

География

УДК 556.18(479.2)

С.М.МУСАЕЛЯН

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ БАЛАНС КАК ОСНОВА ПЛАНА
ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНОГО РАЙОНА

В статье ставится задача освещения некоторых методических вопросов составления водохозяйственных балансов для отдельных административных районов. Разработана методика определения приходной и расходной частей балансов, их сведения. Даются рекомендации для уменьшения ущерба при недостаточности водных ресурсов данного района. Теоретические разработки освещены на примере Арм.ССР.

В течение многих столетий складывалось устойчивое представление о воде как о безграничном природном ресурсе. Поэтому воду как материальный ресурс практически не рассматривали и расходовали нерационально, а существующее в настоящее время и тем более ожидаемое в будущем водоиспользование несоизмеримо с использованием других материальных ресурсов. Одновременно современные условия рационального водопользования требуют правильного представления о количестве и качестве водных ресурсов.

Исключительно большое значение для установления связи между эксплуатационными водными ресурсами с потребностями в воде населения и народного хозяйства рассматриваемого района принадлежит водохозяйственному балансу (ВХБ). Водохозяйственный баланс служит основой долгосрочного планирования водопользования, облегчает исследование сложившихся и ожидаемых пропорций в направлениях его осуществления.

ВХБ позволяет установить мероприятия, необходимые для обеспечения водю планируемых потребителей. Необходимость составления ВХБ определена основами водного законодательства СССР и союзных республик.

Таким образом, ВХБ отражает сложное взаимодействие водных ресурсов, формирование которых обусловлено природными и антропогенными факторами, с одной стороны, и потребности в воде человека и его хозяйственной деятельности, определяемой экономическими, технологическими, социальными факторами, — с другой [1].

В отличие от «водного баланса», чаще всего отождествляющегося многими неспециалистами с ВХБ, отражающим распределение в пути перемещения влаги по земной поверхности, в ВХБ устанавливаются соотношения между водными ресурсами рассматриваемого района и водопотреблением, складывающимся здесь при определенном уровне развития народного хозяйства. Для этого определяются водные ресурсы (поверхностные и подземные) и оценивается перспективное водопотребление, соответствующее планам развития народного хозяйства. Путем их сравнения устанавливается возможность удовлетворения водными ресурсами планируемого народнохозяйственного развития района или необхо-

димось проведения мероприятий, направленных на обеспечение перспективного водопотребления.

Водохозяйственные балансы подразделяются на следующие виды: отчетные, оперативные, плановые и перспективные. Дальнейшее развитие экономики данного региона требует составления и использования всех видов ВХБ.

Отчетные ВХБ составляют для подведения итогов за истекшее время. Они поэтому отражают уже достигнутый уровень использования водных ресурсов и служат для анализа возможного увеличения водопотребления в отдельных районах, условий его обеспечения, эффективности работы существующих водохозяйственных систем.

Оперативные ВХБ составляют на текущий год. Основное его назначение: эффективное распределение ожидаемых водных ресурсов между отдельными водопользователями.

Плановые ВХБ разрабатывают в соответствии с государственными планами развития народного хозяйства как необходимую их составную часть и включают сюда перечень и объем водохозяйственных мероприятий.

Перспективные ВХБ составляют в соответствии с перспективным развитием отраслей народного хозяйства. В этих планах учитывается влияние водного фактора на размещение и развитие производительных сил, обосновываются долгосрочные планы на проектно - изыскательские и научно - исследовательские работы, оцениваются условия и результаты регулирования стока — перераспределение во времени и возможности переброски стока из одних районов в другие.

Перспективный ВХБ, оценивающий водохозяйственную обстановку при размещении тех или иных водопользователей в районе, является важнейшим элементом планирования развития водохозяйственных систем (ВХС). На каждом этапе развития ВХС при рассмотрении определенного состава водопотребителей производится сопоставление имеющихся водных ресурсов с величинами перспективного водопотребления. Результаты сопоставления, т.е. итоговые водобалансовые соотношения учитываются в последующем: при оценке возможности размещения дополнительных водопотребителей.

Примерно по такой концепции составлялись перспективные водохозяйственные балансы первой Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов на период 1960 — 1980гг.

В настоящее время перспективный ВХБ является одним из основных элементов Генеральных схем. Примером тому может служить Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР на период до 1990 года, подготовленная институтом «Гидропроект» в 1979 году.

Как Генеральная, так и бассейновые схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов составлялись в основном на двадцатилетний период [2]. В настоящее время наметилась тенденция оценки более отдаленной перспективы. Так, на современном этапе, т.е. к концу 80-х годов ставится задача оценки развития водного хозяйства до 2015 года. Вполне понятно, что и ВХБ, коль скоро они входят в состав схем комплексного использования водных ресурсов, должны составляться на эти же перспективные уровни с необходимым выделением промежуточных этапов. При этом, естественно, должны быть учтены те изменения в составляющих ВХБ, которые могут произойти за этот сравнительно продолжительный срок. Остановимся на этом подробнее.

Составление ВХБ разделяется на три основные части:

- оценку водных ресурсов;
- установление требований водопотребления;
- установление количества воды или других элементов водопользова-

ния может быть предоставлено потребителям в соответствии с их нуждами при намечаемом составе водохозяйственных мероприятий.

Водные ресурсы на отдаленную перспективу могут быть оценены по современному состоянию, в предположении, что существенных климатических изменений за прогнозируемый период не произойдет [3]. Требования водопользования в перспективе могут претерпеть существенные изменения. Естественно, что производить оценку водопользования следует с возможно более полным учетом этих изменений, которые обусловлены двумя причинами: развитием экономики и качественными изменениями в технике и технологии водопользования. При этом если развитие экономики можно учесть с введением соответствующих поправок, то изменения техники и технологии водопотребления, их качественной характеристики установить значительно труднее, и поэтому в работах последних лет делается попытка такого прогноза путем установления возможно-го изменения удельного водопотребления.

ВХБ составляют и анализируют по подземным и поверхностным водам раздельно.

Составление ВХБ по подземным водам заключается в сопоставлении обеспечения за счет ресурсов, доступных для использования на данном расчетном уровне.

Для положительного баланса необходимо, чтобы

$$W - Q_{\text{подз}} > 0, \quad (1)$$

где W — эксплуатационные запасы или естественные ресурсы подземных вод, доступные для использования в рассматриваемом районе; $Q_{\text{подз}}$ — суммарный отбор подземных вод в районе, намеченном на данном расчетном уровне.

Строго говоря, до настоящего времени у специалистов - водохозяйственников не существует единого мнения о том, как следует учитывать ресурсы подземных вод при составлении перспективных балансов территорий. Вопрос этот достаточно сложен, и в разных природных и хозяйственных условиях он, по-видимому, должен решаться по-разному.

Прежде всего, представляется несомненным, что при оценке водных ресурсов какой-либо территории должны учитываться **эксплуатационные ресурсы** подземных вод, т.е. тот их расход, который может быть получен в рассматриваемом районе рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями в течение неограниченно долгого времени или фиксированного срока эксплуатации при сохранении кондиционного качества воды. То обстоятельство, что в определении понятия «эксплуатационные ресурсы подземных вод» входит условие рациональных в технико-экономическом отношении водозаборных сооружений, делает саму величину эксплуатационных ресурсов переменной и зависимой от современного состояния техники и экономики. Это означает, что по мере развития техники, например, создания насосов с большой высотой подъема и экономичностью величина эксплуатационных ресурсов, когда природные условия позволяют увеличивать понижение уровня, может со временем возрастать. Эксплуатационный отбор подземных вод, в подавляющем большинстве своем прямо или косвенно гидравлически связанных с речными водами, неизбежно вызовет те или иные изменения поверхностного стока. Как правило, длительная эксплуатация подземных вод приводит к сокращению поверхностного стока. Такое сокращение может быть вызвано как фильтрацией речных вод в направлении к водозаборами, так и уменьшением питания реки за счет выклинивания подземных вод, перехватываемых водозаборами.

В пределе, т.е. спустя весьма длительное время, в условиях, когда обратный сброс использованных подземных вод осуществляется за пределы рассматриваемой территории, величина сокращения может прибли-

жаться к величине эксплуатационного отбора подземных вод. Существование этой возможности определило неверный, но, к сожалению, ставший традиционным подход к учету ресурсов подземных вод при составлении водохозяйственных балансов. Считается, что в качестве приходной статьи баланса следует рассматривать ресурсы пресных подземных вод лишь тех водоносных горизонтов, которые не имеют ни прямой, ни косвенной гидравлической связи с реками, а стекают за пределы рассматриваемой территории. Такой подход неверен прежде всего по той причине, что сокращение поверхностного стока при эксплуатации подземных вод сказывается не сразу, а постепенно, и растягивается на годы, десятки, иногда на сотни лет.

Таким образом, можно считать, что к приходной части водохозяйственного баланса, помимо ресурсов поверхностного стока, следует относить эксплуатационные ресурсы подземных вод за вычетом вызванного их отбором сокращения поверхностного стока.

Подземные воды вследствие лучшей (по сравнению с поверхностными) защищенности от загрязнения и меньшей подверженности сезонным и многолетним колебаниям должны использоваться преимущественно для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Это положение предусмотрено и действующим в СССР водным законодательством. Однако в ряде случаев, когда эксплуатационные ресурсы их намного превышают перспективную потребность рассматриваемой территории в воде для хозяйственно-питьевых нужд, подземные воды могут быть использованы и для других нужд, в том числе и для орошения земель.

В случае отрицательного баланса подземных вод рассматривают возможности компенсации недостающего объема их за счет увеличения забора поверхностных вод, а в некоторых случаях искусственного восполнения и обогащения подземных вод. ВХБ по подземным водам составляют обычно для года.

ВХБ по поверхностным водам составляют по каждому району (участку) в годовом размере для 50% - ной обеспеченности, а также за год, сезон и месяц для среднезасушливых (75, 80, 85%) и острозасушливых (95%) лет при заданных уровнях развития народного хозяйства.

Уравнение водохозяйственного баланса по поверхностным водам за каждый интервал времени на данном участке имеет следующий вид:

$$B = W_B + \Delta W - W_6 - W_T \pm \Delta V, \quad (2)$$

где W_B — сток, поступающий в рассматриваемый район (участок) с других районов (участков) и территорий; ΔW — сток, формирующийся в районе (участке); W_6 — безвозвратное потребление поверхностных вод в районе (участке).

Эта составляющая определяется в свою очередь следующим соотношением:

$$W_6 = Q_p + \Delta Q_p - q_{\text{повт}}, \quad (3)$$

где Q_p — суммарный отбор речных вод в районе (участке) для нужд тех водопотребителей, которых намечается обеспечить за счет поверхностных вод, а также для подачи в другие районы (участки); ΔQ_p — сокращение речного стока за счет отбора подземных вод; $q_{\text{повт}}$ — промышленные, коммунально-бытовые, дренажные и другие сточные воды, которые поступают в речную сеть в районе (участке) и могут быть использованы повторно. W_T — требуемый транзитный сток (попуск) в замыкающем район (участок) створе в интересах водопользователей; ΔV — наполнение (—) или сработка (+) водохранилищ, расположенных в данном районе (участке); B — итог водохозяйственного баланса.

Ресурсы поверхностных вод учитывают по данным, естественным, не искаженным хозяйственной деятельностью человека. Приходная часть

ВХБ представляется естественными водными ресурсами.

Правильная оценка особенностей колебаний годовых величин стока и внутригодового распределения его в естественных условиях формирования возможна лишь на основе гидрологического материала, охватывающего как можно более длительные многолетние ряды статистических данных о стоке в рассматриваемых проектных створах. Получение такого материала по многим бассейнам невозможно без выполнения трудоемких работ по ретрансформации гидрометрических данных для восстановления естественных величин речного стока, изменившихся в результате использования воды в хозяйственных интересах (регулирование внутригодового режима стока в интересах водопотребителей и водопользователей, изъятие больших объемов воды для орошения и т.д.).

Масштабы влияния хозяйственной деятельности на сток в разных речных бассейнах Армянской ССР определяются особенностями развития водоемких производств, однако общей тенденцией для всех бассейнов является неуклонно возрастающее изменение режима и размеров стока в сравнении с естественными природными характеристиками.

Данные о хозяйственном использовании речного стока из-за отсутствия непосредственных измерений оцениваются на основе выработанных практикой водохозяйственных расчетов.

Практически относительно лучшие результаты восстановления естественного речного стока достигаются при выполнении расчетов по оценке хозяйственной деятельности в водоснабжении населения, городском коммунальном хозяйстве, промышленности и теплоэнергетике, сельскохозяйственном водоснабжении и в орошаемой земледелии применительно к безвозвратному водопотреблению. При этом особое внимание должно уделяться орошаемой земледелию, в котором безвозвратное водопотребление наиболее значительно. В целом по республике они составляют свыше 60 — 70% суммарного безвозвратного водопотребления всего водохозяйственного комплекса (ВХК).

Оценка безвозвратных затрат воды указанными водопотребителями выполняется на основе имеющихся нормативных данных по каждой отрасли в отдельности.

Потери воды на испарение с поверхности водохранилищ и рыбоводных объектов производится на основе принятых для данной территории расчетных формул, учитывающих климатические условия и размеры водной поверхности водохранилищ и рыбоводных прудов. При этом следует иметь в виду, что потери воды на испарение принимаются как разность между величинами испарения с созданной водной поверхности и испарения с естественной (бывшей) поверхности. Регулирование речного стока водохранилищами учитывается на основе материалов эксплуатации гидроузлов. В период наполнения водохранилищ наблюдается значительное снижение речного стока, при сработке водохранилищ дотации к естественному стоку могут охватывать длительный осенне—зимний период.

Технически восстановление естественных величин речного стока может выполняться по следующему уравнению:

$$W_{\text{ест}} = W_{\text{набл}} + W_{\text{вод}} + W_{\text{ор}} \pm W_{\text{ис}} + W_{\text{мерт}} \pm W_{\text{вдх}}, \quad (4)$$

где $W_{\text{ест}}$ и $W_{\text{набл}}$ — объемы, естественный и полученный по гидрометрическим данным за рассматриваемый отрезок времени (год, месяц); $W_{\text{вод}}$ и $W_{\text{ор}}$ — объемы безвозвратного водопотребления за те же отрезки времени для водоснабжения (населения, городского коммунального хозяйства, промышленности, теплоэнергетики, сельскохозяйственного водоснабжения) и орошения сельскохозяйственных земель; $W_{\text{ис}}$ — объем потерь воды речного стока на дополнительное испарение с поверхности действующих водохранилищ и других водоемов (со знаком минус при

конденсации влаги); $W_{\text{мерт}}$ — объем потерь воды на заполнение мертвого объема в водохранилищах; $W_{\text{вдх}}$ — суммарный за данный отрезок времени объем изъятия речного стока (+) или пополнения его (—) в процессе эксплуатации водохранилищ и других водоемов.

Безвозвратное водопотребление оценивается как разница между забором воды и сбросом возвратной части ее. При отсутствии данных о водоотведении безвозвратное водопотребление оценивается в долях от водозабора.

Изложенная выше схема восстановления естественного режима речного стока, измененного под хозяйственной деятельностью человека, представляет собой практическое упрощенное решение задачи в условиях недостаточной теоретической разработки ее и отсутствия учета использования речного стока многочисленными водопотребителями. Особенно сложным является механизм безвозвратных потерь стока разными водопотребителями в сложных гидрологических и конкретно складывающихся погодных условиях. Для такого случая методика восстановления естественного стока по существу находится на стадии ее становления.

При определении приходной части ВХБ поверхностного стока не все замыкающие створы водохозяйственных районов точно совпадают со створами гидрометрических наблюдений. Часто гидрометрические створы расположены выше замыкающих створов. В таком случае данные наблюдений переносятся в замыкающий створ:

1. Если расстояние между створами невелико и на участке нет боковой приточности, то можно считать, что сток в замыкающем створе практически тот же, что и в гидрометрическом створе; 2. Если на участке между створами впадает значительный приток, то сток этого притока учитывается с тем или иным знаком; 3. В некоторых случаях перенос осуществляется с использованием модуля стока.

При составлении ВХБ возможны различные соотношения между его расходной и приходной частями, а именно: водные ресурсы достаточны, и их распределение во всех частях территории обеспечивает покрытие графиков водопотребления с учетом необходимых транзитных пусков, т.е. $B > 0$.

При $B < 0$ абсолютные значения баланса численно характеризуют величину дефицита воды на участке (районе), который подлежит устранению путем проведения мероприятий по регулированию и перераспределению стока.

При отрицательном балансе для года 95%-ной обеспеченности вводят ограничения на подачу воды потребителям, расчетная обеспеченность которых меньше 95%.

В этом случае W_6 и W_T вычисляют по формуле

$$W_6 = K_1 Q_p + \Delta Q_p - K_2 q_{\text{повт}}, \quad (5)$$

$$W_T = K_3 T,$$

где K_1, K_2, K_3 — понижающие коэффициенты, равные $0,8 \div 1,0$.

В засушливый 95%-ной обеспеченности год должны полностью удовлетворяться потребности хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и сохраняться минимальные санитарные расходы вдоль водотоков. Ограничения можно вводить для орошения, промышленности, гидроэнергетики, рыбного хозяйства. При этом необходимо определить ущерб от недопдачи воды какой-либо отрасли, а также экономически обосновать затраты по ликвидации дефицитов воды.

В конце отметим, что сопоставление суммарной потребности народного хозяйства Арм.ССР в воде с ресурсами речного стока [2] показывает, что в целом по республике на современном этапе имеющиеся водные ресурсы незначительно превышают безвозвратное водопотребление с

учетом сохранения в реках минимального стока, необходимого для обеспечения требований охраны водных ресурсов, поднятия уровня оз. Севан, запросов рыбного хозяйства, а также удовлетворения нужд Азерб.ССР выделением некоторой части речного стока из ресурсов рр. Агстев, Арпа, Воротан, Вохчи. К середине 90-х годов потребность и водные ресурсы почти уравниваются, а к концу текущего столетия потребность превысит водные ресурсы почти на 35%. В этом случае основным условием сведения водохозяйственного баланса станет всемерная экономия водных ресурсов, резкое увеличение объема очистки и использования сточных вод, перевод промышленности на неводоемкую технологию, обратное и повторно-последовательное водоснабжение, поиск новых источников подземных вод, не связанных с речным стоком. Напряженный водохозяйственный баланс республики подсказывает, что настало время постановки вопроса о разыскании возможностей переброски некоторых водных ресурсов из других регионов СССР в Армению, в частности, из Западного Закавказья, где имеется значительный избыток этих ресурсов, использование которых для местных условий ни в настоящее, ни в отдаленное время не может вызвать сколько-нибудь угрозы возникновения дефицита воды. Отметим, что в этом районе в настоящее время используется всего лишь 5-7% водных ресурсов. Сказать также надо и о том, что если во многих районах Закавказья, а в Армении — везде основная водохозяйственная проблема — острый дефицит воды, то в Западном Закавказье — быстрее удаление выпавших осадков, осушение болот [4].

В этих условиях переброска некоторых запасов вод из Западного в Восточное Закавказье — веление времени. Необходимо также решать вопрос об оставлении для нужд Арм.ССР всех вод, формирующихся на ее территории.

Кафедра картографии и гидрометеорологии

Поступила 13.09.1988

ЛИТЕРАТУРА

1. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Принципы и методы составления водохозяйственных балансов. — Тр. ин-та Гидропроект, М., 1963.
2. Турчинович В.Т. Методика составления водохозяйственного баланса. — В кн.: Исследование поверхностного и подземного стока. М., 1967, с.26-81.
3. Методическое руководство по составлению водохозяйственных балансов и ведению водного кадастра. — СЭВ: Совещание руководителей водохозяйственных органов стран — членов СЭВ, М., 1981.
4. Мусаелян С.М. О некоторых проблемах водообеспечения Арм.ССР. — Уч. зап. ЕГУ, 1986, №3 (163), с.137.

Ամփոփում

Հողվածում խնդիր է դրվում մշակել ժամանակակից և հեռանկարային ջրատրնսպորտային հաշվեկշիռներ կազմելու մեթոդական հարցեր և ցույց տալու նրանց կիրառումը կոնկրետ ՀԽՍՀ-ի օրինակով: Այդ հաշվեկշիռները հիմք են ծառայում վարչական շրջանների, առանձին ռեգիոնների և այլ վարչական տարածքների համար ջրապահովման չափանիշներ կազմելու և նրանց իրագործման միջոցառումներ մշակելու համար:

Ջրատնտեսական հաշվեկշիռի հիմնական նպատակը երեք կարևորագույն հարցերի լուծումն է:

ա) ջրային ռեսուրսների գնահատումը (մուտքային մաս),
բ) ջրապահանջի որոշումը (ելքային մաս),
գ) այդ մասերի բաղդատումը, առաջացող անհամամասնությունների համաձայնեցումը, ջրատնտեսական պրոբլեմների լուծման ուղիների բացահայտումը, ջրապահանջի ոչ լրիվ բավարարման դեպքում առաջացող տնտեսական վնասի որոշումը և նրա փոխհատուցումը:

Սշակվել են ջրային ռեսուրսների գնահատման մեթոդական հարցեր, ռեսուրսների պակասորդի դեպքում անհրաժեշտ տեխնիկական, սոցիալտնտեսական և այլ միջոցառումներ, որոնք ընդունակ են մեղմացնելու լարված ջրատնտեսական հաշվեկշիռը: Դա լուսաբանված է Հայկական ԽՍՀ-ի օրինակով:

SUMMARY

Methods of compiling the water-economic balance for present and perspective time periods have been developed in the paper. The basic aim of the water-economic balance is the solution of the following three problems, which are of a great importance: a) Estimate of the water resources (coming part) b) Decision of water supply (part of expenses) c) Proposals for regulation