

Синельников

ISSN 0204-2495

ISSN 0207-673X

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР
НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ
ИНФОРМАЦИИ**

**КОМИТЕТ ПО СИСТЕМНОМУ
АНАЛИЗУ ПРИ ПРЕЗИДИУМЕ
АН СССР**

**П Р И Р О Д Н Ы Е Р Е С У Р С Ы
И О К Р У Ж А Ю Щ А Я С Р Е Д А
№ 18**

ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Выпуск 57

МОСКВА

1987

И
Л
И
И
И

О
Г
У
К
У
Г
Г

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СБОРНИКА "ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ"

Главный редактор акад. Д.М. Гвишиани.

Члены редколлегии: акад. А.Г. Аганбегян, И. Бобрек, А.Н. Быков, акад. Е.П. Велихов, акад. С.В. Емельянов, канд. техн. наук А.М. Костин (отв. секретарь), д-р экон. наук, проф. Б.З. Мильнер, акад. Е.Н. Мишустин, проф. Ю.В. Новожилов, канд. экон. наук Р.Е. Оганов (отв. секретарь), канд. ист. наук Э. Палиньски, канд. геогр. наук В.А. Полушкин, д-р экон. наук В.А. Прокудин, акад. М.А. Стырикович, чл.-кор. АН СССР Л.Н. Сумароков (зам. главного редактора), акад. ВАСХНИЛ В.А. Тихонов, проф. Г.Н. Фомин, акад. А.Л. Яншин.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ "ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА"

Главный редактор акад. А.Л. Яншин.

Члены редколлегии: д-р экон. наук А.А. Арбатов (зам. главного редактора), канд. геогр. наук А.М. Грин, В.А. Климашевский, канд. техн. наук А.М. Костин (отв. секретарь), чл.-кор. АН СССР Н.П. Лавров, д-р экон. наук, проф. М.Я. Лемешев, канд. геол.-минерал. наук Г.П. Лузин, канд. геол.-минерал. наук Г.А. Мирлин, А.С. Науменко, д-р филос. наук И.Б. Новик, канд. геогр. наук А.Ю. Ретеюм, канд. биол. наук Г.Н. Ржанова, канд. геол.-минерал. наук А.А. Ситнин, канд. ист. наук Г.С. Хозин, канд. экон. наук А.Ф. Шакай (отв. секретарь).

В работе над выпуском принимала участие В.Л. Кириллина.

Канд. экон. наук А.А. Голуб,
канд. техн. наук С.Г. Синельников,
канд. экон. наук Е.П. Ушаков (СССР)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Ключевые слова: водные ресурсы, рациональное использование, охрана, воспроизводство, водохозяйственный баланс, моделирование

Рационализация использования водных ресурсов неразрывно связана с процессом интенсификации экономики на современном этапе развития. Вода является важнейшим производственным ресурсом многоцелевого назначения и в то же время выступает как один из основных природных факторов, формирующих среду обитания и условия жизнедеятельности человека (общества). Именно в этом аспекте будут рассмотрены водные ресурсы в настоящей работе.

Большое значение для совершенствования водопользования в условиях интенсификации общественного производства имеет разработка наиболее адекватной системы экономических оценок водных ресурсов, позволяющая определять оптимальные масштабы и структуру водохозяйственных и водоохраных мероприятий на стадии планово-проектных решений и параметры экономического стимулирования хозяйственных объектов по сокращению водопотребления и водоотведения в режиме их функционирования. В экономической литературе на протяжении последних двадцати лет активно разрабатывается концепция экономической оценки водных ресурсов, ориентированная на исчисление замыкающих затрат [1-5]. Этот подход лежит в основе соответствующего раздела "Методики экономической оценки важнейших видов природных ресурсов" [3], являющейся определенным этапом разработки методологических принципов оценки воды и их использования в хозяйственной практике. Однако названная методика охватывает пока неполный круг вопросов, связанных с водооценочными работами и организацией механизма функционирования водохозяйственного комплекса в современных условиях интенсификации общественного произ-

водства, и поэтому требует дальнейшего развития. Сформулированные в методике принципиальные положения являются исходной предпосылкой дальнейших разработок проблемы определения экономической оценки воды. Прежде чем перейти к подробному рассмотрению исследуемого вопроса, сформулируем принципиальные направления в использовании водных ресурсов в обозримой перспективе.

Интенсификация использования водных ресурсов на базе научно-технического прогресса — магистральный путь их вовлечения в производственный оборот. С учетом реальных научно-технических достижений в области совершенствования использования водных ресурсов в обозримой перспективе целесообразно выделить два возможных направления решения проблемы водообеспеченности народного хозяйства при преимущественном развитии первого:

1) рациональное использование, охрана и воспроизводство водных ресурсов;

2) увеличение располагаемых водных ресурсов.

Первое направление предполагает широкое и ускоренное развитие мероприятий по снижению потребностей в воде и сброса загрязнений в водоемы в отраслях народного хозяйства и совершенствование территориальной структуры развития водоемких производств в дефицитных по водным ресурсам районах. В промышленности должно получить максимальное развитие оборотное и повторное водоснабжение и совершенствование технологических схем водопотребления и водоподачи (маловодная и безводная технологии, воздушные методы охлаждения агрегатов и механизмов). Все это позволит в промышленном производстве существенно сократить забор свежей воды из водных источников, уменьшить безвозвратное водопотребление и сброс сточных вод. В сельскохозяйственном производстве целесообразно провести коренную реконструкцию оросительных систем, что позволит значительно сократить фильтрационные потери воды при ее транспортировке; необходимо совершенствовать технику и технологию полива. Широкое развитие должны получить мероприятия по экономии воды (снижению потерь) и в непромышленной сфере.

Направление на увеличение располагаемых водных ресурсов характеризуется дальнейшим развитием мощностей водного хозяйства и предполагает реализацию водохозяйственных мероприятий по дальнейшему регулированию речного стока, внутрибассейновым и межбассейновым переброскам стока, широкому использованию подземных вод и др.

Масштабы и структура мероприятий всех видов по двум указанным направлениям решения проблемы водообеспечения народного хозяйства должны определяться исходя из единого народнохозяйственного критерия экономической

эффективности с учетом возможных социальных и экономических последствий их реализации.

Водные ресурсы обладают ограниченной природной мобильностью. Они могут более или менее свободно перераспределяться лишь в рамках взаимосвязанной гидрофизической системы. Поэтому степень дефицитности воды и соответствующий уровень потребности в ней дифференцируется в территориальном аспекте, что предопределяет общественно оправданный предел затрат на водообеспечение по районам [6], то есть районные замыкающие (предельные, приростные, дополнительные) затраты на воду. Необходимость установления районных, а не единых замыкающих затрат возникает, как известно, при оценке ресурсов в тех случаях, когда межрайонная рента по местоположению играет большую роль, чем межрайонная рента, обусловленная качеством ресурса (иммобильность водных ресурсов в территориальном аспекте) [7, с. 101]. Таким образом, с водооценочными работами неразрывно связано водохозяйственное районирование. Исходя из вышесформулированных направлений решения проблемы водообеспеченности народного хозяйства при рассмотрении вопроса формирования системы экономических оценок воды в настоящей работе приоритетное место отводится первому направлению, но не исключаются также возможности эксплуатации, совершенствования и развития водохозяйственных мероприятий по увеличению располагаемого стока на региональном (локальном) уровне.

Из второго направления увеличения располагаемых водных ресурсов особо следует выделить крупномасштабные мероприятия по территориальному перераспределению стока. В отличие от них проведение водохозяйственных мероприятий (интенсивных или экстенсивных) на локальном уровне, как правило, требует меньших удельных затрат и позволяет быстрее получить необходимый эффект, чем осуществление крупномасштабных (экстенсивных) мероприятий. Современный хозяйственный механизм пока в должной мере не ориентирует производственные объекты на внедрение достижений научно-технического прогресса, всемерную экономию производственных ресурсов [8, с. 8-12]. В этих условиях организация и осуществление крупных водохозяйственных проектов выглядят более привлекательными, чем проведение в децентрализованном порядке прогрессивных водохозяйственных мероприятий, существенно меньших по масштабам.

С позиции системного анализа обоснование долгосрочного плана водопользования требует тщательного учета всех последствий его осуществления: экономических, экологических, социальных. Если в рамках разработки плана

локальных водохозяйственных мероприятий имеется возможность реализовать в достаточной мере подобный учет, то обоснование реализации крупных долговременных водохозяйственных мероприятий становится весьма проблематичным в связи с высокой неопределенностью прогноза вышеуказанных последствий.

В настоящей работе рассматриваются оценки водохозяйственных мероприятий, служащие для обоснования выбора плано-проектных решений лишь с экономической точки зрения. При создании системы экономических оценок водных ресурсов следует принимать во внимание возможность неустойчивости ее параметров относительно результатов реализации оценки важных мероприятий. Исходя из этого, здесь важно подчеркнуть, что экономические оценки водных ресурсов, основанные на исчислении замыкающих затрат, неприменимы при выборе крупных водохозяйственных проектов, поскольку параметры плана водопользования и, соответственно, оценки воды могут существенно зависеть от последствий анализируемого проекта.

В современных условиях интенсификации общественного производства, характеризующихся необходимостью активного внедрения в хозяйственную практику достижений научно-технического прогресса, требуется определение системы экономических оценок водных ресурсов на основе оптимизации планирования водохозяйственной деятельности.

Разработка оптимального плана использования водных ресурсов или составление оптимального водохозяйственного баланса предполагает анализ и сравнение всех альтернатив по удовлетворению потребностей в воде, включающих в себя экстенсивные и интенсивные мероприятия. Под экстенсивными понимаются мероприятия, направленные на наращивание объема водообеспечения, связанные с приходной частью водохозяйственного баланса. Под интенсивными - мероприятия по сокращению потребностей в водных ресурсах, уменьшающие расходную часть водохозяйственного баланса.

В литературе при изучении вопросов разработки водохозяйственных балансов анализируются в основном мероприятия, влияющие на его приходную часть, в результате чего практически не учитывается интенсивное водообеспечение. Если до недавнего времени такое положение было в определенной степени оправдано, то современный этап развития общественного производства требует коренного увеличения доли интенсивных мероприятий в планах водообеспечения различных районов.

Экстенсивные водохозяйственные мероприятия являются по своей сути ограниченными (во времени и в простран-

ве). Последовательное их наращивание связано со скачкообразным ростом затрат. В оптимальном плане водопользования, содержащем экстенсивные мероприятия, по реализации которых функция предельных затрат имеет точки разрыва, предельный народнохозяйственный эффект может превышать предельные затраты. Поэтому в большинстве случаев увеличение располагаемых водных ресурсов ограничено некоторым объемом, превышение которого экономически нецелесообразно, так как при этом дополнительные затраты в результате скачкообразного изменения сразу перекрывают приростной народнохозяйственный эффект. Такая ситуация имеет место при строительстве крупных гидросооружений, при переходе от водорегулирования к территориальному перераспределению стока и т.д.

В отличие от этого затраты на осуществление интенсивных мероприятий по удовлетворению потребностей в воде изменяются в достаточной мере непрерывно. Эти мероприятия позволяют преодолевать ограниченность удовлетворения потребностей в воде в тех случаях, когда наращивание располагаемого объема водных ресурсов нерационально. Поэтому общественно допустимый предел затрат на водохозяйственные мероприятия, равный предельному эффекту в сфере потребления воды, в этих случаях определяется предельными затратами интенсивных мероприятий. Из сказанного вовсе не следует, что план водопользования должен включать только интенсивные мероприятия. Здесь речь идет о том, что следует отказаться лишь от методов определения замыкающих затрат на воду, априорно предлагающих высокую экономическую эффективность экстенсивных мероприятий водообеспечения. Только в процессе оптимизации плана должно определяться включение в него тех или иных способов водообеспечения.

Рассмотрим подробнее соотношение интенсивных и экстенсивных способов водообеспечения. Объем располагаемых водных ресурсов определяется физическими размерами стока и мероприятиями по водорегулированию, которые позволяют варьировать его величину*.

Рациональный объем располагаемых водных ресурсов определяется достижением равенства предельных затрат по водорегулированию предельного эффекта от потребления воды за вычетом из него затрат по водозабору, водоотведению и водоподготовке. В результате мероприятий по водорегулированию объем располагаемых водных ресурсов может быть доведен до оптимального уровня, характеризующе-

*В данном случае имеется в виду бассейн реки, не связанный с системой водоподдачи с другими районами.

го экономически ограниченный объем производства и потребления воды. Поэтому физическая ограниченность водных ресурсов как таковая не имеет самостоятельного значения, точно так же как в общем случае определение степени ограниченности любого производственного ресурса осуществляется исходя из соотношения затрат и результатов вовлечения ресурса в сферу хозяйственной деятельности.

В основе общепризнанной концепции экономической оценки водных ресурсов лежат следующие положения:

- оценка водных ресурсов является дифференцированной по районам;
- критерием выделения водохозяйственных районов служит полное использование располагаемых водных ресурсов за вычетом санитарного попуска;
- районные замыкающие оценки воды определяются приростными затратами на увеличение объема располагаемых водных ресурсов.

Построенные на указанных принципах оценки обладают следующими свойствами:

1. Замыкающие затраты на воду в районах, расположенных ниже по течению реки меньше, чем в вышерасположенных. Это объясняется тем, что водные ресурсы на участке речной системы могут получать полное использование (то есть выделяется обособленный район), если замыкающие затраты на воду на данном участке больше, чем на расположенном ниже по течению. Если же на нижерасположенном участке замыкающие затраты выше, то их величина определяет замыкающие затраты на воду и на выше расположенном, то есть оба участка объединяются в один водохозяйственный район. Полное использование водных ресурсов на вышерасположенном участке (участки разделены критическим створом) может наблюдаться в двух случаях. Во-первых, при естественном увеличении объема располагаемых водных ресурсов на втором участке, например, за счет впадения в реку притока. Во-вторых, когда на нижерасположенном участке меньше предельный народнохозяйственный эффект от использования воды. И в том и в другом случае замыкающие затраты на втором участке ниже, чем на первом.

При переброске водных ресурсов из одного бассейна в другой возникают группы взаимосвязанных районов с единым водохозяйственным балансом.

2. В районах, связанных между собой переброской воды, замыкающие оценки различаются на величину затрат на транспорт с учетом стоимости потерь.

Воспользуемся математическим аппаратом моделирования для определения основных параметров оптимального водохозяйственного баланса. Целью построения моделей

определения замыкающих затрат на воду является получение оценок, агрегированных в масштабе района. Это означает, что в состав мероприятий по водообеспечению, учитываемых в модели, следует включать мероприятия по увеличению объема располагаемых водных ресурсов, обеспечению требуемого качества воды в источниках, а также централизованно осуществляемые мероприятия по отведению и подготовке воды. Среди мероприятий по доведению воды до потребителя можно отдельно выделить подачу воды в водохранилища, служащие промежуточным звеном на трассе транспортировки воды конкретному потребителю, в систему каналов, водопроводную сеть и т.п.

Перечисленные мероприятия по водообеспечению разделим, во-первых, на водорегулирование и другие способы увеличения объема располагаемых водных ресурсов и, во-вторых, на воспроизводство. В состав мероприятий по производству воды не входят те из них, которые вызваны специфическими особенностями конкретных водопотребителей (местоположение, требования к качеству). Поэтому можно считать, что рассматриваемые мероприятия по увеличению объема располагаемых водных ресурсов и по воспроизводству обеспечивают формирование единой приходной части районного водохозяйственного баланса, ресурсы которой совместно используют "обезличенные" потребители воды.

Необходимость рассмотрения при формировании оценок замыкающих затрат на воду наряду с мероприятиями по наращиванию объема располагаемых водных ресурсов мероприятий по водопроизводству (обеспечение требуемого качества воды, подача воды в водохранилища, системы распределения воды потребителям - каналы, водопроводные сети, водоотведение) обусловлено тем, что в настоящее время имеется широкая сеть предприятий, осуществляющих в централизованном порядке указанные мероприятия. Результаты их деятельности, с одной стороны, требуют значительных затрат, что не может игнорироваться, а с другой стороны, предстают в виде общих ресурсов, то есть используются многими потребителями воды, что позволяет исчислять соответствующие замыкающие затраты.

Полученные на основе таких предположений замыкающие затраты на воду могут использоваться в экономических расчетах как непосредственно, так и в качестве базы при определении полных народнохозяйственных затрат по конкретному мероприятию, путем их корректировки, если условия водообеспечения или требования к качеству воды существенно отличаются от усредненных.

При моделировании развития и функционирования водного хозяйства, таким образом, необходимо рассмотрение в явном виде интенсивных мероприятий по удовлетворению

потребностей народного хозяйства в водных ресурсах, по борьбе с непроизводительными потерями воды, затратам на водоподачу, водоотведение и обеспечение необходимого качества водных ресурсов, осуществляемых централизованно.

Рассмотрим два водохозяйственных участка в речной системе, которые могут объединяться в один водохозяйственный район или образовывать отдельные районы. Предположим, что первый участок находится выше по течению реки, чем второй. Пусть $Q_1(K_1, L_1)$, $Q_2(K_2, L_2)$ - народнохозяйственный эффект от производства в отраслях водопользования региона в зависимости от величины затрат материально-трудовых ресурсов в стоимостном выражении K_1, K_2 и объема потребления воды L_1, L_2 в первом и втором районах. $F_1(V_1)$, $F_2(V_2)$ - затраты по производству и доведению воды до конечного потребителя в первом и втором районах. $Z_1(M_1)$, $Z_2(M_2)$ - затраты, связанные с уменьшением потерь воды при ее производстве до объема M_1, M_2 в первом и втором районах*. \hat{V}_1^0, \hat{V}_2^0 - объем естественного речного стока в первом и втором районах. $\hat{V}_1(N_1)$, $\hat{V}_2(N_2)$ - дополнительный объем располагаемых водных ресурсов, полученных в результате осуществления мероприятий по водорегулированию в первом и втором районах, требующих затрат N_1, N_2 соответственно.

Модель имеет следующий вид:

$$\{Q_1(K_1, L_1) + Q_2(K_2, L_2) - K_1 - K_2 - N_1 - N_2 - F_1(V_1) - F_2(V_2) - Z_1(M_1) - Z_2(M_2)\} \rightarrow \max$$

$$L_1 \leq V_1 - M_1 \quad (1)$$

$$L_2 \leq V_2 - M_2 \quad (2)$$

$$V_1 \leq \hat{V}_1^0 + \hat{V}_1(N_1) \quad (3)$$

$$V_1 + V_2 \leq \hat{V}_1^0 + \hat{V}_2^0 + \hat{V}_1(N_1) + \hat{V}_2(N_2) \quad (4)$$

*Мероприятия по экономии воды могут осуществляться на различных последовательных стадиях водопроизводства, однако для удобства описания будем предполагать, что основная масса потерь имеет место на заключительных стадиях.

При этом все переменные должны быть неотрицательны. Рассматриваемая модель позволяет определить замыкающие затраты и оценку ограниченности водных ресурсов для двух водохозяйственных участков и установить принципы водохозяйственного районирования.

Первый случай, согласно модели, предполагает наличие двух водохозяйственных участков, которые представляют собой изолированные районы в отношении производства и использования воды (результаты водохозяйственных мероприятий, проводимых на данном участке, не сказываются за его пределами). Это может наблюдаться в двух случаях:

1. Водная система первого участка не связана с системой второго участка, за исключением санитарного выпуска, то есть между участками на реке имеет место критический створ. Водные ресурсы в данном случае получают полное использование на верхнем участке, где экономически целесообразно сокращение потребления воды для его наращивания на нижнем.

2. На обоих участках достигается равенство предельных затрат водопроизводства и предельного эффекта от водопотребления, то есть объем располагаемых водных ресурсов не лимитирует производство и потребление воды.

В этом случае изолированность имеет место в силу избыточности водных ресурсов. Наращивание воспроизводства и водопотребления на одном участке не противоречит их увеличению на другом. Если критерием выделения районов является полное использование располагаемых водных ресурсов, то из рассмотрения выпадает последняя ситуация, которая встречается в районах, в достаточной мере обеспеченных водой.

Рассмотрим более подробно оба случая. Первый из них характеризуется тем, что ограничение (3) выполняется как равенство*. Таким образом, $\lambda_3 > 0$, а $\lambda_4 \geq 0$. Оценки ограниченности водных ресурсов в первом и втором районах

$$\text{равны соответственно } \frac{\partial Q_1}{\partial L_1} - \frac{\partial F_1}{\partial V_1} = \lambda_3 + \lambda_4; \quad \frac{\partial Q_2}{\partial L_2} - \frac{\partial F_2}{\partial V_2} = \lambda_4,$$

то есть оценка ограниченности воды в первом районе больше, чем во втором. Если второй район является водоизбыточным, то есть $\lambda_4 = 0$, то оценка ограниченности воды в первом районе равна λ_3 , а во втором районе вода не является

лимитирующим ресурсом и $\frac{\partial Q_2}{\partial L_2} = \frac{\partial F_2}{\partial V_2}$.

* Обозначим двойственную оценку i -го ограничения λ_i , $i=1, \dots, 4$.

Замыкающие затраты на воду в районах равны сумме замыкающих затрат на производство воды и замыкающих затрат на водорегулирование:

$$\lambda_1 = \frac{\partial Q}{\partial L_1} = \frac{\partial F}{\partial V_1} + \lambda_3 + \lambda_4 = \frac{\partial F}{\partial V_1} + \frac{\partial N}{\partial \hat{V}_1},$$

$$\lambda_2 = \frac{\partial Q}{\partial L_2} = \frac{\partial F}{\partial V_2} + \lambda_4 = \frac{\partial F}{\partial V_2} + \frac{\partial N}{\partial \hat{V}_2}.$$

Такое исчисление замыкающих затрат на воду ориентировано на конечное потребление, и последнее определяют оценку воды при ее потреблении, а не в источнике водных ресурсов. Если при измерении замыкающих затрат на воду ограничиться рассмотрением только мероприятий по водорегулированию, как это сделано в [3], то в ряде случаев вода получает нулевую оценку, которая не отражает всей совокупности общественно необходимых затрат на воду.

Определение таким образом замыкающие затраты на воду в различных районах непосредственно не связаны между собой. Сформулированное в [3] свойство замыкающих затрат, состоящее в том, что последние в нижнем районе должны быть меньше, чем в верхнем, не выполняется. Подобное соотношение справедливо лишь для оценки ограниченности воды и соответственно - для замыкающих затрат по водорегулированию, представляющих собой лишь составную часть замыкающих затрат на воду. Затраты на водозабор, водоподготовку и водоотведение определяются как естественными свойствами, качеством водных ресурсов, так и спецификой конкретных водопотребляющих производств региона, их территориальным размещением, требованиями к качеству воды, мероприятиями по очистке сточных вод и др. Поэтому в общем случае можно утверждать лишь то, что оценка ограниченности воды в первом районе больше, чем во втором. Так как оценка ограниченности воды равна замыкающим затратам на увеличение объема располагаемых водных ресурсов, то

$$\frac{\partial Q}{\partial L_1} - \frac{\partial F}{\partial V_1} = \lambda_3 + \lambda_4 = \frac{\partial N}{\partial \hat{V}_1} > \frac{\partial Q}{\partial L_2} - \frac{\partial F}{\partial V_2} = \lambda_4 = \frac{\partial N}{\partial \hat{V}_2}.$$

Оценка экономической ограниченности воды может не совпадать с предельными затратами на водорегулирование, если функция предельных затрат на увеличение объема располагаемых водных ресурсов разрывна в точке оптимума. Тогда оценка ограниченности воды превышает предельные затраты водорегулирования.

Разница между оценкой экономической ограниченности водных ресурсов и предельными затратами по водорегулированию не может рассматриваться как оценка физической ограниченности воды. Эта разница своим происхождением обязана не специфике водных ресурсов, а особенностям мероприятий по водорегулированию.

Таким образом, при составлении оптимального плана водопользования следует учитывать, что величина располагаемых водных ресурсов является апостериорной по отношению к составлению водохозяйственного баланса и определяется не физическим объемом стока, а экономически оптимальным объемом водообеспечения.

В модели не учитывается в явном виде качество водных ресурсов. Поэтому замыкающие затраты на воду должны быть скорректированы на величину замыкающих затрат на водоподготовку и очистку сточных вод. Даже в рамках одного района с едиными замыкающими затратами на воду может наблюдаться их дифференциация вследствие осуществления водоподготовки и водоохраных мероприятий. Подробнее этот вопрос должен рассматриваться путем уточнения модели исходя из условий конкретного региона.

Замыкающие затраты на снижение потерь воды при ее производстве равны замыкающим затратам на воду

$\frac{\partial Z}{\partial M_1} = -\lambda_1$; $\frac{\partial Z}{\partial M_2} = -\lambda_2$. В оптимальном плане они отличаются от замыкающих затрат по водорегулированию на величину предельных затрат по производству воды:

$$\frac{\partial Z}{\partial M_2} - \frac{\partial N}{\partial \hat{V}_1} = \frac{\partial F}{\partial V_1}; \quad \frac{\partial Z}{\partial M_2} - \frac{\partial N}{\partial \hat{V}_2} = \frac{\partial F}{\partial V_2}.$$

Таким образом, эффект от экономии воды выше, чем от водорегулирования. Это объясняется тем, что экономия воды при ее производстве позволяет сберечь затраты по увеличению объема располагаемых водных ресурсов и по водопроизводству.

Модель позволяет установить эффективность экономии воды в потреблении и замыкающие затраты на проведение водосберегающих мероприятий. Последние равны

$$-\frac{\partial K}{\partial L_1} = \frac{\partial Q}{\partial L_1} / \frac{\partial Q}{\partial K_1}; \quad -\frac{\partial K}{\partial L_2} = \frac{\partial Q}{\partial L_2} / \frac{\partial Q}{\partial K_2}, \text{ то есть пре-}$$

дельной норме замещения водных ресурсов материально-трудовыми. В оптимальном плане достигается равенство замыкающих затрат на воду замыкающим затратам по экономии

$$\text{воды } \lambda_1 = - \frac{\partial K}{\partial L_1}; \lambda_2 = - \frac{\partial K}{\partial L_2}.$$

Во многих работах (например, [1-3]), предполагается, что объем располагаемых водных ресурсов служит жестким ограничением для развития хозяйства, которое является непреодолимым, особенно, если сток зарегулирован.

Как отмечалось выше, такая ситуация может иметь место из-за скачкообразности нарастания предельных затрат при увеличении масштабов экстенсивных мероприятий водообеспечения. Однако включение в водохозяйственный план интенсивных мероприятий по экономии воды, переход на водосберегающие технологии и др. позволяет полностью или частично преодолеть экономическую ограниченность водных ресурсов. При этом отсутствие в плане мероприятий по водорегулированию означает, что вода не является экономически ограниченной, поскольку предельные затраты по последней группе мероприятий определяют нижнюю оценку ограниченности водных ресурсов.

Рассмотрим ситуацию, характеризующуюся тем, что районы являются изолированными, но критического створа нет, так как в первом районе вода не получает полного использования. Таким образом, ограничения (3) и (4) выполняются как строгие неравенства $\lambda_3 = 0; \lambda_4 = 0$.

В работах по водохозяйственному районированию не рассматривается описываемая ситуация, в которой районы являются водоизбыточными, а затраты по водорегулированию не осуществляются. При этом оценка ограниченности водных ресурсов равна нулю, то есть достигается равенство предельных затрат по производству воды предельному эффекту в сфере потребления. Замыкающие затраты на воду определяются предельными затратами на производство воды, а замыкающие затраты по экономии воды в сфере производства и потребления равны замыкающим затратам на воду.

Второй случай предполагает, что водохозяйственные участки представляют собой единый водохозяйственный район, то есть между ними существует экономическая связь по производству и потреблению воды. При этом створ между двумя участками не является критическим и через него кроме санитарного попуска протекает объем воды $\hat{V}_1^0 + \hat{V}_1(N_1) - V_1$.

Осуществление мероприятий по водорегулированию может осуществляться на обоих участках, поскольку наращивание располагаемых водных ресурсов для обеспечения потребностей на втором участке в ряде случаев будет более эффективным за счет мероприятий, проводимых в пер-

вом. Отсутствие критического створа не свидетельствует, как в предыдущем случае, об избыточности воды на верхнем участке. Оценка ограниченности воды на обоих участках совпадает и равна λ_4 . Соответственно совпадают и замыкающие затраты на увеличение объема располагаемых

водных ресурсов $\frac{\partial N}{\partial \hat{V}_2} = \frac{\partial N}{\partial \hat{V}_1} + \lambda_3$, где $\lambda_3 = 0$. В отличие от

этого замыкающие затраты на воду непосредственно не связаны. Они совпадают лишь при тождестве предельных эффектов в потреблении воды на обоих участках. Согласно [3] водохозяйственные участки образуют единый район, если замыкающие затраты на воду второго участка больше, чем первого. В общем случае объединять участки в один район следует, если указанное соотношение выполняется

$$\frac{\partial Q}{\partial L_2} - \frac{\partial F}{\partial V_2} < \frac{\partial Q}{\partial L_1} - \frac{\partial F}{\partial V_1}$$

Тогда в результате объединения участков и составления совместного водохозяйственного баланса оценка ограниченности выравнивается.

В настоящее время определенное распространение получила практика территориального перераспределения стока по магистральным каналам. Наиболее крупными из действующих систем перераспределения водных ресурсов являются Каракумский, Северо-Крымский, Иртыш-Караганда-Джезказган, Аму-Бухарский каналы и десятки других. В связи с этим необходим анализ принципов оценки водных ресурсов для водохозяйственных районов, находящихся в разных водных бассейнах.

Модифицируем описанную выше модель оптимального планирования водопользования и определения замыкающих за-

трат на воду. Кроме обозначений, введенных для предыдущей модели, дополнительно определим следующие:

$F_{1,2}(V_{1,2})$, $F_{2,1}(V_{2,1})$ - затраты на подачу воды из первого района во второй и из второго в первый, объемов воды $V_{1,2}$, $V_{2,1}$ соответственно. $Z_{1,2}(M_{1,2})$, $Z_{2,1}(M_{2,1})$ -

затраты, связанные с уменьшением потерь воды при подаче из первого района во второй и из второго в первый до уровня $M_{1,2}$, $M_{2,1}$ соответственно.

Модель принимает следующий вид:

$$\{Q_1(K_1, L_1) + Q_2(K_2, L_2) - K_1 - K_2 - N_1 - N_2 - F_1(V_1) - F_2(V_2) - Z_{1,1}(M_{1,1}) - Z_{2,2}(M_{2,2}) - F_{1,2}(V_{1,2}) - F_{2,1}(V_{2,1}) - Z_{1,2}(M_{1,2}) - Z_{2,1}(M_{2,1})\} \rightarrow \max$$

$$L_1 \leq V_1 - M_{1,1} \quad (1)$$

$$L_2 \leq V_2 - M_{2,2} \quad (2)$$

$$V_1 \leq \hat{V}_1^0 + \hat{V}_1(N_1) + V_{2,1} - V_{1,2} - M_{2,1} \quad (3)$$

$$V_2 \leq \hat{V}_2^0 + \hat{V}_2(N_2) + V_{1,2} - V_{2,1} - M_{1,2} \quad (4)$$

Кроме того, все переменные должны быть неотрицательными.

Как и в рассмотренной выше модели речного бассейна, замыкающие затраты на воду равны в первом районе

$$\lambda_1 = \frac{\partial Q_1}{\partial L_1} = \frac{\partial F_1}{\partial V_1} + \lambda_3, \text{ во втором } \lambda_2 = \frac{\partial Q_2}{\partial L_2} = \frac{\partial F_2}{\partial V_2} + \lambda_4.$$

Причем они совпадают с предельными затратами на экономию воды при ее производстве и потреблении

$$\frac{\partial Z_1}{\partial M_{1,1}} = -\lambda_1; \quad \frac{\partial Z_2}{\partial M_{2,2}} = -\lambda_2; \quad -\frac{\partial K_1}{\partial L_1} = \lambda_1; \quad -\frac{\partial K_2}{\partial L_2} = \lambda_2.$$

Предельные затраты на увеличение располагаемых водных ресурсов равны оценке ограниченности воды

$$\frac{\partial N_1}{\partial \hat{V}_1} = \frac{\partial Q_1}{\partial L_1} - \frac{\partial F_1}{\partial V_1} = \lambda_3; \quad \frac{\partial N_2}{\partial \hat{V}_2} = \frac{\partial Q_2}{\partial L_2} - \frac{\partial F_2}{\partial V_2} = \lambda_4.$$

Водохозяйственные районы являются экономически не связанными, то есть $V_{1,2} = 0, V_{2,1} = 0$, если дифференциация

оценок ограниченности воды, которые определяются предельными затратами на увеличение располагаемых водных ресурсов, в каждом районе не превосходит величины замыкающих затрат на водоподачу, то есть

$$\left| \left(\frac{\partial Q_1}{\partial L_1} - \frac{\partial F_1}{\partial V_1} \right) - \left(\frac{\partial Q_2}{\partial L_2} - \frac{\partial F_2}{\partial V_2} \right) \right| = |\lambda_3 - \lambda_4| =$$

$$= \left| \frac{\partial N_1}{\partial \hat{V}_1} - \frac{\partial N_2}{\partial \hat{V}_2} \right| < \min \left(\frac{\partial F_{1,2}}{\partial V_{1,2}}, \frac{\partial F_{2,1}}{\partial V_{2,1}} \right)^*$$

поэтому если $\frac{\partial F_{1,2}}{\partial V_{1,2}} > \lambda_4 - \lambda_3$, то $V_{1,2} = 0$, если

$$\frac{\partial F_{2,1}}{\partial V_{2,1}} > \lambda_3 - \lambda_4, \text{ то } V_{2,1} = 0.$$

В этом случае замыкающие затраты на увеличение объема располагаемых водных ресурсов в различных районах не связаны между собой, но их дифференциация не превосходит предельных затрат на водоподачу.

Если районы связаны подачей воды, то есть $V_{1,2} > 0$ или $V_{2,1} > 0$, то они представляют собой один водохозяйственный район. В этом случае выполняется равенство

$$\frac{\partial F_{1,2}}{\partial V_{1,2}} = \lambda_4 - \lambda_3 \text{ или } \frac{\partial F_{2,1}}{\partial V_{2,1}} = \lambda_3 - \lambda_4.$$

Пусть для определенности водоподача производится из первого района. Тогда дифференциация оценок ограниченности воды равна предельным затратам на ее подачу

$$\frac{\partial F_{1,2}}{\partial V_{1,2}} = \lambda_4 - \lambda_3. \text{ Оценка ограниченности водных ресурсов}$$

во втором районе равна сумме замыкающих затрат на увеличение располагаемых водных ресурсов в первом районе и замыкающих затрат на подачу воды

$$\frac{\partial Q_2}{\partial L_2} - \frac{\partial F_2}{\partial V_2} = \lambda_2 - \frac{\partial F_2}{\partial V_2} = \lambda_4 = \frac{\partial N_1}{\partial \hat{V}_1} + \frac{\partial F_{1,2}}{\partial V_{1,2}}.$$

*Предположим, что существует технико-экономически обусловленная нижняя граница объема подачи воды ($V_{1,2}^0$, $V_{2,1}^0$). Тогда в качестве минимального значения предельных затрат на подачу воды будем рассматривать значение в этой точке. Водоподача целесообразна, если достигается равенство

$$\frac{\partial F_{1,2}}{\partial V_{1,2}} / V_{1,2} = V_{1,2}^0 = \lambda_4 - \lambda_3 \text{ или } \frac{\partial F_{2,1}}{\partial V_{2,1}} / V_{2,1} = V_{2,1}^0 = \lambda_3 - \lambda_4.$$

Этой же сумме равны предельные затраты на увеличение объема располагаемых водных ресурсов во втором районе.

$$\lambda_4 = \frac{\partial N}{\partial \hat{V}_2}, \text{ поэтому } \frac{\partial N}{\partial \hat{V}_2} = \frac{\partial N}{\partial \hat{V}_1} + \frac{\partial F}{\partial V_{1,2}}. \text{ Замыкающие за-}$$

траты на экономию воды при ее подаче равны оценке огра-
 ниченности воды в первом районе $-\frac{\partial Z}{\partial M_{1,2}} = \lambda_3$.

Таким образом, в этом случае два водохозяйственных района объединяются в один с едиными оценками замыкающих затрат на увеличение объема располагаемых водных ресурсов, дифференцированными на замыкающие затраты по транспортировке воды. В реальной практике транспортные затраты увеличиваются по мере следования воды по трассе водоподачи. Поэтому выделение отдельных водохозяйственных участков с установлением различных значений замыкающих оценок воды должно осуществляться исходя из характера возрастания затрат, которые могут увеличиваться скачкообразно, а также исходя из административно-хозяйственного деления.

Рассмотренные выше основные методологические принципы определения замыкающих оценок водных ресурсов позволяют установить объективный критерий водохозяйственного районирования для большинства встречающихся на практике ситуаций.

Использование в водохозяйственных расчетах описанных принципов позволяет установить связь между замыкающими затратами по осуществлению водосберегающих мероприятий, внедрению маловодных технологий, замыкающими затратами по водорегулированию, территориальному перераспределению водных ресурсов и водопроизводству.

Анализируя замыкающие затраты на воду в районах, расположенных в различных бассейнах, можно сделать вывод о целесообразности мероприятий по перераспределению водных ресурсов. Однако следует иметь в виду, что при определении замыкающих затрат должны быть учтены все возможности интенсификации водопользования.

Выделять отдельные районы следует в случае их экономической изолированности относительно производства и потребления воды. В экономических расчетах водохозяйственное районирование должно осуществляться с помощью составления оптимальных планов использования водных ресурсов для различных участков речной системы и изолированных бассейнов. Затем на основе анализа полученных оценок ограниченности воды, исходя из специфических особенностей водных бассейнов, обсуждавшихся выше, про-

изводится объединение участков в водохозяйственные районы и проводится корректировка оптимальных планов в целях получения большего народнохозяйственного эффекта за счет согласования объемов потребления и производства воды на различных участках, объединенных в данный водохозяйственный район. Далее план дезагрегируется для водохозяйственных участков, входящих в отдельные районы.

Использование в планово-проектных расчетах системы экономических оценок воды должно повысить обоснованность планов развития народного хозяйства и особенно отраслей, являющихся основными потребителями водных ресурсов.

Л и т е р а т у р а

1. Подольский Е.М., Флоров Л.Е. Методические основы определения и использования замыкающих оценок водных ресурсов. - Водные ресурсы, 1973, № 5, с. 187-197.
2. Егоров А.Н., Зыбина Л.Н., Иванова В.П. и др. Замыкающие оценки водных ресурсов СССР. - Водные ресурсы, 1973, № 5, с. 198-204.
3. Методика экономической оценки важнейших видов природных ресурсов в странах - членах СЭВ. - М.: СЭВ, 1985.
4. Гофман К.Г. Экономическая оценка природных ресурсов. - В кн.: Социалистическое природопользование: экономические и социальные аспекты/ Под ред. Н.Н. Некрасова, Е. Матвеева. - М.: Экономика, 1980, с. 97-133.
5. Формирование окружающей среды и экономика природных ресурсов. - М.: Прогресс, 1982. - 383 с.
6. Гофман К.Г., Гусев А.А., Мудрецов А.Ф. Определение замыкающих затрат на продукцию природоэксплуатирующих отраслей. - Экономика и математические методы, 1975, т. XI, вып. 4, с. 694-706.
7. Гофман К.Г. Экономическая оценка природных ресурсов в условиях социалистической экономики. (Вопросы теории и методологии). - М.: Наука, 1977. - 236 с.
8. Материалы Пленума ЦК КПСС, 23 апреля 1985 г. М.: Политиздат, 1985. - 31 с.