задает вопрос — «Каков наиболее сильный паводок, которого можно ожидать на этой реке?» Чтобы ответить на этот вопрос, метеоролог должен определить верхние физические пределы ливневых дождей в данном бассейне, накопления снега и скорости его таяния. И тогда только можно определенно сказать о силе максимального паводка на данной реке. Такие расчеты нередко являются основным критерием при выборе конструктивных решений больших плотин.

Построение модели потенциального паводка на основе критических метеорологических условий в последнее время часто производится при помощи счетно-решающих устройств. В программу счетно-решающего устройства закладывается метеорологическая информация в качестве исходных данных для математической модели, копирующей условия речного бассейна, и выходные конечные данные содержат оценку потенциального паводка.

2 Дренажные сооружения

Однако, проектирование крупных сооружений не является единственной технической проблемой, для решения которой требуются метеорологические данные и исследования. Ежегодно муниципалитеты многих городов мира строят новые или расширяют уже имеющиеся системы канализации для отвода паводковых вод из новых пригородных районов; строители аэродромов, а также управления железных и шоссейных дорог, строят огромное количество водоспусков и мостов. Поскольку водомеры устанавливаются на небольших и зачастую эфемерных речных потоках довольно редко, проектирование должно производиться на основе записей о силе и частоте выпадения дождей.

Канализационные системы для отвода паводковых вод и водостоки проектируются с таким расчетом, чтобы они были в состоянии отвести воду в случае коротких сильных ливней при их установленной повторности. Нередко стоимость модернизации системы водостоков превышает стоимость убытков от паводков — если средний промежуток времени между наводнениями, превышающими пропускную способность водоотводов, составляет пять-десять лет, хотя все зависит от условий и места. Анализ информации о частоте и интенсивности дождей, получаемой от сети дождемеров, определяет выбор конструкции водоотводных сооружений.

3 Потери от испарения

Во влажных районах мира возникновение большого водохранилища при постройке плотины не влечет за собой сильного увеличения потерь воды в результате испарения. Потери эти могут с избытком покрываться за счет дождевой и талой воды, стекающей в водохранилище. Совсем по-другому обстоит дело в засушливых районах. Подсчитано, например, что потери от испарения на одном из водохранилищ Судана настолько велики, что если бы они не возмещались, то уровень водохранилища снижался бы в среднем на 3,1 метра в год. Во влажных районах оценка потерь воды в результате испарения при проектировании водохранилищ полезна; в засушливых зонах — она является решающим фактором. В самом деле, если инженер не учтет потери воды от испарения, потребители воды будут лишены ее в течение сухих сезонов, и наоборот, при слишком большом допуске, ему придется увеличивать высоту плотины, удорожая тем самым ее стоимость. Задача гидрометеоролога — снабдить инженера надежными данными о величине испарения. Однако, для этого ему необходимо знать температуру поверхностного слоя озер и водохранилищ, а если таких данных нет, он должен уметь предсказать



их. Температура поверхностного слоя испаряющейся воды, за исключением данных о поглощаемой солнечной энергии, является пожалуй наиболее важным фактором при определении потерь воды.

Существует немало теорий о влиянии растительности на режим рек и уровень подземных вод, однако этому вопросу посвящено сравнительно небольшое число серьезных научных исследований. В тех местах, где вырубаются обширные лесные массивы, распаиваются целинные земли или же застраиваются участки, использовавшиеся ранее в сельскохозяйственных целях, гидрологу нередко приходится учитывать вероятное влияние этих изменений на расход воды в реке и на водный баланс затрагиваемого бассейна.

Изменения в растительном покрове влекут за собой изменения в местной погоде, т. е. микроклимате. В случае замены лесов лугами обычно снижаются потери от испарения и транспирации, меньше осадков от дождя и снега задерживается растительностью, и изменяется соотношение факторов, которые влияют на таяние снегов. Эти микроклиматические явления могут в свою очередь серьезно влиять на условия водности. Согласно исследованию, недавно опубликованному в Орегоне (США), вырубка 80 % деревьев в одном из небольших речных районов привела к тому, что в летний маловодный период объем воды в русле реки возрос на 85 %. Подобные же результаты наблюдались и в других частях земного шара. Например, на небольшом участке в Восточной Африке был сведен лес из высоких деревьев и на его месте разбита чайная плантация. Объем поверхностного стока возрос с 1,3 % до 36 % от годового количества осадков в 1,8-2,3 м. Влияние урбанизации

Проблемы регулирования условий водности

хорошо видно на примере застраиваемых пригородных районов Вашингтона, где максимальный объем паводков на небольших речных бассейнах площадью свыше 10 кв. км возрос в среднем на 50 %.

Контролируемые исследования подобных явлений производятся в экспериментальных бассейнах. Сбор метеорологических данных и проведение микроклиматических исследований являются важной составной частью изысканий в таких бассейнах. Метеоролог должен при этом произвести оценку осадков и эвапотранспирации и определить влияние изменений в растительном покрове на задержание осадков, на накопление снега, его таяние и испарение.

Вода для орошения

Орошение посевов в засушливых районах является одним из самых древних методов, с помощью которого человек пытался влиять в своих интересах на гидрологический цикл. Примерно за две тысячи лет до нашей эры ассирийская царица Сеирамис повелела выбить на своей гробнице следующие слова : « Я заставила могучую реку течь согласно моей воле и орошать страну, ранее пустынную и необитаемую ». Этот древнейший ирригационный проект был претворен в жизнь в стране, которая известна сейчас под именем Ирак, а « могучей рекой » был Тигр. С тех пор и по настоящее время на основе ирригации возникло немало цивилизаций, которые гибли, если ирригационные системы переставали действовать в результате засух или в силу каких-то других причин.

При разработке многих ирригационных проектов приходится сталкиваться с рядом чрезвычайно сложных проблем. Одна из таких проблем — определение количества воды, необходимого в течение поливного сезона для того, чтобы либо вовсе ликвидировать неурожай, либо

*Измерение испарения,
Израиль*



*Террасы для рисовых
плантаций,
Филиппины*

свести их до минимума. Нельзя допустить, чтобы в течение продолжительного времени влажность почвы падала ниже какого-то определенного уровня, иначе посевы погибнут или рост их будет замедлен. Рядом специалистов разрабатывается метод оценки «бюджета» почвенной влаги с целью определения количества воды, необходимого для поддержания влажности почвы несколько выше критического уровня, ниже которого растения погибают. Этот метод предусматривает постоянное наблюдение за количеством почвенной влаги, доступной растениям. Выпадающая в виде дождей влага является вкладом в этот «бюджет», а потери в результате испарения — изъятием из него. При постоянном каждодневном учете воды, которая поступает в почву и испаряется, нетрудно высчитать наступление момента, когда водный бюджет почвы окажется исчерпанным. Как раз в этот момент необходим дополнительный вклад в виде ирригационной воды.

Такая процедура каждодневного учета влажности почвы в течение ряда лет, с одновременным использованием климатологических данных об осадках и испарении, позволяет прийти к выводу — какое количество воды требуется для роста определенной культуры и как часто следует производить ее полив. И тогда, на базе точных статистических и физических данных о потребностях в воде, можно приступить к экономическим расчетам и проектированию ирригационной системы.

Конечно, когда ирригационная система уже построена, должен быть разработан какой-то метод, позволяющий операторам знать — когда воду нужно выпускать в поля и когда ее следует придержать. Непрерывный учет бюджета почвенной влаги помогает операторам знать, сколько необходимо выпустить воды в поля и когда предоставить ее в распоряжение земледельцев.

Еще большей экономии в расходовании воды при ирригации можно добиться при наличии точного прогноза о выпадении осадков за день или несколько дней вперед. Если прогноз говорит о том, что завтра должен выпасть сильный дождь, то нет никакой необходимости тратить драгоценную влагу сегодня. Конечно, составлять надежные количественные прогнозы о выпадении осадков нелегко. Однако, во многих странах мира проводятся широкие исследования с целью усовершенствования техники прогнозирования количества осадков, и в случае успешности этих исследований повысится эффективность эксплуатации ирригационных систем.

На тех озерах, берега которых густо заселены, и которые используются и для навигации и для выработки электроэнергии, колебание их уровня является важным фактором. В долгосрочном плане значительные колебания уровня озер вызываются выпадением дождей и снега, а также потерями в результате испарения. В краткосрочном плане — заметное воздействие на уровень неглубоких озер оказывают ветры.

Возьмем, например, озеро Эйре — самое мелкое среди Великих озер Северной Америки. В те дни, когда над всем зеркалом озера, длина которого достигает 380 км, дуют сильные юго-западные ветры, на его восточной стороне вода поднимается на целых два с половиной метра выше обычного уровня. Одновременно происходит отлив воды на западном конце озера. Когда ветер ослабевает или направление его меняется, вода начинает перемещаться взад и вперед словно в умывальной раковине, постепенно устанавливаясь на обычном уровне. Такое раскачивание воды называется «сейшей» и его период зависит от формы дна озера. На озере Эйре интервал между периодами высокой воды на обоих его краях составляет примерно тринадцать часов.

Характеристики максимальных ветров и волн, которые могут иметь место на водохранилищах и естественных озерах, нередко являются важными факторами, которые необходимо учитывать при проектировании плотин и сооружений, контролирующих уровни озер. Немаловажное значение могут иметь также и течения, возникающие в водохрани-

Взаимодействие озер и атмосфер

лицах в результате ветров, в особенности при планировании сброса использованных вод, с тем чтобы они не отравляли соседних мест забора чистой воды. В этой связи все более серьезный характер приобретает проблема расположения мест забора воды для охлаждения агрегатов обычных и атомных электростанций и обратного сброса горячей воды. Для охлаждения реакторов атомных электростанций требуется огромное количество воды. И если водозаборные устройства расположены так, что сброшенная горячая вода часто или хотя бы иногда оказывается из-за местных течений вблизи них, то эффективность электростанции может резко снизиться.

Одна из трудностей при оценке «климатологии» озерных течений, максимальных величин волнения и пагонов воды ветром связана с тем, что измерения скорости ветров над крупными озерами производятся в недостаточной степени. Наблюдения подтверждают теорию, что скорость ветра над крупными водными поверхностями превышает скорость его, регистрируемую близлежащими наземными наблюдательными станциями, в соотношении, которое меняется в зависимости от силы ветра и разницы в температуре воздуха и воды. Поэтому инженерам, которые обязаны учитывать воздействие ветров на озера и водохранилища, следует обращаться за помощью к опытным метеорологам для квалифицированной оценки имеющихся данных о ветре.

Климатические тенденции

Один из ведущих гидрологов высказывал мысль, что наиболее серьезной проблемой, с которой приходится сталкиваться специалистам по планированию мероприятий в области использования водных ресурсов, является проблема разработки долгосрочных проектов использования водных ресурсов с должным учетом климатических тенденций и циклов. Например, начиная с 1960 года, наблюдается заметное повышение уровня воды в озере Виктория. Уровень в нем поднялся примерно на два метра. Было высказано предположение, что это является одним из последствий крупного «климатического сдвига», который кроме того явился причиной целого ряда более холодных зим в Великобритании и Западной Европе. Для тех африканских стран, которые стремятся в максимальной степени использовать воды озера Виктория, было бы чрезвычайно полезно знать, имеет ли это явление кратковременный, постоянный или непостоянный характер.

Центральные районы Западной Канады были заселены фермерами и поселенцами главным образом в период с 1901 по 1911 гг., когда осадков там выпадало вполне достаточно. Продолжительная засуха в тридцатых годах вынудила многих фермеров покидать свои дома по мере того, как жестокие пыльные бури выдували сухую почву. Ирригационные проекты в этом районе нередко проектируются для преодоления трудностей с водой, сходных с теми, с которыми пришлось столкнуться в «пыльные тридцатые годы». Однако, данные о метеорологических условиях в более ранний период, начиная с девяностых годов прошлого века, свидетельствуют о том, что в этих районах случались и более сильные засухи. Как же тогда проектировать ирригационные сооружения? На основе более засушливых периодов, чем засухи тридцатых годов? Или более поздние, сравнительно благополучные в отношении влажности годы, являются устойчивой тенденцией?

Если бы на подобные вопросы, которые приобретают во многих частях мира все большую актуальность, можно было ответить с достаточной степенью уверенности, специалисты по планированию водных ресурсов могли бы разрабатывать проекты гораздо более экономично, а земледельцы и городские жители, зависящие от этих проектов, были бы обеспечены водой в достаточном количестве и на много лет вперед.

К сожалению, пока не удалось разработать вполне удовлетворительной теории климатических тенденций и их изменений, а без такой теории предсказание климата невозможно. Геофизики, гляциологи, океанографы, метеорологи, гидрологи, климатологи и представители многих других дисциплин пытаются свести воедино разрозненную информацию

о климатических изменениях, наблюдавшихся на земле в прошлом, разыскивая недостающие детали для завершения всей картины и ее объяснения. Решение этой многосторонней проблемы принесет всему миру громадные экономические выгоды.

В разделе о воздействии человека на взаимодействие суши и воды (стр. 10) говорилось о том, что гидрологический режим рек может существенно изменяться в результате изменения характера растительности и при городской застройке бассейна. Существуют и другие пути, которыми человек может воздействовать на водный цикл.

Одна из возможностей в этом плане заключается в следующем. Осадки могут быть искусственно вызваны в такое время и таких местах, где нормально их нельзя ожидать, с помощью «засеивания» облаков. Опыты во многих странах убедительно говорят о том, что при рассеивании кристаллов йодистого серебра в облаках, последние могут быть существенно изменены. Проводимые сейчас интенсивные исследования в этой области позволяют определить — в какой степени этот метод пригоден для вызывания осадков по мере надобности в них. Недавние опыты говорят о том, что рассеивание наиболее эффективно в том случае, когда ветер гонит влажные массы воздуха и рассеянный химический реагент вверх по наветренным сторонам гор и холмов. В настоящее время исследования ведутся преимущественно по линии сбора информации о погодных условиях, при которых рассеивание наиболее эффективно, а также выяснения физического процесса образования дождевых капель из мельчайших водяных частиц и ледяных кристаллов, образующих облака.

При оценке статистических результатов экспериментов с искусственным воздействием на облака с точки зрения водных ресурсов возникает много серьезных проблем. Одна из этих проблем заключается в том, что даже незначительное увеличение объема осадков в крупных речных бассейнах означает колоссальную прибыль доступной воды. Лишний миллиметр осадков на площади в квадратный километр — это миллион литров воды. Однако, обычные статистические методы оценки результатов рассеивания оказываются малоприменимыми для регистрации увеличения осадков на один миллиметр. В самом деле, если смотреть на дело с гидрологической точки зрения, то искусственно вызванный дождь в период засухи просто-напросто может испариться без остатка в атмосфере, так и не попав в русло реки или под грунт.

Только большие объемы дождевой воды, выпадающей во время сильных естественных ливней, и воды, образующейся при таянии снегов, могут заметно увеличить поверхностный сток. К сожалению, в периоды долгих засух во многих частях мира вообще нет облаков, пригодных для «засеивания».

Словом, искусственное вызывание осадков с целью лучшего использования «атмосферных водных ресурсов», безусловно, имеет определенную потенциальную ценность. Однако, потребуется немало дополнительных широких изысканий для определения условий, при которых рассеивание реагентов в облаках может дать полезные результаты.

В некоторых районах мира снег и лед являются постоянным сезонным фактором. В таких районах определенные методы ускорения или изменения скорости таяния снегов и ледового покрова могут иметь огромную практическую ценность, как для продления навигационного сезона, так и изменения режима рек, питаемых снегами и ледниками.

Главным источником энергии, вызывающей таяние снегов и льда, является солнечная радиация или инсоляция, которая, проникая сквозь земную атмосферу, достигает земли. Однако, чистая снежная поверхность отражает примерно 80 % этой энергии. Если бы можно было снизить процент отражаемой энергии, то снег и лед поглощали бы огромное количество дополнительного тепла и таяние их ускорилось бы.

Изменение гидрологического цикла

1 Искусственное вызывание осадков

2 Искусственное растапливание снежного и ледового покрова

*Ледовый покров
проливов Мак-Мердо
Антарктики*

Снеговые поля вокруг больших городов, покрываясь тончайшим слоем сажи и пыли, теряют свою высокую отражательную способность. Это наводит на мысль о возможности разбрасывания сажи и пыли на снег и льду для ускорения их таяния. Проводимые в СССР эксперименты с угольной пылью и шлаком говорят о том, что вскрытие льдов в арктических портах и заливах может быть ускорено с помощью такой техники по крайней мере на месяц.

3 Снижение испаряемости

Известно несколько способов снижения испаряемости воды. В одном случае используются лесозащитные пояса, которые снижают скорость ветра над испаряющей водной поверхностью. В другом — поверхность воды защищается химической пленкой.

Экспериментальные работы в Швейцарии показали, что защитные пояса из высоких деревьев могут понизить скорость ветра вплоть до 65 %, с максимальным ее снижением с подветренной стороны защитного



пояса на расстоянии, равном примерно учетверенной высоте деревьев. Однако, из этого вовсе не следует, что одновременно на 65 % сократится испарение воды в фермерском пруду, так как главным метеорологическим фактором, определяющим скорость испарения в течение более или менее длительного времени является не ветер, а объем солнечной радиации, достигающей водной массы. С помощью защитных лесных полос можно добиться сокращения испарения в лучшем случае на 5–15 %.

В середине пятидесятих годов австралийские ученые начали практически применять методы, о которых сообщалось в физико-химической литературе по крайней мере лет тридцать назад. С помощью чрезвычайно тонкой пленки из определенных веществ они пытались приостановить испарение с поверхности воды. Наиболее эффективными оказались жирные спирты с длинной молекулярной цепью — октадеканол и гексадеканол. Однако, пленка довольно быстро разрушается под воздействием ветра, волн и биологических процессов. Поэтому сейчас изыскивается метод, с помощью которого химическая пленка могла бы долгое время удерживаться на поверхности воды. Лучших результатов удалось добиться на небольших прудах размером, примерно, в полгектара, где не образуется слишком больших волн. На таких прудах в течение сезона удалось добиться сокращения потерь от испарения до 25 %. На более крупных водоемах, например на водохранилище Малия в Танзании площадью в шестьдесят гектаров, потери от испарения удалось снизить на 11–12 % (360 кубометров в сутки), а на больших озерах, например, озере Хефнер (1000 га) в Оклахоме (США) — на 9 %. Полагают, что усовершенствованная технология позволит в ближайшие 10–15 лет снизить стоимость этого метода примерно до 8 долларов на 1000 м³ воды, сохраненной от испарения, в районах с высоким процентом потерь от испарения.

На основе всего того, что было сказано на предыдущих страницах, напрашиваются два важных вывода: во-первых, что многие аспекты развития и использования водных ресурсов затрагивают страны всего мира, и что необходим какой-то механизм для обеспечения сотрудничества между ними в целях прогресса, и во-вторых, что гидрология тесно связана с метеорологией; в самом деле — трудно провести четкую демаркационную линию между этими двумя науками.

Поэтому, неудивительно, что Всемирная Метеорологическая Организация — межправительственный орган, ответственный главным образом за метеорологию, играет важную роль в международных аспектах развития водных ресурсов, и что она уделяет большое внимание своим обязательствам в этой области.

Обязательства свои она выполняет двумя путями. Во-первых, посредством постоянной деятельности различных входящих в ее состав органов, и во-вторых, путем осуществления различных проектов в отдельных странах; эти проекты являются частью программы технической помощи ВМО. Основные стороны этой деятельности описываются ниже. Для полноты картины следует отметить, что Секретариат принимает активное участие во всей этой деятельности. Однако, функции его в этом плане столь очевидны, что подробное их описание повидимому не имеет смысла.

Часть II

Роль Всемирной Метеорологи- ческой Организации

Постоянная деятельность в области гидрометеоро- логии

Значительная доля работы ВМО осуществляется шестью Региональными ассоциациями, каждая из которых занимается отдельной областью метеорологии. На практике это означает, что Организация в полной мере использует коллективный опыт и научные возможности своих Членов, поскольку все они принимают участие в работе Региональных ассоциаций и могут назначать экспертов в Технические комиссии. Система эта имеет много преимуществ, среди которых немаловажным является то, что большинство ведущих ученых всего мира в специализированных областях принимают активное участие в программе работы Организации.

Техническая координация

Как и следовало ожидать, проблемы водных ресурсов, учитывая их международный характер, входят в сферу компетенции целого ряда этих органов ВМО. Можно с уверенностью сказать, что наибольший вклад в эту работу вносит Комиссия ВМО по гидрометеорологии (КГМ). В состав этой комиссии входит 120 специалистов из 66 стран. Некоторые из них являются сотрудниками национальных метеорологических или гидрометеорологических служб стран — членов ВМО, другие работают в правительственных или научных организациях, занимающихся вопросами гидрологии. Все это определяет роль Комиссии по гидрометеорологии как органа, где представители этих двух дисциплин могут обсуждать проблемы, представляющие взаимный интерес, где совместными усилиями ведущих мировых специалистов по гидрологии и гидрометеорологии подготавливаются различного рода руководства и наставления.

Одним из наиболее ценных вкладов КГМ на сегодняшний день явилась подготовка Руководства по гидрометеорологической практике. В этом Руководстве в концентрированном виде излагаются знания и опыт специалистов более чем из 35 стран и содержатся руководящие указания, применимые во всех частях мира.

В четырех основных главах излагаются вопросы организации гидрометеорологического обслуживания, методики наблюдений, планирования сети станций, а также вопросы обработки и публикации данных наблюдений. Проблемы гидрометеорологического анализа и прогнозирования, а также вопросы практического применения анализов гидрологических данных при решении проблем освоения водных ресурсов и борьбы с наводнениями и паводками, излагаются в приложениях к Руководству. Особенно ценна информация, содержащаяся в Руководстве, для стран, развивающих свои гидрометеорологические службы. Эта информация постоянно поддерживается на уровне современных знаний и по мере необходимости в Руководство будет включаться новый материал.

Само собой разумеется, что эта работа представляет собой лишь одну сторону многогранной деятельности Комиссии по гидрометеорологии. Недостаток места не позволяет перечислить многочисленные обязанности этой Комиссии. Тем не менее, можно указать, что 10 рабочих групп Комиссии активно участвуют в разрешении наиболее важных вопросов и обеспечивают советы и консультации по широкому кругу гидрометеорологических проблем. Комиссия играет также важную роль в осуществлении такого крупного международного мероприятия как Международное гидрологическое десятилетие, о чем более подробно будет сказано в части III этой брошюры. Наконец, Члены ВМО предпринимают значительные усилия по выполнению рекомендаций, сделанных Комиссией на ее последней сессии, состоявшейся в 1964 году в Варшаве.

Значительный интерес для гидрологов представляет также деятельность еще двух технических комиссий. Комиссия по климатологии ведет работу по составлению региональных климатических карт, имея в

виду в качестве конечной цели составление Мирового климатического атласа. Эти карты включают данные о таких элементах как осадки, температура воздуха, влажность, ветер и снежный покров, которые влияют на сложные процессы гидрологического цикла. Когда исследования, проводимые рабочей группой этой комиссии, будут завершены, то выработанные ею новые, более совершенные методы обмена и хранения климатологических данных принесут большую пользу при проведении различных мероприятий по освоению водных ресурсов. Комиссия ВМО по приборам и методам наблюдений в настоящее время занимается разработкой более совершенной методики измерений осадков и испарения. Эта комиссия выпустила в свет широко используемое Руководство по приборам и методам метеорологических наблюдений.

Увлекательные и многообещающие мероприятия, направленные на расширение наших научных познаний, не должны отодвигать на второй план не менее важные, хотя и более прозаические задачи. Можно сказать, что эти задачи подчас даже более важны. Например, совершенно необходимо стандартизировать методы наблюдений и кодирования, а также организовать международный обмен данными, полученными при помощи этих методов. Если это не будет сделано, то значительная часть усилий, затраченных на решение научно-технических проблем, пропадет впустую. Поэтому принятая ВМО система, при которой весь мир разделен на шесть регионов с соответствующими органами (региональными ассоциациями), обеспечивает полную координацию работы в континентальном масштабе. Для того, чтобы организовать обмен данными по международным речным бассейнам и обеспечить полное взаимодействие по другим гидрометеорологическим вопросам, региональные ассоциации для Африки, Азии, Европы и Южной Америки создали специальные рабочие группы. Далее будет показано, что эти ассоциации играют огромную роль во всей деятельности ВМО в области гидрометеорологии.

В каждой отрасли науки, как и в каждой области человеческой деятельности вообще, огромную роль играет печатное слово как средство распространения информации и расширения научных знаний. Выше уже говорилось о руководствах по гидрометеорологии и смежным проблемам, издающихся под эгидой ВМО. Кроме этого время от времени издаются подготовленные специалистами доклады по специальным вопросам. Всемирная Метеорологическая Организация опубликовала несколько «Технических записок» по проблемам водных ресурсов. К настоящему времени изданы «Записки» по планированию гидрологической сети, методике обследования запасов поверхностных вод, а также по приборам и методам измерений в гидрометеорологии. Готовятся и другие Технические записки.

Ни одна страна не в состоянии надлежащим образом планировать мероприятия по наиболее рациональному использованию своих водных ресурсов, если она не располагает квалифицированным персоналом и соответствующими техническими средствами. Вряд ли есть необходимость подчеркивать экономическое значение плановой политики по освоению водных ресурсов в каждой стране, и эта необходимость всего сильнее ощущается именно в тех странах, где технические возможности либо отсутствуют вообще, либо совершенно недостаточны. Поэтому Всемирная Метеорологическая Организация уже в течение многих лет оказывает менее развитым странам мира помощь в развитии сети наблюдательных станций, подготовке кадров и в организации и развитии их национальных служб. По существу эта работа является одной из основных задач Секретариата ВМО, возложенных на него Членами Организации. Значительная часть мероприятий, связанных с выполнением этой задачи, проводится в сотрудничестве с Европейской Экономической комиссией, Экономической комиссией для Латинской Америки (ЭКЛА), и Экономической комиссией для Азии и Дальнего Востока (ЭКАДВ).

Координация работы в регионах

Технические публикации

Деятельность в области технической помощи



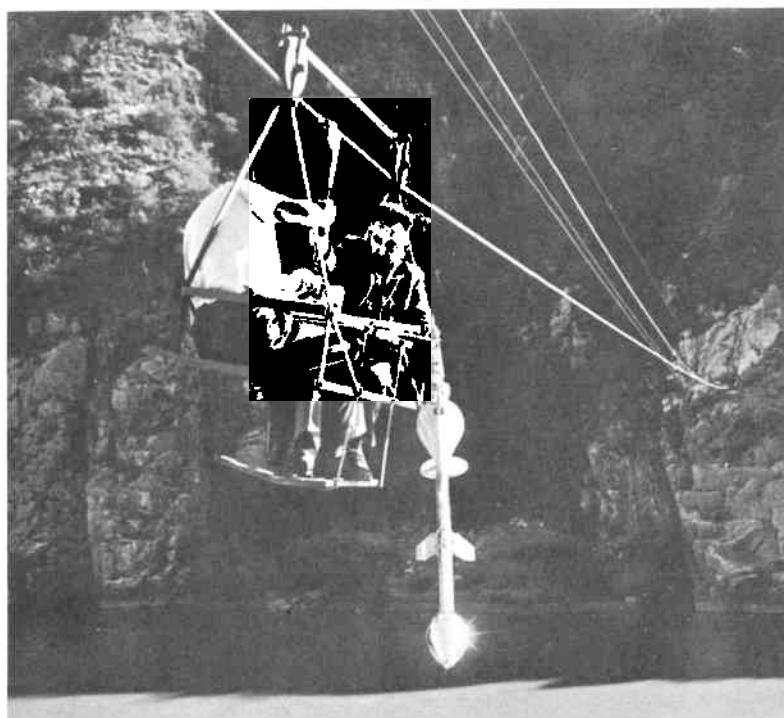
*Измерение расхода
воды (промеры вброд),
Гаити*

С 1957 года эксперт ВМО работал в составе группы Экономической комиссии для Латинской Америки, обследовавшей водные ресурсы Аргентины, Чили, Колумбии, Эквадора, Гвианы, Парагвая и Венесуэлы. В результате исследований, проведенных этой группой, для ряда стран были утверждены проекты Специального фонда ООН; о результатах этой работы будет сказано ниже.

Совместное обследование с целью вскрыть недостатки в получении гидрометеорологических данных было проведено в Африке; в результате этого обследования также можно ожидать улучшения работы в этой области. Намечается провести ряд семинаров по применению гидрометеорологических приборов, методам измерения и планированию сети, на которых метеорологи и гидрологи получают соответствующую подготовку. Четыре таких семинара, уже проведенных в Азии, сыграли большую роль в подготовке кадров и обмене опытом по планированию гидрологической сети и прогнозированию паводков. ЭКАДВ и ВМО совместно проводят обследование районов тайфунов; изучается вопрос о создании регионального центра по борьбе с тайфунами, в обязанности которого будет входить дача консультаций странам по планированию сети телесвязи, выпуску предупреждений и борьбе с наводнениями, вызываемыми тайфунами.

Кроме посылки экспертов, предоставления стипендий и организации учебных семинаров, ВМО оказала большую помощь в развитии гидрометеорологии в менее развитых районах мира, осуществляя целый ряд проектов Специального фонда ООН.

В Южной Америке значительная помощь в развитии гидрометеорологической сети и служб была оказана Чили, Эквадору и Перу. В результате проекта, проведенного в Чили, были созданы не только



*Измерение расхода
воды при помощи
гидрометрической
люльки на реке Рапел,
Чили*

климатологические и гидрометрические станции, но и лаборатория для тарировки гидрометрических приборов и технические средства для обработки и публикации данных. Национальные власти указывают, что осуществление этих мероприятий принесло непосредственную пользу при планировании ирригационных систем и гидроэнергетических предприятий.

В *Эквадоре* в результате проведенных мероприятий первоначальная сеть пополнилась 186 новыми станциями различных типов. Одним из важнейших результатов проведенного проекта явилось создание поставленной на солидную основу метеорологической и гидрологической службы, укомплектованной квалифицированным персоналом всех ступеней. Аналогичный проект, осуществленный в *Перу*, привел к созданию сети, состоящей более чем из 700 метеорологических и гидрометрических станций, а также станций для измерения осадков; была создана также современная гидротехническая лаборатория в Лиме. Все три проекта были осуществлены в 1965 году.

В Азии аналогичные проекты проводятся в *Бирме* и *Таиланде*. Можно с уверенностью сказать, что в результате проводимой сейчас работы можно ожидать более быстрого развития сельского хозяйства, промышленности, речной навигации и других отраслей экономики в этих странах.

Наглядным примером, иллюстрирующим потенциальные преимущества межнационального сотрудничества, является утвержденный в начале 1966 года проект по освоению водных ресурсов *озера Виктория*. Цель этого проекта — оказать правительствам Кении, Судана, Уганды, Объединенной Арабской Республики и Объединенной Республики Танзания помощь в сборе и анализе гидрометеорологических данных по бассейнам озер Виктория, Кьога и Альберт. Это исследование обеспечит основу для планирования мероприятий по охране и развитию водных ресурсов и заложит базу межправительственного сотрудничества в области регулирования и использования вод Нила. Кроме этого

проект предусматривает подготовку специалистов по воздушной и топографической съемке и составлению карт, а также проведение гидрографического обследования озера Кьога.

Все это говорит о том, что ВМО успешно выполняет свои задачи в области содействия развитию водных ресурсов. Но ВМО — это лишь одна из нескольких организаций, каждая из которых так или иначе занимается этой работой. В настоящей брошюре не ставится цель подробно охарактеризовать роль всех этих организаций, однако их дружная и успешная совместная работа находит яркое отражение в проведении Международного Гидрологического Десятилетия — международного мероприятия, имеющего большое значение для обеспечения в будущем прогресса в деле развития водных ресурсов. Этому важному международному мероприятию и посвящается следующая часть нашей брошюры.

Часть III

Международное Гидрологическое Десятилетие

Обострение про- блем, связанных с использо- ванием водных ресурсов

В последние годы большинство стран мира все чаще сталкивается с проблемами, связанными с использованием водных ресурсов: засухами, наводнениями, загрязнением водоемов и растущим соперничеством за обладание ограниченными запасами воды. Эти проблемы приобретают все более острый характер в связи с ростом населения и уровня жизни, что приводит к резкому росту потребления воды на душу населения. По мере развития промышленности резко возрастает потребность в воде. В зависимости от уровня технологии нужно израсходовать 1 м³ воды для того, чтобы изготовить 6–20 кг бумаги или 10–60 кг стали. По мере развития водопровода, канализации и других современных удобств резко возрастает расход воды и на бытовые нужды. Но, пожалуй, всего больше воды требуется для обводнения новых земельных массивов, что необходимо для того, чтобы прокормить растущее население нашей планеты.

Первоначаль- ные стадии планирования Международ- ного Гидро- логического Десятилетия

В связи с резким повышением потребностей в воде, ученых, занимающихся проблемами водных ресурсов (а число этих ученых сравнительно невелико), стал все больше тревожить тот факт, что развитие науки о водных ресурсах мира не обеспечивает удовлетворение этих потребностей. Начиная с 1960 г. эта проблема стала обсуждаться на различных международных совещаниях, и возникла мысль об организации целенаправленной программы гидрологических исследований в международном масштабе. Вскоре ценность этой идеи стала общепризнанной, и после нескольких подготовительных совещаний, в штаб-квартире ЮНЕСКО в 1964 году состоялась межправительственная конференция, на которой было принято решение о проведении программы мероприятий, рассчитанной на десять лет. Эта программа, осуществление которой началось в следующем году, получила название Международного Гидрологического Десятилетия. С тех пор в проведении ее были достигнуты значительные успехи, и сейчас уже можно сказать, что успех Международного Гидрологического Десятилетия обеспечен.

В то время как ЮНЕСКО играет роль центрального координатора всей этой работы, важные мероприятия в рамках МГД осуществляются также некоторыми другими специализированными учреждениями ООН — особенно ВМО, Организацией по вопросам продовольствия (ФАО) и Международным Агентством по атомной энергии (МАГАТЭ). Из неправительственных организаций важную роль играет Международная Ассоциация научной гидрологии (МАНГ), обеспечивающая технические консультации через посредство специально созданного для этой цели Комитета Международного совета научных союзов (МСНС) по водным ресурсам.



Гидрометеорологическая партия в Восточной Африке

С самого начала планирования этой грандиозной международной программы стало ясно, что метеорологи и гидрометеорологи разных стран должны сыграть важную роль в своих странах, на совещаниях в ЮНЕСКО и в рамках ВМО. Многие широкие разделы программы МГД связаны с теми аспектами гидрологического цикла, которые имеют важное значение для национальных метеорологических и гидрометеорологических служб и Всемирной Метеорологической Организации.

Для того, чтобы обеспечить надлежащее участие ВМО в мероприятиях, связанных с проведением МГД, Исполнительный Комитет Организации учредил группу экспертов в составе 5 человек для дачи консультаций по этим мероприятиям. Координационный совет ЮНЕСКО передал на рассмотрение ВМО целый ряд гидрометеорологических проблем, и группа экспертов дает рекомендации по принятию соответствующих мер. Например, принимаются меры к составлению руководящих указаний по созданию реперных бассейнов и опорных климатологических станций для изучения многолетних тенденций различных элементов гидрологического цикла. Консультанты ВМО разрабатывают методы измерения атмосферной воды и испарения для подсчета континентального и мирового водного бюджета. По просьбе Координационного совета ВМО взяла на себя функции технического секретариата по ряду проектов МГД, включая изучение таких проблем как определение зависимости количества осадков от их продолжительности и частоты, радиолокационное измерение осадков, а также частота и распространение засух.

Одна из наиболее важных и интересных проблем, переданных ВМО, это проблема использования гидрологических данных в рамках Всемирной службы погоды. Всемирная служба погоды представляет собой осуществляемую ВМО грандиозную программу мероприятий, обеспечивающих сбор и быстрый анализ метеорологических данных, собранных со всего мира, улучшение качества прогнозов и содействие научно-

Роль ВМО в проведении МГД

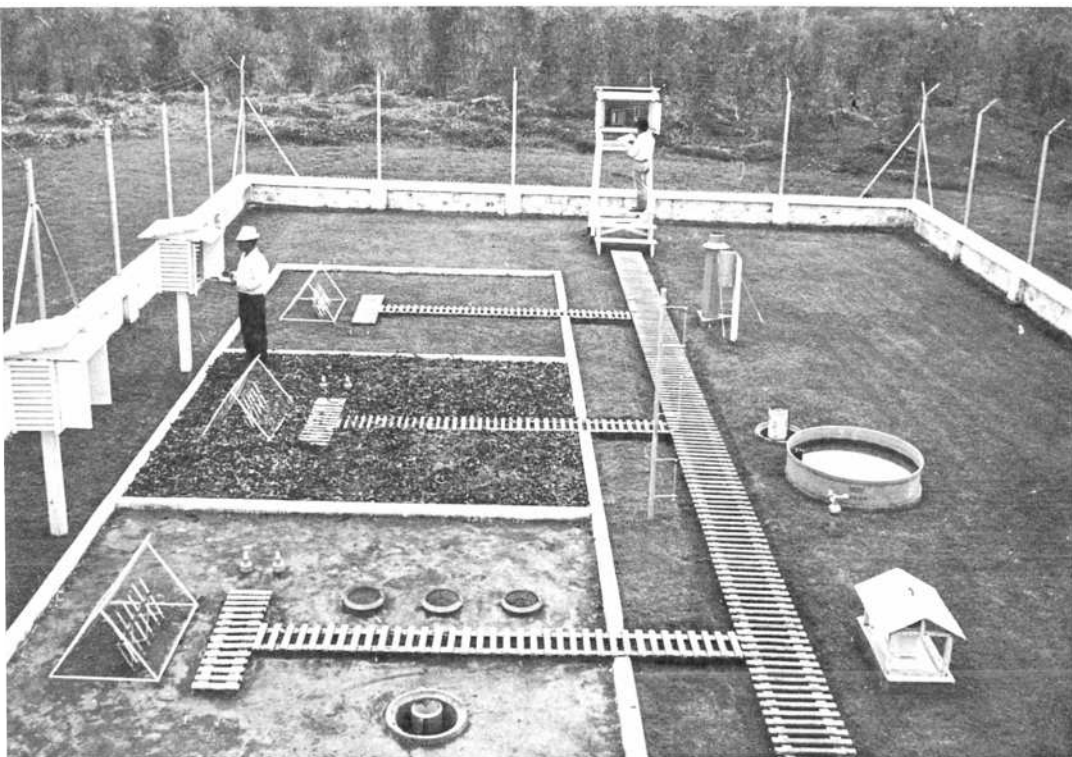
*Метеорологическая
станция в Эль-Пуйо,
Эквадор*

исследовательской работе в области общей циркуляции атмосферы. Установлено, что при небольшом увеличении расходов Всемирная служба погоды может стать также «Всемирной службой гидрологии», обеспечивающей быстрое распространение информации о расходе воды в международных реках, снежном покрове в отдаленных районах, колебаниях уровня озер и другой информации, представляющей большой интерес с точки зрения гидрологического прогнозирования и анализа. Одним из наиболее важных результатов совместных усилий метеорологов и гидрологов было бы использование для изучения водных ресурсов спутниковых наблюдений за снежным и ледовым покровом и региональных данных, получаемых при помощи метеорологических радиолокаторов. Комиссия ВМО по гидрометеорологии учредила специальную рабочую группу, в задачу которой входит изучение гидрометеорологических аспектов Всемирной службы погоды.

Деятельность национальных служб

Международные организации (ЮНЕСКО, ВМО) занимаются главным образом вопросами координации, содействия и оказания технической помощи в рамках МГД. Что же касается непосредственной научной деятельности, то она проводится главным образом отдельными странами, либо индивидуально, либо в сотрудничестве с другими соседними странами. Более чем в ста странах мира созданы национальные комитеты по проведению МГД; задача этих комитетов заключается в координации работы правительственных органов и институтов, проводящих внутри страны научно-исследовательские проекты в рамках МГД. Почти во всех национальных комитетах имеются представители национальных метеорологических и гидрометеорологических служб.

Основной целью проведения программы МГД в ряде развивающихся стран является создание сети станций по измерению осадков, речного стока, испарения и т. д. для того, чтобы произвести оценку имеющихся водных ресурсов. Это особенно важно в тех районах, где сеть станций



недостаточна. Сбор этих данных должен предшествовать любым мероприятиям по освоению водных ресурсов и гидрологическим научным изысканиям.

Некоторые из научно-исследовательских проектов МГД, проводимых в той или иной стране, относятся к проблемам, характерным для данной страны, однако большая часть проектов направлена на решение проблем, общих для многих стран. В связи с этим многие страны в течение ближайших нескольких лет будут проводить научно-исследовательскую работу по сходным проблемам, что даст возможность наладить широкий международный обмен идеями, информацией и полученными результатами.

Чрезвычайно интересные исследования проводятся с помощью специальных бассейнов для научных целей. Эти бассейны разделяются на три основные категории: репрезентативные, экспериментальные и реперные бассейны. В настоящее время в 57 странах создано более 380 репрезентативных бассейнов, которые дают возможность лучше понять характер взаимосвязей между различными составными элементами гидрологического цикла. На этих бассейнах установлены приборы для измерения осадков, испарения, снежного покрова, стока, влажности почвы и движения подземных вод. Эти бассейны отобраны с таким расчетом, чтобы они отражали условия, характерные для основных климатических, почвенных и геологических зон мира. Ожидается, что на основе использования данных, полученных на этих бассейнах, можно будет при помощи электронной вычислительной техники разработать общие гидрологические связи и уравнения. Эти уравнения дадут возможность прогнозировать гидрологический режим небольших речных бассейнов, и таким образом обеспечат надежные критерии для строительства плотин и проведения мероприятий по борьбе с паводками. Кроме того репрезентативные бассейны представляют собой как бы природную лабораторию для изучения некоторых конкретных проблем гидрологии, как например, физических процессов снеготаяния и влияния распределения осадков в пространстве и времени на ливневый сток.

Экспериментальные бассейны, созданные в настоящее время по меньшей мере в 31 стране, используются при изучении влияния изменения растительного покрова на гидрологический режим. Как уже указывалось выше, в разделе «Проблемы регулирования условий водности», на этих бассейнах проводятся широкие исследования микроклимата. Реперные бассейны создаются обычно в ненаселенных районах; к настоящему времени эти бассейны созданы по крайней мере в 20 странах. При помощи этих бассейнов изучаются естественные многолетние тенденции гидрологических факторов для сравнения с тенденциями в тех районах, где естественный режим нарушается в результате деятельности человека.

Многие страны проводят широкие исследования пространственного распределения осадков на своих территориях, а также изучение факторов, влияющих на это распределение (горы, озера).

Ряд стран, участвующих в программе МГД, занимается изучением проблемы дистанционных методов наблюдений. Главным препятствием к получению точных измерений испарения является недостаток данных о температуре поверхности воды. Тем не менее измерить температуру воды при помощи обычных термометров на сотнях тысяч озер и водохранилищ во всем мире просто невозможно. Эта проблема может быть разрешена при помощи термометров, улавливающих инфракрасное излучение на больших расстояниях. В настоящее время широко испытывается модель такого термометра, который может быть установлен на самолетах (самолетный радиационный термометр — СРЦ).

Средством, дающим возможность получать данные с еще более далеких расстояний, являются метеорологические спутники. Спутниковые фо-

тографии не только дают представление об очертаниях облачных систем, но и показывают ледяной покров на крупных водоемах и снежный покров на больших бассейнах. Надежная информация о снежном покрове на больших недоступных бассейнах может оказаться очень полезной. Особенно это относится к бассейнам, где требуются надежные прогнозы притока воды к водоемам. Важным, но часто плохо известным фактором во время сезона снеготаяния, является процент остающейся под снежным покровом площади бассейна при постепенном таянии снега. В настоящее время изучается вопрос об использовании спутниковых фотографий снежного покрова для улучшения качества прогнозов весеннего стока.

Совместные региональные проекты

Некоторые уже осуществляемые или планируемые проекты МГД предусматривают участие нескольких стран в совместных исследованиях или изучение специальных проблем, представляющих интерес для всех участников.

Четыре скандинавских страны — Дания, Финляндия, Норвегия и Швеция наметили проведение ряда совместных проектов. Будут проведены совместные исследования скорости испарения в зависимости от движения водяного пара в атмосфере и изучение водного баланса крупных озер этого района. Кроме того намечена разработка совместных публикаций, терминологических справочников и библиографии по гидрологическим вопросам.

Одним из наиболее интересных международных мероприятий в Северной Америке в период Международного Гидрологического Десятилетия является рассчитанная на один год программа, предусматривающая изучение режима одного из Великих озер, повидимому, озера Онтарио. Этот проект известен под названием Международного года Великих озер и повидимому будет осуществлен в 1970 году. Планированием мероприятий по этому проекту занимается международный комитет в составе восьми специалистов. Центральной задачей этого проекта является изучение метеорологами США и Канады атмосферного водного бюджета при помощи густой сети опоясывающих озеро аэрологических станций. Будут регулярно проводиться измерения притока и оттока водяного пара в воздухе над озером. В сочетании с измерениями испарения с поверхности озера при помощи метеорологических радаров и густой сети дождемерных станций эта программа должна обеспечить точные данные об осадках и испарении с поверхности озера. Ожидается, что в результате этого проекта будет разработан простой метод регулирования уровня озера. Одновременно будут проведены фундаментальные исследования по проблемам энергетического и водного баланса и циркуляции воды озера. Для проведения дополнительных исследований будут приглашены ученые из других стран. Тот факт, что эти исследования будут проводиться одновременно с основной программой, осуществляемой канадскими и американскими учеными, облегчит их проведение и придаст им еще большую ценность.

Исследования глобального масштаба

Во введении к этой брошюре были даны некоторые данные о доле всех мировых запасов воды в морях и в различных компонентах гидрологического цикла. Эти данные являются весьма приблизительными. Поскольку человек может использовать только сравнительно небольшую часть всех мировых запасов воды, то необходима гораздо более точная оценка количества воды в наиболее подвижных и доступных компонентах гидрологического цикла. Это особенно важно, учитывая сильную изменчивость элементов гидрологического цикла во времени и пространстве. Одним из наиболее важных проектов МГД является

программа мероприятий по гораздо более точной оценке мирового водного бюджета, чем до сих пор. Эта программа затрагивает все страны и потребует участия специалистов многих дисциплин. Она предусматривает точное измерение и оценку среднего содержания водяного пара в атмосфере и изменений этого содержания, осадков на суше и на море, испарения, речного стока, водного содержания ледников и снежных полей, влажности почвы и запасов подземных вод. Оценки, проведенные отдельными странами, будут затем сведены в континентальные и наконец, в мировые данные.

Еще одной важной задачей МГД является составление гораздо более точных мировых карт, показывающих пространственную изменчивость осадков, стока, испарения, гидрологических факторов и влажности почвы. Эти мировые карты будут составлены на основе национальных, а затем региональных карт; с точки зрения отражения гидрометеорологических факторов они в значительной мере будут зависеть от работы над мировым климатическим атласом, которая сейчас проводится комиссией ВМО по климатологии.



*Самописец уровня
воды, Гаити*

Задачи и возможности

Международное Гидрологическое Десятилетие предоставляет специалистам в области гидрологии небывалую возможность получить данные, так необходимые для рационального использования и развития водных ресурсов во всем мире. Осуществление этой программы требует координированных усилий многих дисциплин, занимающихся проблемами водных ресурсов, привлечения самых различных наук для разрешения этих проблем. Для отдельного ученого это означает новые возможности не только в области международного сотрудничества и обмена идеями, но и в области совместной работы с учеными в смежных областях.

В осуществлении научных проектов в рамках МГД принимают участие гидрологи, метеорологи, инженеры-гидротехники, физики, математики, специалисты-лесоводы, гидрогеологи и специалисты по многим другим отраслям науки. Это означает также, что многие международные организации, такие как ВМО, ФАО, МАГАТЭ, содействуют успеху Гидрологического Десятилетия своими знаниями и опытом в специализированных областях.

Есть все основания полагать, что успешное завершение Международного Гидрологического Десятилетия ознаменуется огромным скачком вперед в нашем понимании и познании проблем водных ресурсов мира. К концу Десятилетия мы будем располагать такими данными, которые дадут возможность инженерам основывать свои проекты сооружений на реках, озерах и других водоемах на надежных прогнозах гидрологического режима. В то же время мы должны вооружить специалистов, планирующих использование водных ресурсов, более точной информацией с тем, чтобы обеспечить рациональное распределение запасов воды для различных нужд и принять меры к сохранению и развитию этих драгоценных ресурсов.

* * *

Заключение

Многое еще можно было бы сказать о взаимосвязи метеорологии и гидрологии — «погоды и водных ресурсов», как говорится в названии этой брошюры. Многое можно было бы сказать и о роли ВМО в содействии развитию этих двух важных научных дисциплин.

Однако мы надеемся, что было сказано достаточно, чтобы показать, что проблемы мировых водных ресурсов сейчас предстают перед нами в гораздо более ясном свете, чем когда бы то ни было в прошлом и что меры, необходимые для того, чтобы обеспечить разрешение этих проблем принимаются (или, по крайней мере начинают приниматься) как в региональном так и в международном масштабе.

Мы надеемся, что нам удалось показать, что Всемирная Метеорологическая Организация с энтузиазмом и успешно выполняет свою важную роль в выполнении этой важной задачи.

По несмотря на все усилия, прилагаемые странами мира и международными организациями, занимающимися этой работой, мы не можем останавливаться на достигнутом. Для того, чтобы справиться с огромными трудностями освоения и развития водных ресурсов, необходимо обеспечить еще больший прогресс в этом деле, а этого можно добиться лишь путем полного и дружественного сотрудничества всех стран.



ВСЕМИРНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

**ВМО
№ 204. ТР. 107
ЖЕНЕВА 1966**

ЦЕНА : 2.— шв. фр.