

Международный Фонд  
спасения Арала  
**МФСА**

Центр по управлению  
водными ресурсами  
«Брейс»  
**McGill University/  
Brace Center**

Межгосударственная координационная  
водохозяйственная комиссия  
**МКВК**

Научно-информационный центр  
**НИЦ МКВК**

Канадское Агентство  
международного развития  
**CIDA**

Колледж Маунт Ройал  
**Mount Royal College**

# **ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ**

*Часть 1*

Ташкент – 2001

В сборнике представлены избранные доклады из курса лекций Тренингового центра МКВК по повышению квалификации специалистов водного хозяйства государств Центральной Азии, которые содержат обзор передового мирового опыта и освещают перспективы развития и современного водного хозяйства Центральной Азии.

Публикуемый материал представляет интерес для научных работников, специалистов-практиков и слушателей курсов по повышению квалификации, работающих в области комплексного управления водными ресурсами межгосударственных речных бассейнов и систем.

Главный редактор:  
*Духовный В.А.*

Сборник подготовили к печати:  
*Соколов В.И., Беглов Ф.Ф., Пулатов А.Г.*

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |     |
|--|-----|
| ДУХОВНЫЙ В.А. ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ И ЕГО ОСОБЕННОСТИ НА ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДОТОКАХ.....  | 4   |
| КИПШАКБАЕВ Н.К. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, УЧИТЫВАЕМЫЕ В СЦЕНАРИЯХ РАЗВИТИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ .....   | 19  |
| САРСЕМБЕКОВ Т.Т. ВОДА И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. КРАТКИЙ ОБЗОР НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМ МИРОВЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИРРИГАЦИИ..... | 35  |
| СОКОЛОВ В.И. МИРОВОЙ ОПЫТ ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ.....  | 63  |
| СОРОКИН А. Г. ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ. РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА РЕК ВОДОХРАНИЛИЩАМИ .....   | 87  |
| ТУЧИН А.И. ЗАДАЧИ И МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ РЕКИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СТОКА .....   | 103 |
| АВАКЯН И.С., РУЗИЕВ М.Т., ПРИХОДЬКО В.Г. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАК СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ .....   | 121 |
| ХОРСТ М.Г. ОБ УЧАСТИИ ПРОГРАММЫ WUFMAS (TACIS) В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ .....  | 155 |

*Духовный В.А.*

## **ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ И ЕГО ОСОБЕННОСТИ НА ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДОТОКАХ**

### ***ВСТУПЛЕНИЕ***

Современное управление использованием и охраной водных ресурсов исходит из понимания необходимости увязки экономических, социальных и экологических критериев общества и стран. Экономический рост, равно как и увеличение социальных требований, порождающий рост водопотребления постепенно входит в конфликт с необходимостью учета нужд самой природы как водопользователя и водопотребителя в своих зональных, региональных и даже глобальных масштабах. Тем не менее, нахождение разумного баланса между этими тремя стратегиями управления водой является целью и общим подходом всего мирового сообщества, продемонстрированного особенно на II Водном форуме в Гааге. Главным условием этого является интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР), сочетающее комплексность, равенство, увязку всех уровней иерархии водного сектора, консенсус, взаимозависимость и общественное участие. Особо важно ИУВР в условиях международных, трансграничных водных бассейнов, где в дополнение к учету внутринациональных интересов, должны приниматься во внимание и национальные интересы. На сцену наряду с принципом наиболее эффективного и рационального использования воды выступает суверенитет в сочетании с международным водным правом.

Особенности принципов современного управления водными ресурсами в сочетании с трансграничным характером вод излагаются в данном докладе.

### ***I. ВОДА НЫНЕ И В БУДУЩЕМ***

Давно - сотни лет тому назад - завершилось время, когда управление водой сводилось к возможности простого изъятия воды из водных источников и к решению проблемы доставки воды к месту использования. Сегодня вода во всем мире становится практически дефицитным ресурсом. По данным международного Института водного менеджмента (IWMI) в настоящее время 25 % всего населения мира или 33 % населения развивающихся стран испытывают определенный дефицит воды. В 2025 году в условиях "абсолютного водного голода" будет проживать более 1 млрд. человек, в том числе 280 млн. человек в Индии и 380 млн. человек в Китае. Однако, это положение может ухудшиться вдвое, если человечество не осознает необходимость принципиальных перемен в отношении к воде и будет продолжать действовать по сценарию "как прежде"!

За прошедшие 100 лет потребление воды увеличилось в 6 раз (на следующие 100 лет у нас нет такой возможности!). Благодаря этому обеспечение населения мира водопроводной водой нужного качества достигло 80 %, канализацией - 50 %. Орошение с его гигантски увеличившимися масштабами за последние 40 лет привело к увеличению производства продуктов питания в мире вдвое, практически доказав возможность преодолеть голод даже в таких гигантских по количеству и плотности населения странах,

как Индия и Китай!

Но все это – лишь часть дела. Посмотрите на другие последствия водохозяйственной деятельности:

- 20 % населения не имеет доступа к чистой воде для водоснабжения;
- 15 % населения мира (или более 800 млн. человек) получают менее 2000 калорий в день;
- ежегодно 3-4 млн. людей умирает от переносимых водой эпидемий;
- орошение и водопользование разрушило половину дельт водно-болотных угодий некогда полноводных рек;
- экономический прогресс разрушил экосистемы в большинстве развитых стран и стран переходного периода, причинив огромные потери в биоразнообразии. Наряду с Аралом "морскому" опустыниванию подверглись дельты огромных рек – от Желтой в Китае до Колорадо и Сан Хаокин в Соединенных Штатах.

Прозревшее человечество начало понимать, что погоня за сиюминутными эффектами оборачивается против сохранения природы в интересах будущих поколений. Но одного прозрения мало – нужно жесткое природонаправленное управление водой, сочетающееся с глубоким желанием и пониманием всего общества следовать четким правилам этого управления и ограничить свое потребление на уровне потенциально-возможного таким образом, чтобы оставить в каком-то приемлемом виде природу и водные объекты будущим поколениям.

Одним из важнейших определителей управления водными ресурсами является умелое сочетание ресурсов воды и их потребление. Рассмотрим, как балансируются эти два определения в целом в мире. И. Немцинович, ссылаясь на Енегльмана и Ле Роя, определяет, что из 113 тысяч км<sup>3</sup> воды, выпадающих на землю в виде дождя, снега и льда, 72000 м<sup>3</sup> испаряются обратно и оставшиеся 41 тысяча м<sup>3</sup> пополняют грунтовые воды, водные объекты и используются человечеством (И.А. Шикломанов определяет эту цифру в 42780 км<sup>3</sup>). Из этого количества действительно возможные к отбору ресурсы воды определяются в 14000 км<sup>3</sup> (Фалькенмарк определяет их в 12600 км<sup>3</sup>), из которых потребности самой природы – 9800 км<sup>3</sup> и на непосредственное потребление обществом остается 4200 км<sup>3</sup> или 700 м<sup>3</sup> на человека в год. Ныне, по данным того же Шикломанова И.А., отбор воды составляет 3973 км<sup>3</sup> – это означает, что мир уже потребляет 95 % своих водных ресурсов!

Посмотрим, что получается по нашему региону. С учетом экологических требований – уровень безопасного водозабора в регионе определяется в 78 км<sup>3</sup> – возможное водопользование на 1 человека в 2 раза больше, чем в мире. Фактически же мы потребляем 2892 м<sup>3</sup> в год на человека с колебаниями по отдельным странам от 2200 до 4000 м<sup>3</sup> на человека!

Будущее водоснабжение в мире должно учитывать целый ряд дестабилизирующих факторов (рис. 1): увеличение численности населения, рост экономики, рост загрязнения - и отсюда уменьшение количества пригодной воды, а также возможное уменьшение количества воды в связи с изменением климата.

Если вспомнить, что в мире на 2000 год имеется более 20 стран с населением 300 млн. человек, располагающих водными ресурсами в пределах от 100 до 1000 м<sup>3</sup>/год/чел, при этом в аналогичных с нами условиях, то по сопоставлению ясно, что мы можем выжить и сохранить природу, если общество, политики и, в первую очередь, мы служители воды будем четко осуществлять такую линию, направленную на:

- недопущение непроизводительных потерь воды;
- повышение продуктивности использования воды;
- сохранение чистоты и качественных индикаторов использования воды;
- постоянного соблюдения требований природы в воде.

## **II. УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ - ЧТО ЭТО ТАКОЕ?**

Зачастую существует очень упрощенное мнение, что управление водными ресурсами - это просто доставка воды в нужные точки, желательно в нужное время и в нужном количестве, а потому главные задачи водохозяйственных организаций состоят в том, чтобы выбить из своих вышестоящих организаций или из партнеров побольше воды, а также деньги для поддержания штата и сооружений и, побеспокоившись о сохранности своих фондов, обеспечить такую работу сооружений и каналов, чтобы дать воду своим водопользователям.

Однако современное управление водой намного сложнее, если учесть те тенденции, которые назревают в мире под влиянием внешних и внутренних факторов, приведенные выше.

Итак, в чем цель управления водными ресурсами в современном понятии?

***Управление водными ресурсами должно обеспечить постоянное обеспечение нужд общества и природы в воде нужного качества и количества во всех временных разрезах - оперативном, годовом, многолетнем и перспективном.***

Другими словами - управление водой есть постоянное поддержание баланса ресурсов и потребностей в воде. Посмотрим, из чего оно складывается. В первом приближении вроде очень просто (рис. 2), но если посмотреть глубже, то это очень сложная система (рис. 3). В этой сложной системе мы четко различаем:

- естественные водные ресурсы (осадки, поверхностный и подземный сток), а также возникающие под воздействием антропогенной деятельности возвратные воды; эти ресурсы могут изменяться под внешним изменением климата;
- требования на воду по секторам экономики с учетом их уровня безвозвратного потребления;
- экологические условия и требования;
- социальную среду и экономическое развитие;
- наконец, наиболее важная составляющая - политическая среда.

К тому же надо учесть, что:

- место наличия ресурсов не совпадает с их потреблением;
- потребность в воде для различных потребителей имеет разные временные интервалы (орошение и энергетика; рекреация и рыба и т.д.);
- ухудшение качества воды - по сути - резко снижает количество располагаемой чистой воды для общества, а главное:

*Вода - особенный продукт управления, ибо ее всепроникающие свойства делают любые изменения и воздействие на нее распространяющимися на все взаимосвязанные сферы области и пространства (рис. 3).*

Понятно, что политическая, социальная и экологическая среды играют огромную роль в расширении возможности более глубокого всестороннего привлечения всех водных ресурсов, улучшения их формирования, поддержания их качества и одновременно управления требованиями на воду вместо ранее бытовавшей декларации требований на воду, а также жесткой организации управления и распределения воды.

Все аспекты сложных взаимосвязей водной системы легче решаются, если они рассматриваются в тесной взаимоувязке и решаются совместно. Поэтому в пределах каждой страны возникает необходимость к координации, объединения и взаимоувязки действий, связанных с управлением водными ресурсами. Что нужно сделать, чтобы предотвратить возникновение генерального конфликта между человеком и природой, указанного в рис. 1?

Очевидно, нужны:

- |  |  |
|--|--|
| для оценки ситуации, трендов и потенциала:   | • информация и анализ  |
| для прогнозных ресурсов и потребления:   | • информация и анализ  |
| для планирования удовлетворения мероприятий путем достижения потенциально-технического уровня продуктивности воды: | • техническая база; технические решения<br>• финансовые ресурсы  |
| для организационного осуществления управления:   | • правовая база<br>• потенциал оргструктуры<br>• система платы за воду, ресурсы, загрязнения<br>• участие водопользователей<br>• материальная заинтересованность в экономном расходовании ресурсов |

В целом же все эти усилия должны координироваться государственным органом в пределах страны и на бассейновом уровне в пределах каждой гидрографической единицы. Именно такая система существует в Испании с 1926 г., во Франции, в Голландии и во многих передовых странах мира. Она существовала и у нас в Центральной Азии с 1928 г. в бассейне Зеравшана, но к сожалению не получила соответствующего развития и в конце концов превратилась в административную структуру области.

Почему это нужно?

### **III. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ**

И теоретически, и практически, очевидно, что все специалисты водного хозяйства прекрасно понимают четкую зависимость всех вод в рамках гидрологического цикла в пределах гидрографического бассейна на основе законов баланса и перемещения масс, но немногие этого учитывают в своей деятельности. Воды постоянно пополняются, используются, перемещаются, возвращаются и используются повторно в пределах гидрографического бассейна и все это крайне взаимосвязано!

Каждый гидрографический бассейн имеет основной ствол реки, его притоки, действующие и не доходящие до ствола, запасы динамичных подземных вод и формирующиеся возвратные воды. Естественная водность зависит от осадков, выпадающих на водосборной площади, испарения с этой площади, формирования модуля стока, притока от таяния снега и ледников, в также выклинивания подземных и грунтовых вод в реки.

Общий баланс вод, имеющих на территории бассейна, распределяется между естественными притоками и оттоками и теми антропогенными составляющими, которые человек вносит в его естественный ход. Эти формы настолько различны, что их даже трудно перечислить, но все они имеются и все они действуют на связанными с ними компоненты. Попробуем их систематизировать:

| <b>Изменения</b>   | <b>Результат, следствие</b>  |
|--|--|
| – увеличение (или уменьшение) леса на водосборе                          | – снижение (повышение) УГВ<br>– изменение объема и распределения стока в течение года;<br>– уменьшение (или увеличение) эрозии;  |
| – земледелие в зоне формирования, в т.ч. орошаемое, увеличение масштабов | – увеличение эрозии почв;<br>– увеличение продуктивности земель;<br>– увеличение мутности стока;<br>– увеличение притока в нижележащие горизонты и подъем УГВ на нижерасположенных землях;   |
| – увеличение отбора воды на орошение и другие нужды из поверхностных вод | – уменьшение стока ниже точек отбора;<br>– ухудшение качества воды в реке;<br>– формирование возвратных вод;<br>– увеличение притока в грунтовые воды и изменение их качества;<br>– изменение качества почв;   |
| – то же из подземных вод   | – уменьшение воды, поступающей в дельты;<br>– снижение УГВ;<br>– увеличение инфильтрационных осадков;<br>– изменение модуля стока;<br>– увеличение зоны аэрации и водопотребления;   |
| – сброс загрязненных вод в реки  | – ухудшение качества вод в реках   |
| – строительство плотин   | – увеличение испарения с поверхности, водоемов;<br>– застойные явления в водоемах;<br>– заиление;<br>– уменьшение мутности воды в реке;<br>– изменение режима стока;<br>– ухудшение зимнего режима рек;<br>– увеличение притока в грунтовые воды;<br>– создание зон подтопления;<br>– увеличение размыва воды в каналах. |

Однако, все эти изменения и влияния могут в определенном порядке регулироваться, если исходить из выработки и соблюдения определенных критериев в экогид-



рологической устойчивости:

- обмен водами и солями между рекой и водосборными командными и площадями должен стремиться к минимуму;
- обмен водами и солями между зоной аэрации и грунтовыми водами должен стремиться к нулю;
- суммарный отбор воды из реки не должен превышать определенного лимита, в пределах которого не наносится ущерб природным требованиям (дельтам рек, водоболотным угодьям и т.д.)

Соблюдение всех этих критериев, не только для среднего года, но и для мало-водных и многоводных лет, требует значительной точности информации, прогнозов и моделей, а также дисциплины управления и использования в пределах бассейна и отдельных его частей, что, к сожалению, в нашей практике зачастую целенаправленно снижается и нарушается, складывается дисбаланс и нарушение равномерности водообеспеченности даже в условиях отдельных стран.

Существенную сложность вносит в гидрографическое управление бассейном параметр неопределенности естественный и антропогенный. Имеются три типа гидрологической неопределенности:

- естественные колебания стока;
- возможные ошибки, вызванные недостаточностью наших знаний, некорректностью информации или ее отсутствием; неверность или отсутствие моделей; слабость системы измерений, их ошибочность, неправильные формы аппроксимации и т.д.);
- неопределенность решений по управлению рекой или на водосборе, которая приводит к изменениям, сказывающимся на других участках бассейна или реки или грунтовых водах (Simonovich).

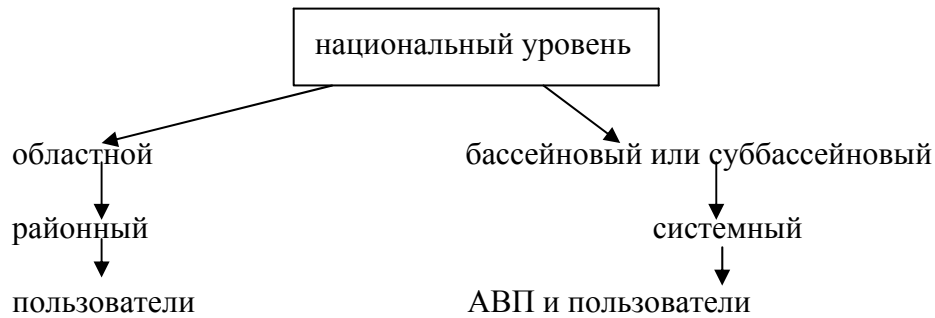
В последнее время в нашем регионе резко ослаблено информационное обеспечение даже на национальном уровне. Уменьшилось количество постов наблюдений на основных реках, не говоря уже о мелких притоках; почти отсутствует информация о качестве вод; ликвидированы в Кыргызстане и Таджикистане точки наблюдения на ледниках. Станция на леднике Федченко, существовавшая с 1914 г., перестала давать наблюдения. Очень слабо идет обмен информацией не только между странами, но и внутри страны. В погоне за выживанием органы Гидрометслужбы превратили информацию в дорогой товар, во много раз превышающий стоимость ее подготовки. Все это лишь повышает неопределенность в нашем управлении и ныне результат на лицо - Гидрометслужбы проспали маловодье 2000 г., своевременно не сориентировали органы водного хозяйства на грядущее маловодье и тем самым привели практически к провалу в малообеспеченные годы отдельных зон по Сырдарье и Амударье.

#### ***IV. ПОЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ***

В Конституциях всех стран, также как и наших пяти, записано, что обеспечение водой нужд экономики и общества является обязанностью Государств. И это понятно, ибо вода так же, как и продукты питания, является основным фактором жизнеобеспечения людей. Отношение государств к управлению водой тем не менее различно. Не вдаваясь в эти подробности, остановимся на определенных политических аспектах.

Формирование, охрана и развитие водных ресурсов, а также распределение вод на уровне межпровинциальном (межобластном), бесспорно, являются функциями, которые выполняют и должны выполнять в принципе государственные органы. Но государство должно выполнять и ряд других выработанных политических функций.

Вода имеет несколько иерархических уровней управления, которые могут устанавливаться по-разному:



*Первый принцип управления* называется административным и он существует у большинства наших стран. Основной недостаток этого принципа - границы бассейнов и суббассейнов не соответствует административным границам, и поэтому возникает практически невозможность четкого планирования и управления на уровне водных единиц, что создает нарушения в равномерности вододеления, снижение информированности и практически неуправляемости водных ресурсов, как отражение командного стиля.

*Второй принцип* - гидрографический, когда управление водными ресурсами осуществляется по бассейнам, системам и представители областей, районов участвуют в этом управлении на демократических основах. Этот принцип нашел сейчас признание во всем мире. В этом и состоит один из основных ролей государства - определить основы краеугольного камня управления водными ресурсами на уровне страны и создать возможную "благоприятную политическую среду" для управления водными ресурсами (бокс 1).

Очень важна роль государства в вопросах финансирования водного хозяйства. Ни одно из развитых государств мира не перекладывает тяготы всего финансового содержания водного хозяйства на плечи водопользователей. Можно привести несколько примеров:

- США - система охраны, управления крупными водохозяйственными системами, формирование водных ресурсов, управляются и финансируются правительством до уровня дистриктов силами Бюро мелиорации США, служб штатов, экологической службы США, а также бассейновых межштатных организаций типа Ассоциаций Теннесси и др., водопользователи объединяются в водные и ирригационные дистрикты, платят за воду в пределах их территории;
- Канада - тот же принцип, отличающийся лишь участием фермеров и водопользователей в оплате 25 % капвложений в улучшение системы водного хозяйства;
- Голландия - все управление, развитие и реконструкция водного хозяйства осуществляется государственными органами до уровня водопользователей в водоснабжении и в земледелии;
- Индия - все управление до уровня групп и Ассоциаций водопользователей за счет правительства; фермеры и их Ассоциации получают дотацию к собственному самокупаемому существенно на применение новой техники полива (дождевание и капельное орошение) и на ее энергоснабжение.

На наш взгляд такой же принцип должен осуществляться и в нашем управлении водного хозяйства, но с применением определенных финансовых инструментов. Определение этих инструментов и создание возможности водохозяйственным органами успешно осуществлять свою деятельность - это также часть политической линии создания соответствующей "благоприятной политической среды" для успешного управления

водными ресурсами (бокс 2).

Увязка гидрологических и политических аспектов управления возможна лишь путем осуществления "Интегрированной системы управления водными ресурсами".

Надо отметить, что в Советском Союзе в прежние времена этот метод под названием "Комплексного метода развития и орошения водных ресурсов" успешно разработан и внедрен при освоении крупных массивов орошения земель Голодной, Каршинской, Кзылкумской, Аштской, Кизилинской степей, Каракумского канала и других массивов орошения в Центральной Азии.

К сожалению, невнимание политиков к сохранению этого метода управления, требовавшего дополнительных инвестиций, приводит сейчас к растущим потерям продуктивности земель, а кое-где и к их утрате, что мы находим на тех же землях Голодной степи, Арысь-Туркменского комплекса и других массивов стран региона.

*Интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР) формулируется как процесс, способствующий скоординированному развитию и управлению водой, землями и связанными с ним ресурсами с целью максимизации экономического и социального благополучия общества без ущерба устойчивости жизненных экосистем (TorkilJonch. Clausen 4).*

Именно взаимозависимость всех вод, изложенная в разделе 3, призывает к интегрированию.

Интеграция предполагает две базисные категории взаимоувязки - естественные системы, являющиеся критическим определителем возможности и качества водных ресурсов и социальная система, которая определяет долю использования, систему водоотведения, защиту от загрязнения и ухудшение социальной устойчивости. ИУВР предполагает увязку внутри и между этими категориями, принимая во внимание колебания во времени и пространстве. Это, а также превращение управления водой в общественное дело с участием водопользователей в отличие от поддержания специализированной водохозяйственной деятельности как закрытой, отличает ИУВР от традиционного фрагментарного подхода.

Использование ИУВР подходов помогает управляющим водой увидеть - как общественное поведение влияет на потребность в воде и отсюда как изменить традиционное управление водой к управлению, стимулирующему водосбережение (бокс 3).

***ИУВР не позволяет человечеству представить отдельно свою деятельность от окружающей среды?***

Когда мы анализируем человеческую деятельность или системы услуг, практически все аспекты интеграции требуют понимания окружающей среды, ее возможности, уязвимость и пределы. Совершенная интеграция нереалистична и недостижима. Но при соответствующем понимании природной системы как отправного пункта, мы можем предпринять меры по поддержке интеграционного подхода в принятии решений по управлению водными ресурсами на всех уровнях - с индивидуального хозяйства до международного речного бассейна.

Один из примеров - это экономическая направленность в управлении водными ресурсами. Такая направленность означает три момента: стремление к правительственной политике, финансовым приоритетам и планированию, которая принимает во внимание все сложности развития водных ресурсов, риски, связанные с водой, и ее использование, поощрение частного сектора делать правильный технологический, производ-

ственный и потребительский выбор, основанный на реальной ценности воды, обеспечивая возможности и механизм участия всех заинтересованных сторон в принятии решений по распределению водных ресурсов, разрешению конфликтов и т. п.

Национальная энергетическая и промышленная политика может оказывать глубокое влияние на водные ресурсы, и наоборот. Ввиду этого развитие в этих секторах должно быть оценено с точки зрения его влияния на водные ресурсы и природную систему. Это не так просто, как может показаться. Интегрированное управление водными ресурсами (IWRM) должно включать процедуры для перекрестного между отраслями обмена информацией и координации, также как и техники оценки влияния отдельных проектов на водные ресурсы и общество в целом.

Бокс 3

**Взаимозависимость призывает к объединению**

ИУВР - это объединения:

*Объединение в ПРИРОДНЫХ СИСТЕМАХ:*

- между земле- и водопользованием
- между поверхностными и грунтовыми водами
- между качеством и количеством воды
- между верхним и нижним течениями
- между пресноводными системами и прибрежными водами
- между природой и использованием человеком

*Объединение в нашем управлении природными системами  
- в ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ СИСТЕМАХ:*

- основное использование воды в национальной экономике
- обеспечение координации между секторами
- обеспечение партнерства между общественным и частным секторами управления
- вовлечение каждого в управление водными ресурсами

Вода - это дело каждого

Интегрирование правительственной политики, влияющей на частный сектор с целью принятия разумных решений по инвестициям и вовлекающей все заинтересованные стороны в процессы планирования и принятия решений представляется трудно осуществимым. Как правительства должны достичь этого?

Интеграция - это искусство и наука смешения в нужных пропорциях различных аспектов в одно работающее целое. Но, как знают люди, вовлеченные в управление водными ресурсами, сама по себе интеграция не может гарантировать развитие наилучших стратегий, планов и схем управления подобно тому, как смешение двух плохих ингредиентов не даст хорошего блюда.

Следуя ИУВР, частные организации и правительственные агентства могут руководствоваться несколькими критериями, которые учитывают социальные, экономические и природные условия. Первое - это справедливость. Все люди должны иметь дос-

туп к воде соответствующего количества и качества, чтобы поддерживать существование. Второе - это экономическая эффективность. Водные ресурсы должны эксплуатироваться с максимальной эффективностью ввиду их ограниченности и уязвимости. И последнее, но не менее важное, это экологическая устойчивость. Использование водных ресурсов должно осуществляться таким образом, чтобы поддерживать систему жизнеобеспечения, обеспечив ее наличие для будущих поколений.

***Если эти ценности являются руководящими,  
какие конкретные шаги следует предпринять ИУВР?***

Необходимо одновременное развитие и усиление 3-х элементов: окружающая среда, соответствующие организационные роли и практические инструменты управления. Благоприятная среда включает национальную, провинциальную и местную политику и юридическую основу. Последние составляют правила игры, которые позволяют участникам играть их соответствующие роли. "Правила" должны благоприятствовать участию всех пользователей снизу-вверх и сверху вниз, начиная национальным уровнем и заканчивая деревней или муниципалитетом или с уровня водосбора до уровня бассейна.

В дополнение к правительственным следует привлечь частные компании и организации объединений водопользователей, которые обеспечат участие всех вплоть до обездоленных. Все эти действующие лица должны играть свою роль в обеспечении доступа к воде, внося равновесие в развитие, охрану и управление водой как экономическим и социальным товаром.

Роль правительства в сохранении окружающей среды должна сводиться более к роли посредника, дирижера и инициатора более, чем управляющего сверху донизу. Формулирование национальной водной политики, создание юридической базы управления водными ресурсами, отделение регулирования от функций услуг, вовлечение частного сектора являются важными аспектами.

Что касается организационных ролей, они должны быть задействованы в сфере развития, финансовых и человеческих ресурсов, традиционных норм и других обстоятельствах и определять - какие формы наиболее приемлемы.

Не существует стереотипов на все случаи жизни. Тем не менее, организационное развитие является очень важным для формулирования и воплощения политики ИУВР. Четкое разграничение ответственности между действующими лицами, соответствующие механизмы координации, заполняющие юридические пробелы и определяющие ответственность властей и возможности действий, являются частями организационного развития.

И, наконец, должно быть разработано "руководство" по управлению с набором практических инструментов, чтобы помочь водным менеджерам в их работе. Задача ИУВР состоит в отборе, адаптации и использовании точного набора этих инструментов для данной ситуации. В этой связи возникают 4 категории:

- Оценка водных ресурсов. Это включает сети сбора данных и технику оценки экологического воздействия и инструменты управления рисками на случай наводнений, засухи.
- Связь и информация. Повышение осведомленности часто является мощным инструментом улучшения управления, в особенности, когда оно сопровождается возможностью информированного участия водопользователей.
- Инструменты водodelения и разрешения конфликтов. Водodelение должно производиться через сочетание регуляторных и рыночных инструментов, основанных на анализе затрат и доходов. Инструменты по разрешению конфликтов могут дать ру-

ководство по решению проблем, возникающих между верхним и нижним течением, между секторами экономики и между человеком и природой.

- Регуляторные инструменты включают прямой контроль, как, например, планы землепользования и регулирование выгоды, а также экономические инструменты (цены, тарифы, субсидии и прочие) и поощрение саморегуляции. Например, путем открытого обозначения точки отсчета и технологии маркировки продуктов, новые и традиционные технологии могут обеспечить прогресс в водном и других секторах, которые не влияют на водоснабжение и спрос.

В дополнение, важным фактором является финансирование. Инвестиции в IWRM со стороны водопользователей, правительствами, частным сектором, донорами и банками развития обеспечат высокую отдачу для общества в социальном, экологическом и экономическом плане.

Роль различных факторов в создании ИУВР может быть детально проанализирована с участием огромной роли государств и водохозяйственных органов в этой организации (бокс 4).

## V. ТРАНСГРАНИЧНЫЕ ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Независимость естественных границ водных бассейнов от административных границ создало проблему пограничных, международных или как теперь стали называть трансграничных вод. Хотя речные бассейны и бассейны подземных вод не знают административных ограничений и не требуют визового режима, но они не могут игнорироваться потому, что законодательство каждой страны определяет ее водную политику, стандарты и различные подходы даже к одной реке.

Сегодня по данным Центра естественных ресурсов, энергетики и транспорта (CNRET) ООН в мире имеется 214 международных речных и озерных бассейнов по регионам, охватывающую площадь 44 стран.

Таблица 1

### Распределение международных речных и озерных бассейнов между регионами (CNRET)

| Регион                         | Количество |
|--------------------------------|------------|
| Африка                         | 57         |
| Азия                           | 40         |
| Европа                         | 48         |
| Америка Северная и Центральная | 33         |
| Америка Южная                  | 36         |

Основное определение “трансграничных вод”, подобно любому правовому положению, в международном водном праве недостаточно четко и это создает некоторую путаницу. Более того, изменения, которые имели место в период между Хельсинскими правилами 1966 года, Конвенцией ЕСЕ/ООН 1992 года и “Конвенцией о ненавигационных видах пользования” 1997 года, не помогли новым независимым государствам Центральной Азии в прояснении международного водного права. На самом деле оно стало еще более неопределенным и неясным.

Как Конвенции, так и Хельсинские правила по-разному интерпретируют область совместного использования, охраны и управления водных ресурсов. Более того, в Конвенции 1992 года определение международных водотоков менее четкое, чем определе-

ние трансграничных вод. Наше определение трансграничных вод было сформулировано во время выработки всеми членами региональной группы “Основных положений стратегии управления водными ресурсами в бассейне Аральского моря”.

“Трансграничные воды” включают:

- поверхностные воды - стоки рек, их притоки, которые формируются и имеют трансграничное положение, т. е. которые обозначают или пересекают границы между двумя или более государствами, а также водные ресурсы искусственных водоемов, сформировавшихся в результате антропогенного вмешательства в эти трансграничные воды;
- подземные воды, расположенные на территории двух или более государств или связанные с трансграничными поверхностными водами;
- возвратные воды, изменяющие качество и (или) количество трансграничных вод, или формируемые на территории двух или более государств.

Статья 9 Конвенции 1992 года должна использоваться в качестве руководящего принципа для всего международного водного права: “Прибрежные страны точно фиксируют границы водозабора или его частей, которые являются предметом сотрудничества”. Нам необходимо очень жестко указать, где начинается ответственность региональных организаций и где заканчивается ответственность национальных организаций.

Понятно, что использование трансграничных водных ресурсов создает еще большую сложность, чем управление бассейнами рек в пределах одной страны, ибо мы увеличиваем степень неопределенности водообеспечения по всем главным направлениям, указанным выше:

- неопределенность прогноза и учета вод;
- неопределенность информации;
- неопределенность решения и их исполнение.

Для Средней Азии трансграничные водные ресурсы составляют значительные объемы, из которой видно, что практически 70 % всех вод региона являются международными водотоками.

Таблица 2

Среднегодовое количество ресурсов поверхностных вод трансграничных рек в бассейне Аральского моря, куб. км в год

| Государство   | Бассейн реки |                                |             |                                | Всего формируется в бассейне Аральского моря |
|---|--------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|--|
|   | Сырдарья     |                                | Амударья    |                                |  |
|   | формируется  | располагаемые к использованию* | формируется | располагаемые к использованию* |  |
| Казахстан   | 0,749        | 8,2                            | 0           | 0                              | 0,749  |
| Кыргызская Республика                                 | 21,391       | 0,2                            | 1,5         | 0,3                            | 22,891                                       |
| Таджикистан   | 0,7          | 2                              | 42,6        | 7,2                            | 43,3   |
| Туркменистан  | 0            | 0                              | 1,549       | 22                             | 1,549  |
| Узбекистан  | 2,8          | 11                             | 1,2         | 22                             | 4  |
| Афганистан и Иран                                     | 0            | 0                              | 8,05        | 2,5**                          | 8,05   |
| Всего   | 25,64        | 22                             | 54,899      | 54                             | 80,539                                       |
| *) Согласно МКВК лимит водозабора из главной реки     |              |                                |             |                                |  |
| **) Согласно Схеме КИОВР Бассейна р. Амударьи (1984). |              |                                |             |                                |  |

В этих условиях лишь четкое согласование управления трансграничными водными ресурсами может помочь в отношении устойчивого водоснабжения страны и предотвращения на их территории экологического или какого-то другого ущерба, применяемого вышерасположенной страной.

В использовании трансграничных водных ресурсов имеется ряд принципиальных положений, которые необходимо детализировать и наладить к ним применение к нашему региону очень тщательно:

- где границы между трансграничными водами и национальными?
- как объединить принципы равных прав на использование трансграничных водных ресурсов суверенных прав каждой из стран использовать свои водные ресурсы по своему усмотрению?
- как понимать принципы равноправного и обоснованного использования трансграничных водных ресурсов каждой из сопряженных стран? каковы их критерии?
- какова мера ответственности стран за нарушение международных правил использования трансграничных водных ресурсов?

Хотя Конвенции 1992 и 1997 гг. не дают четкого ответа на эти вопросы, попытаемся найти к ним принципиальные подходы:

1. Естественно, что любые отборы воды в пределах своей территории, особенно на истоках рек в зоне их формирования приведут к изменению гидрологического режима основных рек и притоков, равно как и ухудшению качества. Однако за исходные точки отсчета очевидно можно принять принципы 21 и 22 Стокгольмской Конференции ООН 1972 г.



"Государства ... имеют суверенное право эксплуатировать свои собственные ресурсы (вод) в соответствии с их собственной экологической политикой и ответственностью, будучи уверенными, что эта деятельность внутри их юриспруденции и контроля не вызовет ущерба окружающей среде других государств или территориям вне их предела национальной юрисдикции (статья 21)".

"Государства будут сотрудничать в дальнейшем в развитии международного водного права относительно возмещения и компенсаций пострадавшим от загрязнения и другого экологического ущерба, вызванного деятельностью внутри юрисдикции или контроля тем государствам и территориям, лежащим вне их юрисдикции".

В марте 1977 г. Конференция ООН по водным ресурсам в Мор дель Плато добавила:

"В отношении использования, управления и развития разделенных водных ресурсов национальные политики должны иметь в виду право каждого государства использовать ресурсы равноправно, применяя ресурсы как требуют положения солидарности и сотрудничества". Из этих положений можно сделать вывод: национальные воды на трансграничных водных ресурсах можно использовать каждой страной так и поскольку их использование не вызовет не согласованный ущерб праву сопредельных государств на равное и справедливое использование или не будет причинен ущерб экологии их. При этом степень возможного нарушения трансграничных вод на стыке с национальными водами определяется по соглашениям сопредельных стран.

Это положение очень важно для нашего региона, где в пределах национальных вод расположены узловые сооружения каскадов (Токтогул на Нурыне, Нурек на Вахше), управление которыми за последние годы в корне изменили естественный режим реки и иногда приносили значительный экологический и экономический ущербы странам.

Здесь за основу нужно принимать необходимость сохранения рек как природных объектов, в результате чего за критерий минимального (или максимального) параметра попуска должны быть приняты противоположные по значению экстремальные значения расходов рек, наблюдаемые за весь период наблюдения.

2. Следующий важный аспект - каковы критерии вододеления. Ни анализы предыдущего опыта и международных договоров, ни прежде упомянутые международные законы не могут быть использованы новыми независимыми государствами в качестве руководства для развития этих критериев. Это имеет место во многих странах, особенно расположенных выше по течению, когда они начинают интерпретировать свое право на использование трансграничных вод на своей территории как право использовать и осуществлять любые режимы попусков. Должны быть разделены два положения: право использовать свои лимиты в соответствии с объемами (или даже требованиями на увеличение объема) от права формировать режимы стока по своему собственному усмотрению. Что должно быть взято в качестве основы? С этой точки зрения мы думаем, что международные юристы и специалисты в области водных ресурсов должны быть вовлечены в комплексное управление водными ресурсами, для того, чтобы объяснить, как сочетать основные правила международного водного права:

- право всех стран на справедливое и разумное использование воды с учетом предыдущего пользования;
- правило "не навреди";
- правило "загрязнитель платит".

С нашей точки зрения, критерии вододеления должны учитывать три основных принципа:

- Водопотребление на душу населения должно ориентироваться на уровень "технологически достигнутого объема воды, который экономически выгоден". Наша оценка,

основанная на мировом опыте и анализе передовых методов водопользования, показывает, что в настоящее время оно может составить приблизительно не более 1500 м<sup>3</sup>/чел в год и в будущем не более 1000 м<sup>3</sup>/чел.

- Исторические права населения на водопользование, не только потребление, но также использование воды на нужды природы.
- Текущий приоритет всех прибрежных государств.

Что касается понятия принципа равноправного и обоснованного использования трансграничных водных ресурсов каждой из сопредельных стран, здесь представляется целесообразным принять необходимость обеспечения каждой стране как минимум ее потребности в воде не по ее заявкам или по прежнему пользованию, а по уровню технически обоснованного (или потенциального) удельного потребления воды для производства тех культур и тех водопотребителей, которые у страны существуют (или обосновано запланированных для удовлетворения потребностей страны), но по предельно достижимому в настоящее время уровню водопользования.

3. Принцип “справедливого и разумного использования” должен быть объединен с принципом “не навреди”. Если подобное справедливое и разумное использование уже принесло ущерб, то его дальнейшая интерпретация только ухудшит ситуацию. Что делать? *С нашей точки зрения, мы должны рассматривать принцип лимита на устойчивый экологически безопасный водозабор как основной* - это около 76 км<sup>3</sup> для нашего региона. Очевидно, это достижимо, но не сразу. В настоящее время, численность населения бассейна Аральского моря равна 38 миллионам, т. е. 2000 м<sup>3</sup>/чел/год. Давайте установим лимит для каждой страны, учитывая, что страны со схожими условиями должны держаться в рамках одного лимита. В этой связи мы не рассматриваем Израиль, Саудовскую Аравию или Иорданию с 200-500 м<sup>3</sup>/чел/год, а скорее Египет с 900 м<sup>3</sup>/чел/год со схожим уровнем водопользования и национального дохода. Я думаю, никто не сможет достичь его сразу. Это требует создания фонда для экологической безопасности бассейна в рамках МФСА. Каждый, кто превышает лимит, должен выплатить МФСА сумму нанесенного ущерба и должен придерживаться этого лимита! Подобный подход позволит объединить все три вышеупомянутых положения водного права. Кроме того, этот подход объединит организационные, правовые и финансовые аспекты управления водными ресурсами на трансграничных реках и создаст возможность организовать совместное инвестирование развития водных ресурсов. Мы понимаем, что внедрение этого подхода в странах является нелегкой задачей, но повышение осведомленности общественности поможет в этом.

## **VI. ПРОБЛЕМЫ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДОТОКОВ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ**

Учитывая, что ИУВР в условиях трансграничных водных ресурсов становится еще более сложным, представляется необходимым бегло остановиться на проблемах создания устойчивого управления в условиях двухсторонних и многосторонних договоров на трансграничных водах.

1. Координация всех действий стран на трансграничные водные ресурсы должно быть осознанной необходимостью стран водотока. Наиболее удобной формой такой координации и согласованности всех действий является совместная организация, которая образуется в виде Комиссий, Комитетов, БВО и т.д.

Необходимым условием их успешной деятельности является ряд основополагающих принципов:

- равенство представительства;
- консенсус;

- прозрачность;
- договора;
- паритет;
- равенство участия.

2. Единство технических, методических и модельных подходов к управлению всех стран путем создания специальных рабочих групп по каждому направлению с оперативной единой технической согласованной политикой и плановых принципов.

3. Создание бассейновых открытых для всех заинтересованных систем обмена информацией и ее достоверность - создание открытого постоянного обмена, как гидрометеорологическими данными, так и данными по использованию и эффективности водных ресурсов на трансграничные водные ресурсы.

4. Организация совместного финансового механизма путем принципиальных договоренностей между странами об источниках финансирования:

- эксплуатационной деятельности;
- развития;
- ремонтно-эксплуатационных работ;
- улучшения экологического состояния;
- работ по водосбережению и т. д.

5. Распределение затрат и доходов, полученных от использования трансграничных водных ресурсов. Выше расположенные страны несут расходы на борьбу с паводками, регулированием стока, защиту водосборов от эрозии, содержание станций наблюдения на ледниках и скважинах. С другой стороны нижележащие страны вынуждены защищать свои дельты, заниматься берегоукреплением, особо при изменениях гидрологических режимов. Все это должно быть сопоставлено с получаемыми на трансграничных водах эффектами и по различным методам приведено к согласованному решению.

Отдельный вопрос - это финансирование совместных проектов и содержание региональных бассейновых организаций.

Подчеркивая многогранность управления вообще и водами на трансграничных источниках в частности, мы хотим попытаться внушить необходимость очень осторожного принятия решений в бассейнах рек с тем, чтобы только согласованные действия и разумное сотрудничество управляло действиями каждого из решающих лиц и их помощников.

*Кипшакбаев Н.К.*

## **ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, УЧИТЫВАЕМЫЕ В СЦЕНАРИЯХ РАЗВИТИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

В мире начато движение за экономное использование запасов пресных вод, сохранении и улучшении их качества. Эта глобальная проблема также касается центрально-азиатских стран, в том числе Республику Казахстан, где запасы поверхностных вод ограничены.

В Казахстане наиболее крупные артерии - Ертыс (Иртыш), Сырдарья, Урал, Или, Шу, Талас, Асса, Есил (Ишим), Тобол - являются трансграничными и межгосударственными и берут свое начало из Казахстана, России, Китая, Кыргызстана и Узбекистана. В средний по водности год величина поверхностного стока составляет около 100,9 млрд. м<sup>3</sup>, из них 56,9 % формируется в пределах республики и 43,1 % - поступают из сопредельных территорий: 34,8% из КНР (Ертыс (Иртыш), Или), 39,7 % - Средней Азии (Сырдарья), 19,3 % - из России (Орал, Тобол) и остальная незначительная часть - из Кыргызской Республики (Шу, Талас, Асса).

На территории республики насчитывается 38 тыс. озер, из которых 3300 имеют площадь зеркала воды более 1 км<sup>2</sup> и 17 озер - с площадью зеркала более 100 км<sup>2</sup>. В высокогорных зонах Восточно-Казахстанской, Алматинской, Жамбылской и Южно-Казахстанской областей расположены ледники общей площадью более 1900 км<sup>2</sup>, с потенциальным запасом воды в 95 млрд. м<sup>3</sup>. Прогнозные запасы подземных вод с минерализацией до 10 г/л на территории республики составляет 1322,3 м<sup>3</sup>/с, из них для хозяйственно-бытового водоснабжения с минерализацией до 1 г/л - 346,8 м<sup>3</sup>/с.

В целях сохранения и рационального использования водных ресурсов в республике в 1993 г. был принят Водный кодекс Казахстана, а также были заключены межгосударственные соглашения по рекам Сырдарья, Урал, Волга (Едиль), Шу, Талас, Ертыс (Иртыш с Россией). Однако, соответствующие статьи Кодекса, а также условия заключенных соглашений в настоящее время не соблюдаются в полном объеме и не всем показателям.

### **СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА**

В 80-х годах в республике объем водопотребления промышленностью составлял 1,56 млрд. м<sup>3</sup> в год, на коммунально-бытовые услуги населения городов и рабочих поселков расходовалось 1,37 млрд. м<sup>3</sup>.

В 183 городах, 137 рабочих поселках (в т. ч. 155 райцентрах) имелись водопроводные системы. Однако водопотребление в расчете на 1 чел было невысоким:

В 20 городах отпуск воды населению на коммунально-бытовые нужды составляли менее 50 л/сут, в 26 городах - от 50 до 150 л/сут, в 10 городах - от 150 до 200 л/сут и только в 16 городах - свыше 200 л/сут.

В 80-х годах в республике имелось 1990 тыс. га земель регулярного орошения. 781 тыс. га лиманного орошения и 136 млн. га обводненных пастбищ. Водопотребление по сельскому хозяйству составило 26,42 млрд. м<sup>3</sup> в год, в том числе: на регулярное орошение - 20,97 на лиманное орошение - 4,83, для отгонного животноводства (обводнения пастбищ) - 0,38 и на сельскохозяйственное водоснабжение (включая население) - 0,24 млрд. м<sup>3</sup> в год, на рыбное хозяйство - 0,3 млрд. м<sup>3</sup>. Всего по республике объем водопотребления составлял 29,65 млрд. м<sup>3</sup> свежей воды в год.

Еще в 70-е годы внимание правительства было обращено на ожидаемый дефицит водных ресурсов в бассейне Аральского моря. В соответствии с распоряжением Совета Министров Каз. ССР в 1975 г. Госплан Каз. ССР подготовил доклад «О комплексе мероприятий по рациональному и экономному использованию водных ресурсов и повышению водообеспеченности отраслей народного хозяйства Каз. ССР на период до 1990 г.». В этом докладе был отмечен начавшийся процесс нарушения экологической обстановки в бассейне Аральского моря в результате наступившего дефицита водных ресурсов по рекам Амударья и Сырдарья. В докладе отмечалось, что уровень Аральского моря за период с 1960 по 1970 г. снизился на 2 м и достиг отметки 51,5 м. В качестве мер по снижению напряженности предлагалось усилить контроль в водополь-

зовании, по соблюдению обоснованных норм поливов и режима орошения, а также повышению КПД оросительных систем.

На резкое ухудшение экологической обстановки в бассейне Аральского моря обратили внимание и центральные руководящие органы страны. На основе изучения материалов и выводов двух специализированных комиссий, ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли Постановление № 1110 от 18 сентября 1988 г. «О мерах по коренному улучшению экологической и санитарной обстановки в районах Аральского моря, повышению эффективности использования и усилению охраны водных и земельных ресурсов в его бассейне», где было отмечено, что при развитии орошаемого земледелия в регионе, наряду с положительным эффектом, были допущены серьезные ошибки в использовании земельных и водных ресурсов, в снабжении населения качественной водой. Длительное время система хозяйствования работала без учета экологических и социальных последствий.

В постановлении был изложен ряд радикальных мер по улучшению экологической и санитарно-эпидемиологической обстановки, включая поэтапное увеличение пуща воды в среднеазиатских реках для сохранения Аральского моря с уменьшенной акваторией. В числе срочных мер была выделена разработка «Схемы комплексного использования и охраны земельных и водных ресурсов бассейна Аральского моря».

«Схему» разработал институт «Союзгипроводхоз» им. Е.Е. Алексеевского в 1990 г., привлекая для разработки проектно-изыскательские и научно-исследовательские организации союза, а также среднеазиатских республик. Однако, меры, намеченные в «Схеме», практически не осуществлены.

Приводим краткую характеристику современного состояния по бассейну р. Сырдарья, отмеченную в «Схеме».

Аральское море. В период с 1911 по 1960 г. в море ежегодно попадало 56 км<sup>3</sup> речного стока. Уровень моря колебался вблизи отметки 53 м, при которой объем моря составлял 1064 км<sup>3</sup>. За период 1961-1987 гг. уровень моря понизился на 13 м до отметки 40,5 м. Объем воды в нем уменьшился на 660 км<sup>3</sup> и составил 404 км<sup>3</sup>. Приток воды в море в эти годы не превышал 20 км<sup>3</sup>. Были годы (1974, 1977, 1981, 1982 гг.), когда притока не было вообще. Было выявлено, что при отметке меньше 40 м акватория моря расчленяется на Малое и Большое моря.

Водные ресурсы и их использование. Среднегодовое количество стока реки Сырдарья составляет 37,9 км<sup>3</sup>. Объем подземных вод, несвязанных с поверхностным стоком, составил 3,5 км<sup>3</sup>.

Использование воды на орошение. В 1985 г. объем недопотребления на орошение составил 38,5 млрд. м<sup>3</sup>, в т. ч. в Казахстане - 9,39 млрд. м<sup>3</sup> (24,3 %). Объем водоотведения - 13,5 млрд. м<sup>3</sup>.

Орошаемая площадь по всему бассейну составила 2842,2 тыс. га, в т. ч. Казахстане - 516,2 тыс. га (18,1 %). Фактическое удельное водопотребление на 1 га по Узбекистану равнялось 9697 м<sup>3</sup>, по Таджикистану - 13457, по Кыргызстану - 10616 и по Казахстану - 14742 м<sup>3</sup>.

Из общей площади орошаемых земель 87,7 % занимает пашня, в т. ч. по южным областям Казахстана - 42,9 %. Посевные орошаемые площади по бассейну за 1965-1985 гг. увеличились на 2,4 млн. га, в т. ч. по Южному Казахстану - на 126 тыс. га (за 1975-1985 гг.). За 1965-1985 гг. производство хлопка-сырца достигло до 2649 тыс. тонн в год, в т. ч. по Казахстану до 300-350 тыс. тонн. Увеличилось производство животноводческой продукции. Если в 1970 г. в бассейне р. Сырдарья заготавливалось мяса (в убойном весе) 177 тыс. т, то в 1985 г. оно увеличилось до 379 тыс. т, молоко - с 1378 тыс. т до 1885 тыс. т, яиц - с 634 млн. шт. до 1738 млн. шт.

Использование воды в коммунальном хозяйстве и промышленности. Объем водопотребления коммунальным хозяйством составил 1730 млн. м<sup>3</sup>, в т. ч. по Казахстану - 201 млн. м<sup>3</sup> (11,6 %). Объем водопотребления промышленностью составил 1263 млн. м<sup>3</sup>, в т.ч. по Казахстану -197 млн. м<sup>3</sup> (15,6 %). Валовая продукция промышленности в Кызыл-Ординской и Южно-Казахстанской областях составила около 3 млрд. руб. В Южно-Казахстанской области среди важнейших видов продукции отмечены кузнечно-прессовые машины, силовые трансформаторы, высоковольтная аппаратура, экскаваторы, продукция фосфорной и нефтеперерабатывающей промышленности, производство цемента и др. А в Кызыл-Ординской области профилирующее значение имели обрабатывающие отрасли легкой и пищевой промышленности, строительная индустрия.

Качество воды и экология региона. За 1977-1986 гг. качество воды существенно ухудшилось. В реке Сырдарья минерализация воды в створе г. Казалинска достигла 2 г/л, в створе Чардаринского водохранилища такая минерализация воды наблюдается в течение большей части года. На формирование качества воды большое влияние оказывают коллекторно-дренажные и сточные воды. Объем ежегодно формируемых сбросных вод по р. Сырдарья колеблется в пределах 13,5-15,5 км<sup>3</sup>, из них 95 % приходится на долю дренажных вод и 5 % - на неочищенные и судоходное значение. К 80-м годам минерализация воды в море достигла 20 г/л. Из-за прекращения разливов в дельтах рек высохли многочисленные озера, сократились до минимума площади тугайно-тростниковой растительности.

Проектная изученность бассейна. В период с 1967 по 1987 гг. выполнено множество проектов, схем, уточнений схем институтами Гидропроект, Союзгипроводхоз, Средазгипроводхлопок по вопросам использования земельных и водных ресурсов бассейна Аральского моря. Но во всех разработках преобладала идея дальнейшего расширения площадей орошаемых земель и других отраслей экономики в бассейне.

Возникшую проблему сохранения Арала рассматривали только путем переброски сюда части стока сибирских рек. Наряду с переброской стока сибирских рек обращалось внимание на переустройство существующих оросительных систем и повышение их КПД на площади около 4,9 млн. га.

### ***ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ***

Сложившаяся в последние годы экологическая и экономическая обстановка в бассейне Аральского моря стала привлекать внимание международной общественности. Большое количество иностранных миссий посетило регион. Страны-доноры оказывали посильную помощь МФСА. В инвестировании проектов принимали участие международные банки.

Существуют 3 основных варианта решения проблемы Аральского моря и Приаралья:

- восстановление уровня воды и качества воды до показателей начала 60<sup>х</sup> годов;
- сохранение текущего уровня воды;
- продолжение высыхания моря до стабилизации на более низком уровне.

Для решения первых двух вариантов проблемы предлагаются множество мероприятий, которые уже активно осуществляются. Среди них - создание МФСА, ИК МФСА и МКВК. Что касается третьего варианта - допущение высыхания Аральского моря до самых низких отметок, то число его сторонников с начала 1990 года стало сокращаться, хотя еще имеются его сторонники в Узбекистане. Этот вариант не поддерживается в первую очередь в Казахстане и международной общественностью, так как

это ведет к дальнейшей деградации Приаралья и приведет к уничтожению Арала как моря. По имеющимся расчетам, такое положение наступит, когда поступление воды в море составит  $5 \text{ км}^3$  в год, при котором испарение станет равно притоку. Такой баланс подтверждается «Водным видением на 2025 г.»

2-й вариант - сохранение Аральского моря текущего уровня воды - возможен при ежегодном поступлении в море стока  $20\text{-}23 \text{ км}^3$  свежей воды. Для этого необходимо выполнить ряд мер по национальным программам по рациональному использованию водных ресурсов, среди которых:

- повышение КПД оросительных систем;
- недопущение или сведение до минимума сбросов воды в Арнасайское и другие понижения и озера;
- распределение водных ресурсов и их использование строго по лимиту, устанавливаемым МКВК;
- внедрение севооборотов на орошаемых землях, эффективной технологии полива и др. мероприятий.

Существует региональное соглашение 1998 года по выделению воды для Аральского моря, которое определяет, что объем водопользования ежегодно должен снижаться на 1,5 % до тех пор, пока объем поступления воды в Арал не достигнет  $20 \text{ км}^3$  в год. Такой же объем водных ресурсов предусматривает «Водное видение на 2025 год».

Выполнение соглашения 1998 г. можно достигнуть в основном национальными программами.

1-й вариант - «Восстановление уровня и качества воды в Аральское море до показателей начала 1960 годов» (когда речной сток в море составлял  $40\text{-}50 \text{ км}^3$  в год, средний уровень моря - около отметки 53 м, а объем моря более  $1040 \text{ км}^3$ ) возможно как теоретический, но требует колоссальных инвестиций и длительный период осуществления. Предлагались решения:

- объем части стока сибирских рек и отвод их в Арал;
- переброска воды из Каспийского моря.

Оба эти варианта можно было бы осуществить технически в течение 15-20 лет в период существования Советского Союза, когда проект можно было финансировать из общесоюзного бюджета.

Есть еще одно предложение, не требующие особых инвестиций для своего осуществления. Это - отказ на 10-15 лет каждой из центрально-азиатских республик от выращивания технических культур с тем, чтобы направить высвобожденные водные ресурсы на пополнение Аральского моря. Безусловно, резкое сокращение посевов технических культур (особенно хлопчатника) скажется на объеме экспорта государства, но это легче, чем поиск громадных инвестиций.

Рассмотрим более детально суть данного предложения. За последние годы объем производства хлопка снизился, посевы их уменьшились. Если в 1985 г. в центрально-азиатских республиках площадь под хлопчатником составляла 3016 тыс. га, то в 1996 г. под ним было занято 2624,8 тыс. га, т. е. сократились на 391 тыс. га (в Узбекистане на 296 тыс. га, Таджикистане на 26 тыс. га, Туркменистане и Кыргызстане - на 2,5-3 тыс. га). В результате сокращения посевов хлопчатника объем водопотребления снизился с  $50,4 \text{ км}^3$  в 1985 г. до  $44,5 \text{ км}^3$  в 1996 г. (расчеты на основании данных «Водного видения на 2025 г.»). Если посев хлопчатника прекратить на год, то на уровне 1996 года (2624,8 тыс. га) освобождаются  $44,5 \text{ км}^3$  воды.

Если объем промышленного, коммунально-бытового водопотребления, а также объем водоподачи на орошение зерновых, кормовых, овощных и других культур оставить на уровне 1996 г., то за счет прекращения производства хлопка за 10 лет стоком

рек Амударья и Сырдарья можно заполнить Арал лишь до отметки 43-44 м, т. е. приблизиться к показателям 80-х годов.

При полном прекращении производства хлопка на один год не будет получено 6,3-6,5 млн. т хлопка. Если коэффициент выхода хлопкового волокна принять 0,80, то убытки центрально-азиатских государств от экспорта хлопка составит 6,6-6,8 млрд. долларов США. Таким образом, 1 вариант спасения Арала не приемлем во всем предложением, так как практический не осуществим. Наиболее реальным будет сохранение текущего уровня Арала по варианту 2.

### ***ОЦЕНКА СКЛАДЫВАЮЩЕЙСЯ В РЕГИОНЕ СИТУАЦИИ***

После распада СССР в декабре 1991 г. бывшие союзные республики провозгласили независимость своих стран и объявили об образовании суверенных государств. В бассейне Аральского моря были созданы республики Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан.

Прекратилось единое управление водными ресурсами рек Амударья и Сырдарья, осуществлявшееся Минводхозом СССР. Вновь образованные государства испытывали большой дефицит финансовых средств, потребовалось несколько лет для создания и укрепления новой структуры управления. В Казахстане вместо Министерства мелиорации и водного хозяйства был создан Государственный комитет Республики Казахстан по водным ресурсам. Все головные водозаборные сооружения, межхозяйственная оросительная и дренажная система, управления гидроузлами и водохранилищами, а также все групповые водопроводы системы вошли в состав Госкомитета по водным ресурсам.

Между тем экологическая обстановка в бассейне Аральского моря продолжала ухудшаться. В этих условиях руководители водохозяйственных организаций Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана 18 февраля 1992 г. в г. Алма-Ате приняли Соглашение о сотрудничестве в сфере совместного управления использования водных ресурсов межгосударственных источников и для этих целей создали Межгосударственную координационную водохозяйственную комиссию (МКВК), на которую возлагалось ежегодное определение лимитов водопотребления для каждой республики, включая воду для Аральского моря и определение режимов эксплуатации водохранилищ, размещенных в бассейне Аральского моря. Выполнение решений МКВК возлагалось на бассейновые водохозяйственные организации (БВО) «Амударья» и «Сырдарья».

Главы пяти центрально-азиатских государств неоднократно встречались для решения проблем Арала и Приаралья: в 1993 г. в г. Кызыл-Орде, в 1994 г. - в г. Нукусе, в 1997, 1998 гг. - в г. Алматы и в 1999 г. - в г. Ашгабаде.

В 1993 г. были созданы Межгосударственный Совет бассейна Аральского моря (МГСА), Исполнительный комитет МГСА, Международный Фонд спасения Арала (МФСА), были одобрены действия МКВК, созданной в 1992 г.

В 1994 г. была принята Программа бассейна Аральского моря (ПБАМ); в 1997 г. были внесены изменения в структуру МФСА; в 1998 г. - заключено долгосрочное соглашение по водным и энергетическим ресурсам р. Сырдарья. В 1999 г. принята Ашгабадская декларация, в которой отмечалась недостаточность принимаемых усилий по решению проблем бассейна Аральского моря.

По всем вышеуказанным вопросам были подписаны соответствующие соглашения. Во всех соглашениях признается необходимость согласованной и взаимовыгодной стратегии управления водными ресурсами. Независимость каждого государства в использовании национальных ресурсов и своей доли трансграничных водных ресурсов,



недопущение деятельности, которая может привести к ухудшению состояния общих водных ресурсов.

С участием международной общественности были разработаны программы поддержки, включая Программу бассейна Аральского моря, утвержденную Главами государств в январе 1994 г. в г. Нукусе.

Во исполнение ПБАМ, Исполком МФСА принял Программу стратегических действий (ПСД) и трансграничный диагностический анализ (ТДА). ПСД определяет основные направления разработки интегрированной политики, стратегии и программы действий по управлению водой и засолением. ТДА выдвигает на первый план следующие ключевые бассейновые трансграничные проблемы:

I проблема - Восстановление стабильной и здоровой ситуации в прибрежных и дельтовых территориях Аральского моря;

II проблема - Засоление почв и рек;

III проблема - Управления водами и водопользование;

IV проблема - Вододеление;

V проблема - Управление речными бассейнами;

VI проблема - Финансирование.

По каждой из этих проблем произведен анализ состояния и предложения к их применению в региональной политике.

Приняв за основу разработки ТДА, ниже приводим наши предложения по решению этих проблем в региональной и национальной программах.

Для решения I проблемы нужно, чтобы государства бассейна договорились о механизмах распределения водных ресурсов в Арал и Приаралье (в годовом и сезонном разрезе), а также взять на себя обязательства о том, что их индивидуальные действия (водозабор и использование) будут соответствовать данному соглашению. Распределению должны подлежать как меженный, так и паводковый сток с доведением их до моря, дельтовых и прибрежных территорий рек. При этом последние должны рассматриваться как самостоятельные водопотребители.

В региональной программе, наряду с распределением ресурсов, должны быть предусмотрены мероприятия по сокращению до минимума бесполезного сброса воды в Арнасайское и другие понижения и озера.

Национальная программа Казахстана по этой проблеме должна включать в себе:

- Осуществление водозабора в объемах и сроках, предусмотренных в Соглашении;

- Содержание водозаборных сооружений в надлежащем виде;

- Участие в осуществлении в жизнь региональных мероприятий по сокращению сброса воды в Арнасайское понижение;

- Осуществление внутрихозяйственных мероприятий по регулированию зимнего сброса из Токгогульского водохранилища и пропуску их в Аральское море.

Для решения II проблемы необходимо в региональном разрезе заключить межгосударственные соглашения:

- О качестве воды, проходящей через государственную границу и недопущении минерализации воды выше согласованного уровня;

- О соблюдении согласованного объема подаваемой воды в установленные сроки.

В Национальной программе Казахстана следует предусмотреть:

- разработку и внедрение мероприятий по сокращению сброса в реки неочищенного промышленного и коммунального стока;

- пересмотр структуры посевных площадей и внедрение севооборотов с целью сокращения удельного веса водоемных сельхозкультур, ограничение количества и объемов применяемых минеральных удобрений и химикатов.

III проблема - относится больше к национальным программам, поскольку должны решить проблемы управления водными ресурсами и их использования внутри отдельной страны. Эта проблема приобретает остроту в связи с ограничением бюджетных средств на эксплуатационные мероприятия, малой эффективностью (доходностью) платы за ирригационную воду, а также созданием вместе колхозов и совхозов фермерских хозяйств и других водопользователей.

Частные хозяйства в данное время испытывают недостаток профессионального управления, отсутствуют механизмы кредитования водохозяйственного инвестирования и вовлечение в инвестирование средств частных водопользователей. Все это указывает на необходимость осуществлять управление распределением водных ресурсов и обслуживание ирригационно-дренажных сетей осуществлять на уровне внутригосударственных организаций и хозяйств. Основной задачей при этом становится борьба с потерями воды.

Полевые исследования показывают, что до 50 % воды, подаваемой в хозяйства, теряются на фильтрацию и бесполезные сбросы. В последние годы под руководством МКВК удалось достичь снижения удельного водопотребления с 14600 м<sup>3</sup>/га в 1990 г. до 12400 м<sup>3</sup>/га - в 1998 г. Тем не менее, фактическое водопотребление (4,5-20,6 тыс. м<sup>3</sup>/га) выше, чем определенное по нормативам (3,8-11,2 тыс. м<sup>3</sup>/га), что говорит о наличии значительного резерва водных ресурсов. Поэтому постоянно должны вестись работы по реконструкции существующих ирригационно-дренажных систем, повышению их КПД, внедрению севооборотов и научно-обоснованных режимов орошения.

По новейшим расчетам, приводимым в «Водном видении на 2025 г.», прямые затраты на восстановление 1 га ирригационно-дренажных систем в Казахстане и в Кыргызстане, составляют 1000 дол. США, а полная реконструкция требует 2-3 тыс. дол. США. Несмотря на такую дороговизну, эти работы надо проводить, поочередно, хотя бы небольшими участками. Подыскивать и направлять для этих целей инвестиции. Отсюда, в национальную программу по водопользованию должны быть включены:

- составление и осуществление ежегодных и перспективных планов по восстановлению и переустройству существующих межхозяйственных и внутрихозяйственных оросительных систем и сооружений в разрезе административных районов;
- внедрение научно-обоснованных севооборотов;
- изучение и внедрение наилучшего опыта организации орошения в фермерских хозяйствах, исключая потери воды на сброс, организация коллективных и индивидуальных действий по сокращению объемов водопотребления;
- установление приемлемых цен на услуги по подаче поливной и питьевой воды, повышение отдачи с орошаемых земель;
- изучение и внедрение механизмов кредитования внутрихозяйственного инвестирования ирригации и дренажа.

По VI проблеме с 1992 г. успешно работает МКВК, под руководством которой осуществляется распределение бассейновых водных ресурсов. Однако пока распределяется сток, идущий по основным руслам рек Амударья и Сырдарья. В бассейнах этих рек построены 80 водохранилищ объемом 60 км<sup>3</sup> и 45 гидроэлектростанций с общей мощностью 34,5 МВт. Основное их назначение - регулирование (многолетнее) стока и выработка электроэнергии. Режим работы водохранилищ ирригационно-энергетический.

Имеется межгосударственное соглашение о водodelении, которое осуществляет в жизнь МКВК. Однако, существующее региональное межгосударственное соглашение следует уточнить или ввести поправки, учитывающие:

- режим работы водохранилищ и Нарын-Сырдарьинского каскада ГЭС с более полным учетом ирригационных и энергетических нужд всего региона, включая Арал и Приаралье. Утвердить правила эксплуатации каждого водохранилища с учетом согласованного режима работы.

- мероприятия по обеспечению попуска зимнего сброса из Токтогульского водохранилища, исключающие затопление территории городов и населенных пунктов, размещенных ниже Чардаринского гидроузла.

МКВК требуется разработать комплексную и надежную модель бассейнового водного баланса, для чего создать региональную и национальную базу данных на основе точного учета всех трансграничных водных ресурсов и их качества.

У проблема в настоящее время осуществляется силами БВО «Амударья» и БВО «Сырдарья» под руководством МКВК. Благодаря руководству МКВК, удельное водопотребление постепенно снижается в результате внедрения лимитов на водозабор.

Существующие БВО осуществляют внутрибассейновое распределение трансграничных вод.

В региональной и национальной программах по управлению речными бассейнами дополнительно следует иметь:

- создание и пополнение имеющихся региональной и национальной базы данных;

- создание и внедрение мониторинга качества и количества воды;

- осуществлять учет и распределение не только руслового стока, но и возвратных вод.

Проблема VI. Как видно из предыдущих разделов, в бассейне Аральского моря предстоит выполнить очень большой объем проектно-исследовательских и строительных работ, а также иметь большие ежегодные эксплуатационные затраты. Все это требует больших инвестиций для выполнения региональных и национальных программ. Наличие финансовых средств зависит, в основном, от экономического развития страны, принятых политических решений и от доли ассигнований для инвестирования водохозяйственного сектора.

По нашему мнению, источниками финансирования региональных программ могут быть:

- Ежегодные отчисления государств бассейна Аральского моря, которые определены в объеме 0,1 % от стоимости внутреннего валового продукта;

- Кредиты мирового и международного банков.

Источниками финансирования национальных программ могут быть:

- Бюджетные ассигнования;

- Кредиты республиканских и иностранных банков;

- Внутрихозяйственное инвестирование;

- Спонсорство по отдельным объектам и сооружениям.

### ***ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ***

Развитие возможно при росте экономики и повышении благосостояния народа. Чем больше объем получаемых государственных доходов, тем больше у государства имеется возможность выделять средства на расширенное воспроизводство.

Доходы, получаемые от мелиорации земель, идут на восполнение доходов сельского хозяйства, которое является основой для пищевой и легкой промышленности, на которых базируется жизнедеятельность всего общества.

В настоящее время из госбюджета ежегодно выделяются ассигнования в малых размерах, далеко не достаточных для поддержки (эксплуатации) и обслуживания водохозяйственной инфраструктуры на бассейновом, межхозяйственном и внутрихозяйственном уровнях. Из-за недостаточности финансирования сокращаются штаты работников, ухудшается техническое состояние ирригационных и дренажных систем и сооружений, ослаблен контроль за использованием воды, не снижаются потери воды на фильтрацию и бесполезный сброс, еще более усугубляются существующие проблемы заболачивания и засоления.

К сожалению, сельское хозяйство, в том числе мелиорация и водное хозяйство, в данное время не могут внести существенный вклад в экономику государства, поскольку оно нерентабельно. Население имеет небольшой доход или совсем не имеет его. Вновь созданные фермерские хозяйства еще не укрепились и маломощны.

По расчетам НИЦ МКВК, в бассейне Аральского моря на управление, эксплуатацию и на содержание ирригационной инфраструктуры на 1 га потребуется около 65-120 дол. США в год. Так как начинающие фермеры не в состоянии отдавать более 10 % своего дохода, то правительство должно представить основную часть (не менее 70 %) средств на поддержание ирригационной инфраструктуры в рабочем состоянии. Также по расчетам НИЦ МКВК, уровень сельскохозяйственного производства в бассейне Арала может достигнуть уровня 1990 не раньше 2007-2015 гг. Только тогда фермеры могут покрывать несколько большую часть и поддержание ирригационной инфраструктуры и объем государственных субсидий можно снизить.

Бедственное положение сельского и водного хозяйства в бассейне Аральского моря Казахстана (Кзыл-Ординская и Южно-Казахстанская обл.) и не радужные их перспективы можно видеть из анализа ниже следующих факторов:

- состояние экономики перспективы ее роста;
- демографическое развитие общества;
- технологические изменения в отрасли;
- будущие требования на воду по отраслям экономики;
- социальные потребности и приоритеты регионов.

### *Состояние экономики и перспективы ее роста*

В настоящее время в республике насчитывается 62475 крестьянских (фермерских) хозяйств, вместо 2 тыс. совхозов и колхозов, существовавших в 1975 г. В сельской местности республики на начало 1999 г. проживало 6589 тыс. чел. - 49,8 % от общей численности населения республики.

В 1990 г. общий объем водопотребления народным хозяйством республики составлял 11317 млн. м<sup>3</sup> или 36,4 %, в том числе:

Водопотребление в промышленности составило 64 млн. м<sup>3</sup>, в коммунальном хозяйстве - 102 млн. м<sup>3</sup>, в сельском хозяйстве 6939 млн. м<sup>3</sup> (из них - орошаемое земледелие 6814 млн. м<sup>3</sup>, сельскохозяйственное и обводнение пастбищ - 125 млн. м<sup>3</sup>), в рыбном хозяйстве - 110 млн. м<sup>3</sup>.

Известно, что объем и стоимость валового продукта страны складываются из суммы по отраслям экономики. Продукция орошаемого земледелия и отгонного животноводства, зависящие от уровня использования земельных и водных ресурсов, является частью продукции сельского хозяйства.

В конце 80-х - начале 90-х годов орошаемые земли, занимая 4-6 % от общих посевов, давали от 20 до 25% стоимости продукции растениеводства, в Южно-Казахстанской области 70 %, а в Кызыл-Ординской области - 90 %.

В настоящее время площадь используемых орошаемых земель по Республике Казахстан сократилась на 1 млн. га, площадь обводненных пастбищ не превышает 50-60 млн. га. На поливных землях этих областей полностью размещены посевы хлопчатника и рис. Значительно сократилось поголовье животных, в т. ч. КРС - на 38 % и составило к началу 1998 г. 3,9 млн. голов, поголовье овец и коз, соответственно, 27 % и 9,5 млн. голов. В результате снижения поголовья и по другим видам животных сократились объем производства мяса, молока, шерсти, яиц и другой продукции животноводства. В 1993-1994 гг. в Кызыл-Ординской области из общего количества орошаемых земель 285,9 тыс. га зерновые занимали 160-170 тыс. га (50-60 %), в том числе рис 73,1-79,9 тыс. га (25-28 %), кормовые культуры - 106-114 тыс. га (37-40 %). В Южно-Казахстанской области из общего количества орошаемых земель 500,3 тыс. га зерновые занимали 143-160 тыс. га (28-32 %), в т. ч. рис - 15-16 тыс. га (3 %), хлопчатник - 110-111 тыс. га (22 %) и кормовые культуры - 191-195 тыс. га (38-39 %).

За период с 1990 по 1998 г. в Кызыл-Ординской области урожай риса снизился с 49-52 до 39-40 ц/га, озимой пшеницы - с 20-29 до 11-13 ц/га, люцерны - с 40-49 до 28-29 ц/га. В Южно-Казахстанской области урожай хлопчатника снизился с 25-27 ц/га в 1990 г. до 14-19 ц/га в 1998 г., риса - с 55-56 до 15-20 ц/га, люцерны - с 63-70 до 19-20 ц/га.

В результате снижения урожайности на сельхозпредприятиях Кызыл-Ординской области за период с 1995 по 1998 г. валовая продукция сельского хозяйства уменьшилась с 2348,0 млн. до 1140,2 млн. тенге или в 2 раза, а в Южно-Казахстанской - с 11476,2 млн. до 6867,2 млн. тенге (в 1,7 раза). Однако, по статистическим данным, выросла продукция частного сектора - населения и крестьянских хозяйств.

В 1998 г. удельный вес валовой продукции сельского населения в Кызыл-Ординской области составил 71,7 %, а в Южно-Казахстанской - 58,0 %. В том же году удельный вес продукции крестьянских хозяйств Кызыл-Ординской области составил 10,5 %, а в Южно-Казахстанской - 19,9 %.

За 1995-1998 гг. стоимость валовой продукции населения Кызыл-Ординской области возросла в 3,6 раза, а крестьянских хозяйств - в 12 раз. Эти показатели по Южно-Казахстанской области - соответственно в 2,6 и 7 раз.

Количество фермерских хозяйств в Кызыл-Ординской области в 1998 г. достигло 914, в Южно-Казахстанской - 10801.

Поэтому в условиях значительного снижения эффективности сектора сельского хозяйства необходимо проводить работы по вовлечению средств населения и крестьянских хозяйств на инвестицию в мелиорации во внутривоспроизводственном и районном масштабах.

В целом, сельхозпредприятия Республики Казахстан являются убыточными. Так, в 1995 г. они принесли убыток в 21755 млн. тенге, а в 1998 г. - 26638 млн. тенге, при этом уровень рентабельности их составил минус 17,9 % в 1995 г. и минус 25,7 % - в 1998 г.

При убыточности сельхозпроизводства и проводимой в республике и далеко незавершенной реформе на селе ожидать в ближайшей перспективе отдачи от экономики сельского хозяйства не приходится. Если только один выход - государственные дотации сельскому хозяйству и иностранные инвестиции.

### *Демографическое развитие общества*

Известно, что демографический рост является основой развития трудовых ресурсов страны. Рост рождаемости, снижение смертности и хорошее здоровье населения являются гарантией демографического роста. Однако, в целом по республике в настоящее время демографическая обстановка неблагоприятная. Из-за ухудшения жизненных условий происходит как внешняя, так и внутренняя миграция населения. Так, в целом по республике численность населения сократилась с 15,9 млн. чел. в 1995 г. до 14,9 млн. чел. - в 1998 г., в том числе сельское население сократилось на 256,4 тыс. чел. и составило к началу 1999 г. 6589 тыс. чел. За эти годы численность населения Кзыл-Ординской области не претерпело особых изменений. Общая численность населения в Кзыл-Ординской области по сравнению с 1995 г. возросла на 5 тыс. чел. и составила в 1998 г. 595,7 тыс. чел.; в Южно-Казахстанской области - 1973,7 тыс. чел. или возросло на 33 тыс. чел. Однако трудоспособное население в Кзыл-Ординской области уменьшилось на 32,8 тыс. чел. и составило 310,7 тыс. чел., а в Южно-Казахстанской области - соответственно 2 тыс. и 987,2 тыс. чел. В 1998 г. занятость населения Кзыл-Ординской и Южно-Казахстанской областях, вместе взятых, составила 58,2 %. Из них в сельском хозяйстве были заняты 24,2 %, в промышленности и строительстве - 17,8 %, в сфере услуг и торговли - 58 %.

Таким образом, в последние 3 года в республике общая численность населения уменьшилась на 998,9 тыс.чел., в том числе численность трудоспособного населения на 606,5 тыс. чел., из них на селе - на 75,6 тыс. чел. Естественный прирост населения республики в 1995 г. составил 107469 чел., а в 1998 г. - этот показатель равнялся 68 тыс. чел., т. е. показатель естественного прироста снизился. Отсюда видна неблагоприятная демографическая ситуация в республике.

Тем не менее, ЮНЕСКО в своем «Водном видении бассейна Аральского моря на 2025 г.», составленном 2000 году принял коэффициент естественного прироста по республике равным 1,3. При этом ЮНЕСКО отмечает, что Казахстан имеет многообещающие средние и долгосрочные экономические перспективы благодаря наличию крупных запасов углеводородных и минеральных ресурсов, небольшому внешнему долгу и хорошо обученным кадрам. Имеются обширные площади пахотных земель. Промышленный сектор развивается в направлении эксплуатации богатых природных ресурсов.

### *Технологические изменения в отрасли*

В недавнем прошлом (1995 г.) водозабор из источников орошения осуществлялся 382 головными сооружениями. На магистральных и межхозяйственных каналах были размещены 4177 гидросооружений.

Гидросооружения в основном представляют железобетон, а щиты выполнены из металлических конструкций. Подъем и опускание щитов осуществлялись гидравлический, с использованием электрической энергии, а на внутрихозяйственных сооружениях - вручную. На ряде межхозяйственных ирригационных системах было внедрено автоматизированное управление процессом вододеления. Простейшая автоматизация водораспределения внедрялась также и на групповых водопроводах.

На орошаемых полях в основном поливы осуществлялись по бороздам и напуском по полосам. До 20-25 % полей поливались дождеванием. На небольших полях, в основном в порядке опыта, применялось внутрипочвенное и капельное орошение. В

Кзыл-Ординской и Южно-Казахстанской областях применялись поливы по бороздам, напуском и чеками, а также дождеванием.

Политика правительства о переводе водохозяйственных организаций на хозрасчет и посредством его восполнить потребность средств на эксплуатационно-ремонтные мероприятия не дали существенных положительных результатов. Так, в 1994 г. на эксплуатацию водохозяйственных систем республики требовалось 932,8 млн. тенге. Из них 107,8 млн. тенге планировалось получить из бюджета, фактически было выделено 62,9 млн. тенге (58,4 %). Собственные средства планировалось сформировать в объеме 825 млн. тенге, фактически было собрано 251,9 млн. тенге (30,6 %), в том числе за счет:

- услуг по подаче поливной воды 177,1 млн. тенге (30 % от плана);
- услуг по подаче питьевой воды 55,7 млн. тенге (25,2 %);
- выполнения подрядных работ 19,0 млн. тенге (83,6 %).

Технология управления водными ресурсами (водозабор, транспортирование воды, водораспределение), а также приемы и способы водопользования и водопотребление в последние годы в сельскохозяйственной отрасли Республики Казахстан остались на прежнем уровне, и в ближайшие годы изменения в лучшую сторону не предвидятся.

### *Спрос на воду по отраслям экономики*

Спрос на воду зависит от численности населения, роста промышленного и сельскохозяйственного производства. По обобщениям, произведенным НИЦ МКВК, в бассейне Аральского моря за 30 лет (1960-1990 гг.) водозабор увеличился в 1,8 раза, в то время как население выросло в 2,7 раза, орошаемая площадь - в 1,7 раза, сельскохозяйственное производство в 3 раза и ВВП - в 6 раз. Однако, после 1990 г. объем водозабора стал снижаться. В 1995 г. на 9 км<sup>3</sup> по сравнению с 1990 годом, а в последующие годы (включая 1998 г.) - на 17-18 км<sup>3</sup>. В том числе по Кзыл-Ординской и Южно-Казахстанской областям общий объем водозабора сократился с 11317 млн. м<sup>3</sup> в 1990 г. до 7314 млн. м<sup>3</sup> - в 1997 г. Из них водозабор на бытовое водоснабжение составил 102 млн. м<sup>3</sup>, на сельское водоснабжение 125 млн. м<sup>3</sup>, промышленное водоснабжение 64 млн. м<sup>3</sup>, рыбный промысел 110 млн. м<sup>3</sup>, на орошаемое земледелие 6814 млн. м<sup>3</sup> (93,2 % от общего объема) и на другие цели - 99 млн. м<sup>3</sup>.

По прогнозам на 2010 год, общий водозабор по бассейну возрастет на 23,3 % по сравнению с 1997 годом и достигнет 123378 млн. м<sup>3</sup>. За этот период по Кзыл-Ординской и Южно-Казахстанской областям потребный объем воды возрастет до 12963 млн. м<sup>3</sup> или в 1,7 раза. Из них потребность населения - до 63 млн. м<sup>3</sup>, промышленности - до 474 млн. м<sup>3</sup>, орошаемого земледелия - до 10935 млн. м<sup>3</sup>. Таким прогнозам есть следующие основания. В Кзыл-Ординской области начала развиваться нефтяная отрасль, в Южно-Казахстанской - нефтеперерабатывающая, химическая, машиностроительная, приборостроительная и другие отрасли экономики.

### *Социальные потребности и приоритеты регионов*

В 1998 г. среднемесячная заработная плата одного работника в Казахстане составила в промышленности - 13465 тенге (94,8 долларов США), в строительстве - 12374 тенге (87,1 долларов США), на транспорте - 11928 тенге (84,0 долларов США), в то время как в сельском хозяйстве она равнялась 3896 тенге (27,4 долларов США) т. е. почти в 3-3,5 раза меньше, чем в других отраслях.

Приоритетным для каждого региона следует считать размещение и развитие отраслей сельского хозяйства в соответствии с природно-климатическими условиями и опытом местного населения.

В связи с этим целесообразно:

- В Южно-Казахстанской области осуществлять производство хлопка, овощей, фруктов, кормовых и зерновых культур;
- В Кызыл-Ординской и Алматинской областях - производство риса и других зерновых культур, сахарной свеклы, овощей, фруктов и кормовых культур;
- Северных, западных, центральных, восточных и юго-восточных областях - производство зерна, кормовых и овощных культур и картофеля.

Таким образом, в орошаемой зоне целесообразно выращивать технические культуры (хлопчатник, сахарную свеклу, табак и др.), зерновые (рис, кукурузу, озимую и яровую пшеницу), овоще-бахчевые и кормовые культуры. При обеспечении поливной водой в нужные сроки и в требуемом объеме можно получать высокие и гарантированные урожаи этих культур.

К проблемам можно отнести необходимость роли водного хозяйства республики как внутри страны, так и в межгосударственных отношениях.

### **ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И КАЧЕСТВО ВОДЫ**

Стали общеизвестными неоспоримые факты, свидетельствующие о том, что в результате многолетнего ежегодного отбора большого объема воды из рек Амударья и Сырдарья без учета потребности Аральского моря был нанесен колоссальный ущерб состоянию моря и Приаралья. Объем моря уменьшился более чем 2 раза, береговая линия местами отошла до 100 км от прежней отметки - 53,0 м, половина морского дна оголилась и стала источником солепылевыноса, до 40 г/л увеличилась минерализация морской воды. Снижение уровня моря привело к опустошению дельт, а также всего побережья рек Амударья и Сырдарья, которые имели не только экологическую ценность, но также обеспечивали средства к жизни местного населения. Тугайно-тростниково-камышовые заросли представляли собой пастбища для скота, камыши использовались для производства бумаги и строительства домов, представляли собою нерестилища рыб, места охоты и рыболовства.

Усыхание дельт, речных русел, прибрежных озерков и болот чрезвычайно негативно повлияло на биоразнообразие: из числа 178 видов животных в прошлом обитавших в дельтах, осталось только 38. Многие виды животных обитавших в тугаях и камышах исчезли. Популяция рыб значительно сократилось, море потеряло рыбопромысловое и судоходное значение.

Из 7,9 млн. га орошаемых земель в бассейне моря засолены 5,2 млн. га. Фактически обеспечены дренажем около 4,5 млн. га. Надежно работает только открытый дренаж, размещенный на 2282 тыс. га или 59,6 % земли.

В нижнем течении р. Сырдарья ухудшилось качество поверхностного стока из-за поступления в русло реки значительного объема высокоминерализованных дренажных вод (всего по бассейнам двух рек до 30-35 км<sup>3</sup> в год), загрязненных солями, пестицидами и совершенно неочищенных и недостаточно очищенных коммунально-бытовых и промышленных сточных вод. Общий объем сброса минерализованных вод в русло р. Сырдарья составил:

в 1993 г - 11,7 км<sup>3</sup>, в 1994 г. - 11,15 км<sup>3</sup>, в 1995 г. - 7,83 км<sup>3</sup>, в 1996 г. - 8,19 км<sup>3</sup>, в 1997 г. - 8,87 км<sup>3</sup>. Если минерализация воды в верховьях Сырдарьи не превышает 0,3-0,5 г/л, при выходе их Ферганской долины достигает 1,2-1,4 г/л, в створе Чардара - 1,4-1,6 г/л, в створе г. Кызыл-Орда - 1,6-2,0 г/л, то в створе г. Казалинска минерализация воды доходит до 2,3 г/л. Мероприятия по борьбе с высокой минерализацией дренажных



вод должны предусматриваться в национальных программах государств и включать в себя:

- Снижение потерь воды на фильтрацию и сброс воды из оросительных каналов;
- Снижение объемов применяемых минеральных удобрений и химикатов;
- Внедрение севооборотов, исключение монокультуры растений, требующих химикатов и минеральных удобрений;

- Максимально использовать возвратных вод в зонах их формирования.

За 1990-1998 гг. доля хлопчатника на орошаемых землях (главным образом, в Узбекистане) снизилась с 45 до 25 %. За тот же период увеличилась доля зерновых (пшеница, рис, кукуруза) с 12 до 28 %. Площадь кормовых культур наоборот, уменьшилась. Если в 1990 году их доля составила 27,4 %, то в 1998 г. она снизилась до 19,6 %. Это опять говорит о необходимости внедрения севооборотов на орошаемых полях.

В национальную программу Казахстана по поддержанию Аральского моря и экологии Приаралья также должны быть включены:

- Обеспечение ежегодного попуска воды из Сырдарьи непосредственно в Аральское море в согласованном и требуемом объеме (5-7 км<sup>3</sup> в год);
- По примеру Узбекистана разработать и осуществить план создания в дельте Сырдарьи в экологически-приемлемом объеме водно-болотные угодья, восстановить Малое море на первом этапе на уровне отметки не менее 42,5 м путем завершения строительства Кокаральской плотины.

### ***ВОЗМОЖНЫЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ БУДУЩЕГО РАЗВИТИЯ***

Во всех центрально-азиатских республиках в настоящее время проводятся определенные работы по выполнению межгосударственных соглашений, подписанных Главами государств в 1992-1999 гг. Однако у государств еще нет единодушного стремления правительственных и хозяйственных организаций по безусловному выполнению всех решений МФСА, его Исполкома и МКВК.

По нашему мнению, в 2000-2003 гг. следует разработать и внедрить правовую структуру управления водными ресурсами на региональном уровне для решения конфликтов, связанных с использованием воды в различных отраслях экономики, с учетом охраны окружающей среды.

Исполкому МФСА и МКВК также следует:

- В течение 2000-2003 гг. разработать новые обязательства государств по совместному управлению и развитию водных ресурсов;
- Выработать в течение 2000-2002 гг. идентичные органы управления водным хозяйством во всех центрально-азиатских государствах и обеспечить их внедрение в единые сроки (например, с 2002 года);

Обеспечить защиту интересов любого из центрально-азиатских государств в одинаковой степени, не допускать местничество в своих решениях и действиях;

- Добиться с 2001-2002 гг. в каждой стране выделения государственных дотаций на эксплуатацию и содержание ирригационно-дренажных систем и сооружений, а также систем водоснабжения.

Исполнение уже разработанных программ и проектов по спасению Аральского моря в полном объеме сомнительно по следующим соображениям, что создает неопределенности будущего развития.

Первое: из-за невозможности выделения в больших размерах инвестиций на строительство и переустройство водохозяйственных систем и сооружений как региональных, так и национальных программ.

Второе: из-за отсутствия единого подхода к проблеме сохранения Арала и Приаралья. До сих пор у некоторых государственных чиновников Узбекистана бытуют мнения в поддержку проекта переброски части стока сибирских рек Среднюю Азию. Но не для сохранения Арала, а для дальнейшего расширения орошаемого фонда и увеличения производства хлопка. Эта идея допускала полное высыхание Аральского моря и списание его с учета как естественного водоема.

### **ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Необходимо обеспечить защиту интересов любого из центрально-азиатских государств в одинаковой степени, не допускать местничество в своих решениях и действиях. В 2001-2003 гг. ввести в действие юридические и нормативные документы, регулирующие водные отношения между государствами Центральной Азии.

2. Всем государствам строго соблюдать согласованный режим водоподдачи и обеспечить водопотребителей водой в необходимом объеме и в нужные сроки.

3. Добиться ежегодного улучшения качества воды путем сокращения сброса дренажных вод и снижения объема неочищенных промышленных и коммунально-бытовых стоков.

4. Обеспечить ежегодный попуск воды в Аральское море и Приаралье в согласованном объеме.

5. Добиться с 2001-2002 гг. в каждой стране выделения государственных дотаций на эксплуатацию и содержание межгосударственных объектов и ирригационно-дренажных систем и сооружений, а также систем водоснабжения.

6. Согласовать окончательный вариант оптимального режима работы Нарын-Сырдарьинского каскада водохранилищ и внести их на утверждение правительств центрально-азиатских государств.

7. Основными задачами водопользователей региона следует признать обеспечение экономного и эффективного использования воды за счет проведения ежегодных работ по повышению и совершенствованию технического уровня водохозяйственных систем и сооружений, технологии полива, улучшения структуры посевных площадей, за счет внедрения севооборотов, исключение монокультуры растений, требующих химикатов и удобрений.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Бюллетени МКВК за 1993-1999 гг.
2. Региональный ежегодник Казахстана (1995-1998 гг.). Агентство Республики Казахстан по статистике. Алматы, 1999 г.
3. Сельское, лесное и рыбное хозяйство Казахстана (1997 г.). Национальное статистическое агентство Республики Казахстан. Алматы, 1997 г.
4. Госплан Совета Министров Казахской ССР. Доклад о комплексе мероприятий по рациональному и экономному использованию водных ресурсов и повышению водобеспеченности отрасли народного хозяйства Казахской ССР до 1990 г. Алма-Ата, 1975 г.
5. Сводная программа и структура разработки схемы комплексного использования и охраны водных и земельных ресурсов бассейна Аральского моря. Москва, Союзгипроводхоз, 1989 г.
6. Водное видение бассейна Аральского моря на 2025 год. ЮНЕСКО, 2000 г.

7. В.Духовный, В.Соколов. Комплексное управление водными ресурсами в бассейне Аральского моря. НИЦ МКВК, г. Ташкент, 2000 г.

8. Н.Кипшакбаев. Оптимизация использования водно-энергетических ресурсов бассейна реки Сырдарьи в современных условиях (Казахстанская часть). Казахский филиал НИЦ МКВК, г. Алматы, 2000 г.

9. Госкомитет по водным ресурсам Республики Казахстан. Управление водохозяйственными системами и сооружениями. Анализ формирования и использования дефицитных ресурсов на эксплуатационные мероприятия за 1994 г. Алматы, 1995 г.

*Сарсембеков Т.Т.*

## **ВОДА И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. КРАТКИЙ ОБЗОР НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМ МИРОВЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИРРИГАЦИИ**

Водные ресурсы до относительно недавнего времени считавшиеся неисчерпаемыми и доступными, довольно быстро перешли в категорию ресурсов, нехватка которых будет самым серьезным образом препятствовать устойчивому экономическому развитию, а в ряде регионов мира быть главной причиной конфликтных ситуаций между отдельными государствами.

Вода, участвуя во всех сферах жизнедеятельности человека и как незаменимый компонент аграрного и индустриального производства, экологического равновесия природной среды, становится самым ценным ресурсом, которым обладает страна.

При гигантских запасах мировых океанических и континентальных вод, примерно 1,4 млрд. км<sup>2</sup>, они из-за чрезвычайно высокого содержания солей, непригодны для использования. Доля пресной воды в общем объеме мировых вод около 2,5 % или 31-35 млн. км<sup>3</sup>. Но эти воды, заключенные в ледниках, находящиеся в виде атмосферной и почвенной влаги, недоступны для освоения и их объем превышает 99,7%. Таким образом, человечество условно располагает 0,3 % или 93,0 тыс. км<sup>3</sup> пресных вод, которые могли быть использованы для хозяйственно-экономических целей. Однако этот объем пресных вод, относящийся к так называемым возобновляемым водным ресурсам, также недоступен для использования, так как распределен в глобальном масштабе неравномерно, во многих частях мира формируется в виде муссонов, дождей, вызывая катастрофические наводнения с большими разрушениями населенных пунктов, объектов инфраструктуры

Мировое потребление воды с ежегодным отбором ее из водоисточников составляет 3,8-4,2 тыс. км<sup>3</sup>. Из этого объема 69 % расходуется сельским хозяйством, 23 % - индустрией и 8 % идет на хозяйственно-питьевые цели.

По существу, этот объем воды характеризует сегодняшний уровень мирового экономического развития и его возможности для использования располагаемых водных ресурсов. Дополнительное их вовлечение в хозяйственный оборот сопряжено с огромными затратами энергетических и финансовых ресурсов, препятствующих получению максимальной выгоды от привлечения труднодоступных водных ресурсов.

Мировое потребление воды удваивалось каждые 20 лет, но дальнейшее освоение новых дополнительных водных ресурсов будет требовать все больше средств и каждый

кубометр воды по стоимости будет обходиться все дороже. Таким образом, на ближайшее будущее, темпы увеличения мирового объема забора воды из водных источников будут уменьшаться и можно полагать, что его современный уровень и будет тем количеством воды, которым располагает человечество. Этой воды, как видно из приведенных цифр, чрезвычайно катастрофически мало, а, учитывая, что эти водные ресурсы территориально и по сезонам года распределены неравномерно, и подвержены сильному загрязнению в результате техно- и антропогенной деятельности, проблема воды, как весьма ограниченного ресурса, приобретает огромную остроту и сложность.

За последние три столетия потребление воды возросло более чем в 35 раз и достигло, как отмечено, 3,8-4,2 тыс. км<sup>3</sup> в год. Если расходование водных ресурсов будет расти такими темпами, которые были свойственны последним десятилетиям, то можно с уверенностью говорить, что мир ожидает глобальный дефицит воды.

Основным потребителем воды является сельское хозяйство, и вопросы продовольственной безопасности при резком росте численности населения в мировом масштабе будут решаться только увеличением продуктов питания. Это потребует освоения новых земель, строительства дополнительных ирригационных систем, так как в условиях ограниченности земельных ресурсов интенсивное их использование возможно только на основе орошения, а значит максимального использования имеющихся водных ресурсов. Иными словами, регионы, уже сегодня ощущающие их недостаток, в будущем будут испытывать еще больший дефицит. Если, по оценке ООН, в 1995 году, при численности 5,7 млрд. человек, считалось, что 92 % обеспечены водой, а 5 % ощущали напряженность в доступе к воде и 3 % испытывали ее дефицит, то к 2050 году, когда ожидается рост населения до 9,4 млрд. человек, 58 % будут иметь возможность пользоваться водой без каких-либо ограничений, 24 % недополучать воду в требуемом объеме, а 18 % могут столкнуться с проблемами ее дефицита.

Шведский гидролог М. Фалкенмарк установила, что напряженность с водой наступает, когда доступные водные ресурсы меньше 1,7 тыс. м<sup>3</sup> на чел., а дефицит их возникает при показателе менее 1,0 тыс. м<sup>3</sup> на чел. в год. Сегодня более чем 230 млн. человек проживает в 26 странах, которые отнесены к странам, имеющим непокрываемый дефицит воды. В 11 странах Ближнего Востока и Северной Африки на душу населения приходится всего 500 м<sup>3</sup> водных ресурсов в год, и они отнесены к категории стран с «абсолютным водным дефицитом». По прогнозу, в связи с ростом численности населения, число таких стран будет быстро расти. Ежегодно прирост мирового населения составляет 90-94 миллиона человек и соответственно этому должно увеличиваться потребление воды на хозяйственно-питьевые цели, производство продуктов питания, промышленной продукции. Поскольку объем доступных возобновляемых водных ресурсов относительно постоянен, то в расчете на душу населения он уменьшается. Так, если в 1950 году эта величина в среднем составляла 33,0 тыс. м<sup>3</sup>, то в 1993 году сократилась до 8,5 тыс. м<sup>3</sup> на чел. в год.

Этот показатель в 2000 году по регионам по сравнению с 1950 годом снизился в Африке с 20,6 до 5,1; Азии - с 9,6 до 3,3; Европе - с 5,9 до 4,7; Северной Америке - с 37,2 до 17,5; Латинской Америке - со 105,0 до 28,3 тыс. м<sup>3</sup> на чел. в год.

Почти 40 % населения мира, большинство которых проживают в развивающихся странах, уже сталкивается с серьезными проблемами, вызванными недостатком воды. К середине следующего столетия уже 65% мирового населения соприкоснется с водной проблемой, если не принимать действенных мер. Плохие санитарные условия для проживания, отсутствие качественной питьевой воды, недостаток водных ресурсов для сельского хозяйства, а значит продуктов питания, загрязнение водоисточников будут главными причинами социальной напряженности и региональных конфликтов. Учитывая это, во многих странах мира поддержка усилий по развитию ирригации и соответ-

ственно адекватному управлению водными ресурсами, рассматривается как стратегическое направление в борьбе с голодом и бедностью.

Орошаемое земледелие возникло еще на заре человечества, было основой развития многих цивилизаций. Первоначально техника орошения была примитивной, и благополучие населения зависело от разливов рек. На увлажненной после разлива почве, посев производился, напоминая современные влагозарядковые поливы, такое орошение было характерно для древнего Египта, где большие разливы Нила служили предзнаменованием получения урожая в условиях пустыни. В третьем тысячелетии до нашей эры на Ниле были сооружены нилометры - первые водомерные посты, по показаниям которых определялись площади разлива, а значит урожай и ожидаемое благополучие людей. Примерно к тому же времени относится начало развития орошаемого земледелия в междуречье Тигра и Евфрата, в речных дельтах Индии, Индокитая и Китая. В последующем, в Египте стало применяться так называемое чековое орошение: в зоне разливов поля окружались дамбами, низкая вода заполняла чек на подъеме паводка, а после его спада вода оставалась на обвалованных участках, увлажняя почву.

В Центральной Азии регулярное орошаемое земледелие практиковалось в раннем средневековье, свидетельством чего, например, являются остатки оросительных систем Древнего Хорезма, Тараза, Туркестана.

Орошаемое земледелие в мировой экономике является основой продовольственного обеспечения населения. На площади свыше 250 млн. га орошаемых земель, по данным FAO, человечество получает около половины сельскохозяйственной продукции, хотя они составляют 1/6 мировой площади пашни и насаждений.

Продуктивность орошаемых земель более чем в 2 раза выше, чем на неорошаемых. Сегодня в мире 16 % зерновых на орошаемых землях дают 36 % валового сбора зерна.

Для развивающихся стран ирригация является важнейшим сектором сельскохозяйственного производства, гарантирующей продовольственную безопасность. На долю этих стран приходится 212 миллионов га орошаемых земель или почти 85% мирового орошения. При ограниченных земельных ресурсах для производства продовольствия необходимо повысить их продуктивность. Это можно добиться, учитывая, что прирост новых земель будет происходить медленными темпами, только осуществлением мелиоративных и ирригационных мероприятий, которые следует рассматривать как главный компонент индустриальной технологии ведения сельского хозяйства.

Ирригация является главным источником продовольствия и основным направлением развития экономики и занятости населения в странах Юго-Восточной Азии. Так, в Пакистане свыше 80 % продовольственной продукции получают с орошаемых земель, в Китае - 70 %, и свыше 50 % в Индии и Индонезии. В Африке орошаемые земли дают всего 10 % продовольственной продукции, и во многих странах этого континента население ощущает острый недостаток продовольствия. FAO считает, что ирригационный потенциал этого региона, составляющий 42,5 млн. га, используется только на 30 %. Такая их низкая эффективность в сочетании с плохим управлением водными ресурсами является одной из причин увеличения здесь масштабов голода.

Уместно будет напомнить, что всего в мире под зерновыми культурами находится, по данным FAO, по состоянию на 1998 год, свыше 696,0 миллионов га. Это, по существу, основной мировой продовольственный потенциал. Из этой площади, под пшеницей занято 225,2 млн. га и под рисом 150,1 млн. га. Мировое производство зерна составило 2055 млн. тонн, в том числе пшеницы - 591,0 млн. тонн и риса - 561,1 млн. тонн. Среднемировая урожайность зерновых достигла 29,53 ц/га, из них пшеницы - 26,24 ц/га, и риса - 37,38 ц/га. В развивающихся странах зерновые составляют основу

рациона питания. Среднемировой показатель этого вида продовольствия достигает 51 %.

Насколько важной является ирригация в мировом продовольственном обеспечении можно показать на примере развивающихся стран. Индия, Китай, Индонезия вместе имеют почти 50 % площади орошаемых земель. Под рисом в этих странах занято соответственно 42,8; 31,9; и 11,2 млн. га. Объем получаемого этими странами риса, этой главной продовольственной культуры в Азии, достигает 64 % мирового производства. В августе 2000 года Китай, Индонезия и Таиланд организовывали «рисовый пул» для осуществления контроля над производством и сбытом этой продовольственной культуры.

Благодаря высокой организации ирригационно-мелиоративных мероприятий, хорошему техническому состоянию инженерных оросительных систем средняя урожайность риса в Китае превысило 60,6 ц/га, в Индонезии она составила 41,3 ц/га и Индии – 28,9 ц/га. Поскольку в этих странах прирост населения превышает среднемировые темпы, проблемы продовольственной безопасности будут решаться повышением урожайности сельскохозяйственных культур. Особенно это актуально является для Индии, где низкая урожайность риса не обеспечивает растущие потребности населения в продовольствии, что создает в отдельных ее штатах опасные очаги социальных и этнических конфликтов. Поэтому прогнозируется, что в развивающихся странах темпы прироста урожайности зерновых должны быть выше, чем в развитых.

Серьезное отставание темпов роста продовольствия от темпов роста населения ведет к критическому обострению продовольственной проблемы, возникновению межгосударственных и межэтнических вооруженных конфликтов, которые характерны для Африканского континента. За последние три десятилетия здесь рост продовольствия не превышает 2 % в год, в тоже время как ежегодный прирост населения достигает 3 %. По оценке международных экспертов по продовольствию эта ситуация, названная «африканской проблемой», отмечается также в регионах и странах, где недостаточное внимание уделяется вопросам ирригации, или где из-за отсутствия средств, ограниченности инвестиционных возможностей или плохого управления развитием водных ресурсов, ирригационные системы пришли в упадок.

Орошение относится к наиболее водоемким отраслям экономики. На производство одной тонны орошаемой пшеницы расходуется 1,5 тыс. м<sup>3</sup> воды (брутто), в зависимости от зональных условий орошения, для получения 1 тонны хлопка - от 3 до 4 тыс., а одной тонны риса - более 5 тыс. м<sup>3</sup> воды.

В связи с тем, что орошаемое земледелие наиболее распространено в районах с высокими тепловыми ресурсами и коротким вневегетационным периодом, приблизительно 40 % приходится на площадь с одним урожаем риса, столько же - на площадь с двумя урожаями в год и 20 % - с тремя урожаями. Хлопчатник и другие технические культуры занимают орошаемую площадь 40 млн. га. О высокой водоемкости орошения можно судить по безвозвратному расходу воды на 1 тонну сельскохозяйственной продукции, который, по приближенным расчетам для трех указанных культур, колеблется в пределах 1850-4800 м<sup>3</sup>.

Ориентируясь на дальнейшее усовершенствование техники поливов и повышением урожайности сельскохозяйственных культур, прогноз развития ирригации, вероятно, будет исходить из следующих основных положений.

Во-первых, орошаемое земледелие нуждается в интенсификации для того, чтобы удовлетворить потребности населения мира в продовольствии. При этом надо учитывать, что 1/4 современного населения голодает или недоедает.

Во-вторых, расходование воды орошаемым земледелием необходимо оценивать применительно к будущей более совершенной водосберегающей технологии орошае-

мого земледелия. В тоже время, необходимо учитывать хорошо апробированные традиционные способы водосбережения. Так, одним из путей снижения норм орошения, при поверхностных поливах является система ползащитных насаждений, с помощью которых возможная экономия оросительной воды достигает 15-25 %.

В-третьих, в условиях будущего, следует рассчитывать на резкое повышение урожаев. Сейчас, в тропическом поясе, получает распространение мексиканская орошаемая пшеница, потенциальный урожай которой достигает 10 т на га. Она послужила основой для «зеленой» революции в Индии и решением продовольственной проблемы в некоторых других странах. Очевидно, что с помощью одних только технических мер невозможно разрешить мировую продовольственную проблему. Биологии в этом деле принадлежит весьма большая, может быть ведущая роль.

В-четвертых, вместе с помощью биотехнологий привлекая и достижение технического характера (например, капельное и другие приемы внутрпочвенного орошения), возможно, достигнуть ожидаемых результатов, включая и их важную часть - обеспечение водными ресурсами. Они относятся к категории возобновляемых, но до известного предела, который зависит от размеров отъема воды из источников и от качества воды, связанного с их использованием. Решая задачу в этих двух важных для водных ресурсов аспектах, можно обеспечить потребности человечества в воде для решения продовольственной проблемы.

Рост продовольствия будет обеспечен главным образом повышением урожайности. При этом норма орошения путем усовершенствования техники поливов и селекции уменьшится. Суммарный мировой безвозвратный расход воды возрастет незначительно. Этот показатель должен стабилизироваться; и главный эффект в экономии воды будет выражаться в ее расходовании на 1 тонну продукции, который должен сократиться. **Поэтому основным стратегическим направлением развития водного хозяйства, решающим проблему количества и качество водных ресурсов, является снижение расходования воды на единицу продукции.** Конечно, это направление необходимо проводить во всех отраслях водного хозяйства, но в первую очередь в орошаемом земледелии. Социальная эффективность этой меры может характеризоваться следующим выводом. В настоящее время на душу населения приходится приблизительно 0,2 тонны в год продукции со всех орошаемых земель, а конечной целью, при населении приблизительно 9-10 млрд. человек, предусматривается на орошаемых землях получать 3 млрд. тонн продукции или 0,3 тонн на душу населения.

Улучшение проблемы управления водными ресурсами в этом контексте рассматривается ключевым направлением в производстве достаточного продовольствия на ближайшее время и обеспечение ими дополнительно трех миллиардов человек к 2050 году. В этой связи перед мировым сообществом стоит достаточно сложная продовольственная проблема, для решения которой уже к 2010 году необходимо увеличить эффективность использования водных ресурсов не менее чем на 20 %; обеспечить ввод в эксплуатацию 40 млн. га новых орошаемых земель, провести реконструкцию 10 млн. га засоленных и заболоченных орошаемых земель. Для решения этой глобальной задачи потребуются увеличение инвестиций в инфраструктуру водного хозяйства, как составную часть крупномасштабной программы развития мирового сельского хозяйства. Необходимо ускорить научно-исследовательские и технико-экономические исследования с целью освоения низко затратных технологий, доступных для небольших фермерских хозяйств, развивая потенциал земельных и водных ресурсов для увеличения продовольствия. Устойчивое, рациональное и социально-равноправное использование водных ресурсов должно рассматриваться с позиций управления ими в масштабах единого речного бассейна. Именно на таких принципах базируется регио-

нальный «Голубой план», разработанный в 1999 году 25 странами Средиземного моря на период до 2025 года.

### ***ВОДНЫЕ И ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ. СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ИРРИГАЦИИ В РЕГИОНЕ***

Территория Центральной Азии, касающаяся ирригации, полностью входит в бассейн Аральского моря и представляет собой замкнутый бессточный регион, состоящий из двух крупных самостоятельных речных бассейнов Амударьи и Сырдарьи. Поэтому, когда рассматриваются вопросы ирригации или регулярного орошения в Центральной Азии, то имеется в виду, главным образом, бассейн Аральского моря.

Континентальность и засушливость климата, характер строения рельефа придают особую специфику процессам формирования и режима поверхностных вод. Прежде всего, это крайне неравномерное распределение водотоков по территории.

Наиболее крупным по площади и водоносности является бассейн Амударьи, на водосборе которого формируется среднемноголетние  $78,0 \text{ км}^3$  воды в год. Собственно река Амударья образуется от слияния рек Пяндж и Вахш и имеет длину порядка 1440 км.

Водность бассейна Сырдарьи уступает Амударье почти в два раза. Река Сырдарья образуется от слияния рек Нарына и Карадарья и является наиболее длинной (2140 км) рекой бассейна Аральского моря. Водные ресурсы бассейна Сырдарьи оцениваются в  $37,9 \text{ км}^3$ .

Суммарный среднемноголетний поверхностный сток рек определен в объеме  $113,9 \text{ км}^3$ , в том числе по бассейнам рек Амударьи и Сырдарьи соответственно  $76,0$  и  $37,9 \text{ км}^3$  (без бессточных рек Афганистана -  $2 \text{ км}^3$  не имеющих гидрологической и хозяйственной связи с бассейном Амударьи и включаемых в этот бассейн только по принадлежности к водосборной площади). Кроме того, от  $4,3$  до  $5,5 \text{ км}^3$  воды в год можно будет извлекать из подземных вод без ущерба поверхностному стоку: в бассейне Амударьи - от  $1,3$  до  $2 \text{ км}^3$ , от  $3$  до  $3,5 \text{ км}^3$  - Сырдарьи. Всего годовой объем естественных среднемноголетних водных ресурсов бассейна Аральского моря в современных условиях оценивается в  $118,2 \text{ км}^3$ , на перспективу 2005 - 2010 годов - в  $119,4 \text{ км}^3$ . Таков годовой объем водных ресурсов в среднем за многолетие, который может быть использован в бассейне Аральского моря как для целей экономического, так и решения санитарно-экологических проблем, включая собственно Аральское море.

Сток рек Амударья и Сырдарья подвержен значительным колебаниям, как в годовом, так и в сезонном разрезе. Например, годовой сток Амударьи в многоводном году составил порядка  $110 \text{ км}^3$ , а в маловодном - около  $65 \text{ км}^3$ . В бассейне Сырдарьи в многоводном году - около  $70$ , а в маловодном - около  $20 \text{ км}^3$ .

Диапазон колебаний объема годового стока для приведенного случая составит по бассейну Амударьи  $45$ , а по бассейну Сырдарьи -  $50 \text{ км}^3$ . Соответственно отклонение от объема среднемноголетнего стока составит от  $34$  до  $11 \text{ км}^3$  и от  $32$  до  $18 \text{ км}^3$ .

Очевидно, что если водопотребители будут ориентироваться на среднемноголетний объем стока, то в маловодные годы они будут испытывать недостачу водных ресурсов. Поэтому покрытие расчетного потребления рассчитывается не по среднемноголетнему объему стока, а по его гарантированной части. Гарантированное водопотребление создается при помощи регулирования стока как внутригодового (сезонного), так и многолетнего.

Регулирование стока рек является необходимым техническим мероприятием, которое не увеличивает водные ресурсы, а позволяет перераспределить сток рек, как внутри года, так и в многолетии таким образом, чтобы гарантировать потребителям в



любой год и в любое время года нужный объем воды. Естественно в пределах и не более 90-93 % объема среднемноголетнего стока (теоретически выше 93 % регулирование становится неустойчивой). В настоящее время в бассейне Амударьи гарантированный объем поверхностного стока составляет 62,1 км<sup>3</sup>, а в бассейне Сырдарьи - 35,3 км<sup>3</sup>. В сумме по бассейну Аральского моря 97,4 км<sup>3</sup>. Указанный объем стока гарантируется с 90% обеспеченностью. Здесь обеспеченность - относительная величина, выраженная в %, которая показывает, какое число лет из рассматриваемого ряда потребителю гарантируется требуемый объем стока. Упрощенно это означает, что водопотребителям бассейна Амударьи и Сырдарьи в настоящее время гарантируется годовой сток в объеме 62,1 и 35,3 км<sup>3</sup> (соответственно 90 лет из 100). В остальные годы допускается гарантированного объема стока, но не более чем на 20 % от объема годовой гарантии.

Именно такой режим работы рассчитаны все существующие и строящиеся водохранилища в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи.

Столь высокая расчетная обеспеченность (90 %) обусловлена тем обстоятельством, что в этой зоне, в отличие от зоны недостаточного увлажнения, где обеспеченность обычно принимается с 75 %, земледелие возможно только на поливных землях и не может ориентироваться на малочисленные осадки.

**Таблица 2**

**Поверхностные водные ресурсы бассейна Аральского моря**

| Река                              | Поверхностный сток различной обеспеченности |       |      | Гарантиров. поверхн. ресурсы с 90 % обеспеч. |  |
|-----------------------------------|---|-------|------|--|--|
|                                   | Средн. многолет. (50%)                      | 75%   | 90%  | в настоящее время                            | После строительства Рогунского гидроузла |
| Амударья                          | 76 <sup>x)</sup>                            | 69,1  | 61,3 | 62,1   | 68,8                                     |
| Сырдарья                          | 37,9  | 31,8  | 27,9 | 35,3   | 35,3                                     |
| Всего по бассейну Аральского моря | 113,9                                       | 100,9 | 89,2 | 97,4   | 104,1                                    |

<sup>x)</sup> Без стока (2 км<sup>3</sup>) рек Афганистана

Таблица 3

Суммарные водные ресурсы бассейна Аральского моря, км<sup>3</sup>

| Река                              | Среднеголетние |        | Гарантированные с 90% обеспеченностью<br>2005-2010 гг. |
|-----------------------------------|----------------|--------|--|
|                                   | существующ.    | 2005г. |  |
| 1. Амударья                       |                |        |  |
| Поверхностный сток                | 76,0           | 76,0   | 68,8   |
| Подземный сток                    | 1,3            | 2,0    | 2,0  |
| Итого:                            | 77,3           | 78,0   | 70,8   |
| 2. Сырдарья                       |                |        |  |
| поверхностный сток                | 37,9           | 37,9   | 35,3   |
| подземный сток                    | 3,0            | 3,5    | 3,5  |
| Итого:                            | 49,9           | 41,4   | 38,8   |
| Всего по бассейну Аральского моря |                |        |  |
| Поверхностный сток                | 113,9          | 113,9  | 94,1   |
| подземный сток                    | 4,3            | 5,5    | 5,5  |
| Итого:                            | 118,2          | 119,4  | 109,6  |

В бассейне Амударьи эксплуатируется два крупных регулирующих сток водохранилища: Нурекское на Вахше и Тюямуюнское на Амударье. Временно законсервировано самое большое в бассейне Рогунское водохранилище\* на Вахше.

Таблица 4

Основные водохранилища в бассейне Амударьи

| Водохранилище | Отметка, НПУ, м | Площадь зеркала, км <sup>2</sup> | объем, км <sup>3</sup> |          |
|---------------|-----------------|----------------------------------|------------------------|----------|
|               |                 |                                  | полный                 | полезный |
| Рогунское*    | 1290            | 170                              | 13,3                   | 9,6      |
| Нурекское     | 910             | 98                               | 10,5                   | 4,5      |
| Тюямуюнское   | 130             | 650                              | 7,8                    | 5,3      |

Нурекское и Рогунское (с проектными параметрами) водохранилища обеспечивают полное зарегулирование стока Вахши и компенсированное многолетнее регулирование стока Амударьи.

Тюямуюнское водохранилище регулирует сезонный сток Амударьи за вычетом отборов воды, осуществляемых из реки и ее притоков выше по течению.

Сток притоков Сырдарьи - Нарына, Чирчика и Карадарьи регулируется Токтогульским, Чарвакским и Андижанским водохранилищами, на самой Сырдарье эксплуатируется Кайраккумское и Чардаринское водохранилища. На Нарыне намечается завершить строительство Камбаратинской ГЭС с регулирующим водохранилищем\*.

Таблица 5

Основные водохранилища в бассейне Сырдарьи

| Водохранилище   | Река      | Отметка НПУ, м | Площадь зеркала, км <sup>2</sup> | Объем, км <sup>3</sup> |          |
|-----------------|-----------|----------------|----------------------------------|------------------------|----------|
|                 |           |                |                                  | полный                 | полезный |
| Камбаратинское* | Нарын     | 1190           | 600                              | 4,6                    | 3,4      |
| Токтогульское   | ----      | 900            | 284                              | 19,5                   | 14,0     |
| Чарвакское      | Чирчик    | 890            | 40                               | 2,0                    | 1,6      |
| Андижанское     | Карадарья | 905            | 55                               | 1,9                    | 1,7      |
| Кайракумское    | Сырдарья  | 347,5          | 513                              | 4,2                    | 2,6      |
| Чардаринское    | Сырдарья  | 252            | 900                              | 5,7                    | 4,7      |

Водохранилища обеспечивают глубокое регулирование стока Сырдарьи, коэффициент регулирования суммарных водных ресурсов бассейна достиг предельного на практике значения - 0,93. Основными регуляторами стока является Токтогульское водохранилище, осуществляющее глубокое многолетнее регулирование стока Нарына и компенсирование располагаемых водных ресурсов Нижней Сырдарьи.

Орошаемое земледелие и ирригации в Центральной Азии характеризуются следующим:

- Общая площадь орошаемых земель в регионе составляет около 7,95 млн. га. Из этой площади наибольший удельный вес падает на пашню - около 90 %. В составе посевных площадей на орошаемых землях 25,3 % занимает хлопчатник, 19,6 % - кормовые, 36,7 % - зерновые, 3,0 % - картофель, овощи и бахчевые, 13,6 % - прочие.

Около 12 % площади орошаемых земель в регионе приурочено к территориям с высокой естественной дренированностью (преимущественно предгорные равнины), орошение которых не сопровождается подъемом уровня грунтовых вод. Почвенный покров преимущественно представлен сероземами светлыми и темными, серо-бурыми почвами, не засоленными, местами эродированными и дефлированными, щебнистыми, каменистыми различного механического состава. Отрицательным свойством этой группы земель является наличие значительных площадей почв с малой мощностью мелкозернистой толщей (30-100 см), подстилаемых гравильно-галечниковыми отложениями, что существенно ограничивает возможности применения их в орошаемом земледелии.

Таблица 6

Водные и земельные ресурсы ЦА

| Суммарные, с учетом подземного стока | Общая площадь орошаемых земель | Численность населения |
|--------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 118,2 км <sup>3</sup>                | 7,9 млн. га                    | 39 млн. чел           |

- До 52 % площади занимает группа земель, мелиоративное состояние которых признано удовлетворительным. Дренированность территорий поддерживается за счет

искусственного дренажа разной степени сложности и качества; почвенный покров представлен лугово-пустынными, такыровидными пустынными, лугово-сероземными почвами, реже серо-бурыми, светлыми, типичными и темными сероземами слабозасоленными, различного механического состава, на отдельных участках подверженными процессам ирригационной эрозии.

- Около 21 % площади орошаемых земель следует отнести к территориям с неудовлетворительным мелиоративным состоянием, выражающимся в близком к поверхности залегания уровня грунтовых вод (1-2 м), разной степени минерализации и среднем засолении лугово-пустынных, такыровидных пустынных, лугово-сероземных почв и светлых сероземов, в различной степени эродированных и дефлированных.
- До 15 % площади орошаемых земель в бассейне Аральского моря находятся в крайне неудовлетворительном состоянии. Эти земли приурочены к весьма слабодренированным и бессточным территориям, часто не обеспеченным искусственным дренажем, зачастую близким к поверхности уровнем минерализованных грунтовых вод, сильным и реже очень сильным засолением лугово-пустынных, такыровидных, пустынных, луговых сероземных почв в сочетании с солончаками и песками полужакопленными, местами подверженных процессам ирригационной эрозии и дефляции. Общее количество средне и сильно засоленных земель в регионе за 20 лет выросло почти вдвое, составило величину порядка 2,8 миллионов га при сохранении удельного веса этих земель в структуре орошаемых земель. Все это не могло не сказаться на ухудшении мелиоративного состояния староорошаемых земель и привело к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, что особенно резко обозначилось в последние годы.
- Системам старого орошения свойственны большие непроизводительные потери оросительной воды во всех звеньях, связанные с низким уровнем их технического состояния и несовершенным водопользованием.
- Индустриализация строительства в период освоения новых массивов значительно обгоняла технологию и методы производства орошения сельскохозяйственной продукции.
- Одной из причин усугубления неблагоприятной экологической ситуации в регионе явилась «хлопковая» политика, направленная на увеличение валового сбора хлопчатника. За последние 15 -20 лет хлопчатник вытеснил почти наполовину овощеводства и садоводства, нарушил севообороты. Последствием монокультуры сказались на состоянии почвы, привели к уменьшению запасов гумуса на 30-40 % и снижению плодородия до критического уровня.
- Недостаточная инвестиционная активность, снижение объемов мелиоративных мероприятий (дренаж, облицовка оросительной сети, автоматизация и т. д.), неудовлетворительная эксплуатация ирригационных систем.
- Отсутствие устойчивой, адекватной и интегрированной системы управления водными ресурсами и экономического механизма водопользования.

Поэтому в целях достаточно эффективного использования располагаемых водных ресурсов, повышения потенциала орошаемого земледелия, улучшения экологического состояния в регионе в ближайший период необходимо:

- осуществить переоценку мелиоративного фонда региона на основании новых критериев и подходов к использованию и охране земельных ресурсов, вывода из мелиоративного фонда зон аккумуляции солей. Известно, что понижения, особенно в зоне контактов и нижних частях дельт и конусов выноса, являются естественными приемниками солей. В результате освоения и орошения этих земель глубинные соли,

накапливающаяся здесь, пришли в движение, вызывая вторичное засоление почв и подземных вод;

- установить научно-обоснованный режим применения минеральных удобрений и ядохимикатов; в первую очередь для государств, расположенных в верхнем и среднем течении рек;
- изменить структуру сельскохозяйственного производства региона в соответствии с природными особенностями и условиями.
- кардинально улучшить плодородие орошаемых земель. Одним из направлений этого улучшения является ликвидация монокультуры хлопчатника. В хлопкосеющих районах следует провести научно-обоснованные севообороты с восстановлением биологической активности почв;
- установить требования к качеству поливной воды для различных почвенных условий и разных сельскохозяйственных культур. Качество поливной воды должно учитываться при реконструкции оросительных систем, расчете режима орошения и определении норм водопотребления;
- применять современные геоинформационные системы для расчетов мелиоративных и экологических прогнозов для осуществления мелиоративных мероприятий при проектировании новых и реконструкции старых оросительных систем;
- разработать новые организационно-экономические методы водопользования и хозяйствования (ассоциация водопользователей, долгосрочная аренда, частное земельное пользование и др.), способствующие рациональному использованию и охране водных и земельных ресурсов и развивать бассейновый принцип управления водными ресурсами различного уровня.

### ***СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В РЕГИОНЕ И ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ***

Социально-экономическая и демографическая ситуация в регионе характерна для стран с переходной экономикой, находящихся в процессе трансформации базовых отраслей экономики и имеют следующие показатели:

- сельскохозяйственное производство зависит от орошения. Значительная часть продукции сельского хозяйства производится на орошаемых землях, несколько в меньшей степени в Кыргызстане, Казахстане, полностью в Туркменистане;
- в регионе высокие темпы роста населения, достигавшие в 70-е годы более 3 % в год, в настоящее время – около 2 %.
- в период интенсивного развития орошения (1965-1985 гг.) освоено более 4 млн. га земель, и их площадь достигла 8 млн. га. Земли, имеющие естественное плодородие и не требующие дополнительных мелиораций, полностью освоены;
- Водные ресурсы в регионе находятся на грани исчерпания, большая часть которых (более 90 %) расходуется на орошение. Наиболее уязвимыми в этом плане являются Узбекистан, Южный Казахстан и Туркменистан;
- Сельскохозяйственное производство характеризуется спадом, усугубляемым снижением государственной поддержки развития этого сектора экономики

Отличительными особенностями процесса в регионе можно считать следующие:

- высокий темп роста населения. За период с 1960 по 1995 гг. его численность возросло более чем в три раза. Наиболее высокими темпами роста населения характери-

зовался Таджикистан. С 1990 г. темпы роста населения во всех странах региона сократились с 2,8-3,2 % до 0,9-1,8 % в год.

- неравномерное распределение населения по территории региона: 45 % населения региона проживает в Узбекистане, около 30 % - в Казахстане, оставшиеся 25 % - в Кыргызстане, Таджикистане и Туркменистане. В Южном Казахстане проживает около 6 % населения региона;
- средняя плотность населения региона 13 чел./км<sup>2</sup>, но на территории Узбекистана она составляет 48,5 чел./км<sup>2</sup>, а в Ферганской долине 315 чел./км<sup>2</sup>, в Казахстане этот показатель равен 6,3 чел./км<sup>2</sup>;
- высоким удельный вес сельского населения (более 50 %). Процессы урбанизации, имеющие наибольшую активность в 70-80-е годы, к концу 80-х годов стабилизировались и в настоящее время слабо развиты. Темпы роста сельского населения опережают городское, что создает демографическое давление и социальное напряжение в сельской местности, порождает скрытую безработицу, частичную занятость населения на сезонных сельскохозяйственных работах. Неразвитая сельская инфраструктура оказывает негативное влияние на обеспеченность занятости трудоспособного сельского населения;
- доля внутренних инвестиций в экономику незначительна и уступает капвложениям, имевшим место в советский период. Основной проблемой низкой продуктивности водного и сельского хозяйства является минимальный приток капитала в эти отрасли и финансовая нестабильность сельхозпроизводителей, нехватка средств для развития производства. Значительное повышение продуктивности земли и воды возможно только при условии устойчивого экономического роста, увеличении среднегодовых темпов роста ВВП, и, соответственно, доли внутренних инвестиций в экономику, в частности, в сельскохозяйственный и водный сектор.

### ***ПОТРЕБЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ***

Сравнение фактического потребления основных продуктов питания населения региона произведено относительно рациональных норм их потребления, разработанных Институтом питания и рекомендованных еще в советское время.

Фактическое потребление основных продуктов питания в 1990 г.: наиболее высокое - в Казахстане (ок. 3000 ккал.), наиболее низкое - в Таджикистане (ок. 2000 ккал.). При этом только в Казахстане фактическое потребление мясомолочных продуктов соответствовало в 1990 г. уровню рациональных медицинских норм. В остальных странах степень удовлетворения населения в этих продуктах в 1990 г. (как наиболее высокому уровню потребляемых суточных калорий) колебалось по мясу от 47 % в Узбекистане до 31 % в Таджикистане, по молоку - от 79 % в Кыргызстане до 46 % в Таджикистане. В последующие годы произошло снижение суточного потребления калорий и в настоящее время в среднем по региону этот показатель составляет немногим более 2000 ккал. Возросло потребление хлеба и хлебопродуктов в Казахстане с 146 кг/год до 213 кг/год (1994 г.), в Таджикистане с 131 кг/год до 197 кг/год, в среднем в 1,5 раза. Потребление мяса и мясных продуктов в среднем снизилось на 30-40 %. При снижении суточного калоража соответствие рациональным нормам снизилось в среднем на 7-10%. Потребление калорий удовлетворяется за счет хлеба на 40 % в Узбекистане, на 58 % в Таджикистане, на 45 % в Казахстане и на 33 % в Кыргызстане. В рациональных нормах потребления продуктов питания нужно учитывать особенности национальной диеты.

Таблица 7

**Рациональные региональные нормы потребления  
основных продуктов питания**

| №<br>№ | Наименование про-<br>дуктов питания | Рекомен-<br>дуемая<br>норма<br>(кг/в год) | Норма<br>на 1 чел.<br>(г/сут.) | ккал.<br>в 100 г. | Норма на<br>человека<br>(ккал/сут.) |
|--------|-------------------------------------|---|--------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 1      | Хлеб и хлебопродукты                | 130-195                                   | 375                            | 230               | 863                                 |
| 2      | Картофель                           | 90-100                                    | 123                            | 83                | 102                                 |
| 3      | Овощи и бахчевые                    | 130-145                                   | 389                            | 20                | 78                                  |
| 4      | Фрукты и ягоды                      | 65-70                                     | 137                            | 45                | 62                                  |
| 5      | Масло растительное                  | 11  | 33                             | 810               | 266                                 |
| 6      | Мясо и мясопродукты                 | 79-82                                     | 186                            | 200               | 373                                 |
| 7      | Молоко и молокопро-<br>дукты        | 370-405                                   | 740                            | 62                | 459                                 |
| 8      | Яйца, шт.                           | 260-290                                   | 30                             | 130               | 39                                  |
| 9      | Сахар                               | 30-35                                     | 110                            | 375               | 411                                 |
| 10     | Рыба и рыбопродукты                 | 14-15                                     | 49                             | 830               | 410                                 |
|        | Итого ккал.                         |   |                                |                   | 3062                                |

Производство и импорт продовольствия имеют некоторые различия в регионе. Казахстан считался зерновой житницей Советского Союза, и в настоящее время Казахстан в целом обеспечивает себя основными продуктами питания и имеет возможность покрыть дефицит зерновых культур в других государствах региона.

Государства региона для решения продовольственной проблемы проводят политику зерновой независимости. В связи с этим резко увеличены площади под зерновыми культурами, в основном, под пшеницу, за счет сокращения посевов хлопчатника, кормовых культур, а также овощей и бахчевых. При этом снизилась продуктивность животноводства. Основной причиной снижения считается отсутствие эффективной кормовой базы, низкое качество кормов и процессов кормления, низкая усвояемость кормов и степень конверсии кормов в мясо, молоко и яйца. Производство овощей, фруктов и бахчевых культур полностью удовлетворяет местный рынок, а также является предметом экспорта, в первую очередь в Северный Казахстан и Россию. Особенно выгодным является экспорт ранних овощей, картофеля и фруктов, а также бахчевых культур. Однако фактический экспорт этой продукции не соответствует потенциалу региона из-за сезонных ограничений на вывоз. В результате теряют доходы сельскохозяйственные производители. Импорт продовольственных товаров сокращается как по объему, так и по ассортименту. Так, в Узбекистане в 1990 г. 46 % продовольствия импортировалось. Политика, проводимая государствами, направлена на дальнейшее сокращение импорта и увеличение доли экспорта продовольствия и не предусматривает региональную специализацию.

Сценарий продовольственного обеспечения на будущее подготовлен, исходя из предполагаемого темпа роста населения и достижения суточного потребления калорий в размере 3200 ккал/сут.

Таблица 8

**Потребность в продуктах питания на 2030 г. \*)**

Население – 83,7 млн. чел. Норма суточного потребления – 3200 ккал.

| Наименование               | Потребность, млн. т. | Продукция, млн. т. |           | Избыток (+)<br>Недостаток (-) |
|----------------------------|----------------------|--------------------|-----------|-------------------------------|
|                            |                      | не орош.           | орошаемая |                               |
| Пшеница и др. зерновые     | 16,74                | 3,1                | 29,6      | 15,96                         |
| Мясо                       | 4,6                  | 1,2                | 4,1       | 0,7                           |
| Молоко и молочные продукты | 22,6                 | 6,4                | 19,0      | 2,8                           |
| Овощи, включая картофель   | 15,6                 | 8,61               | 31,8      | 24,8                          |
| Фрукты                     | 14,2                 | 0,5                | 30        | 16,3                          |
| Сахар                      | 1,67                 | 0,24               | 2,21      | 0,78                          |
| Растительное масло         | 1,0                  | 0,25               | 1,6       | 0,85                          |
| Рыба и рыбопродукты        | 1,26                 | 0                  | 1,5       | 0,24                          |
| Яйца                       | 2,5                  |                    | 2,5       |                               |

\*) рассчитано для региона Центральной Азии и Казахстана

Рациональная структура питания предполагает увеличение в рационе доли овощей и фруктов, сокращение потребления мучных и мясных продуктов.

Основная часть производимой сельхозпродукции будет получена с орошаемых земель. Уже сегодня наиболее пригодные к использованию земли освоены почти полностью. Кроме того, в соответствии с межгосударственными соглашениями о рациональном использовании водных ресурсов, страны региона могут осваивать новые орошаемые земли только при условии экономии лимита использования воды, утвержденного для страны. Поэтому, дальнейшее увеличение орошаемых земель возможно не ранее 2010 г., когда произойдет стабилизация экономики и начнется ее рост, появится финансовая возможность для осуществления капиталоемких мероприятий, направленных на сокращение водопотребления, повышение технического уровня оросительных систем, повышение водообеспеченности существующих орошаемых земель и пр. При этом, на рубеже 2030 г. в регионе ожидается 10,4 млн. га орошаемой пашни, что в расчете на одного человека будет 0,12 га. Поскольку этот показатель значительно ниже современного (0,17-0,19 га/чел.), удовлетворение населения в питании возможно только при условии резкого роста продуктивности земледелия и животноводства. При этом, урожайность основных сельхозкультур на орошаемых землях должна быть не ниже: пшеница – 4,5 т/га, картофель – 50 т/га, люцерна – 13 т/га, фрукты (бахчевые) – 35 т/га, сахарная свекла – 6 т/га.

Ожидается, что площадь под продовольственными культурами будет составлять свыше 70 % от культивируемых земель. Получит развитие малый и средний агробизнес, направленный на переработку сельскохозяйственной продукции, в первую очередь производимых в избытке в регионе овощей, фруктов, бахчевых культур, а также продукции животноводства.

Увеличение урожайности сельскохозяйственных культур будет достигнуто прежде всего за счет проведения комплекса мелиоративных мероприятий, позволяющих довести количество среднесоленных земель до 10 %, а земель с низким плодородием – до 5 % от общего объема орошаемой пашни. Земли с высоким засолением и очень низкого плодородия должны отсутствовать.



**МЕЖДУНАРОДНОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО  
В СПЕЦИАЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Важное значение имеет развитие интеграционных процессов между республиками, основанное на понимании правительствами стран взаимовыгодности сотрудничества. Учитывая долгосрочные ценовые прогнозы увеличения мировой цены на продовольственное зерно, проблему покрытия недостатка зерновых культур для питания в регионе можно решить при кооперации за счет производства зерна в Казахстане.

Известно, что в регионе выращивание пшеницы при нынешней урожайности не рентабельно, поэтому довод о том, что само обеспечение пшеницей является экономически обоснованным, выглядит неубедительно. Богарная пшеница, выращиваемая в степях Казахстана, дает значительно лучшие результаты по урожайности и прибыли. Проводя умеренную политику само обеспечения зерном, на основе развития межгосударственного сотрудничества и возможности покрытия недостающего объема зерна для питания из Казахстана, в регионе можно:

- увеличить площади под кормовыми культурами и, прежде всего, люцерной;
- восстановить тем самым севообороты, использовать люцерну как азотфиксирующую культуру для восстановления плодородия почв;
- увеличить производство фуражного зерна;
- увеличить эффективность кормовой базы животноводства;
- повысить продуктивность животноводства.

Региональное кооперирование должно основываться на экономической выгоде от производства продукции и охватывать такие сферы, как производство мясомолочной продукции в Казахстане и Кыргызстане, развитие пастбищного животноводства, производство сахарной свеклы в Киргизии, ранних овощей в Туркменистане и Узбекистане, фруктов и бахчевых – в Таджикистане, Узбекистане и Туркменистане. Благоприятствовать увеличению экспортного потенциала сельского хозяйства будет развитие парниковых хозяйств и под пленочной технологии производства ранних овощей, развитие переработки и хранения плодово-ягодной продукции и производство сухофруктов. Внутри региональная кооперация приведет к сокращению импорта продовольствия, оставляя незначительные объемы экспорта внутри региона в соответствии с экономической целесообразностью производства отдельных видов сельскохозяйственной продукции по зонам.

Проведение комплекса водосберегающих мероприятий, направленное на повсеместное (в масштабах всего региона, а не отдельных зон) долговременное сокращение водопотребления, даст возможность существенно сократить затраты воды на орошение прежде всего продовольственных культур. Использование воды для производства 1 т продукции в среднем по региону прогнозируется для пшеницы – 930 м<sup>3</sup>, риса – 3340 м<sup>3</sup>, картофеля – 240 м<sup>3</sup>, овощей – 120 м<sup>3</sup>, люцерны – 670 м<sup>3</sup>, фруктов и бахчевых – 235 670 м<sup>3</sup>, сахарной свеклы – 135 м<sup>3</sup> при повышении КПД системы до 0,72.

Важным в регионе является производство непродовольственных культур, а именно хлопчатника. Эта культура является основной в экспорте Узбекистана (более 50 % объема экспорта и более 60 % валютных поступлений). Прогнозируется на основании Государственной программы экономического развития на перспективу сохранение экспортного потенциала хлопка, а также лидирующего места среди среднеазиатских экспортеров. В Туркменистане экспорту этой культуры так же уделяется огромное внимание, при этом практически весь прирост продукции намечено осуществить за

счет повышения урожайности. Доля технических культур в орошаемой пашне будет составлять около 30 %, в т.ч. на душу населения 0,036 га, водопотребление продовольственных культур – 40...42 % от используемых водных ресурсов.

### ***ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ***

Особая роль водных ресурсов в экономике региона, их специфичность и крайняя ограниченность обуславливают необходимость осуществления структурного реформирования водохозяйственного сектора, направленного на обеспечение интегрированного подхода к управлению водными и земельными ресурсами, решение экологических проблем. Для реализации этих задач должна быть создана адекватная структура водного хозяйства, соответствующая каждому уровню управления.

В качестве основного технологического звена должны приниматься водохозяйственные системы бассейнов крупных рек, на базе которых могут создаваться бассейновые водохозяйственные органы управления речными бассейнами.

Водохозяйственные системы бассейнов небольших рек присоединяются к бассейновым водохозяйственным объединениям крупных рек.

Структурная организация системы водного хозяйства должна быть направлена на четкое разделение ответственности на региональном, национальном и местных уровнях, обеспечении интегрированного управления водными ресурсами. При этом основным принципом является создание условий для проведения общерегиональной и национальной политики в воспроизводстве и рациональном использовании водных ресурсов. Водохозяйственное и мелиоративное строительство на оросительных системах выполняется на подрядной основе, но организационные формы могут быть по-прежнему негосударственными.

Бассейны рек рассматриваются в качестве основы построения органов управления водными ресурсами. Этот принцип исходит из единства этих ресурсов и многогранного характера их использования: экономического, экологического, культурно-оздоровительного. В отличие от земли, ее недр и лесов, воды, как правило, не поддаются локальному формированию и использованию. Поскольку многие речные бассейны охватывают территории нескольких государств, областей и районов, решение тех или иных вопросов водопользования в пределах одного и того же бассейна не может решаться, исходя только из местных условий и интересов. Бассейновый принцип управления водными ресурсами позволяет обеспечить их рациональное регулирование и распределение между потребителями, устранить возникающие противоречия на региональном и межгосударственном уровнях.

В задачи региональных бассейновых органов должны входить управление использованием водных ресурсов, их распределение между водопользователями, разработка планов заборов и подачи воды, выдача разрешений на специальное водопользование, определение лимитов водопотребления и режимов работы водохранилищ, оперативный контроль над их соблюдением, составление оперативных водохозяйственных планов по бассейну, организация государственного учета использования вод.

На национальном уровне решение главных задач сосредотачивается на следующих направлениях: проведение научно-технической и инвестиционной политики, обеспечивающей рациональное использование водных ресурсов, сохранение водного фонда, обеспечение потребностей народного хозяйства и населения в воде, решение региональных и межотраслевых проблем водообеспечения, охраны водоемов и малых рек, эффективное решение международных, межотраслевых и межобластных задач использования и охраны водных ресурсов.

Региональный бассейновый орган управления должен отражать интересы, как всего региона, так и государств, входящих в тот или иной речной бассейн, во всех водных отношениях, являясь представительным органом управления водными ресурсами бассейна и его охраны, осуществляя исключительно контрольно-регулирующие функции. На него возлагается разработка бассейновых водохозяйственных программ, обеспечение защиты региональных интересов на трансграничных водных источниках. На бассейновом уровне представляется важным более широко представлять интересы общественности, привлекать население к осуществлению доступных проектов и программ улучшения и сохранения естественных водотоков и водоемов, создания экологически устойчивого водопользования.

### ***ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ***

В связи с недостатком бюджетных средств на водохозяйственные цели, практически во всех государствах региона, значительным износом водохозяйственных объектов и сооружений, возникает необходимость вовлечения негосударственного (частного) сектора, иностранных инвестиций, в водохозяйственную деятельность, главным образом в части оказания услуг по доставке воды, ремонту и содержанию водохозяйственных систем. В формировании такого рынка в водном хозяйстве важную роль будут играть территориальные и бассейновые органы.

Дальнейшее расширение в водном хозяйстве негосударственного сектора в различных его формах (контракт на управление, аренда, концессия, полностью частная компания) на основе подготовленных программ развития водохозяйственной деятельности в бассейне и территориях, входящих в этот бассейн, осуществление водосберегающих проектов потребует усиление роли бассейновых органов управления водными ресурсами. На них возлагается контроль над деятельностью предприятий в сфере водного хозяйства, независимо от форм собственности в части ответственного выполнения ими своих функций на долгосрочной основе по обеспечению потребителей водой, безопасного содержания водохозяйственных объектов и сооружений.

В условиях формирования рыночных отношений и соответствующих им организационно-хозяйственных структур, принятая система управления система управления еще не обеспечивает охрану и воспроизводство водных ресурсов, оптимальные условия водопользования, сохранение экологической устойчивости окружающей среды в пределах конкретного речного бассейна и территории.

Экономический механизм использования водных ресурсов основывается на возмещении затрат водопользователей (сельское хозяйство, промышленность и т.д.) за оказанные им услуги по доставке воды, и платежей за пользование водными ресурсами.

Система платежей за воду в государствах региона еще далеко не отработана и поэтому должным образом не стимулируется бережное отношение к воде.

В истории развития платности водных ресурсов в советский период можно выделить пять относительно самостоятельных этапов: 1927-1936 гг., 1936-1949 гг., 1949-1956 гг., 1956-1982 гг., 1982 г по настоящее время. Если до 1956 г. платность водных ресурсов касалась только орошаемого земледелия, то сейчас плату за воду вносят в бюджет во всех государствах региона, кроме Казахстана лишь предприятия промышленности. Сельское хозяйство в регионе пользуется водными ресурсами бесплатно. В Казахстане плата за водные ресурсы для сельского хозяйства введена в 1998 году.

Первый этап начался с 1927 г., с момента установления платного отпуска воды на орошение («водного сбора»), и закончился в 1936 г. в связи с его отменой. Водный

сбор был введен первоначально в средне-азиатских республиках, т.е. там, где вода выступала наиболее важным фактором роста сельскохозяйственного производства и была особо дефицитной. Он поступал в доходы республиканских и местных бюджетов и имел строго целевое назначение – покрытие текущих затрат по эксплуатации водной сети и содержанию местных органов управления водохозяйственных организаций.

Этот платеж был почти не связан со стимулированием рационального использования водных ресурсов. Водный сбор носил характер прогрессивного подоходного обложения, регулятора доходов с поливных земель, на дифференциацию которых преимущественное влияние оказывало наличие водных ресурсов. Он рассчитывался и взимался с доходов от поливных земель, подлежащих обложению сельскохозяйственным налогом, и других водо-потребляющих предприятий. Кооперативные и государственные хозяйства, не вносящие в бюджет сельскохозяйственного налога, от водного сбора также освобождались. С целью повышения заинтересованности хозяйств в расширении производства хлопка устанавливались льготные нормы доходности от поливных земель под посевами хлопка по сравнению с нормами доходности зерновых культур.

Последующее совершенствование порядка взимания водного сбора вплоть до 1936 г. шло по пути усиления данного платежа в бюджет как инструмента стимулирования развития коллективных форм ведения сельскохозяйственного производства на основе дальнейшей дифференциации его тарифов по прогрессивности и расширения льгот с учетом классовых позиций, а также повышения заинтересованности сельскохозяйственных предприятий в выполнении плана посевов. Хозяйствам, которые не выполняли плановые задания по посеву, устанавливались повышенные в 2 раза размеры водного сбора. Однако эта мера не могла существовать длительное время в условиях слабой экономики предприятий. К этому времени водный сбор, и сельскохозяйственный налог уже изжили себя, выполнив отведенную им политическую и экономическую роль. Поэтому в 1936 г. они были отменены и заменены в колхозах подоходным налогом.

Водный сбор нельзя прямо назвать платой за водные ресурсы в современном значении этого понятия, поскольку объектом взимания платежей выступали не сами ресурсы, а доходы. Порядок его организации не стимулировал интенсивных путей использования воды в производстве. Он выполнял в основном регулируемую роль, как финансовый инструмент, рожденный экстенсивными формами экономического развития и борьбой с несоциалистическим укладом в сельском хозяйстве. Узкой была сфера действия водного сбора: данный платеж ограничивался лишь орошаемым земледелием.

Второй этап охватывает 30-40-е годы и заканчивается в 1949 г. Так же как и раньше, объектом внимания платежей в бюджет за воду выступали только те водные ресурсы, которые были связаны с орошаемым сельскохозяйственным производством.

Одной из таких форм платности водных ресурсов после отмены водного сбора стала плата за воду на орошение, рассчитываемая в зависимости от размера посевных площадей рисоводческих колхозов, она была введена в опытный порядок в связи с переводом отдельных оросительных систем на принципы неполного хозрасчета. Плата за воду вносилась в доходы местных бюджетов и покрывала часть эксплуатационных затрат управлений оросительных систем. Построенный таким образом платеж не стимулировал сельскохозяйственные предприятия в экономном использовании воды, забираемой на орошение, поскольку исчислялся не с объема потребленных водных ресурсов, а пропорционально размерам посевных площадей. Заинтересованность рисоводческих колхозов ограничивалась в данном случае лишь административными мерами. Поэтому было решено отказаться от этой формы платности водных ресурсов, и начиная с 1941 г. в виде эксперимента впервые был применен порядок исчисления платы за воду под орошаемое земледелие, построенный в зависимости от объема забранной воды в

размере ее себестоимости (текущих затрат по эксплуатации оросительных систем и содержанию аппарата управления). Этот платеж в бюджет принял форму хозрасчетной экономической оценки водных ресурсов, что позволило заинтересовать посредников и непосредственных потребителей воды в рациональном ее использовании. Стимулирующие свойства платежа были усилены льготными и штрафными санкциями. Таким образом, развитие принципа платности водных ресурсов пришло к той форме, которая очень близка к современной плате за воду, взимаемой с предприятий.

На третьем этапе, с 1949 по 1956 гг., основные принципы взимания данного платежа остались прежними: плательщиками выступали колхозы и совхозы; объектом взимания был  $1 \text{ м}^3$  поливной воды для орошения; ставки построены с учетом эффективности орошения в различных районах страны и дифференцировались по республикам; за превышение норм потребления взыскивался повышенный в 3 раза штрафной платеж; одна часть платы вносилась в бюджет, а другая направлялась прямо в управление ОС, плата возмещала текущие затраты на доставку воды ОС. Все это проводилось в целях стимулирования рационального использования водных ресурсов.

Действующая в то время система платы за воду имела серьезные недостатки. Во-первых, это – ограниченная сфера ее распространения. Во-вторых, введение платы за воду зачастую приводило к ухудшению финансового положения колхозов, многие из которых были экономически слабыми. Однако, ни в размерах подоходного налога, ни в величине заготовительных цен на произведенную продукцию затраты колхозов на оплату воды не были учтены. Большинство же совхозов находилось на бюджетном финансировании и поэтому, меньше всего было заинтересовано в экономном использовании воды. В-третьих, в тарифах платы за воду не нашли отражение капитальные затраты, осуществляемые оросительными системами, не учитывалось качество водных ресурсов. Тарифы не дифференцировались по водохозяйственным системам или бассейнам рек.

Тем не менее, плата за воду сыграла некоторую положительную роль в стимулировании рационального использования водных ресурсов, забираемых на орошение. Прежде всего, это относится к самим оросительным системам. Снижился расход воды, редко допускалось превышение установленных его норм в расчете на 1 га посевной площади, улучшилась техническая база местных оросительных систем.

Основные причины отмены рассматриваемой формы платности водных ресурсов, действовавшей до 1956 г. - это слабое развитие хозрасчета и низкой рентабельности сельскохозяйственных предприятий.

Самым длительным считается четвертый этап – с 1956 по 1982 гг.

В этот период затратная концепция получила свое дальнейшее развитие. Было признано целесообразным учитывать в величине хозрасчетной экономической оценки воды ренту, как дифференциальное наложение на производительные затраты по расширенному воспроизводству водных ресурсов, возникающее в результате их различий в качестве и эффективности использования (на орошение, производство промышленной продукции и т.д.). Экономическую оценку воды по структуре предлагалось максимально приблизить к оптовой цене, отражая в ней не только трудовые затраты (количественный фактор), но и потребительскую стоимость водных ресурсов (качественный фактор). В дальнейшем, затратно-рентная концепция экономической оценки воды стала наиболее общепризнанной среди экономистов, как методологическая основа будущей платы за воду.

Пятый этап в развитии платности водных ресурсов, начинается с 1 января 1982 года, т. е. с момента введения в отраслях промышленности специальной платы в бюджет за воду, забираемую предприятиями на собственные нужды. Она вобрала в се-

бя наиболее прогрессивные, проверенные практикой принципы организации платности водных ресурсов.

Тарифы платы за воду устанавливаются за 1 м<sup>3</sup> забранной воды. По поверхностным водам они дифференцируются в разрезе водохозяйственных систем, а по подземным водам из артезианских скважин – по районам страны. Тарифы подразделяются на основной и штрафной. Первый начисляется за воду, забранную в пределах лимита (норматива), второй – за сверхнормативный забор воды, в пятикратном размере по сравнению с основным тарифом.

Введение платы за воду и последующее ее совершенствование оказали свое стимулирующее влияние на повышение материальной заинтересованности предприятий-плательщиков в экономном использовании воды, снижении ее расхода на единицу продукции.

В постсоветский период, для государств Центральной Азии, с учетом опыта прошлых этапов развития платности водных ресурсов в сельском хозяйстве и промышленности, вновь возникает необходимость возврата к действующей ранее плате за воду, отпускаемую на орошение. Но ее главной целью должно быть увеличение продуктивности орошаемых земель, рост урожайности при снижении расхода воды на единицу продукции.

Фактически бесплатный и бесконтрольный ее отпуск на эти цели зачастую сопровождается засолением и заболачиванием плодородных земель, что наносит огромный ущерб сельскому хозяйству. В орошаемом земледелии Центральной Азии отсутствует не только плата за водные ресурсы, но и возмещение затрат эксплуатационным водохозяйственным организациям за доставку воды на орошаемые земли. Такая система платежей введена в Казахстане, начиная с 1992 года.

Труд многих людей, связанный с забором, транспортировкой и подачей воды, нередко затрачивается по сути дела вхолостую, а эти расходы идут большей частью за счет государства. Поэтому важно повысить материальную заинтересованность и ответственность водопотребителей за рациональное использование и охрану водных ресурсов. Но введение платы за водные ресурсы и услуги по подаче воды не должны рассматриваться с рыночных позиций и того, что государство устраняется от участия в развитии водного хозяйства, перекладывая его на водопользователей.

Наоборот, в этих условиях следует принять во внимание чрезвычайную важность роли государственного управления водным хозяйством на соответствующем уровне, имея в виду, что воде присущи несколько отличительных черт, которые могут вылиться в неэффективность рыночного механизма. Тем самым, можно отметить ряд положений в водном хозяйстве, которые не могут быть осуществлены без принятия государственных мер:

- Необходимость в крупных размерах инвестиций, обусловленная ростом масштаба производства, в системе водной инфраструктуры вызывают тенденцию образования естественных монополий, гарантируя регулирование в целях предотвращения значительного завышения цен. Более того, большинство инвестиций в водный сектор направляются на выполнение сопутствующих целей, таких, как зоны отдыха, электроэнергетика, контроль паводков и ирригация, которые осложняют решение вопросов ценообразования и водораспределения.
- Крупные размеры и крайне долгий срок вложения ряда инвестиций, обусловленные недостаточно развитыми рынками капитала и потенциалом для политического вмешательства при вложении инвестиций в водную инфраструктуру, уменьшают стимулы для частных инвестиций в сектор; в такой ситуации должны быть гарантированные государственные инвестиции.

- Водопользователи в пределах одного речного бассейна или водоносного горизонта, находятся в большой зависимости друг от друга. Заборы воды в одной части бассейна уменьшают допустимые объемы воды для других водопользователей; выкачивание подземных вод одним из водопользователей может снизить уровень воды и увеличить расходы на выкачивание для всех других водопользователей, загрязнение одним водопользователем наносит ущерб остальным в этом бассейне, особенно тем, которые расположены ниже по течению. Такая взаимозависимость предполагает, что соглашение всеми водопользователями совместных правил или, в случае их отсутствия, введение государственного регулирования, налогов или совмещение этих двух способов – может улучшить социальную ценность водных ресурсов.
- Определенные вопросы водохозяйственной деятельности, такие, как контроль над паводками и заболеваниями, связанными с плохим качеством воды, являются социальными или общественными и их решение должно иметь соответствующий уровень государственного регулирования.
- Освоение водных ресурсов ввиду их стратегической важности для национальной безопасности и регионального развития, предполагает исключительно государственные функции по региональному сотрудничеству, привлечению инвестиций в водный сектор, урегулированию межгосударственных вопросов по трансграничным рекам.

Ряд регионов периодически подвергается засухе и контроль за распределением ограниченных водных ресурсов, мобилизация средств и привлечение инвестиций для преодоления ее последствий – это компетенция государственных органов.

В центрально-азиатском регионе государства сталкиваются с нарастающими водными проблемами, так как до настоящего времени не существует интегрированного или комплексного управления водными ресурсами. Деятельность правительства организована таким способом, что каждый вид водопользования управляется отдельным ведомством или агентством, например, ирригация, городское водоснабжение, электроэнергетика и транспортировка – каждое ответственно за свои собственные функции и не зависит от других. Вопросы, связанные с количеством и качеством воды, наряду с вопросами здравоохранения и экологии, также рассматриваются в отдельности, как и вопросы, связанные с поверхностными и подземными водами. Эти проблемы ведут, даже при относительно достаточности водных ресурсов, к их дефициту в масштабе отраслевого управления.

### ***МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ УЧАСТИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ***

Участие водопользователей и частного сектора в иерархической структуре управления водным хозяйством в ряде стран является довольно распространенным. Коммунальные ирригационные системы существовали на протяжении нескольких поколений в таких странах, как Индия, Индонезия, Непал, Филиппины, Шри-Ланка и Таиланд, а разработка частных скважин являлась основным источником расширения орошения в последние 2 десятилетия.

#### ***Ирригационные системы***

Во многих развивающихся странах, государство проектировало и планировало ирригационные системы, с учетом своих потребностей, не консультируясь с теми, кто

использует систему. Слабое место этого подхода в долгосрочном техническом обслуживании (текущего ремонта) этих ирригационных систем. Очень часто разработка новых систем проводилась ирригационными ведомствами за счет ремонта существующих систем. В свое время созданные, многие водохозяйственные организации не способны выполнять эксплуатацию и техническое обслуживание. Те организации, которые собирают платежи за воду на покрытие эксплуатационных расходов, сталкиваются с трудностями при их сборе, так как фермеры не желают платить за услуги низкого качества. Дальнейшие правительственные субсидии, выделяемые на покрытие эксплуатационных расходов, чаще всего идут на финансирование нового строительства.

По этим и другим причинам, вовлечение фермеров в управление ирригационных систем, можно рассматривать как способ стабилизации, если не улучшения большинства ирригационных систем. Одним способом было увеличение участия водопользователей, что улучшает поток информации, формирует чувство собственности и дает соответствующие стимулы фермерам к поддержанию устойчивости системы. Эти концепции отсутствуют во многих системах, управляемых государством. Фермеры считают, что в связи с тем, что они не участвовали в начальном проектировании и планировке государственной ирригационной системы, они не несут ответственности за ее техническое обслуживание. Как показано на примерах, когда знания и опыт фермеров используются в планировании, разработке и эксплуатации ирригационной системы, ее функционирование улучшается. Также, у фермеров будет больше желания вносить свой вклад в содержание системы, если они будут иметь свою долю прибыли от ее использования. Другим способом является поощрение частного развития орошения фермерами посредством создания коммерческих систем или индивидуальной разработки скважин. Как коммунальные системы, так и разработка частных скважин, значительно способствовали развитию орошения.

Можно выделить различные методы по введению стимулов для частного сектора:

- образование ассоциаций водопользователей;
- передача функций управления от государственных ведомств к ассоциациям водопользователей;
- введение тарифов на ирригационные услуги и плата за водные ресурсы.

### *Ассоциации водопользователей*

Следующие примеры свидетельствуют об эффективности ассоциаций водопользователей в управлении маломасштабными ирригационными системами и каналами третьего порядка. В этих странах ассоциации уже существуют или только недавно созданы.

АРГЕНТИНА. Традиционные ирригационные ассоциации в Мендосе охватывали 100-500 га, но были не достаточно крупными, чтобы покрыть связанные с ними затраты. Техническое обслуживание было недостаточное, управление слабое и большую выгоду получили те ассоциации, которые расположены в начале канала. Ситуация изменилась тогда, когда малые ассоциации объединились в крупные ассоциации, с размером земель 5-15 тыс. га. Были образованы 21 новые организации, которые охватывали 200 тыс. га. Каждая организация независима, создает свой собственный бюджет и выпускает свои нормативы в соответствии с недавно вступившим в силу водным законодательством. Организация нанимает профессиональных менеджеров для решения всех административных вопросов, таких как поставка воды, возмещаемая стоимость издержек и техническое обслуживание. Административные издержки уменьшились вместе со снижением количества ассоциаций. Создание более крупных организаций повысило эф-



фективность поставок воды на 10 %, благодаря более эффективному распределению. Первые результаты перехода на создание крупных ассоциаций были положительными.

**НЕПАЛ.** Применение ирригационных схем, управляемых фермерами, является давней традицией в Непале, где 70 % всех ирригационных систем, находятся под фермерским контролем. Несмотря на это, правительство было вовлечено в разработку новой системы, но результаты были неэффективными. Изменив свой подход, государство в данное время поддерживает форму управления фермерами, используя это в качестве метода улучшения функционирования ирригационной системы и уменьшения финансового бремени на правительство по строительству и эксплуатации ирригационных систем.

Пилотный проект финансирует небольших и средних размеров схемы поверхностных и подземных вод, которые находятся во владении, эксплуатации и техническом обслуживании признанных законом ассоциаций водопользователей. Ассоциации должны делать запросы на получение инвестиций, вкладывать в капитальные затраты, и нести полную ответственность за эксплуатацию и техническое обслуживание после завершения строительства.

То, что ответственность за общий надзор за выполнением проектов взяли на себя ассоциации водопользователей, улучшило качество строительства, включив очень необходимый элемент прозрачности при использовании государственных ресурсов. Ассоциации создали сильные организации, которые достигли эффективной возмещаемости издержек, и налагали штрафы на тех членов, которые не соблюдали правил. Многие ассоциации также вовлечены в другие вопросы обучения местного населения. В целом, программа улучшила качество обслуживания и сократила издержки.

**ФИЛИППИНЫ.** Около 48 % орошаемых площадей в Филиппинах находятся под коммунальными ирригационными системами, которые находятся во владении и управлении фермеров. Государство стало помогать строительству и реабилитации этих систем, по крайней мере, с 1930 г. В середине 70-х, Национальная ирригационная администрация (НИА) начала введение уникальной системы общественного участия. Процесс состоял из введения организатора ирригационной общины в местное население в целях поощрения фермеров сотрудничать в эксплуатации и техническом обслуживании систем. Организатор действует в качестве консультанта фермеров. Фермеры участвуют во всех вопросах, связанных со строительством новых сооружений и реабилитацией старых. Официально признанная законом ассоциация водопользователей, организуется для выполнения эксплуатации и технического обслуживания после аннулирования НИА.

**ТУНИС.** Ассоциации водопользователей существовали в Тунисе почти в течение всего этого века на законодательной основе, введенной Французским колониальным правительством в 1913 г. правительство Туниса еще раз подтвердило юридический статус ассоциаций законодательством, введенным в 1975 и в 1987 гг. Однако, в течение 70-х гг., увеличилось участие государства в сфере развития ирригации. Признав тяжесть финансового бремени и неэффективность этой ситуации, в середине 80-х гг., правительство начало укреплять ассоциации водопользователей и позволило увеличить доли участия частного сектора.

Большого успеха достигли на юге, где теперь практически все схемы ирригации из подземных вод, включающие по размеру от 50 до 200 га, контролируются ассоциациями. Фермеры несут ответственность за полную эксплуатацию и техническое обслуживание, включая найм соответствующего штата и оплату тарифов на электричество. Ассоциации хорошо оснащены технически и в финансовом плане. В то время как они выполняют только текущий ремонт, государство осуществляет крупные ремонты с небольшим вкладом ассоциаций. Одним из особых достижений вовлечения ассоциаций

водопользователей является то, что фермеры более приспособляемы, реагируя на изменения в рыночном спросе на различные культуры. Предыдущий государственный контроль препятствовал такой приспособляемости.

### *Передача контроля ассоциациям водопользователей*

Осуществить передачу государственных систем ассоциациям водопользователей довольно сложно. Возможно, что у фермеров не будет желания брать на себя ответственность за то, что они считают ответственностью государства. Необходимо, чтобы многие системы были реабилитированы перед тем, как фермеры возьмут их под свой контроль и управление. Несмотря на это, такая передача снизит финансовое бремя на государство и увеличит чувство ответственности у фермеров.

**КОЛУМБИЯ.** Чуть меньше половины орошаемой площади в Колумбии управляется частным сектором - 347,000 тыс. га, остальные 463 тыс. га управляются государственным ведомством по ирригации и дренажу. В 1976 г. управление двумя оросительными районами, Коэлло (Coello) 27 тыс. га и Saldana 14 тыс. га было передано ассоциациям водопользователей, которые разработали детальные и обстоятельные правила с избранным руководством и активным участием фермеров.

Согласно оценке района Коэлло, система хорошо оснащена и управляется сложной технологией. Расходы по эксплуатации и техническому обслуживанию покрываются как финансовыми платежами с фиксированными сроками оплаты, так и волюмометрическими тарифами с фиксированными ставками, покрывающими 50% затрат. Платежи с фиксированными сроками уплаты и волюмометрические тарифы покрывают примерно 85% расходов, а остаток покрывается платежами за аренду оборудования, банковских процентов и других платежей. Своим успехом система обязана динамически развивающемуся сектору фермерского хозяйства, высокому уровню обучения фермеров, постоянному составу штата, упрощенным методам эксплуатации и регулярному техническому обслуживанию. Реабилитационная работа, которая была начата в 1986 г., в основном планировалась с целью замены устаревшего оборудования и ввода в эксплуатацию модернизированного.

**ИНДОНЕЗИЯ** не в состоянии покрыть все расходы, связанные с эксплуатацией и техническим обслуживанием своей обширной оросительной сети, начиная с 1987 года. Одной из стратегий была передача маломасштабных ирригационных систем, менее 500 га, в собственность ассоциациям водопользователей. Ассоциации были наделены официальным юридическим статусом, позволяющим им выполнять свои функции по управлению. Правительство тщательно подготовило процесс передачи с привлечением фермеров для обсуждения вопросов реабилитации и реконструкции систем и для формирования чувства собственности и ответственности. К середине 1991 г. правительство передало управление более чем 400 ирригационными системами, охватывающими 34 тыс. га, ассоциациям водопользователей. Основой успеха было, прежде всего, вовлечение фермеров с самого начала в стадии проектирования и строительства и учета такого фактора, как гибкость при создании ассоциаций. Программа свидетельствует о конкурентоспособности ассоциаций в управлении ирригационными системами.

**МЕСКИКА.** В Мексике существуют три типа ирригационных структур: ирригационные хозяйства, ирригационные районы и частное орошение.

Ирригационные хозяйства – это маломасштабные схемы, которые находятся во владении, эксплуатации и дальнейшем техническом обслуживании ассоциаций водопользователей.

Ирригационные районы построены и находятся во владении эксплуатации и техническом обслуживании государства. Они представляют собой крупномасштабные

схемы более 3000 га, состоящие как из крупных коммерческих ферм, так и из небольших коллективных хозяйств. Из-за постоянного бюджетного кризиса в период 80-х государство было не в состоянии содержать эти структуры и покрывать связанные с ними затраты. В настоящее время, в районах, контролируемых государством, фермеры покрывают менее 30 % эксплуатационных расходов путем оплаты тарифов на воду.

Признав необходимость нового подхода, государство начало процесс передачи управления ирригационными районами 78 ассоциациям водопользователей. Первым шагом была передача ответственности за эксплуатацию и техническое обслуживание ответвлений каналов и стоков (дрен). Вторым шагом была передача ответственности за полную эксплуатацию и техническое обслуживание основных и дренажных каналов, включая создание графика подачи воды и водораспределение. Водные тарифы будут повышены до необходимого уровня для покрытия всех эксплуатационных затрат. Осуществление передачи запланировано с целью уменьшения государственного участия и расходов, но также это должно улучшить общее техническое состояние и устойчивость схем. Ирригационные районы будут находиться на финансовом самообеспечении, и ожидается, что они улучшат управление водным хозяйством. Наиболее важно, что данным проектом признается факт, что получатели выгоды от орошения способны взять на себя ответственность за управление ирригационными схемами.

**ФИЛЛИПИНЫ.** Национальная ирригационная администрация (НИА) сделала попытку устроить конкурс на управление коммунальной системой, в рамках национальной ирригационной системы, единственным владельцем которой она являлась. После подобного образовательного процесса, НИА начала трехэтапный процесс заключения контрактов с ассоциациями водопользователей по осуществлению разного уровня эксплуатации и технического обслуживания и сбору платежей за услуги. На первом этапе, НИА заключает контракт с ассоциацией на проведение эксплуатации и технического обслуживания под их надзором. На втором этапе, ассоциация собирает платежи за ирригационные услуги, и ей предоставляются стимулы к достижению запланированного уровня сбора. На последнем этапе, ассоциациям передается полная ответственность за общее управление системой, за исключением работ, связанных с водохранилищами, отведением и перевозкой. В 1989 году было 581 формальных контракта, насчитывающих 140000 га, по эксплуатации и техническому обслуживанию основной системы и сбору платежей за орошение. И было подписано только 35 контрактов по полной передаче систем ассоциациям. В целом, результаты были положительными, большинство ассоциаций выполнило свои обязанности по контракту. Очевидно, что основным ключом этого процесса было введение с самого начала катализатора для начала этого процесса.

Рассматривая проблему управления водными ресурсами на основе платного водопользования необходимо отметить, что само по себе, это не может коренным образом изменить состояние водоисточников. Для этого требуется принципиальная перестройка экономической основы функционирования водохозяйственных органов, ответственных за водопользование в бассейне реки.

### ***О НЕКОТОРЫХ ПРИНЦИПАХ ЭКОСИСТЕМНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ***

Возрастающая роль водных ресурсов, как и в экономике, так и в государственных отношениях, вызывает необходимость экосистемного подхода к водохозяйственной деятельности и более высокого уровня понимания данной проблемы на национальном и региональном уровнях. В этой связи, одной из ключевых позиций в политике и

стратегии управления водными ресурсами, принцип сохранения и рационального использования водных экосистем, предусматривающий управление водными ресурсами во взаимосвязи с другими компонентами экосистемы.

Это также подразумевает признание социальных, экономических, технических и политических факторов, которые, воздействуя на природу, требуют учета в поддержании целостности экосистемы.

Водохозяйственная деятельность часто соприкасается с только самыми непосредственными последствиями, в то время как трансформация экосистемы и снижение ее устойчивости обычно не происходят неожиданно, а имеют эволюционный характер, то есть с определенной точностью можно предполагать о возможных негативных или позитивных изменениях. В этом контексте экологическое прогнозирование должно рассматриваться как важная часть водохозяйственной деятельности. Оно должно предшествовать разработке проектов использования водных ресурсов и основываться на данных, получаемых в результате регулярных, систематических и весьма надежных наблюдений за компонентами экосистемы.

Должна получить дальнейшее развитие система учета водных ресурсов в целях обеспечения учета ценности экосистем в расчетах затрат-выгод и экономической эффективности. Следует содействовать разработке методов обеспечения экономической оценки, позволяющих проводить междисциплинарный и межсекторальный анализ долгосрочных затрат и выгод, связанных с мерами, принимаемыми в рамках основанного на экосистемном подходе плана водохозяйственной деятельности.

Водное национальное законодательство и другое связанное с ним законодательство должны отражать функции воды как средства поддержания экосистемы. Поддержание и улучшение условий в водной экосистеме должны закладываться в качестве одного из основных требований такого законодательства. Кроме того, правовые нормы должны обеспечивать выбор между функциями воды как средства поддержания экосистемы с одной стороны, и экономическими выгодами с другой.

Генеральные планы водохозяйственной деятельности должны рассматриваться в качестве важного инструмента экосистемного подхода к водохозяйственной деятельности. Прибрежные страны должны включать экосистемные условия как в планы водохозяйственной деятельности на соответствующих участках водосборных бассейнов трансграничных водоемов, так и в двусторонние и многосторонние планы действий, охватывающие все водосборные бассейны этих водоемов.

Для целей управления водными ресурсами и планирования, речной бассейн должен рассматриваться как единый комплекс экосистем, поскольку он представляет собой последовательность видов экосистем от истоков до устья.

Экосистемный подход требует планирования, которое основывается не на политических границах, или границах юрисдикции, а на границах экосистем и более активного межправительственного сотрудничества на всех уровнях, поскольку многие водные экосистемы пересекают национальные границы.

Существующие инструменты и средства управления для регулирования объема водных ресурсов необходимо пересмотреть и, в случае необходимости, скорректировать с тем, чтобы надлежащим образом учитывались функции водных объектов, касающихся поддержания экосистем. Необходимо тщательно оценить межбассейновую и внутрибассейновую переброску вод, которая может изменить режимы стока и качество воды. Необходимо предпринять усилия с тем, чтобы сократить вероятные отрицательные последствия.

Необходимо установить, насколько это возможно, экологически безопасный сток речных вод, и он должен применяться в водохозяйственной деятельности на основе конкретных методов и приемов. Для этих целей могут использоваться схемы эколо-

гически взвешенного использования окружающей среды, которые определяют уровень стока, как долю от стока в сухой период, взвешенную с учетом всего диапазона экологических характеристик и видов использования. Такой сток должен определять объем воды, который может отводиться, растворение загрязнителей, требования охраны окружающей среды и водных экосистем.

Решение проблем трансграничных рек в Центральной Азии сформировалось в постсоветский период в особую сферу межгосударственных отношений и дальнейшее их правовое совершенствование, несомненно, является одним из важным факторов региональной безопасности и устойчивого развития.

В отличие от других природных ресурсов, вода – это динамично возобновляемый ресурс, объем которого при условно постоянной величине, может колебаться, обуславливая многоводные и маловодные годы. Одна из составляющих водного багажа – это его расходная часть или использование воды на ирригационные нужды, гидроэнергетику, хозяйственно-питьевое водоснабжение и т. д., постоянно увеличивается. Превышение расходования воды над располагаемыми водными ресурсами, прогнозируется достаточно высоким темпом роста на длительную перспективу, ведет к нарастанию дефицита водных ресурсов в регионе. Неравные условия водопользования, когда работа основных сооружений, регулирующих водохранилища, расположенные, как правило, в верхнем и среднем течении рек, не учитывает интересов нижележащих водопотребителей, также усугубляет недостаток воды, особенно в маловодные годы. Характерным для региона следует считать значительный удельный вес аграрного сектора экономики в расходовании воды. Вместе с тем, здесь получает развитие гидроэнергетика, требования которой на воду не совпадают с ирригационными нуждами. Основной объем электроэнергии, как известно, вырабатывается зимой и для этого вода, предназначенная для обеспечения орошаемых земель, расходуется из водохранилищ. Летом, когда снижается производство электроэнергии, возрастает потребность в воде из водохранилищ на ирригационные цели, соответственно сокращаются попуски из водохранилищ. Поиск оптимального баланса между ирригацией и гидроэнергетикой, обеспечение равных условий водопользования на трансграничных реках для государств региона, главная задача, требующая выработки согласованной политики в управлении водными ресурсами. Нельзя не согласиться с мнением, что «временная политика в области водных ресурсов состоит на одну пятую из управления самими ресурсами, и на четыре пятых – из управления людьми». Поэтому достижение поставленной цели будет зависеть от политической воли государств региона, последовательного сближения национального законодательства с международными правовыми нормами в области управления водными ресурсами. Создание такой правовой базы в этой сфере, которая опиралась бы на международный опыт, должно, несомненно, учитывать региональные условия. В этой связи в данной работе сделана попытка ответить в плане укрепления регионального сотрудничества международную практику управления трансграничными реками. Руководящие принципы и правовые нормы международных конвенций и соглашений, на наш взгляд, должны способствовать позитивным достижениям в урегулировании сложных вопросов совместного водопользования.

Международный опыт в этой области наглядно свидетельствует о том, что только на основе общности правовых позиций, взаимного соблюдения уважения интересов, можно обеспечить региональную стабильность, решение проблем совместного управления и охраны от загрязнений водных ресурсов трансграничных рек и тем самым успешно решать проблемы продовольственной безопасности в регионе.

## ***ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ***

Основные параметры продовольственного обеспечения для предотвращения возможной кризисной ситуации должны быть основаны на региональной кооперации и интеграции в области сельскохозяйственного производства и производства продуктов питания, а также совместного управления водными ресурсами, первую очередь, трансграничными. При этом сотрудничество должно обеспечить:

- Высокий уровень региональной кооперации и интеграции сельскохозяйственного производства.
- Согласованные действия государств в совместном управлении и рациональном использовании водных ресурсов.
- Усиление потенциала сельскохозяйственного сектора за счет развития региональной специализации.

Государственное участие в развитии сельского и водного хозяйства должно быть в осуществлении следующих мероприятий:

- Проведение комплексной реконструкции оросительных и дренажных систем;
- Применение совершенной техники и технологии полива, развитие местной промышленности современной поливной техники
- Развитие системы земледельца, селекции и семеноводства, поддержка фермерских хозяйств, агросервиса и агробизнеса.
- Повышение эффективности животноводства, производства кормов, улучшение ветеринарного обслуживания, и племенного дела, селекции животных.

Все эти меры должны рассматриваться в национальных планах и программах развития каждого государства и в совокупности составлять основу региональной продовольственной безопасности.

### ***СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ***

1. Управление водными ресурсами. Политика Всемирного Банка, Вашингтон 1995 г.
2. Материалы Гаагского 2-го Всемирного форума по воде, Гаага, Нидерланды март 2000 г.
3. Соколов А.А. Вода: проблемы на рубеже XXI века Л., Гидрометеиздат, 1986
4. Коронкевич Н.И. Преобразование водного баланса в СССР. М. Знание, 1972, 48 с.
5. Кунин В.Н. Воды пустыни и окружающая среда. М.: Наука, 1980, 286 с.
6. Филонец П.П. Очерки по географии внутренних вод Центрального, Южного и Восточного Казахстана (озера, водохранилища и ледники). Алма-Ата: Наука, 1981, 292 с.
7. Львович М.И. Вода и жизнь. М.: Мысль, 1981, 254 с.
8. Бос М.Г. Взаимосвязь между ирригацией, дренажем и окружающей средой в бассейне Аральского моря. (на англ.). Нидерланды, 1996.
9. Духовный В.А. Развитие дренажа в аридных зонах Центральной Азии. (на англ.). В кн. «Взаимосвязь между ирригацией, дренажем и окружающей средой в бассейне Аральского моря»
10. Материалы заседаний межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии государств Центральной Азии. (1992 – 2000 гг.) Издание НИЦ МКВР, Ташкент.

11. «Ирригация в системах бывшего Советского Союза» ФАО, ООН, Рим, 1997 (на англ. яз).

12. Авакян И. С. Использование земельных и водных ресурсов для устойчивого обеспечения населения продуктами питания в XXI веке. НИЦ МКВК, 1999 г.

*Соколов В.И.*

## **МИРОВОЙ ОПЫТ ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ**

### ***ВВЕДЕНИЕ***

Вода является источником жизнедеятельности не только природы, животного и растительного мира, но и человеческого общества. Она обеспечивает развитие экономики, определенную занятость населения и, самое главное, обеспечивает человечество продуктами питания. В основном человек использует пресную воду рек, озер и запасы взаимосвязанных с ними грунтовых и подземных вод. Эти водные ресурсы подвержены изменчивости во времени и пространстве под воздействием природных и климатических факторов. Исходя из этого, уже на заре развития цивилизации человечество осознало необходимость в управлении водными ресурсами. Управление в данном случае подразумевает искусство подать требуемый объем воды с приемлемым качеством в требуемое место и в требуемое время. Для того чтобы реализовать это искусство необходимо создать специальную инфраструктуру управления, состоящую, по крайней мере, из двух основных частей:

- Инженерная инфраструктура для забора и подачи воды водопотребителю;
- Организационная инфраструктура, обеспечивающая подачу воды.

Признание необходимости управления водными ресурсами и создания вышеуказанной инфраструктуры, по мнению многих историков, явилось одним из главных двигателей развития древних цивилизаций. Развитие математики, астрономии и метеорологии связывают с необходимостью предсказания паводков, режима рек и мерами по их управлению. Развитие водопользования сделало актуальными вопросы формирования общественных институтов, их политические и правовые аспекты [1].

Хотя вода является природным даром, но по мере развития цивилизации она стала превращаться в источник раздоров между людьми из-за нарастающего ее дефицита по количеству и по качеству. Политический раздел мира (появление государств и государственных границ) еще более обострил противоречия, так как многие реки и другие водные объекты стали носить трансграничный характер, вокруг которых разыгрываются политические игры. Традиционно складывалось так, что каждое государство стремилось организовать на своей территории такую систему управления располагаемыми водными ресурсами, которая позволяет максимально удовлетворить собственные потребности. При этом зачастую пренебрегаются интересы природы и соседних государств. Сегодня в мире 261 речной бассейн является трансграничным. Эти реки расположены на территории 145 государств, покрывая 46 % земной суши и несут в себе около 80 % имеющихся запасов пресной воды планеты. Наиболее обостренные конфликты имеют место в бассейнах рек Иордан, Дунай, Евфрат, Инд, Нил, Парана, а также в Юж-

ной Азии и Южной Африке. Эти конфликты начинают проявляться и в ряде других регионов мира.

В XX веке проблема стала усугубляться еще и тем, что в процессе производственной деятельности человек оказывает определенное влияние на все элементы гидрологического цикла, особенно на суммарное испарение, условия формирования стока речных вод. В настоящее время в наиболее населенных районах планеты гидрологический режим водных объектов определяется не только естественными колебаниями климата, но и антропогенными факторами. При этом роль последних с каждым годом становится все более значительной.

Таким образом, по мере исторического развития человечества главная цель управления водными ресурсами значительно трансформировалась. Сегодня необходимо не просто стараться удовлетворить все потребности в воде, но при этом следует избегать возможных конфликтов интересов (между государствами, между секторами экономики, между общим водопотреблением и нуждами природы и т. п.). В 1996 году по инициативе Мирового Банка и Всемирного Совета Воды было организовано «Глобальное Водное Партнерство» в виде международной сети организаций (государственных, частных, региональных, научных, проектных и т. п.), вовлеченных в управление водными ресурсами. Основные задачи ГВП – установление принципов устойчивого управления водными ресурсами и обмен информацией и опытом по всему миру. В 2000 году ГВП [2] сформулировало цель управления водными ресурсами как средство предотвращения и разрешения конфликтов. Осознание того, что управление должно обеспечить разрешение конфликтов подталкивает к отказу от традиционного административного управления. Именно административное или ведомственное управление является по своей сути фрагментарным подходом, что часто и приводит к возникновению конфликтов. При этом подходе политические цели устанавливаются без учета потребностей других сторон и зачастую без консультаций между секторами и административными границами. Как следствие этого имеющиеся финансовые и физические ресурсы (в том числе и вода) не эксплуатируются для максимизации суммарного социального благополучия.

Как следствие, появилась объективная необходимость найти такой путь координации процесса принятия решений, планирования и реализации целей и задач управления водой, который позволил бы интегрировать организационные, межведомственные противоречия и, более того, принимать во внимание даже более сложные проблемы координации межнациональных отношений. Этот подход может быть реализован посредством бассейнового (гидрографического) управления водными ресурсами.

Во многих странах мира, там, где водопользователи смогли отдать приоритет долгосрочным интересам, а не желанию быстрой личной выгоды и начали сотрудничать между собой, давно применяется бассейновый принцип управления водными ресурсами. Примеры коллективной деятельности в управлении водными ресурсами показывают общую динамику:

1) при введении единой управляющей инфраструктуры в комплексной гидрографической системе, *водопотребление* приводится в соответствие с *требованиями на воду*;

2) система согласованных правил определяет права и обязанности каждого водопользователя и, в то же время, организует вододеление и вклад в эксплуатацию системы;

3) существует общее понимание, что такая согласованность выгодна для всех, то есть средняя прибыль каждого водопользователя выше, когда все водопользователи сотрудничают, а не конкурируют друг с другом.



Аргументы в пользу использования подобной системы убедительны и, можно ожидать, что возрастающий в настоящее время дефицит водных ресурсов хорошего качества может вести только к созданию и развитию бассейновых организаций. Однако реальная ситуация отличается от желаемой. Очевидно, что масштабное развитие бассейнового управления ограничивается рядом сложных проблем. В мире существуют примеры бассейнового управления водными ресурсами, но этот факт скрывает масштаб усилий, необходимых для достижения этой цели. Многие системы сотрудничества часто имели долгую и полную проблем историю. Для создания образца современного бассейнового управления водными ресурсами, австралийской Комиссии бассейна Мюррей-Дарлинг, потребовалось почти 80 лет, полных экологических конфликтов, до начала эффективного функционирования, так как штаты в пределах бассейна отказывались передавать права на свою долю водных ресурсов. Подобным же образом Рейн стал на полстолетия сточной канавой Европы, угрожающей здоровью и экономике региона, до тех пор, пока не были заключены соглашения между странами бассейна. В США понадобилось 50 лет до вмешательства Конгресса для заключения соглашения в 1997 г. по совместному управлению системой рек Аппалачикола-Коса-Таллазоса-Алабама-Чаттахучи-Флинт (ACT-ACF) на юго-востоке США.

**ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ И ПОДХОДЫ К  
ГИДРОГРАФИЧЕСКОМУ УПРАВЛЕНИЮ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ**  
(по материалам [3])

Организации бассейнового управления могут принимать различные формы. В настоящее время во всем мире функционирует несколько сотен «бассейновых агентств» в течение достаточно долгого времени и достаточно успешно. Данные агентства созданы по организационным моделям, имеющим достаточно большие различия в своих задачах и структуре. В настоящее время существует более чем 20 различных типов организации. С другой стороны, данные «модели» имеют много общих характеристик или компонентов, а также структурных принципов. Бесспорно, что любое бассейновое агентство должно выполнять определенные *функции управления* и его организационная структура должна иметь ряд соответствующих *компонентов (характеристик) и принципов структурирования*.

Важно то, что бассейновое управление является единственным инструментом развития интегрированного (комплексного) управления водными ресурсами. Поэтому желаемая структура и функции должны быть определены как функции специфической деятельности, осуществляемой во всех отраслях водопользования. Другими словами, организация бассейнового управления должна координировать или дополнять деятельность всех заинтересованных агентств. Как показывает мировой опыт, многие бассейновые агентства, являющиеся секретариатами или комиссиями, осуществляют только функцию координации и иногда финансирования, в то время как развитие инфраструктуры, эксплуатация и мелиорация остаются в руках местных органов управления. Поэтому, создание бассейновой организации или анализ деятельности уже существующей организации следует начинать с четкого определения ее функций. Функции, в свою очередь, определяют организационное построение бассейнового органа.

На наш взгляд, **общие функции управления водными ресурсами** должны включать в себя следующие восемь направлений:

1. Перспективная водная политика и программы развития водохозяйственного сектора.

2. Ежегодное планирование:

- формирование водных ресурсов
- регулирование стока
- требования на воду
- вододеление

3. Реализация планов водопользования:

- наполнение водохранилищ
- доставка воды
- использование воды
- водоотведение

4. Контроль исполнения:

- водоучет
- оценка водосбережения

5. Поддержка и эксплуатация объектов:

- водохранилища и головные сооружения.
- магистральная сеть
- межхозяйственная сеть
- внутрихозяйственная сеть
- дренаж

6. Охрана окружающей среды:

- качество воды
- санитарные попуски

7. Вовлечение общественности

8. Мелиорация орошаемых земель:

- мелиоративные мероприятия
- контроль водно-солевого баланса

Оптимальная структура бассейновой организации зависит от конкретной страны и времени создания. Приемлемое устройство в конкретном регионе зависит от следующих факторов:

физические и морфологические характеристики водохозяйственной системы, ее ожидаемые изменения, возможности развития посредством инфраструктуры;

структура требований на воду, ожидаемые изменения, потенциал и желание водопользователей платить за услуги;

административное, юридическое и законодательное усиление структур. Ожидаемые изменения в этих сферах (например, в Европе и США был переход от политического консенсуса «государственного вмешательства» в 30-50-х годах до политического консенсуса на основе рыночных принципов в середине 70-х годов. В Китае - переход от плановой к рыночной экономике после 80-х гг.);

исторический опыт и обусловленные существующей культурой (традициями) предпочтения в отношении управления, коллективных действий, разрешения конфликтов и т. д.;

осуществление совместных действий, как на организационном, так и на физическом уровнях.

Кроме того, приемлемая организационная структура должна учитывать небольшое, но растущее количество научных проработок по организационному развитию. Например, организации имеют больше шансов функционировать эффективно, если их деятельность конкретна, то есть имеет четко определенную систему ограниченного количества задач. Существуют определенные правила создания организаций, их подотчетности и сферы действия. Наука управления, все больше применяемая в обществен-

ном управлении, показала, что эффективные организации должны иметь гибкую структуру, не быть монолитны или иметь чрезмерно сложную иерархическую структуру и не содержать слишком много уровней. В комплексных ситуациях, таких, как бассейновое управление, понятно, что проблема состоит в создании новых организационных структур на основе нескольких приоритетов, полностью покрывающих менее важные приоритеты. Именно поэтому выявление конкуренции и конфликтов, разрешение этих конфликтов и создание приемлемых компенсационных механизмов являются основными задачами.

Основной принцип создания организационной структуры состоит в разделении властей (сфер влияния или действия). В современной экономической и социальной среде признается, что наиболее эффективным является разделение функций регулирования и исполнения. Предполагалось, что одной из причин нарушения деятельности Водных управлений в Англии в 70-х годах стало ослабление доверия к организации, которая выполняла исполнительную и регулирующие функции одновременно, то есть была и «лесником», и «браконьером». Бассейновое агентство должно наделяться только теми функциями, которые оно может выполнять наилучшим образом - более эффективно, действенно и устойчиво, чем другие существующие в стране организации. Таким образом, другим агентствам придется также выполнять свою часть функций в рамках общей системы управления водными ресурсами. Очевидно, что успешное организационное функционирование должно состоять из нескольких составных частей:

организация («реальная» бассейновая комиссия или агентство);  
 системы стимулирования (правила субсидирования, цены, ограничения и т. д.);  
 системы регулирования (формальные и неформальные правила и руководства);  
 возможности и навыки экспертов, ученых, а также использование их в определении способа управления данными возможностями, используемом организациями;  
 доверие заинтересованных сторон и общества в целом.

В небольшом количестве случаев не создается никакого нового агентства для интеграции в рамках бассейнового управления водными ресурсами. В этих случаях адекватное бассейновое управление может быть организовано путем добровольного сотрудничества между существующими постоянными техническими организациями. Такая структура выглядит приемлемой для небольших и устойчивых бассейнов; если административная и другая деятельность уже осуществляется; и/или если создание отдельного агентства не обеспечит достаточные преимущества.

Наиболее простой, но наименее эффективной формой бассейнового управления является фиксированное распределение, при котором определяется количество воды, которое может забрать каждый водопользователь. Такая система обычно возникает в результате политических переговоров (например, договор по р. Инд в 1960 году между Индией и Пакистаном).

Основными характеристиками деятельности бассейновых организаций являются:

- 1) видение выгоды для всех участвующих сторон;
- 2) применение метода сдерживания и баланса;
- 3) применение метода «кну́та и пряника» для поощрения участия заинтересованных сторон и водопользователей в соглашениях о коллективных действиях.

Метод «кну́та и пряника» включает регулирование (которое должно быть эффективно усилено) и субсидирование. Во всем мире признано, что люди или организации не принимают то, что понимается как насилие и то, что они считают несправедливым, когда другие стороны получают больше выгоды, чем они сами. Компенсационные меры, часто финансового характера, могут ослабить это представление. Люди обычно ценят позитивное стимулирование больше, чем негативное.

Далее приведем несколько примеров из практики некоторых стран по претворению в жизнь принципов гидрографического управления с анализом как в этих странах реализовано выполнение главных функций управления.

**ИСПАНИЯ – РОДОНАЧАЛЬНИК ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ**  
(по материалам[ 4])

Впервые в мире гидрографический принцип управления был реализован в Испании, где возникла концепция смешанного органа - ассоциации, объединяющей общие интересы государства и водопользователей. Эта идея официальной независимости от государственной административной системы при группировке национальных территорий, разделяющих общую гидрографию, стала начальной точкой создания Гидрографических конфедераций или просто Бассейновых организаций.

Водные бассейновые конфедерации в Испании были учреждены Королевским указом от 5 марта 1926 года, который четко определил систему управления водными ресурсами страны. Эта система действует и поныне. Конфедерациям было дано задание составить планы использования водных ресурсов и согласовать интересы различных водопользователей в каждом бассейне. В ряде бассейнов ирригация признается наиболее крупным потребителем, использующим около 70-80 % ресурсов. Здесь следует отметить, что 24% территории Испании обеспечено избыточными осадками, 72% - имеет 300-800 мм в год, 4% - менее 300 мм. Орошение сосредоточено во второй и третьей зоне, и общая орошаемая площадь в Испании составляет 3400 тыс. га. Суммарный сток рек Испании оценивается в 94,3 км<sup>3</sup>, из которых ежегодно используется для орошения – 24,3 км<sup>3</sup>. Первая Конфедерация была создана в бассейне реки Эбро, после чего начали создаваться Конфедерации во всех других бассейнах.

*Особенности функционирования Испанских Confederaciones Hidrograficas*

Согласно Статье 19 Водного закона 1985 года (до этого в Испании действовал водный закон 1879 года), бассейны рек, протекающие более чем через один автономный регион, составляют бассейновые Водные советы – называемые Бассейновыми водохозяйственными организациями (*Confederaciones Hidrograficas*). Они являются органами с собственным юридическим статусом, отличным от государственного статуса, переданы в субординационных целях Министерству окружающей среды, и обладают полными автономными полномочиями. В этой связи, бассейн реки принято считать территорией (включая сеть бассейнов притоков основной реки), через которую протекает вода на своем пути от истоков к морю. Речной бассейн, в качестве единицы управления водными ресурсами, считается неделимым. Таким образом, территориальная сфера деятельности Бассейновых организаций включает один или более неделимых речных бассейнов, которые ограничиваются только международными границами. В субординационных целях подземные бассейны, расположенные в рамках их территориальных границ, также находятся под управлением Бассейновых организаций.

**Функциями** Бассейновых организаций в Испании являются:

- a) разработка, мониторинг и пересмотр бассейнового Плана использования водных ресурсов;
- b) управление и контроль общественными водными ресурсами;
- c) управление и контроль тех видов водопользования, которые имеют общественную значимость или влияют более чем на один автономный регион;

- d) проектирование, строительство и эксплуатирование сооружений, осуществляемое с помощью собственных ресурсов Бассейновой организации, включая сооружения, переданные ей Правительством;
- e) функции, определенные в соглашениях, заключенных с автономными регионами, местными советами или другими общественными или частными организациями, а также в соглашениях, заключенных с отдельными лицами на частной основе.

На практике Бассейновые водохозяйственные организации осуществляют строительство всех гидросооружений, включая ирригационные сооружения. Они не только управляют зонами орошения общественного значения, созданные государством, но также управляют водными ресурсами на остальных зонах орошения, эксплуатируемых частными лицами. Они имеют следующие **полномочия и задачи**:

- a) выдача разрешений и лицензий на использование общественных водных ресурсов, за исключением работ общего государственного значения, находящихся в юрисдикции Министерства общественных работ и транспорта;
- b) инспекция и контроль с целью обеспечения выполнения условий, определенных в лицензиях и разрешениях;
- c) выполнение измерений, гидрологических исследований, сбора информации о паводках, контроля качества воды;
- d) изучение, планирование, выполнение, сбережение, эксплуатация и совершенствование сооружений, включенных в их планы, а также других, переданных им;
- e) определение целей и программ, связанных с качеством воды, согласованных с водохозяйственным планированием;
- f) предоставление всех типов технических услуг, связанных с конкретными задачами и, по запросу, оценка Государственной администрации, автономных регионов, местных советов других общественных и частных организаций, а также частных лиц.

Бассейновые водохозяйственные организации имеют основную структуру, необходимую для выполнения их административных и технических функций, а также они имеют ряд коллегиальных органов.

#### *Структура бассейновых организаций в Испании*

Бассейновые водохозяйственные организации возглавляются **председателем**, который, имея полномочия генерального менеджера, назначается или снимается с должности на заседаниях Кабинета министров, по рекомендации Министра окружающей среды. Председатель Бассейновой водохозяйственной организации выполняет следующие **функции**:

- a) юридического представительства Бассейновой организации;
- b) председателя Бассейновой организации, являющимся председателем Органа правления Ассамблеи пользователей, Комитета эксплуатации водохранилищ и Водного консультационного совета;
- c) обеспечение соответствия соглашений с коллегиальными органами действующему законодательству;
- d) выполнение высших управленческих и исполнительных функций Бассейновой организации;
- e) выполнение любых других задач, не входящих в полномочия других организаций.

Председателю непосредственно подчиняются четыре административных **подразделения**:

- a) Комиссия по водным ресурсам;
- b) Технический директорат;
- c) Генеральный секретариат;

d) Центр водохозяйственного планирования.

*Комиссия по водным ресурсам*

Работы Комиссии подразделяются на несколько основных **сфер деятельности**:

- качество воды;
- управление общественными водными ресурсами;
- система водопользователей.

*Технический директорат*

Работы Технического директората подразделяются на три основные **сферы деятельности**:

- эксплуатация;
- проекты и строительные работы;
- особые работы.

*Генеральный секретариат*

Тот же Королевский указ определяет следующие **функции** Генерального секретариата:

- a) управление вопросами, связанными с работой Органа правления, Водного консультационного совета, Ассамблей водопользователей; функционирование в качестве Секретариата этих органов;
- b) Генеральный регистр; внутренняя система Органа; управление экономической и финансовой деятельностью; внутренний учет; кассовый офис; вопросы кадров; рассмотрение вопросов конфискации; жалобы, запросы и иски; управление контрактами; управление имуществом и составление юридических отчетов.

*Центр водохозяйственного планирования*

Данное подразделение выполняет следующие **функции**:

- a) разработка и осуществление работ и исследований, необходимых для разработки, мониторинга и рассмотрения Плана использования водных ресурсов бассейна;
- b) информирование о соответствии работ, предлагаемых пользователями, плану использования водных ресурсов;
- c) составление планов передела водозаборов из подземных бассейнов, признанных чрезмерно эксплуатируемыми или склонными к этому, а также тех, в которых происходят процессы засоления.

*Структура коллегиальных органов Бассейновых водохозяйственных организаций*

Бассейновые водохозяйственные организации имеют ряд коллегиальных органов, в которых через своих представителей участвуют различные уровни управления, а также водопользователи. Существуют следующие коллегиальные органы правления, управления и планирования:

- Коллегиальные органы **правления**:
  - Орган правления.
- Коллегиальные органы **управления**:
  - Ассамблея водопользователей;
  - Эксплуатационные советы;
  - Комитет эксплуатации водохранилищ;
  - Советы строительных работ.
- Коллегиальные органы **планирования**:
  - Бассейновый водный консультационный совет.

Таким образом, как видно из вышеизложенного обзора испанского опыта, бассейновые организации выполняют только функции управления водой (как планирующие и регулирующие, так и исполнительные), и не отвечают за мелиорацию земель. Также, они отвечают лишь за часть задач по охране окружающей среды, связанных только с мониторингом качества подаваемой воды потребителям.

**ФРАНЦИЯ: ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ – ПУТЬ К УСТОЙЧИВОМУ  
РАЗВИТИЮ**

Территория Франции подразделена на шесть главных водосборных бассейнов. Они приурочены к крупным национальным рекам, небольшим прибрежным бассейнам и французской части трансграничных рек:

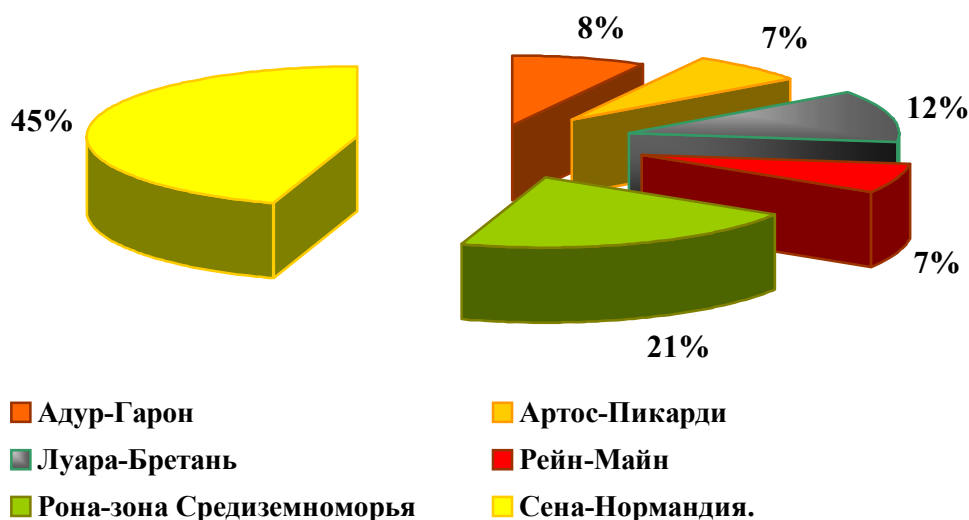
- Бассейн Адур-Гарон (юго-запад Франции, на границе с Испанией);
- Бассейн Арто-Пикарди (самый север Франции);
- Бассейн Луара-Бретань (центральная часть Франции);
- Бассейн Рейн-Майн (северо-восток);
- Бассейн Рона-зона Средиземноморья (юго-восток, побережье Средиземного моря и Корсика);
- Бассейн Сена-Нормандия (северо-запад Франции, включая Париж).

Каждая территория имеет Бассейновый Комитет, который играет роль «водного парламента». Он объединяет всех заинтересованных участников: выборных официальных лиц (мэров, депутатов, сенаторов, советников), потребителей (промышленность, сельское хозяйство, рыбное хозяйство, ассоциации по защите природы), представителей правительственных министерств вовлеченных в управление водными ресурсами, а также региональных представителей Правительственной Администрации. Любые интересы, даже если они антагонистичны, представляются на обсуждение в Бассейновый Комитет. Различные точки зрения обсуждаются, и находится такая политика управления водными ресурсами, которая наиболее близко удовлетворяет требования заинтересованной стороны.

Каждый Бассейновый Комитет назначает представителей в Правление Водного Агентства, которое является исполнительным органом Бассейнового Комитета. Водное Агентство имеет четыре комиссии: а) по финансам б) по займам и грантам; в) по проектам и перспективам; г) по коммуникациям. Водное Агентство реализует двухуровневую систему экономических инициатив: взимая с потребителей плату за водопотребление и за загрязнение окружающей среды. Полученные таким образом средства Водное Агентство возвращает назад в экономический оборот в форме целевой помощи муниципалитетам, промышленным предприятиям, фермерам для повышения водообеспеченности и очистки воды от загрязнения. Система тарифов устанавливается каждым Водным Агентством в рамках пятилетнего плана водохозяйственного развития, разрабатываемого всеми водопотребителями под эгидой Бассейнового Комитета. Система тарифов принимается Правлением Агентства и затем передается на утверждение центральному правительству.

Тарифы устанавливаются исходя из принципа того, что пользователи должны покрывать затраты на подачу воды, а в случае загрязнения – полностью покрыть затраты на очистку. Полученные средства перераспределяются для улучшения количества и качества водоснабжения. Для максимально возможного учета интересов всех участвующих сторон Водное Агентство устанавливает график приоритетов для поддержки эксплуатации и развития на территории бассейна.

В 1997 году был утвержден VII пятилетний план развития водного сектора Франции на период 1997-2001 годы с общим бюджетом 8 млрд. долларов США. В этой сумме 50 % - государственные субсидии, и 50 % - средства, привлекаемые Водными Агентствами. Распределение бюджетных средств между шестью бассейновыми организациями показано на диаграмме (рис. 3). Как видно, наибольшую часть средств (45 % или 4,6 млрд. долларов США) выделено Водному Агентству Сена-Нормандия.



**Рис. 3. Распределение бюджета на водохозяйственное развитие между шестью Водными Агентствами Франции**

Водное Агентство Сена-Нормандия обеспечивает управление водными ресурсами на территории 100000 км<sup>2</sup>, что составляет 1/5 часть всей территории Франции. Здесь проживает 17 млн. человек или 30 % всего населения Франции, сосредоточено 40 % всего промышленного производства и около 60 % посевных площадей Франции. Агентство имеет 7 региональных офисов и работает в сотрудничестве с 400 партнерами (проектные, научные, строительные и другие организации). Клиентами Агентства являются около 9000 коммун (ассоциированных водопотребителей). Агентство обслуживает более 2000 очистных сооружений, из которых 450 функционируют на крупных промышленных объектах.

Французская система управления водными ресурсами базируется на трех концептуальных принципах:

1. Юридическое закрепление децентрализации. Этот принцип гарантирует для каждого автономного гидрографического бассейна такую организацию всех заинтересованных в водоснабжении и ответственных за его реализацию сторон, которая позволяет на локальном уровне разрешать любые конфликты интересов между промышленностью, ирригацией, рыбным хозяйством, коммунальными администрациями, ассоциациями и местным населением. Ключевые решения принимаются локально внутри бассейновых организаций. Фонды, получаемые в результате водоподачи пользователям, в основном используются для развития инфраструктуры водоподачи. Особое внимание уделяется вопросам качества воды. Этот принцип был закреплен Французским законодательством в 1964 году.

2. Вода – общее достояние общества. Все люди, ответственные за управление водой или заинтересованные в нем должны согласиться с тем, что вода является неотъемлемой частью окружающей среды и принадлежит всем. Однако, вода имеет стои-



мость, поскольку она должна быть очищена и доставлена для потребления, что требует определенных затрат.

3. Вода платит за воду. Французская система базируется на том, что водопотребители должны покрывать полностью затраты, необходимые для инвестирования в развитие водохозяйственной инфраструктуры и ее эксплуатации.

Французский опыт является прекрасной демонстрацией создания четко функционирующей организации, объединяющей все заинтересованные стороны в бесконфликтном управлении водными ресурсами в пределах гидрографического бассейна. Бассейновые организации выполняют не только планирующие и регулирующие функции, но и реализуют исполнительные и контрольные функции. Во Франции создана уникальная система финансирования всех необходимых функций по охране окружающей среды, посредством реализации законодательно и практически принципа «загрязнитель – платит». Франция также имеет значительный опыт в вопросах вовлечения общественности в процесс управления водными ресурсами.

### **ОПЫТ КАНАДЫ ПО СОЧЕТАНИЮ АДМИНИСТРАТИВНОГО И БАССЕЙНОВОГО УПРАВЛЕНИЯ**

*(по материалам сборника [5])*

В Канаде все управление водными ресурсами сосредоточено на уровне провинций, имеющих права принимать и устанавливать свое законодательство, ибо по федеральному закону все природные ресурсы являются собственностью провинции. В случае, когда природные ресурсы, включая водные, являются трансграничными или межпровинциальными, между государствами или между провинциями составляются соответствующие соглашения, определяющие правила и порядок управления этими ресурсами в гидрографических границах (например, договор Альберта-Саскачеван по р. Саскачеван, Альберта-США по рекам Колумбия и Молочная).

Низкий уровень водопотребления (5 % от среднегодовых водных ресурсов) не создает какого-либо дефицита воды в целом по стране, за исключением временного, и поэтому общего управления водными ресурсами пока в масштабах страны не осуществляется, хотя в каждой провинции управление водными ресурсами ведется по бассейнам или их группами. Некоторой проблемой является неравномерное распределение водных ресурсов, так как 70% рек расположены в северной части страны с течением в северном направлении, а 85 % населения сосредоточено в южной части страны. В Канаде всего 10 провинций. В каждой из них свои проблемы в водном хозяйстве, связанные с объемом развития водопотребления. Наибольшая площадь орошаемых земель, составляющая 540 тыс. га расположена в провинции Альберта, засушливом районе, где на юге провинции выпадение осадков не превышают 200 мм в год. Этот район периодически ощущает водный дефицит, а также связанные с этим экологические проблемы, хотя и относительно слабые по напряженности. В провинциях, расположенных вокруг Великих озер, интенсивно загрязняемых промышленностью и урбанизацией в 60-70 годах, главной проблемой стала борьба за качество вод и их доведение до допустимых параметров.

Главным органом по управлению водными ресурсами является Департамент (Министерство) экологической защиты провинции, в котором имеется Управление (подразделение) по водным ресурсам. Министр экологии провинции имеет советника по водному хозяйству на правах технического руководителя этого управления. Этот орган занимается системой наблюдения, прогноза, учета водных ресурсов через свою собственную сеть и сектор гидрологических прогнозов (параллельно занимающийся метеорологическими прогнозами), выдает лицензию на право пользования водой, пла-

нирует развитие водных ресурсов, подготавливает и проводит через законодательные собрания штата и правительство законы и постановления, касающиеся водных ресурсов.

Право на воду провинция берет на себя. Ранее действовало право первого пользователя - "первый по времени - первый по праву". Ныне это законодательство пересматривается, и в случае его принятия получившие лицензию на воду будут иметь равные права в соответствии с лицензией, хотя она и не гарантирует какое-то минимальное количество воды, которое следует обеспечить в любой, даже самый маловодный год.

Структура управления водными ресурсами достаточно сложная. Она представляет из себя сочетание государственных (Правительство провинции, Департамент экологии, Управления водными ресурсами) и полуавтономных организаций (дистриктов ирригационных и городских). В подчинении, например, Министерства провинции Альберта находится служба управления поверхностными и грунтовыми водами, информационная служба и служба прогнозов, а также региональные подразделения, которые управляют определенными узлами и комплексами сооружений по подаче воды, в основном из водохранилищ, магистральными каналами, шлюзами и магистральными коллекторами. Каждый узел сооружения управляется самостоятельным, очень небольшим штатом, согласовывающим свои действия с центром контроля региональных подразделений. Гидростанции, в основном частные, находятся в управлении энергетических компаний и состоят у них на балансе, работают строго в режиме, определенным законом провинции. Все остальные сооружения гидроузлов на балансе и ответственности органов водного хозяйства. Провинциальные органы водного хозяйства имеют свою службу метеорологических, гидрологических и гидрогеологических наблюдений, параллельно с общегосударственной, между которыми постоянно идет обмен информацией и стратегической базой данных. Управление осуществляется как рекой, так и всем водосбором. Межхозяйственная ирригационная сеть управляется автономными ирригационными дистриктами, имеющими полную автономию по управлению и поддержанию своих сооружений, но развитие их осуществляется со значительным участием государства.

Дистрикт управляется избираемым Советом директоров из 7 человек, члены которого избираются на ротационной основе всеми водопользователями или их уполномоченными через каждые 3 года. Совет директоров назначает генерального менеджера, продолжительность работы которого, зависит от собственного желания и умения работать и доверия Совета директоров (в дистрикте Сан Мари генеральный менеджер работает 18 лет). Благодаря высокому уровню автоматизации и механизации управления (все каналы автоматизированы, управляются дистанционно по радио, посредством волоконной связи и через спутники) количество обслуживающего персонала очень небольшое - всего около 100 человек, включая 60-70 операторов и ремонтный персонал. Имеется модель управления каналами по сезонам.

Основой водопользования является Закон о воде, ныне пересматриваемый. По действующему закону использование воды лицензируют дистриктам, а не каждому водопользователю. Приоритет водоподачи обеспечивается по принципу "первый по времени - первый по праву". Например, Сан Мари Ривер имеет 3 лицензии: на 350000 акрофутов (420 млн м<sup>3</sup>) с 1898 г., на 200000 акрофутов (240 млн м<sup>3</sup>) с 1950 г. и на 172000 акрофутов (206 млн м<sup>3</sup>) с 1991 г. Другие два округа, питающиеся из той же реки, имеют лицензии с 1926 и 1975 гг. Это означает, что сначала удовлетворят 350000 акрофутов, потом округ с лицензией с 1926 г., потом опять Сан Мари на 200 тыс. акрофутов, на другой округ от 1975 г. и в последнюю очередь по лицензии 1991 г. Может оказаться, что последняя лицензия в маловодный год водой обеспечена не будет. Тогда полные

две порции по двум первосрочным лицензиям распределяются на всю площадь 142 тыс. га равномерно, независимо от срока ввода земель в этом дистрикте.

Дистрикт имеет с каждым землепользователем договор на подачу воды и оплату, которая определяется взаимными обязательствами. Если новый водопользователь хочет освоить земли, он подает заявление в Правительство провинции и ирригационный дистрикт и только при обоюдном соглашении ему разрешают водо- и землепользование. В газете дается объявление об этом, чтобы те землепользователи, которые имеют возражения против освоения новых земель и водопользования могли опротестовать. После общего согласования ему разрешается заплатить вступительный взнос и освоить эти земли за свой счет. Орошение из скважин является в большинстве частным и в дистрикт не входит. Обязательства по орошению определяются Законом об орошении.

Система планирования водных ресурсов имеет несколько ступеней иерархии: на провинциальном уровне разработаны общие принципы и подходы к развитию водного хозяйства, орошения и природопользования в провинции. Такой план был составлен в 1980 г. под названием “Генеральный план улучшения водных ресурсов провинции Альберта”. Затем для всех бассейнов были разработаны “Мастер планы” (схемы).

Примером такой программы может служить программа для бассейна “Колдлейк - Бивер”. Особенности этой программы являлось следующее:

- бассейновый характер планирования (границы-водосбор);
- рассмотрение вопросов количества и качества;
- использование земель существующей зоны орошения и перспективы;
- влияние сельского хозяйства, лесоводства, урбанизации на сток в реке;
- развитие программ на уровне суб-бассейнов и местных агентств;
- повторное использование сбросных и возвратных вод;
- установление минимального расхода воды, сохраняющегося в реке в различные периоды.

Начиная с 1975 г. провинция Альберта израсходовала на все водохозяйственные программы более 1.5 млрд. долларов, в т.ч. до 1994 г. - около 100 млн. долларов в год. Было реконструировано 4 водохранилища, более 10 крупных сооружений, облицовано 550 км магистральных каналов, выполнена автоматизация и оснащены водомерами все головные сооружения ирригационной сети штата (закончено в 1995 г).

В настоящее время капвложения государством сократились до 50 млн. долларов в год. Планирование ежегодных работ осуществляется ирригационными дистриктами, представляющими в правительство провинции свои предложения на следующий год и согласие профинансировать 25 % работ за свой счет. Проекты рассматриваются “Водной комиссией” - специальным органом из 7 человек, представляющих МСХ, Департамент окружающей среды и общественные организации (бывших специалистов водного хозяйства), который распределяет средства между 13 ирригационными дистриктами и региональными подразделениями водного хозяйства. Таким образом государство берет на себя 75% капитальных затрат на межхозяйственную оросительную сеть и систему водоподачи.

Вовлечение общественных организаций и общественного мнения в управление водным хозяйством осуществляется по многоступенчатой системе согласования проектов, лицензирования и объявления в прессе, в т. ч. через “специальный комитет по экологическим обращениям”, решающий споры по водному праву и новому водохозяйственному строительству. В последнем проекте закона это вовлечение несколько сокращено, ибо оно делает любое новое строительство и выдачу лицензии практически многолетним.

Межгосударственные и межпровинциальные отношения складываются на основе государственного регулирования и соответствующих соглашений между Альбертой

и соседями как на провинциальном, так и межгосударственном уровне. За федеральным правительством Канады остались следующие обязанности по водным ресурсам:

- сбор данных и мониторинг трансграничных водных ресурсов через Службу наблюдений Канады;
- обсуждение и решение вододеления с США;
- координация рыбоохраны и развития по Федеральному рыбному закону;
- экологический контроль и оценка важных программ, затрагивающих интересы окружающей среды;
- борьба с засухой в годы, особо сухие в зоне южных прерий через Администрацию фермерских организаций прерий;
- планирование совместной программы использования водных ресурсов различных провинций.

Таким образом, как видно из вышеизложенного обзора канадского опыта, там происходит определенное сочетание административного и бассейнового принципов управления водными ресурсами. Бассейновые организации выполняют только планирующие и регулирующие функции, а провинции реализуют исполнительные и контрольные функции. Провинции выполняют все необходимые функции по охране окружающей среды. Канада также имеет колоссальный опыт в вопросах вовлечения ответственности в процесс управления водными ресурсами.

### **ЯПОНСКИЙ ОПЫТ БАСЕЙНОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДОЙ**

*(по материалам сборника [6])*

В сельском хозяйстве Японии используется 16 % общего земельного фонда. Общая площадь сельскохозяйственных угодий в Японии составляет 5,2 млн. га. Наиболее крупные равнины такие, как Канто или Токийская, на Хонсю, Исикари на Хоккайдо - почти сплошь возделаны. В Японии преобладает мелкое землевладение (использование участков площадью до 1,5 га). Основную часть продукции дает растениеводство. Ведущей культурой в Японии является рис (урожай составляет более 13,2 млн. тонн риса в год с площади в 2,8 млн. га). Развито овощеводство и плодоводство.

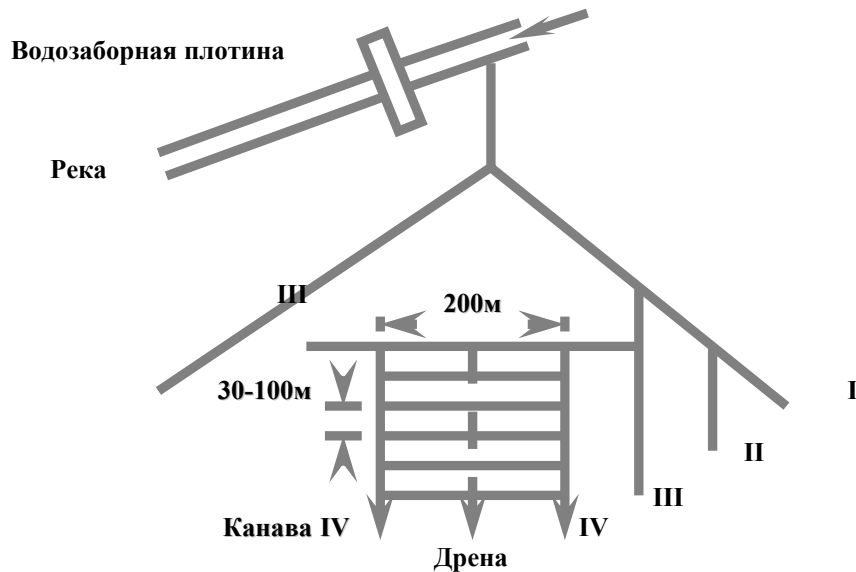
Среднегодовое количество осадков в Японии - 1 800 мм, две трети их выпадает в сезон муссонов, когда нет посевов. Из-за колебаний количества осадков в течение сезона орошения фермеры страдают от дефицита воды. Основным источником орошения риса в этот период является речной сток. С феодальных времен весь речной сток во время засушливого периода распределялся на орошение риса, что приводило к дефициту воды и конфликтам между фермерами. Поэтому, японские фермеры имеют длительный опыт борьбы за воду и компромиссов в водопользовании.

В 1945-1946 гг. японским правительством была проведена земельная реформа, в результате которой к 1950 году в распоряжении фермеров-собственников оказалось 91% земель. В 1949 году был издан Закон об улучшении земель, по которому земельные и ирригационные ассоциации были реформированы и переименованы в Мелиоративные округа (МО).

#### *Типовая схема ирригационной инфраструктуры в Японии*

Японский опыт интересен тем, что фермеры несут полную ответственность за эксплуатацию и обслуживание всей инфраструктуры оросительной системы: от водозаборных плотин на реках до полевых каналов. Они создают пользовательские ассоциации, управляют системами и собирают членские взносы с членов ассоциации, которые покрывают все затраты по эксплуатации и содержанию систем. Они также активно уча-

ствуют в работах по строительству и реконструкции, проводимых отделами общественных работ центральных и местных властей.



**Рис. 4. Типовая схема орошения в Японии**

Крупные ирригационные системы в Японии (площадью более 3 000 га) состоят обычно из расположенного выше по течению водохранилища, водозаборной плотины, магистральных каналов, распределительных каналов второго и третьего порядков и полевых арыков. Дренажные системы также являются составляющими ирригационных систем. Крупные многоцелевые водохранилища эксплуатируются и управляются центральными или местными властями. Все же ирригационной инфраструктурой, включая построенные в рамках государственных проектов водохранилища для сельскохозяйственных целей, управляют фермеры или ирригационные ассоциации фермеров. Только ограниченное число крупномасштабных ирригационных проектов и главных сооружений находятся в ведении властей или государственных корпораций. Мелиоративный округ (МО) - автономная ирригационная ассоциация фермеров - обычно отвечает за управление основной части инфраструктуры оросительных систем. Внутрихозяйственная часть системы эксплуатируется и содержится традиционными местными общинами, *Mura*. Если канал второго порядка орошает рисовые поля на территории нескольких *Mura* (объединенные *Mura*), то для эксплуатации и содержания общего канала создается комитет из делегатов соответствующих *Mura*. Они обычно получают денежную помощь от МО для своей деятельности. Однако, они не находятся под полным контролем МО.

#### *Мелиоративный округ как ирригационная ассоциация*

Основной организацией по ирригации и дренажу является Мелиоративный округ (МО). МО обычно создается для оросительной системы, состоящей из таких сооружений, как водозаборная плотина, затворы или насосы, оросительные каналы, резервуары и пруды. В 1997 году в Японии насчитывалось 7 573 МО, из которых только

186 округов (2%) имели подкомандную площадь, превышающую 1 000 га, тогда как у 5 487 МО (72%) подкомандная площадь составляла менее 300 га.

МО - это автономные ирригационные ассоциации фермеров, которые образовались на основе принятого в 1949 году, сразу после земельной реформы в Японии, Закона об улучшении земель. Поскольку МО охватывает подкомандную область ирригационной системы, его границы совпадают не с административными, а с границами данной системы, следовательно, зона действия крупных МО может распространяться на многие города и деревни. С другой стороны, зона действия мелких МО лежит в пределах границ деревни. Такие ассоциации возникли несколько сотен лет тому назад, когда планировались и строились первые оросительные системы (резервуары, водозаборные сооружения и системы каналов). В настоящее время, большая часть МО - это все те же ирригационные ассоциации, хотя они и изменили свой юридический статус и название.

Основными функциями МО являются:

- 1) продвижение проекта и заявка на выполнение проекта;
- 2) эксплуатация и содержание ирригационных систем для внутривладельческого управления.

Для реализации данных функций МО сотрудничает с *Mura*.

Под руководством центрального правительства Японии находится 47 префектур (местных органов власти). Префектура управляет крупными и небольшими городами, деревнями, являющимися формальными единицами административной системы. *Mura* - это традиционное неформальное подразделение административных деревень (крупных и небольших городов). Наименьшей единицей японского общества, особенно в сельских районах, была фермерская семья, обычно состоящая из трех или четырех поколений. От 30 до 50 фермерских семей и семей, занимающихся другими видами деятельности, традиционно объединяются в сельскую общину *Mura*.

#### Финансирование

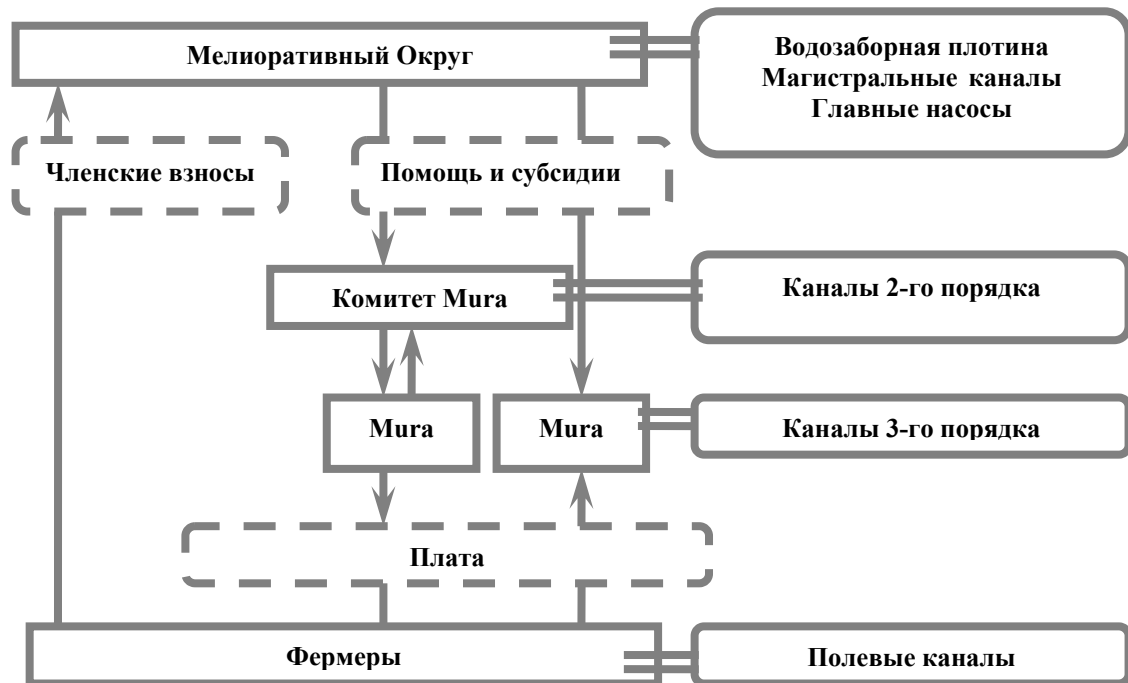
Обычно инвестиционная стоимость крупных проектов по строительству и реконструкции колеблется от 40 000 до 60 000 долл. США на гектар. Хотя проекты в значительной степени субсидируются правительством, фермеры несут на себе часть затрат на любом уровне, от магистрального канала до полевых сооружений. Обычное распределение затрат на национальные проекты следующее: центральное правительство - 67 %, местные власти - 20-23 %, фермеры - 10-13 %. МО может взять заем у государственного казначейства по низким процентным ставкам (3,55 % в 1995 г.), который выдается на 3 года и погашается в течение 15 лет после этого срока.

МО не может получить субсидии от правительства на эксплуатацию и ремонт после того, как сооружения уже построены. Все затраты осуществляются членами-фермерами. Поэтому МО взимает членские взносы, исходя из размера хозяйства в акрах. Обычно плата составляет 500 долл. США на га в год, что эквивалентно 0,4 т риса с гектара или 4-5 % от стандартного рисового поля (8 т/га). Обычно, более 99 % фермеров регулярно вносят плату. Неуплата членского взноса без особой причины приведет к потере права на получение воды из ирригационной системы. Закон об улучшении земель также устанавливает эту обязательную плату. Некоторые МО могут получать деньги за свои услуги, предоставляемые городам и гражданам. Этот вид дохода для МО может сократить затраты, покрываемые членами-фермерами. В издержках МО большую часть занимают затраты на управление и эксплуатацию оборудования (см. рис. 5).

*Управление Мелиоративным округом в Японии*

Законодательным органом МО является собрание представителей, которые выбираются всеми членами-фермерами. Каждый член-фермер имеет право голоса. Представители выбирают правление, а правление избирает президента. При выборе представителей выборные округа представляют собой сгруппированные на региональной основе *Mura*. Таким образом, избранные представители являются делегатами от *Mura* и будут работать в пользу своего района. Они не только посещают собрания представителей, но также следят за ирригационными сооружениями в своих районах или ведут переговоры с другими представителями относительно подачи воды.

Каждый значимый вопрос обсуждается и решается на заседании представителей, куда в письменном виде представляются необходимые для обсуждения материалы. Через представителей и *Mura* среди членов распространяются брошюры, сообщающие о принятых решениях и содержащие важную информацию. Таким образом, обеспечивается подотчетность и прозрачность управления.



**Рис.5. Схема финансирования эксплуатационных нужд в Японии**

*Распределение воды в Японии*

Только имея разрешение правительства на использование воды, каждая ирригационная система может осуществить водозабор из реки. Объем водозабора определяется максимальным расходом воды на каждой стадии сезона орошения. Обычно, расход реки, при необходимости увеличиваемый водохранилищами, достаточен для получения МО необходимого объема воды.

Большая часть ирригационных сооружений свободно эксплуатируется фермерами по их усмотрению, что ведет к неравномерному распределению воды в обычные периоды. Распределить воду равномерно по всей зоне действия ирригационной системы

очень тяжело: фермеры в верхней части системы стремятся получить больше воды, чем фермеры, находящиеся ниже по течению. Это почти неизбежно, поскольку фермеры сами участвуют, легально или нелегально, в распределении воды. Так как неравномерное распределение воды ведет к накоплению излишней и бесполезной воды в верхней части системы, то для частичного сокращения подачи воды прилагаются большие усилия.

Обычно, МО не может отнять право на эксплуатацию сооружений на магистральных каналах у местных организаций, поскольку группы фермеров при любом благоприятном положении противостоят этому. Кроме того, МО не имеют достаточного количества эксплуатационного персонала для всех сооружений. Для найма дополнительных операторов членские взносы МО должны быть значительно повышены. Поэтому МО для решения данной проблемы предпринимают два основных действия: первое - жесткое регулирование распределения воды во время засухи, и второе - развитие систем повторного использования воды.

В засушливый период и при уменьшении стока рек МО стараются получить большую долю воды. Иногда это вызывает серьезные конфликты между МО, получающими воду из одного источника. Во время засухи обычно наблюдается неравномерное вододделение между МО. Поэтому, внутри МО, для обеспечения равномерного распределения воды система водоподдачи временно изменяется. Типичное изменение состоит в переходе от непрерывного и одновременного распределения воды во все оросительные каналы к прерывистому и чередующемуся орошению. Это изменение в распределении воды выполняется в соответствии с решением МО, по просьбе делегатов от расположенных ниже по течению областей системы. Подобное изменение распределения воды позволяет избежать ущерба от засухи по всей зоне действия, включая нижние части системы.

Японский опыт в управлении водными ресурсами свидетельствует о том, что усилия для более равномерного распределения воды важны, но не всегда успешны на практике. Беспристрастное распределение воды тщательно выполняется только в течение ограниченного периода времени, когда целая группа фермеров приходят к соглашению, чтобы пережить тяжелую засуху. Следовательно, система повторного водопользования - это почти единственная мера, которая может повысить стабильность орошения.

Излишек воды на участке рисового поля в итоге стекает в дренаж. Поэтому, во время засух фермеры в расположенных ниже областях часто располагают большим объемом воды в дренажных каналах, в то время как в оросительных каналах воды нет. Таким образом, они имеют естественно развитую систему повторного водопользования, помогающую избежать ущерба от засухи. Тем не менее, если затраты на повторное водопользование будут покрывать лишь фермеры из нижних областей системы, им будет трудно мобилизовать ресурсы для развития систем повторного водопользования. Таким образом, сохраняются низкая эффективность орошения и нестабильное водопользование.

Возможным решением этой проблемы является политика справедливости, которая была принята японскими Мелиоративными округами. Независимо от площади, используемой под строительство, от покрытия расходов на эксплуатацию и ремонт сооружений повторного водопользования для фермеров-членов ассоциации установлен одинаковый размер платы за воду (членских взносов). Этот вид платы основан на идее равенства между всеми фермерами. Небольшая финансовая нагрузка в связи с повторным водопользованием поощряет фермеров нижних областей системы выполнять работы по улучшению состояния водных ресурсов. МО отвечает за содержание ирригационных сооружений, подкомандная зона которых более 20 га. Эти сооружения перечис-



лены в документах МО. Однако, МО не содержит эти сооружения напрямую. Офис МО поддерживает только основные сооружения, такие как водозаборная плотина, магистральные каналы и соответствующие затворы. МО нанимает рабочих для удаления сорняков по берегам канала, чистки каналов и покраски затворов. Что касается каналов второго и третьего порядков, МО распределяет отдельные участки каналов между каждой *Mura* и объединенными *Mura* для очистки сооружений. МО выделяет некоторые средства этим организациям на их работы, но этих денег обычно недостаточно для покрытия затрат. До некоторой степени *Mura* могут считать это своей обязанностью. Можно сказать, что помимо денежных членских взносов, *Mura* или фермеры оплачивают труд МО.

Сооружения более низкого уровня содержатся за счет *Mura*. Поэтому на организуемые *Mura* работы по очистке оросительных и дренажных каналов, каждая семья выделяет одного человека. Обычно эти работы выполняются дважды в год, до и после сезона орошения. Все семьи в *Mura*, если нет особых причин для освобождения от них, участвуют в этих работах. Некоторые МО имеют систему субсидий для ремонта и улучшения оросительных сооружений в *Mura*. Представители *Mura* постоянно следят за сооружениями и при необходимости запрашивают у МО субсидии. Этот вид системы субсидий может обеспечить тесное взаимодействие между МО и фермерами, а также чувство единства для МО.

Таким образом, как видно из вышеизложенного обзора японского опыта, там бассейновым принципом охвачены практически все функции управления водными ресурсами, включая и мелиорацию земель.

В табл. 1 приведено сравнение долевого участия государства и бассейновых организаций в эксплуатации и развитии водохозяйственной инфраструктуры в выше обозначенных странах.

Таблица 1

**Долевое участие государства и бассейновых организаций в финансировании водного хозяйства в развитых странах мира, в %**

| Государство    | Капитальные вложения на развитие |                                     | Эксплуатационные расходы |                                     |
|----------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
|                | Государство                      | Бассейновая организация и провинция | Государство              | Бассейновая организация и провинция |
| <b>Испания</b> | <i>70</i>                        | <i>30</i>                           | <i>50</i>                | <i>50</i>                           |
| <b>Франция</b> | <i>50</i>                        | <i>50</i>                           | <i>0</i>                 | <i>100</i>                          |
| <b>Канада</b>  | <i>75</i>                        | <i>25</i>                           | <i>50-70</i>             | <i>30-50</i>                        |
| <b>Япония</b>  | <i>100</i>                       | <i>0</i>                            | <i>0</i>                 | <i>100</i>                          |
| <b>США</b>     | <i>70</i>                        | <i>30</i>                           | <i>50</i>                | <i>50</i>                           |

**НЕОБХОДИМОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В БАССЕЙНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ**  
(раздел подготовлен с привлечением материалов К.И. Белоцерковского [7])

Организация управления водными ресурсами в странах Центрально-Азиатского региона сложилась в советское время и по своим формам она практически не претерпела существенных изменений. В то же время, в отдельных странах региона под влияни-

ем рыночных реформ несколько изменились отдельные функции организационных структур, а также характер взаимоотношений, как внутри водного хозяйства, так и с водопользователями. Однако до настоящего времени здесь сохранилась система централизованного административно-территориального управления водными ресурсами: республиканское водохозяйственное ведомство - областная водохозяйственная организация - районная водохозяйственная организация - водопользователи.

В сложившейся системе управления водными ресурсами на современном этапе можно выделить ряд недостатков:

Во-первых, это ослабление централизованного руководства водохозяйственным комплексом. Основанная на командно-административных принципах система взаимоотношений водохозяйственных структур выдвинула в качестве основного показателя работы структурных звеньев не повышение использования водных ресурсов, а выполнение абстрактных показателей, т. е. водное хозяйство работает в автономном режиме, отвечая лишь за валовые показатели объемов водоподачи. Система управления водохозяйственным комплексом уподобилась перевернутой пирамиде, где на ее верхних эшелонах сосредоточены основные функции по эксплуатации водохозяйственных систем. Ее нижний эшелон - районное звено является лишь исполнителем команд верхнего эшелона и довольствуется выделенными им скудными финансовыми и материально-техническими ресурсами. Между тем, именно районные структуры напрямую связаны с водопользователями, лучше знают их запросы и требования и потому могут играть основную роль в повышении эффективности использования воды. Самое главное, они призваны обеспечить эксплуатацию межхозяйственной и внутрихозяйственной сети, а также мелиорацию земель.

Во-вторых, система госбюджетного финансирования водохозяйственного комплекса, по сути, породила эту централизованную систему управления. Она была безальтернативной в условиях всеобщей государственной собственности на средства производства. В условиях развития рыночных отношений, особенно в переходный период, система государственного финансирования показала свою несостоятельность. Из-за резкого сокращения государственного бюджета произошло такое же сокращение объемов финансирования водохозяйственного комплекса, что привело к снижению технического состояния водохозяйственных объектов, засолению орошаемых земель и, в конечном итоге, к снижению их продуктивности.

В-третьих, основную нагрузку по содержанию и развитию водохозяйственного комплекса выполняют структуры Минсельводхоза, которые в настоящее время располагают широкой производственной и социальной инфраструктурой. В условиях глубокого дефицита финансовых ресурсов происходит их размазывание по всему спектру возникающих проблем, что еще более осложняет выполнение основной производственной задачи. Кроме того, наличие собственной производственной инфраструктуры создает монополизированный рынок водохозяйственных услуг, что в принципе тормозит процесс снижения затрат на содержание и развитие водохозяйственного комплекса. Условия свободной конкуренции водохозяйственных услуг, как правило, всегда способствовали снижению указанных издержек.

В-четвертых, в настоящее время водохозяйственные структуры осуществляют в основном регулирование объема используемых водных ресурсов. В то же время, рост загрязнения используемой воды за счет сброса сельскохозяйственных и промышленно-бытовых стоков создает напряженную экологическую обстановку. Если этими процессами не управлять, то процесс загрязнения поверхностных и подземных вод повсеместно может превысить критические пределы.

В-пятых, значительно увеличилась роль органов местной власти, которым предоставлено право участия в распределении и использовании водных ресурсов в зоне их административного влияния.

Наконец, в-шестых, осуществляется активный переход к организации фермерских и кооперативных хозяйств; ассоциаций водопользователей, что требует изменения системы их взаимоотношений с водохозяйственными органами, а соответственно и реорганизацию организационных структур последних.

Все вышеуказанное подтверждает необходимость осуществления реформ в управлении водохозяйственным комплексом, которые позволят в рыночных условиях привести его в соответствие с сельскохозяйственным производством на орошаемых землях, и при этом учитывать интересы окружающей среды.

Как показывают вышеописанные примеры из мирового опыта организации управления водными ресурсами, наиболее приемлемым принципом эффективного управления является гидрографический принцип, т.е. принятие во внимание площади водосбора в сочетании с принципом, основанном на интегрированном управлении ирригационной системой. Таким образом, в сферу управления вовлекается вся территория крупной ирригационной системы: водохранилище (если имеется), магистральная сеть, межхозяйственная и внутрихозяйственная инфраструктура. Возможна более сложная модификация, если в зоне командования ирригационной системы имеются местные источники (малые реки, подземные воды).

Управление производится через организацию Управления Ирригационными Системами (УИС), либо Бассейнового Управления Водными Системами (УБВС). Практически функции УБВС и УИС в основном совпадают. Последние целесообразно организовать там, где нет многочисленных водозаборов из местных источников, и вода распределяется в основном через единую ирригационную систему (например, система ЮГК). УБВС организуется на базе существующих водохозяйственных структурных организаций, в пределах которых имеются гидрографические бассейны местных рек (например, система СФК с учетом водосборов рек Чадак, Кассансай, Гавасай и др.).

В таблице 2 показано распределение функций управления водными ресурсами между существующими территориальными уровнями. В таблице 3 приведено направление реализации этих функций.

Таблица 3

Направление реализации функций управления водными ресурсами

| Функции управления |   | Уровни             |             |         |       |                  |
|--------------------|---|--------------------|-------------|---------|-------|------------------|
|                    |   | Межгосударственный | Государство | Область | Район | Водопользователь |
| 1                  | Перспективная водная политика и программы развития водохозяйственного сектора   | ←                  |             |         |       | →                |
| 2                  | Ежегодное планирование:<br>- формирование водных ресурсов<br>- регулирование стока<br>- требования на воду<br>- вододеление   | ←                  |             |         |       |                  |
|                    |   | ←                  | →           |         |       |                  |
|                    |   | ←                  |             |         |       |                  |
|                    |   |                    |             |         |       | →                |
| 3                  | Реализация планов водопользования:<br>- наполнение водохранилищ<br>- доставка воды<br>- использование воды<br>- водоотведение   | ←                  | ←           |         |       | →                |
|                    |   | ←                  |             |         |       |                  |
|                    |   | ←                  |             |         |       |                  |
|                    |   | ←                  |             |         |       |                  |
| 4                  | Контроль исполнения:<br>- водоучет<br>- оценка водосбережения   | ←                  |             |         |       |                  |
|                    |   | ←                  |             |         |       |                  |
| 5                  | Поддержка и эксплуатация объектов:<br>- водохранилища и головные сооруж.<br>- магистральная сеть<br>- межхозяйственная сеть<br>- внутрихозяйственная сеть<br>- дренаж | ←                  |             |         |       |                  |
|                    |   | ←                  |             |         |       |                  |
|                    |   |                    | ←           |         |       |                  |
|                    |   | ←                  |             | ←       |       |                  |
|                    |   | ←                  |             |         |       |                  |
| 6                  | Охрана окружающей среды:<br>- качество воды<br>- санитарные попуски   | ←                  |             |         |       |                  |
|                    |   |                    |             |         | →     |                  |
| 7                  | Вовлечение общественности   | ←                  |             |         |       |                  |
| 8                  | Мелиорация орошаемых земель:<br>- мелиоративные мероприятия<br>- контроль водно-солевого баланса  |                    |             |         |       | →                |
|                    |   | ←                  |             |         |       |                  |

Как видно, многие функции реализуются только по административному или гидрографическому принципу, но большинство из них реализуется по смешанному принципу. Это указывает на необходимость создания смешанной организационной структуры управления водными ресурсами в Центральной Азии.

УБВС организационно формируются на базе существующих водохозяйственных структур. При этом сохраняется Республиканское водохозяйственное ведомство (с частичной передачей своих функций УБВС). Функции управления (табл. 2 и 3) распределяются между УБВС и областными водохозяйственными организациями. Целесообразно в целях эффективной эксплуатации отдельных каналов, замкнутых оросительных систем, входящих в УБВС, сохранить управления межрайонных каналов УМРК. Осуществление контроля и наблюдений за мелиоративным состоянием орошаемых земель целесообразно сохранить за гидрогеолого-мелиоративными экспедициями (или мелиоративными службами) в составе областных организаций. Это связано с тем, что земельный кадастр ведется во всех странах по административному принципу. Вопросы использования лимитов водозаборов и контроля качества воды – за водными инспекциями в составе УБВС или областных организаций. В общем виде, в качестве обсуждения, можно рекомендовать следующую схему бассейнового управления водными ресурсами (рис. 6).

Управление БВС осуществляется Советом и Исполнительной администрацией. Совет формируется из представителей ряда ведомств и органов примерно в следующей пропорции: Республиканского водохозяйственного ведомства и др. ведомств, участвующих в формировании и использовании водных ресурсов (25 %); областных административных органов (25 %-пропорционально площади орошения); водопользователей (АВП) - до 50 % - пропорционально объемам использования воды. Совет УБВС утверждает смету, бюджет и долевые взносы учредителей на поддержание объектов УБВС. Естественно, что в зависимости от параметров и специфических особенностей конкретной УБВС, указанное соотношение представителей в составе Совета может изменяться. Исполнительный Директор УБВС назначается Республиканским водохозяйственным ведомством на конкурсной основе. В случае трансграничного УБВС исполнительный директор назначается всеми республиканскими ведомствами на ротационной основе. Административный и эксплуатационный персонал назначается Советом УБВС.

Кроме основных производственных функций Исполнительные Администрации в условиях формирования рыночных отношений, получают новые функции по управлению работой БВС:

- привлечение частного и общественного капитала к управлению и развитию водных ресурсов путем формирования рынка воды и водохозяйственных услуг;
- обеспечение платных услуг за поставку воды и техническое обслуживание водопользователей (АВП).

Основной водозабор УБВС может осуществлять из трансграничных, национальных и др. водных источников. В этих условиях возникает необходимость установления законного и согласованного порядка взаимоотношений между УБВС и национальными водохозяйственными ведомствами, в первую очередь по вопросам подачи и приема воды из водных источников. Основой таких взаимоотношений может стать либо система договоров между ними, регламентирующая порядок выполнения взаимных обязательств по объемам воды, забираемой УБВС из водных источников, либо передача в УБВС объектов во временную эксплуатацию.

Создание УБВС, как единого водохозяйственного органа на территории одной и более административных областей и десятков административных районов, коренным образом изменяет их взаимоотношения с местными (областными и районными) орга-

нами исполнительной власти. Новая организационная структура управления водными ресурсами - УБВС, как бы выводит вопросы водораспределения из юрисдикции местных органов власти. Между тем по существующему водному законодательству местные органы власти имеют право участвовать в распределении и использовании воды.

Одним из важнейших вопросов создания УБВС является четкое представление о возможных параметрах и условиях формирования. Основными условиями являются:

- наличие водозаборного сооружения (одного или более) из водных источников;
- наличие крупных (одного или более) магистральных каналов (межгосударственных, межобластных, областных);
- учитывая технологические сложности с водораспределением, эксплуатацией и поддержанием ирригационных объектов рекомендуемая площадь для создания УБВС (при соблюдении прочих условий), по нашему мнению не должна превышать 250-300 тыс. га.

### ***СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ***

1. В.А. Духовный. Мелиорация и водное хозяйство засушливой зоны (экономико-экологические аспекты). – Мехнат. Ташкент, 1993. 293с.
2. Global Water Partnership. Integrated Water Resources Management. TAC Background Papers #4. Stockholm. 2000. 67p.
3. Alaerts G.J. Institutions for River Basin Management: The Role of External Support Agencies (International Donors) in Developing Cooperative Arrangements. Paper presented at the 4<sup>th</sup> River Basin Management Workshop. World Bank Institute. Washington D.C. April 2000. 19p.
4. Современное состояние и перспективы развития водных ресурсов Испании. Информационный сборник № 10. НИЦ МКВК. Ташкент, 1999. 73с.
5. Информационный сборник № 1. Мелиорация и водное хозяйство. НИЦ МКВК, Ташкент. 1996. 45с.
6. Масаеши Сато. Участие фермерских организаций в управлении оросительными системами Японии. Информационный сборник № 1(11). НИЦ МКВК, Ташкент 2000. С 29-39.
7. Белоцерковский К.И. Общие подходы к формированию новых организационных структур управления водными ресурсами на основе бассейновых и ирригационных объединений. – Служебная записка. НИЦ МКВК. Ташкент, 2000.

Сорокин А. Г.

## **ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ. РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА РЕК ВОДОХРАНИЛИЩАМИ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Публикуемый материал по данной теме предназначен в помощь организации обсуждения существующих проблем управления водными ресурсами в бассейнах рек. Главная задача – показать, как современная практика и наука определяет подходы к управлению водными ресурсами. Подходы иллюстрируются примерами рационального управления водными ресурсами в бассейнах рек Сырдарья и Амударья, полученными на основе математических моделей НИЦ МКВК.

*В первой главе* даны принципиальные положения: формулировка понятия “водохозяйственный комплекс”, показаны уровни и функции управления., *во второй главе* - соображения о процедуре выработки и принятия решений, анализируются существующие в мире тенденции и трудности в сфере управления водными ресурсами. *В третьей главе* анализируются основные проблемы управления водными ресурсами в Центральной Азии. Мы предлагаем обсудить гидрологические, экологические, социально-экономические и правовые аспекты управления с позиций решения существующих водохозяйственных проблем, разрешения противоречий и конфликтных ситуаций между государствами и отраслями–водопотребителями. *В четвёртой главе* отражены вопросы регулирования стока рек, принципы расчета режимов водохранилищ, показана необходимость учета национальных и региональных интересов, фактора неопределённости, экологических и экономических последствий регулирования. *В пятой главе* мы попытались обобщить информацию и сформулировать для региона цели и задачи управления, подходы к решению задач, индикаторы (оценки по показателям в форме “сравнения”, наиболее приемлемой для принятия решений) и критерии управления. *В шестой главе* приводятся рекомендации по методам и режимам управления водными ресурсами, выносимые для обсуждения на семинар.

Мы надеемся, что данная информация будет способствовать объективной оценке складывающейся в регионе ситуации и выявлению (в результате дискуссий) возможностей преодоления недостатков в системе управления водными ресурсами. Мы предлагаем: (1) выявить ключевые проблемы, проанализировать причинно-следственные связи, сформулировать приоритеты и основные действия по решению проблем; (2) на этой основе – выбрать основные индикаторы, позволяющие видеть эффективность действий и критерии управления; (3) сформулировать основные цели и задачи управления, решение которых устраняет причины проблем; (4) выбрать наиболее эффективные методы и пути решения задач, принципы, определяющие рамки управления, а также эффективные инструменты (модели, компьютерные программы) выработки и обоснования решений.

### **ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Объект управления - ВХК - будем рассматривать как совокупность источников водных ресурсов, взаимодействующих объектов, предприятий и средств, осуществляе-

ных управление водными ресурсами, их доставку потребителям, водопользование в различных отраслях и охрану окружающей среды. С функциональной точки зрения ВХК характеризуется процессами формирования ресурсов, производства и потребления, а также взаимодействие человека и окружающей среды. Выделяют три части ВХК: (1) *природную* – речная сеть и водные ресурсы, окружающая среда и местные природные условия, экологические требования к количеству и качеству речного стока; (2) *техническую* – общие, отраслевые и защитные сооружения, водохранилища; (3) *социально-экономическую* – водопотребители и водопользователи, их производственный, трудовой и финансовый потенциалы, интересы производства и социального развития, требования на воду. Главными задачами ВХК являются: (1) удовлетворение общества и экономики в воде, (2) сохранение природного комплекса для будущих поколений. ВХК определяется структурой и функциональными характеристиками, которые составляют *некоторое единство, т. е. управляемую систему*.

Структура управляемой системы (ВХК) является сложной и иерархической, что определяет два основных принципа управления: *комплексность и иерархичность*. На смену разрозненному управлению, которое имело место ранее, мир выдвигает комплексное и многоцелевое управление водными ресурсами. Принцип иерархичности предполагает расположение и функциональное соподчинение элементов целого в определенном порядке и базируется на разделении обязанностей между уровнями иерархии, в тоже время все уровни должны работать в тесном взаимодействии, подчиняясь единой цели и критериям. Управление предусматривает целый набор функциональных требований, которые должны выполняться в строгой увязке и в полном объеме. Современные требования к управлению предполагают его более *демократический* характер, с вовлечением в его процессы водопользователей и водопотребителей.

При управлении выделяют: *межгосударственный и национальный (государственный), бассейновый и территориальный* уровни, *общегосударственное и отраслевое* управление. Бассейновое управление осуществляется в пределах отдельных бассейнов рек и ВХК. Возможна интеграция ВХК в единую систему *регионального* управления, объединяющую несколько бассейнов с помощью межбассейнового распределения ресурсов и осуществления межбассейновых функций управления. Межгосударственные и национальные уровни могут находиться в рамках регионального и бассейнового управления. Бассейновое управление предполагает взаимоувязку двух основных элементов: *“речная система – водохозяйственные районы (ВХР)”*. Территориальное управление имеет уровни: ВХР, отдельных центров городского и промышленного водоснабжения, оросительных систем, межхозяйственного и внутрихозяйственного распределения, водопотребления и водоотведения, которые следует рассматривать в взаимодействии с ВХР. Взаимоувязка бассейнового и территориального управления предусматривает следующее функциональное подчинение: (1) управление всем ВХК через межгосударственные, государственные, подведомственные организации; (2) управление крупными объектами (водохранилищами, ГЭС, водозаборами); (3) управление объектами ниже головных сооружений магистральных каналов.

Можно выделить следующие основные функции управления: (1) формирование водных ресурсов (прогнозирование), (2) регулирование стока в водохранилищах (планирование и диспетчерское управление), (3) распределение водных ресурсов между потребителями (планирование и оперативное управление), (4) их доставка потребителям (прогнозирование динамики трансформации стока); (5) управление водопользованием (планирование потребностей на воду, регулирование сбросами возвратных вод), (6) планирование и соблюдение экологических требований и ограничений; (7) контроль (по количеству, качеству, режиму), (8) поддержка сооружений.



## **ВЫРАБОТКА И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ**

*Трудности принятия решения* при управлении водными ресурсами во многом связаны с особенностями современных ВХС, которые заключаются в: наличие *сложной иерархической структуры* и большого числа элементов; *многообразии функций* (регулирование, распределение, использование и охрана водных ресурсов, прогнозирование, планирование, оперативное управление и анализ, тактика, стратегия и развитие); *многоотраслевом характере водопользования и противоречивости требований* к водным ресурсам (по количеству, качеству, режиму); *недостаточности и неопределённости исходной информации*. Перечисленные особенности требуют применения *системного анализа*, который включает в себя как формализованные (с использованием математического аппарата), так и неформализованные (с помощью экспертов) методы исследований [1]. В области управления водными ресурсами системный подход представляется как метод решения проблем, в котором делаются попытки построить “модель” реальной системы или ситуации с тем, чтобы в результате экспериментов с этой “моделью” получить понимание реальности. Модели рассматриваются как “инструменты планирования”, оценки вариантов управления.

В мировой практике управления водными ресурсами можно выделить несколько важных *проблем*: По какому единому *критерию* оценивать мнения различных специалистов, смотрящих на последствия управления? Как сделать различные цели *соизмеримыми*? На сколько эффективны и приемлемы к современным условиям традиционные методы регулирования стока рек? Как организовать отбор альтернатив, исключая из рассмотрения заведомо *неэффективные* и невыполнимые для ЛПР решения? Как построить *функции полезности* для экологических и социальных целей? Как выразить в виде критерия *развитие и устойчивость*, национальные интересы и безопасность?

Мировой опыт управления водными ресурсами показывает, что решение принимается руководством на основании рекомендаций специалистов, занимающихся планированием. Рекомендации разрабатываются с использованием моделей, которые создаются учёными. При этом, учёные и плановики чаще всего исходят из того, что ЛПР необходимо представить ряд альтернатив, поскольку *единственный “оптимальный” вариант часто оказывается мало обоснованным или трудно выполнимым с политической точки зрения*. Допускаются компромиссы и пересмотр взглядов, решение ищется пошагово. *Оценка альтернатив осуществляется по традиционным методам в сравнении с новыми*. Очень важными являются следующие обстоятельства: число альтернатив должно быть небольшим, они должны быть оценены по понятным критериям и показателям, близким к существующим в практике управления.

## **ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

1. В силу природно-климатических особенностей, регион Центральной Азии (в пределах бассейнов рек Амударья и Сырдарья) является типичной аридной зоной, где земледелие без орошения не возможно. Важным компонентом является гидроэнергетика, поэтому водохозяйственную основу здесь составляет комплекс отраслей преимущественно ирригационно-энергетического назначения. Использование водных ресурсов региона непосредственно связано с экономикой пяти независимых государств - Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Туркменистана, Узбекистана и определяется сложившимся объёмом и режимом требований на воду. Эти требования в межотраслевом и межгосударственном плане имеют противоречия. Ландшафтная специфика региона предопределяет концентрацию потенциальных гидроэнергоресурсов и преимуществен-

ное размещение ГЭС в горной части (для Нарына - в пределах Кыргызстана, для Вахша - Таджикистана). Орошаемые земли сосредоточены в долиной области и низовьях рек, прежде всего в Узбекистане, Туркменистане и Казахстане, в силу чего *межотраслевые противоречия в требованиях к режимам водохранилищ и трансграничных рек трансформированы в межгосударственные*.

Первый шаг в решении этой проблемы уже сделан - все государства региона продемонстрировали заинтересованность в разработке согласованной политики использования водно-энергетических ресурсов, направленной на предотвращение возможных конфликтов между государствами. Сформирована новая *структура управления* водными ресурсами, включающая два уровня – *региональный и национальный*. Региональный или межгосударственный уровень представлен Центральнo-азиатским Экономическим Сообществом (ранее – Межгосударственный Совет) и Международным Фондом спасения Арала (МФСА), национальный – минводхозами (комитетами), облводхозами и райводхозами. Государства–учредители МФСА образовали Правление Фонда, которое возглавляется Президентом Фонда, избираемым из числа глав государств–учредителей. Постоянно действующим исполнительным органам МФСА стал Исполнительный Комитет (Исполком), который имеет филиалы и отделения в государствах. Под эгидой МФСА функционирует Межгосударственная Координационная Водохозяйственная Комиссия (МКВК), её Научно Информационный Центр (НИЦ), Бассейновые водохозяйственные объединения – БВО “Амударья” и БВО ”Сырдарья”.

БВО осуществляют годовое планирование, согласованное с водохозяйственными и энергетическими ведомствами государств и оперативно-диспетчерское управление, обеспечивает подачу и контроль водных ресурсов в пределах установленных МКВК лимитов. Режимы работы крупных водохранилищ разрабатываются БВО с целью удовлетворения водопотребителей и недопущения конфликтных ситуаций *согласно соглашениям, заключаемым между государствами*, и утверждаются на заседаниях МКВК.

2. Одна из главных проблем управления водными ресурсами региона заключается в разрешении противоречия *“национальные интересы – региональные требования”*. Проблема может быть решена после создания регионального механизма по управлению водными ресурсами, соответствующего требованиям всех независимых государств. В 1992 году государства региона подписали Соглашение о сотрудничестве в сфере совместного управления использованием и охраной водных ресурсов, о принципах управления водными ресурсами региона. Соглашение содержало следующее *ключевое положение: распределение водных ресурсов будет основываться на принципах “существующего водопользования”*. Было решено, что данный принцип будет оставаться в силе до тех пор, пока не будет сформулирована *Водная стратегия региона*, которая определит более объективные механизмы и принципы распределения воды и ее рационального использования. Водная стратегия рассматривается как сочетание Региональной стратегии развития, охраны и использования водных ресурсов с Национальными водными стратегиями государств. Для ближайшей же перспективы должен соблюдаться следующий принцип: *увеличение национального водопотребления осуществляется в пределах той доли лимитов, которая выделяется государству из бассейна, за счет привлечения внутренних источников и высвобождения воды в результате водосбережения и других мер. Корректировка лимитов возможна только в сторону их уменьшения, осуществляемого в маловодные годы исходя из региональных требований и ограничений, прежде всего экологических*.

3. Основным интегральным показателем рационального управления водными ресурсами в регионе является *уровень Аральского моря*. Решение проблемы стабилизации уровня воды в Арале непосредственно связана с решением целого комплекса задач

региона и соблюдением ряда принципов. Аральское море и Приаралье должны рассматриваться как самостоятельные водопотребители, для которых *должна определяться своя доля водного ресурса, согласованная между всеми государствами*. При этом, мы должны исходить из факта невозможности восстановления Арала в его первичном состоянии и ориентации на создание устойчивых экосистем Приаралья.

В течение 1911-1960 годов в Арал поступало в среднем  $56 \text{ км}^3$  воды в год, в том числе по Сырдарье –  $15 \text{ км}^3$  и уровень моря находился на отметке 53 м при площади зеркала 66 тыс.  $\text{км}^2$ , объем воды превышал 1 тыс.  $\text{км}^3$ . С начала 60-х годов стали возрастать объемы изъятия воды из рек и приток к морю сократился, к 1970 году уровень моря понизился до 51 м, а к концу 1980 года до 46 м. В 80-е годы в течение ряда лет приток к Аралу практически прекратился. В 1987 году Большое море отделилось от Малого, объем первого составил  $342 \text{ км}^3$ , а второго –  $21 \text{ км}^3$ . К началу 2000 года уровень воды в Малом море оценивался в 39 м, а в Большом море - в 34 м.

*Приоритетными сегодня и в будущем остаются задачи водосбережения, рационального регулирования и оптимального водораспределения*, решение которых позволит свести к минимуму дефицит воды в регионе и *освободить водный ресурс для пополнения Арала*. Одной из первоочередных является задача *стабилизации уровня воды в Малом (Северном) море*. Для того чтобы уменьшить площади осушки дна северной части Арала и создать более благоприятные условия для природных комплексов Приаралья, необходимо сброс по Сырдарье довести до  $3...7 \text{ км}^3/\text{год}$ . При этом Малый Арал стабилизируется на отметках 41...44 м.

Государства согласились проводить работы для решения экологических проблем, связанных с усыханием Аральского моря и подачу в дельты рек Сырдарья и Амударья гарантированного объема водных ресурсов. МКВК вырабатывает основные направления единой водохозяйственной политики, утверждает лимиты ежегодного водопотребления каждого государства и устанавливает ежегодные объемы водоподачи в Приаралье и Аральское море. Понимание роста экологических требований в последние годы, особо после начала деятельности МКВК, способствовало увеличению подачи воды природному комплексу и Аральскому морю. *Человек стал брать на себя те регулирующие функции, которые раньше выполняла сама природа*. В тоже время гарантированность подачи остается не высокой.

Предварительные расчеты, выполненные в НИЦ МКВК на бассейновой модели показывают, что при среднемноголетней подаче по Сырдарье в Малый Арал  $3 \text{ км}^3$  воды стабилизация на отметке в 41 м наступит через 16...17 лет, при этом площадь моря увеличится с  $2.7 \text{ тыс. км}^2$  до  $3.4 \text{ тыс. км}^2$ , а средняя минерализация воды уменьшится до 28 г/л (Малый Арал должен быть отделен от Большого Арала перемычкой с регулятором в проливе Берга). При среднемноголетней подаче по Амударье в Большой Арал  $6 \text{ км}^3$  воды стабилизация уровня в этом море наступит через 15 лет на отметке в 27 м, при этом площадь моря уменьшится с  $24 \text{ тыс. км}^2$  до  $8...10 \text{ тыс. км}^2$ , а средняя минерализация воды увеличится до 90 г/л.

4. Будущее развитие орошаемого земледелия и гидроэнергетики в государствах Центральной Азии возможно лишь на основе повышения эффективности управления и использования водных ресурсов и экономного их расходования. Решение данной задачи неразрывно связано с *надёжностью учета и объективной оценкой водных ресурсов*, изменяющихся по длине рек и во времени под влиянием естественных и антропогенных факторов. Наиболее остро эта проблема стоит в бассейне реки Амударья, где годовые невязки руслового водного баланса (РВБ) только в нижнем течении достигают  $7...12 \text{ млрд. м}^3$ . Как можно управлять водными ресурсами в бассейне не учитывая этот фактор? Систематические ошибки в расчетах РВБ Амударья обусловлены: *неучетом потерь стока на испарение и фильтрацию в русле реки и в водохранилищах, неучетом*

*руслового регулирования*, то есть накопления воды в русле в паводок и отдачи её в межень. Включение данных составляющих в расчетные статьи РВБ позволяет повысить точность прогнозирования стока (*снизить фактор неопределенности*) и как следствие - эффективность управления водными ресурсами.

5. Решение проблема *ухудшения качества воды* в реках следует искать в совершенствовании принципов и критериев управления водопользованием, которое включает водопотребление и водоотведение (в основном, с орошаемых массивов). Существующее противоречие между снижением соленакопления на орошаемых землях и снижением солености в реках может быть решено на бассейновом (межгосударственном) и территориальном (национальном) уровнях, в основном, нормированием величин сброса соли в реки, соответствующим экономическим контролем (через штрафные санкции) и частично - регулированием солености стока в водохранилищах.

### **РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА**

Одним из основных элементов *компонента формирования и оценки управляющих воздействий* являются *расчеты регулирования стока* рек водохранилищами. Такие расчёты, как показывает мировой опыт [1], базируются на тех методах, которые используют в качестве основы статистические характеристики и календарные гидрологические ряды. Основное различие расчётов заключается в способах нахождения зависимости между параметрами регулирования, ёмкостью водохранилищ и характеристиками стока. Регулирование стока характеризуется *степенью зарегулированности и дополнительной отдачей*. Степень зарегулированности представляет собой отношение зарегулированной отдачи к норме стока. Под *отдачей* понимается количество воды, которое может быть использовано из реки или водохранилища. *Дополнительная отдача* определяется как разница между зарегулированной отдачей и объёмом воды, который может быть использован из реки при бытовом режиме. В том случае, когда необходимо оценить степень зарегулирования с определённой гарантией, используют отношение гарантированной отдачи к норме стока. Под *гарантированной* понимается отдача, гарантируемая потребителю при некоторой обеспеченности. Обеспеченность отдачи (по числу бесперебойных лет) является показателем *надёжности* водообеспечения. Различают *суточное, недельное, сезонное (или годовое) и многолетнее регулирование стока*. *Годовое* регулирование состоит в перераспределении стока из многоводных сезонов на маловодные, *многолетнее* – в перераспределении части стока многоводных лет на маловодные. В отличие от сезонного регулирования, в котором цикл работы водохранилища “наполнение - сработки” замыкается в пределах одного года, при многолетнем регулировании этот цикл больше одного года и длится несколько лет. Основной *недостаток, существующий в практике годового регулирования стока* заключается в *игнорировании расчетов по многолетнему регулированию, которые могут дать рациональные ограничения по допустимым значениям наполнения водохранилищ к концу года*.

Одной из самых сложных является задача анализа функционирования каскадов водохранилищ *ирригационно-энергетического использования* и разработка методов управления ими. В управлении ирригационно-энергетическим режимом встречаются элементы взаимного исключения, когда одна цель противоречит или может быть достигнута за счет другой, то есть существует *проблема неопределенности цели*, характерная для объектов *многоцелевого назначения*.

Можно выделить три основных направления в решении таких задач. Первое основывается на *оптимизации ирригационного регулирования* и нахождения максимального эффекта от ирригации, при этом интересы энергетики учитываются как ограничения. Второе предполагает удовлетворение требований ирригации или их урезку в случае ограниченного ресурса и *оптимизацию энергетического режима* в области допустимых по ирригации решений. Эти направления есть, по сути, *способы сведения многокритериальной задачи к однокритериальной с помощью выделения главного критерия и назначения ограничений*. При третьем способе цель представляется в виде максимума (или минимума) некоторой суммы показателей, имеющих свои оценки значимости. Обязательным условием такого подхода является *сопоставимость показателей* (по крайней мере, они должны иметь одинаковую размерность или быть безразмерными). *Трудность заключается в оценке "чувствительности" данных показателей на изменения внешних факторов и управлений*, а также в определении оценок значимости (весов) показателей [3, 4].

В последнее время все чаще внедряются методы, решающие задачи регулирования стока в сложных системах комплексного назначения, формулируя их как *экономико-математические*. Различают два основных подхода: (1) цель формируется как *выполнение требований потребителей при минимальных затратах*; в случае, когда требования не выполняются и возникает *дефицит* ресурса в состав затрат включается *ущерб*, наносимый народному хозяйству, (2) цель формулируется как *максимум экономического эффекта, полученного по разнице дохода от реализации продукции и произведенных затрат*. Трудность заключается в определении экономического выражения (целевой функции), объединяющего в себе противоречивые требования ирригации, гидроэнергетики и природного комплекса. *Часто оказывается, что для принятия решения кроме значений целевой функции необходим дополнительный набор экономических показателей, которые "раскрывают" эффекты и ущербы каждого потребителя на уровне государств и отраслей экономики, скрытые в целевой функции*. Важным является *увязка экологических и экономических последствий* регулирования.

На *практике* режимы водохранилищ строятся на основании заранее *принятых принципов и фиксированных правил* распределения регулирующих функций между водохранилищами, *часто без учета последствий регулирования*, с целью удовлетворения ирригационных и энергетических требований, которые заданы в виде норм полных и сниженных отдач. Решение задачи представляется в виде последовательного удовлетворения требований водопотребителей и соблюдения ограничений в порядке важности.

Регулирование стока в регионе осуществляется почти 50 водохранилищами (ёмкостью 10 тыс. м<sup>3</sup> и более) с полным суммарным объёмом около 80 млрд.м<sup>3</sup> и полезным – 55 млрд. м<sup>3</sup>. Большинство водохранилищ – это небольшие водохранилища с ёмкостью не превышающей 1 млрд. м<sup>3</sup> ирригационного назначения. Крупные водохранилища (Токтогульское, Кайраккумское, Чарвакское, Андижанское, Чардарьинское, Нурекское, Туюмююнское) имеют комплексное назначение и регулируют сток рек, прежде всего для целей ирригации и гидроэнергетики в годовом и многолетнем разрезе в составе каскадов (Вахшско-Амударьинский, Нарын-Сырдарьинский).

Реальные технические возможности к ирригационному регулированию стока реки *Амударьи* в настоящее время определяются в основном полезными объёмами Нурекского и Туюмююнского водохранилищ. С учетом заиления ёмкостей и использования водохранилища Капарас ТМГУ (в интересах хозяйственного водоснабжения), реальная суммарная ёмкость регулирования Нурекского и Туюмююнского водохранилищ оценивается в 7-7,5 км<sup>3</sup>, что достаточно для зарегулирования стока реки Амударьи в

объёме 51-52 км<sup>3</sup>/год. Главная особенность регулирования стока в бассейне реки Амударья – наличие внутрисистемных наливных водохранилищ сезонного цикла, работающих в режиме контррегуляции для целей ирригации. В бассейне Сырдарьи таких контррегуляторов нет. Здесь главная роль отводится Токтогульскому гидроузлу (Кыргызстан), на который приходится около половины регулирующих ёмкостей бассейна.

Существующие в настоящее время в бассейне Сырдарьи емкости регулирования характеризуются коэффициентом зарегулирования 0.93 и позволяют зарегулировать водные ресурсы в расчетном контуре выше Чардары в объёме 35,2 км<sup>3</sup>/год, при средне-многолетних водных ресурсах 37,8 км<sup>3</sup>. Зарегулированный сток в сумме с возвратным стоком составляют располагаемые к использованию ресурсы - 46 км<sup>3</sup>, которые тратятся на водопотребление и потери. Располагаемые к использованию ресурсы позволяют поддерживать оросительную способность бассейна в размере 3390 тыс. га орошаемых земель.

Наиболее острый характер противоречия между гидроэнергетикой и ирригацией приобрели в бассейне Сырдарьи из-за нарушений проектных функций Токтогульского гидроузла - уменьшения сработки водохранилища в вегетацию и увеличения в межвегетационный период. Изменение режима реки Нарын ниже Токтогульского водохранилища привело к снижению гарантированного водообеспечения (появились дефициты в вегетационные поливы) и потерям речного стока в зимнее время. В последние годы, в связи с тем, что эксплуатация Токтогульского водохранилища была изменена значительно увеличился зимний приток к Чардарьинскому водохранилищу. Низкая пропускная способность русла реки Сырдарья в низовьях в зимний период привела к вынужденным сбросам части стока из Чардарьинского водохранилища в Арнасайское понижение. Так появилась ещё одна проблема, вызванная нерациональным регулированием стока Сырдарьи. Сбросы в Арнасай привели к затоплению значительных территорий Узбекистана, подпору коллекторов и другим негативным последствиям.

Национальные интересы Таджикистана в бассейне реки Сырдарья связаны с Кайраккумским, а в бассейне реки Амударья с Нурекским водохранилищем. До распада СССР эти водохранилища работали в едином комплексе с другими водохранилищами региона и играли роль ирригационных регуляторов. Гидроэнергетика носила подчинённый характер. При этом излишняя для Таджикистана летняя электроэнергия с Нурекской и Кайраккумской ГЭС передавалась другим республикам, а в дефицитный зимний период возвращалась. Такая схема, по мнению энергетических ведомств Таджикистана, не соответствует современным энергетическим требованиям их государства и является в настоящее время основной причиной зимнего дефицита электроэнергии. В тоже время, национальные интересы Таджикистана диктуют необходимость корректировки энергетических режимов работы Нурекского и Кайраккумского водохранилища и согласования их с другими республиками, с целью недопущения ирригационных дефицитов воды и предотвращения возможных конфликтов между государствами.

Неблагоприятные для орошаемого земледелия Узбекистана и Казахстана последствия энергетического перераспределения устраняются путём исправления режимов водохранилищ по требованиям ирригации при условии компенсации Кыргызстану и Туркменистану зимнего дефицита поставками топлива или передачей электроэнергии. Для преодоления возникших трудностей, республики заключают соглашения, в которых устанавливаются величины компенсационных поставок топливно-энергетических ресурсов из Узбекистана и Казахстана и фиксируются размеры вегетационных пусков из Токтогула (6,5 км<sup>3</sup>), обеспечивается необходимое накопление воды в Кайраккумском водохранилище к началу вегетации (3,4 км<sup>3</sup>) и осуществляются из него необходимые ирригационные пуски в вегетацию. Такие меры позволяют в годы средне-

многолетней водности покрывать нужды орошаемого земледелия региона. В тоже время, опыт 1995, 2000 годов показывает, что с наступлением маловодных лет  $6.5 \text{ км}^3$  не хватает для вегетационных поливов. Проблема не решается и в многоводные годы. Многоводье 1992-1994 и 1998 годов, смягчив обстановку в период вегетации, одновременно усугубило картину невегетационного периода - повышенная водность способствовала быстрому заполнению водохранилищ и сбросам излишков в Арнасай.

Расчеты показывают, ликвидировать или уменьшить сбросы в Арнасай возможно, если Чардарьинское водохранилище к началу межвегетации будет пустое (на уровне мертвого объема), а межвегетационный приток к нему по Сырдарье не будет превышать  $11 \text{ км}^3$ , что обеспечит попуск из Чардары в низовья за этот период  $7.8 \text{ км}^3$ . Межвегетационные попуски из Токтогульского водохранилища должны находиться пределах  $3...6 \text{ км}^3$ , а попуски за вегетацию не менее  $6...7 \text{ км}^3$  в год нормальной водности, не менее  $7...8 \text{ км}^3$  в маловодные годы и  $3...4$  в многоводные годы.

Ниже представлены результаты водобалансовых расчетов рек бассейна Сырдарьи для вегетационного (1 апреля - 31 марта) и межвегетационного (1 октября - 31 марта) периодов, которые были выполнены в НИЦ МКВК по двум возможным вариантам эксплуатации Токтогульского водохранилища: (1) энергетическому, (2) ирригационному. Приток воды к Токтогульскому, Андижанскому и Чарвакскому водохранилищам  $9.3 + 2.9 + 5.1 = 17.3 \text{ км}^3$  и боковая приточность  $12.2 \text{ км}^3$  приняты по норме, всего  $17.3 + 12.2 = 29.5 \text{ км}^3$ . Начальное наполнение в водохранилищах соответствует фактическим данным на 1 апреля 2000 года: в Токтогульском  $9.5 \text{ км}^3$ , Андижанском  $1.4 \text{ км}^3$ , Чарвакском  $1.1 \text{ км}^3$ , Кайраккумском  $3.4 \text{ км}^3$ , Чардаринском  $5.4 \text{ км}^3$ , всего  $20.8 \text{ км}^3$ . Требуемый водозабор за вегетацию из рек Нарын и Сырдарья принят по лимитам в пазмере  $18.5 \text{ км}^3$ . С учетом водозабора из Карадарьи  $3.3 \text{ км}^3$  и Чирчика  $4.9 \text{ км}^3$ , суммарные требования на воду оцениваются в  $18.5 + 3.3 + 4.9 = 26.7 \text{ км}^3$ . Потери водных ресурсов в руслах рек и водохранилищах приняты по минимальным оценкам без учета обводнения дельты ниже Казалинска. При энергетическом варианте сработка из Токтогульского водохранилища предусматривается по энергетическим требованиям Кыргызстана в размере  $3.5 \text{ км}^3$ , в конце вегетации наполнение водохранилища составит  $9.5 + (9.3 - 3.5) = 15.3 \text{ км}^3$ . При ирригационном варианте сработка из Токтогульского водохранилища предусматривается по ирригационным требованиям Узбекистана и Казахстана в размере  $6.5 \text{ км}^3$ , наполнение водохранилища к концу вегетации составит  $9.5 + (9.3 - 6.5) = 12.3 \text{ км}^3$ .

| Статьи баланса                                       | Вариант 1 | Вариант 2 |
|--|-----------|-----------|
| 1. Водные ресурсы бассейна, $\text{км}^3$            | 29.5      | 29.5      |
| 2. Суммарная сработка водохранилищ, $\text{км}^3$    | 0.0       | 3.0       |
| Итого приход (1 + 2)                                 | 29.5      | 32.5      |
| 3. Требуемый водозабор из рек, $\text{км}^3$         | 26.7      | 26.7      |
| 4. Русловые потери, $\text{км}^3$                    | 3.0       | 3.0       |
| 5. Попуск в Арал, $\text{км}^3$                      | 2.8       | 2.8       |
| Итого расход (3 + 4 + 5), $\text{км}^3$              | 32.5      | 32.5      |
| БАЛАНС (расход - приход), (-) Дефицит, $\text{км}^3$ | -3.0      | 0.0       |

Выполненные расчеты показывают, что в первом варианте ожидается дефицит воды для нужд орошения в вегетацию  $3 \text{ км}^3$ , в том числе: на участке до Чардаринского водохранилища  $2.2 \text{ км}^3$ . И только при попусках из Токтогула в вегетацию не менее  $6.5 \text{ км}^3$  дефицит сводится к нулю. Расчетная выработка гидроэлектроэнергии за вегетацию на каскаде Нарынских ГЭС в первом варианте составляет 3.1 млрд.кВт.ч, что соответствует требованиям Кыргызстана, предъявляемым к каскаду. Во втором вари-

анте выработка электроэнергии на каскаде составляет 5.3 млрд.кВт.ч, *избытки* оцениваются в 2.2 млрд.кВт.ч - это та электроэнергия, которая может быть *экспортирована* в Узбекистан и Казахстан при условии *возврата* в Кыргызскую Республику в *межвегетацию* адекватного объема электроэнергии и топлива, обеспечивающего покрытие зимнего дефицита.

Рассмотрим возможные режимы Токтогульского водохранилища в *межвегетацию* (1 октября - 31 марта) для случая притока воды к гидроузлу по Нарыну в размере  $3.4 \text{ км}^3$  (аналог - межвегетация 1999-2000 гг.), приняв за основу выбранные ранее варианты. *Вариант 1.* Объем воды в Токтогульском водохранилище на начало *межвегетации* (1 октября) равен  $15.3 \text{ км}^3$ . Сработка из Токтогульского водохранилища предусматривается по *энергетическим* требованиям Кыргызстана, с целью выработки 6.6 млрд. кВт.ч. электроэнергии на каскаде Нарынских ГЭС. При этом варианте расчетный попуск ниже Токтогульского гидроузла, обеспечивающий требуемую выработку электроэнергии, составил  $7.3 \text{ км}^3$ . В конце межвегетации (31 марта) наполнение Токтогульского водохранилища равно  $15.3 + (3.4 - 7.3) = 11.4 \text{ км}^3$ . *Вариант 2.* Объем воды в Токтогульском водохранилище на начало межвегетации (1 октября) равен  $12.3 \text{ км}^3$ . Сработка из Токтогульского водохранилища предусматривается в размере  $4.8 \text{ км}^3$ , что обеспечивает выработку на каскаде Нарынских ГЭС в размере 4.4 млрд.кВт.ч.. Дефицит энергии составляет 2.2 млрд.кВт.ч.. Предусматривается *компенсация* недовыработанной гидроэнергии Кыргызстану со стороны Узбекистана и Казахстана. При этом варианте в конце межвегетации (31 марта) наполнение Токтогульского водохранилища составит  $12.3 + (3.4 - 4.8) = 10.9 \text{ км}^3$ , что на  $0.5 \text{ км}^3$  меньше, чем в первом варианте. В случае работы Токтогульского гидроузла по *первому* варианту возможный суммарный ущерб Узбекистана и Казахстана в орошении в вегетацию, рассчитанный по продуктивности оросительной воды, оценивается в  $3.0 (\text{км}^3) * 0.07 (\$/\text{м}^3) = 210$  (млн.\$).

В бассейне реки *Амударья* ирригационно-энергетическая проблема не стоит так остро, как в бассейне Сырдарьи, но и здесь при работе Нурекского водохранилища в энергетическом режиме (когда водохранилище за невегетацию практически срабатывается, а в вегетацию наполняется снова) ниже по течению Амударьи требуется *компенсационное ирригационное регулирование*. Частично перераспределение стока для ирригационных нужд осуществляют внутрисистемные водохранилища, но *основная нагрузка приходится на водохранилища Тьямуюнского гидроузла (ТМГУ)*, который является замыкающим в Вахско-Амударьинском каскаде. Режим работы ТМГУ определяется на основании соизмерения объемов располагаемых водных ресурсов (фактическое наполнение водохранилищ и “остаточный” сток, определяемый по прогнозу притока Амударьинской воды к гидроузлу) с потребностями на воду в низовьях (требуемый водозабор, потери и подача воды в Аральское море). Основное назначение ТМГУ – удовлетворение ирригационных потребностей в воде Туркменистана и Узбекистана и *недопущение дефицитов* воды в низовьях Амударьи в маловодные периоды. Другое назначение – срезка пиков паводка в водохранилище с целью предотвращения затопления территорий и *сведения к минимуму аварийных попусков* в ирригационную сеть. Главная трудность управления в низовьях – *неопределённость* исходной информации, Эффективность управления зависит *от надёжности прогноза “остаточного” притока к ТМГУ, объективной оценки русловых потерь, от оперативности корректирующих расчетов, учитывающих изменения водохозяйственной обстановки по сравнению с планом.*

Таким образом, можно сказать, что проблема рационального регулирования водными ресурсами в регионе в настоящее время имеет межотраслевой и международный характер. Она неразрывно связана с экономическими и политическими интересами каждого государства в регионе. Можно выделить три основные группы водопотребите-



лей и водопользователей, требования которых приводят к противоречиям в режимах регулирования стока рек. Это - сельскохозяйственное производство на орошаемых землях, гидроэнергетика и природные комплексы. Районирование региона предусматривает объединение сельскохозяйственных водопотребителей по водохозяйственным районам (ВХР) и оросительным системам (ОС), которые имеют свои компоненты и параметры (состав культур, продуктивность земель, показатели работы водораспределительной и коллекторно-дренажной сетей). Основными природными комплексами являются Приаралье и Аральское море. *Все перечисленные элементы ВХК взаимосвязаны и функционируют как единое целое.* Естественно, что *режимы эксплуатации водохранилищ, входящих в данный комплекс, наиболее эффективно строить с учетом реакции ВХК на то или иное регулирование. Повысить гарантию водообеспечения ВХК можно за счет снижения дефицитов и непроизводительных потерь стока, усиления контроля за сверхлимитным водозабором, то есть за счет более рационального регулирования стока (на уровне планирования и оперативного управления, на уровне реки и ВХР),* и в частности – за счет “ирригационной” корректировки режимов водохранилищ и компенсации ущербов. Договориться о таком управлении можно на основе соглашений, заключаемых между государствами.

Для региона вода является основным фактором, определяющим его социально-экономическое развитие, поэтому, наиболее рациональным режимом работы крупных водохранилищ, особенно в условиях дефицита водных ресурсов, здесь всегда будет оставаться ирригационный режим, а обязательным условием - компенсационные выплаты, направленные на покрытие ущербов гидроэнергетики. *Регулирование стока в перспективе необходимо рассматривать как средство увеличения гарантированного объёма водных ресурсов в их целевом и комплексном использовании.* Региональная интеграция, рациональное совместное управление каскадами водохранилищ и ГЭС – вот те возможные направления, которые могут в перспективе увеличить не только гарантированную ирригационную отдачу рек, но и суммарную выработку электроэнергии в объединённой энергосистеме региона. Согласно *проектным проработкам* добиться оптимального ирригационно-энергетического использования в бассейне Сырдарьи можно будет путём ввода новых ГЭС выше Токтогульского гидроузла (первоочередным является каскад Камбаратинских ГЭС), свободных от ирригационных ограничений и работающих в режиме сезонных энергетических компенсаторов. Однако, ввод в эксплуатацию новых ГЭС не может сам по себе гарантировать работу Токтогульского гидроузла в интересах ирригации и не может поэтому ликвидировать полностью существующие межотраслевые и межгосударственные разногласия и противоречия в требованиях к режиму этого водохранилища. Увеличение потребных ёмкостей в бассейне Амударьи может быть осуществлено, прежде всего, за счет нарастания наливных ёмкостей Тюямуюнского гидроузла и ввода в эксплуатацию Рогунского водохранилища, однако на ближайшую перспективу эти ёмкости вряд ли стоит учитывать. К тому же, ввод Рогунского гидроузла еще не гарантирует его работу в интересах ирригации ввиду существующего дефицита энергоотдачи Вахшского каскада ГЭС.

### ***АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ***

**1. Проблемы:** (1) Дефицит водных ресурсов, (2) Возникновение конфликтных ситуации между государствами и отраслями, (3) Падение уровня Аральского моря, (4) Экологическая катастрофа в Приаралье, (5) Ухудшение качества водных ресурсов.

**2. Причины:** (1) Еще не разработано и не принято на межправительственном уровне Бассейновое долгосрочное соглашение, регулирующее все основные вопросы рационального использования и охраны водных ресурсов в регионе, решающее вопро-

сы бесконфликтного, оптимального управления водно-энергетическими ресурсами трансграничных рек, обеспечения стабильности водных отношений между государствами, с учетом экологических и социально-экономических факторов и стратегических интересов народов, проживающих в регионе, (2) Несогласованность между государствами по приоритетам, критериям, принципам и индикаторам управления, (3) Отсутствие необходимой координации совместной деятельности водохозяйственных и топливно-энергетических ведомств в регионе на основе общих подходов и методик, (4) Отсутствие эффективных механизмов реализации положений соглашений и контроля за их исполнением, (5) Неэффективность и нерациональность управления водными ресурсами на уровнях стратегического управления, тактики разработки годовых (сезонных) планов, оперативного управления, (6) Различная административная подчиненность водопотребителей, (7) Отсутствие надежного учета водопользования, приводящее в частности к не пропорциональному распределению дефицитных водных ресурсов между пользователями, к сверхлимитному водозабору, (8) фактор неопределенности информации, (9) Отсутствие эффективной системы поддержки управления (оперативного информационного обеспечения, прогнозных моделей, моделей для проигрывания альтернатив управления и соответствующих программных средств),

**3. Цели:** (1) Устойчивое управление (сверхцель), (2) Недопущение (или сведение к минимуму) дефицита водных ресурсов, (3) Недопущение конфликтных ситуаций, (4) Сохранение Арала и Приаралья, (5) Снижение потерь стока.

**4. Индикаторы:** (1) Отсутствие (наличие) конфликтов между государствами и отраслями при управлении, (2) Наличие (отсутствие) межгосударственного соглашения, не допускающего конфликт, (3) Наличие (отсутствие) механизма реализации положений соглашения (например, Водно-энергетического Консорциума), (4) Наличие (отсутствие) дефицита водно-энергетических ресурсов, (5) Предотвращение (допущение) ущерба от последствий управления, (6) Компенсация (отсутствие компенсации) ущерба, в случае его появления, (7) Стабилизация (падение) уровня Арала, (8) Непревышение (превышение) предельно-допустимых значений показателей качества водных ресурсов, (9) Наличие (отсутствие) методологии и технологии для решения задачи.

**5. Критерии:** (1) Устойчивое управление – удовлетворение потребностей настоящего времени (оперативное управление) при неухудшении возможностей управления в будущем (перспективное планирование), (2) Минимизация суммарного ущерба (в экономических показателях) от недоподачи воды орошению, энергетике с учетом компенсационных затрат на достижение намеченных рубежей водопользования, социальных и сопряженных эффектов – при решении задач годового и многолетнего управления (в последнем случае суммарный ущерб может быть подсчитан с учетом дискантирования), (3) Максимизация суммарной чистой продукции в гидроэнергетике, орошаемом земледелии и в сопряженных отраслях за минусом ущерба от недоподачи воды Аралу и ущерба от потерь водного ресурса в озерах (Арнасай) - при решении задач годового и многолетнего управления (в последнем случае суммарный ущерб может быть подсчитан с учетом дискантирования), (4) Минимизация отклонений от намеченных режимов и лимитов при соблюдении пропорциональности на всех участках бассейна и всем водопользователям в ущемлении водоподдачи – при решении задачи оперативного управления, (5) Максимизация выработки гидроэлектроэнергии при ирригационных ограничениях (удовлетворение требований по лимитам, по урезанным лимитам) – при решении задач годового управления, (6) Максимизация чистой продукции в орошаемом земледелии при компенсации ущербов в гидроэнергетике – при решении задач годового управления, (7) Максимизация попуска в Арал при выполнении требований ирригационных водопотребителей согласно лимитам (удовлетворение потребителей при минимальном ресурсе) и компенсации ущербов в гидроэнергетике, (8)

Оптимальное распределение воды в бассейне при стабилизации уровня Арала (или в экономической интерпретации – максимальная прибыль при постоянном капитале), (9) Минимизация риска возникновения конфликтных ситуаций, (10) Достоверность и достаточность информации, (11) Будет ли решена какая-нибудь проблема после принятия решения ?

**6. Управляемые переменные и ограничения:** (1) Попуски воды из водохранилищ, (2) Объемы воды в водохранилищах, (3) Объемы водозаборов в каналы, лимиты на водозабор, (4) Санпопуски в руслах рек и каналах, (5) Максимальная пропускная способность рек, гидроузлов и водозаборов, (6) Продуктивность воды, (7) Допустимые нагрузки на ГЭС, (8) Себестоимость вырабатываемой гидроэлектроэнергии, (9) Ценность воды, поступающей в Арал, сбрасываемой в озера (Арнасай), (10) Доход от использования 1 кВт.ч электроэнергии, (11) Цены топливно-энергетических ресурсов при взаиморасчетах между государствами.

**7. Задачи управления и инструменты анализа:** (1) Задачи регионального управления водными ресурсами на долгосрочный период: эффективное и устойчивое управление в бассейнах; поддержание гидрологических режимов рек и водохранилищ, удовлетворяющих национальным требованиям при соблюдении региональных ограничений; бесконфликтное (межгосударственное, межотраслевое) управление на трансграничных реках; определение правил эксплуатации водохранилищ на многолетний период с учетом заиления и потерь регулирующих ёмкостей, обоснование путей и способов повышения эффективности их функционирования; прогноз подачи воды в Аральское море и динамики его параметров на перспективу (уровень, объём, площадь водной поверхности, минерализация), включая варианты стабилизации; расчеты с целью оценки возможности поэтапного восстановления единой акватории Арала, сохранения и поддержания экосистем (Арнасай, системы Приаралья). Инструменты: имитационные и оптимизационные бассейновые гидрологические и экономико-математические модели многолетнего управления водными и водно-энергетическими ресурсами, работающие на уровне “река – водохозяйственный район, государство”, модель Аральского моря и Приаралья, период - несколько лет, шаг – месяц, сезон. (2) Задачи регионального управления водными ресурсами на среднесрочный период: согласованное между государствами годовое (сезонное) бесконфликтное управление водными ресурсами, которое при соблюдении установленных экологических требований будут максимально удовлетворять потребностям всех водопотребителей - расчет режимов работы водохранилищ, ГЭС, их каскадов, распределение воды трансграничных рек по лимитам (в том числе урезанным в маловодье) между государствами, по балансовым участкам рек; подготовка предложений по рациональным режимам пропуска паводков через гидроузлы, по режимам их работы в маловодные периоды, по снижению непроизводительных потерь стока. Инструменты: имитационные и оптимизационные гидрологические и экономико-математические модели внутригодового управления водными и водно-энергетическими ресурсами, период: год (сезон), шаг – месяц. (3) Задачи регионального управления водными ресурсами на краткосрочный период: прогноз трансформации стока трансграничных рек по их длине; оперативное управление – корректировка режимов работы водохранилищ и распределения воды между водопотребителями, учитывающее несовпадение плана с фактической водохозяйственной обстановкой (фактических пусков из водохранилищ, водозаборов, выполненных компенсационных мероприятий). Инструменты: динамические русловые модели, имитационные балансовые модели водохранилищ, бассейновые модели, период: месяц – декада, шаг расчета – день. (4) Задачи регионального анализа управления водными ресурсами: анализ структуры водного баланса в бассейне, выявление скрытых резервов водных ресурсов; ретроспективный анализ регулирования и использования стока трансграничных рек, оцен-

ка составляющих водных балансов рек и водохранилищ, расчет невязок, выявление причин их появления. Инструменты: балансовые модели водохозяйственных районов (зон планирования), рек и водохранилищ, период: сезон, год, несколько лет, шаг – месяц, декада. (5) Задача поиска оптимальной стратегии работы Водно-энергетического консорциума. Инструменты: оптимизационные бассейновые гидролого-топливно-энергетические модели, обеспечивающие выработку механизма работы Консорциума. Имеются графики потребности в воде для орошения и гидроэнергетики, имеются лимиты топливно-энергетических ресурсов, выделяемых каждой стране для обеспечения успешной работы Консорциума. Требуется найти такой режим работы водохранилищ, совместимый с графиком компенсационных мероприятий и распределением ресурсов топлива, при которых будут удовлетворены потребности в воде и энергетических ресурсах при минимальных затратах Консорциума и максимальной его выгоде. Периоды: сезон, год, шаг расчета – месяц.

**8. Принципы и методы:** (1) Применение метода системного анализа, (2) Применение комплексного подхода (использование методов целевого и оптимизационного планирования, применение оптимизационных расчетов и имитационного эксперимента), (3) Использование методов многоцелевого управления и поиска компромиссных решений, (4) Разделение полномочий (например, ученые должны сказать какие ожидаются ущербы, политики – на какие ущербы они согласны), (5) Взгляд на проблемы управления с точки зрения различных научных дисциплин (подход, гарантирующий учёт интересов различных слоёв населения и мнений различных специалистов), (6) Принцип иерархичности, декомпозиция (расчленение) цели на задачи и их взаимосвязка на различных уровнях (например, на уровне стратегического планирования, тактики и анализа ситуации), (7) Управление по приоритетам (региональным, национальным), выделение первоочередных задач, (8) Использование социально-экономических критериев управления (например, доход на одного человека), (9) Использование современных технологий компьютерного моделирования и программирования, (10) “Хорошая” модель управления – это сложная модель, которая показана ЛПП просто, (11) Использование результатов теоретических исследований и численных экспериментов, например, применение методов, снимающих фактор неопределенности, (12) Интерпретация результатов (на стадии оценки альтернатив) по критериям и индикаторам, существующим в практике управления водными ресурсами, (13) Бесконфликтность водопользования, (14) Применение централизованного управления, (15) Бассейновый принцип управления, (16) Принцип эмергентности, (17) Политическая готовность, (18) Прозрачность процессов, (19) Участие общественности и наделение ее полномочиями на национальном и международном уровнях, (20) Извлечение уроков из прошлого (через сопоставление), (21) Доступность информации, неограниченный обмен данными и знаниями, (22) Отчет перед водопользователями, включая общественность.

**.9 Пути решения (действия):** (1) Своевременное заключение соглашений между государствами и совершенствование содержания существующих соглашений и их проектов, (2) Строгое соблюдение всех договоренностей (для обеспечения согласованной политики и совместных взаимовыгодных действий в области водно-энергетических отношений, предотвращения возможных срывов в выполнении соглашений, предлагается создать международный консорциум по использованию водных и энергетических ресурсов в регионе), (3) Экономное использование водных ресурсов на основе оптимизации режимов, водосбережение, (4) Создание условий, обеспечивающих устранение или сведение к минимуму негативных воздействий на природную среду в процессе использования водных ресурсов, (5) Совершенствование системы органов управления и контроля, (6) Пересмотр правовых положений, (7) Предупреждение конфликтных ситуаций, (8) Поиск компромиссных решений, (9) Создание бассейновых комитетов с целью

обеспечения межправительственных соглашений и платформы для переговоров, (10) Разработка комплекса всеобъемлющих моделей, который сможет объединить социально-экономические, политические, организационные и гидрологические ограничения, (11) Улучшение прогнозирования располагаемых к использованию ресурсов, (12) Выбор пути оптимального развития бассейна, увязка его с национальными планами развития, (13) Разработка методов многоцелевого функционирования каскадов водохранилищных гидроузлов с ГЭС, (14) Составление бассейновых схем комплексного использования водно-земельных и водно-энергетических ресурсов и их охраны, (15) Разработка системы платы за воду, (16) Разработка методических пособий по управлению.

### **РЕКОМЕНДАЦИИ**

**1. Замечания к текстам существующих соглашений.** В соглашениях о совместном использовании водно-энергетических ресурсов рек Нарын и Сырдарья должны фиксироваться объемы сработки Токтогульского водохранилища для всего водохозяйственного года, а не отдельного сезона, то есть осенне-зимние попуски должны быть взаимоувязаны с весенне-летними попусками. Принимаемые обязательства по наполнению Кайракумского водохранилища должны подкрепляться графиком попусков, при которых происходит наполнение водохранилища, другими словами нижерасположенные потребители должны знать какие могут быть последствия принятого обязательства по наполнению. Другое замечание - к тексту соглашения в приложении желательно иметь расчеты по экономическому обоснованию ключевых цифр соглашения, с учетом возможного функционирования водохозяйственного комплекса на перспективу, а также оценку возможных ущербов при несоблюдении принятых договоренностей. Должен быть разработан механизм компенсации государствами тех ущербов, которые возникают из-за невыполнения принятых в соглашениях обязательств.

**2. К обоснованию создания Консорциума.** Водно-энергетический Консорциум должен стать финансовым и «страховым» механизмом, который гарантирует устойчивый водно-энергетический обмен, предусматриваемый в соглашениях. Он должен иметь в своем распоряжении средства и инструменты (в том числе математические модели и соответствующее программное обеспечение) для обоснования правильности и эффективности принимаемых решений. Попуски из водохранилищ, равно как и поставки топливно-энергетических ресурсов не должны основываться на бартере, а должны «подкрепляться» валютными взаиморасчетами на основе функционирования структуры «государство - консорциум - банк». Только так можно добиться оперативности и финансового контроля. Консорциум должен страховать каждого участника от непредсказуемых действий, как эксплуатационных служб водохранилищных гидроузлов, так и организаций, обеспечивающих компенсационные поставки.

**4. Решение проблемы Арнасай** – это, прежде всего, решение задачи рационального управления водно-энергетическими ресурсами бассейна, корректировки работы основных водохранилищ комплексного назначения, расположенных на реках Нарын, Сырдарья, Карадарья, Чирчик. Предварительные расчеты НИЦ МКВК показывают, что продолжающиеся ежегодные сбросы в Арнасай, превышающие  $1,5 \text{ км}^3$ , приведут к дальнейшему подъему уровня в озере и затоплению новых территорий. Полное же прекращение сбросов приведет к падению уровня и стабилизации его на отметке 237 м, при этом площадь осушенного дна достигнет 2 тыс.  $\text{км}^2$ , что на 1 тыс.  $\text{км}^2$  меньше, чем сегодня, а средняя минерализация воды увеличится до 25 г/л.

Обязательное условие в рекомендациях по уменьшению сбросов воды в Арнасай - попуск из Токтогульского водохранилища в межвегетационный период не должен превышать  $6,0 \text{ км}^3$ . Ниже Чардаринского водохранилища необходимо выдерживать ре-

жим, обеспечивающий максимально возможные расходы по руслу реки Сырдарья в зимний период и равномерное наполнение водохранилища к концу межвегетации. Для этого необходимо своевременно создать в низовьях реки “ледовую трубу”, поддерживая попуск из Чардары уже в октябре не менее 500...600 м<sup>3</sup>/сек, в ноябре-декабре 400...600 м<sup>3</sup>/сек. Кайраккумское водохранилище в начале межвегетации должно быть сработано до мертвого объема, на тот “резервный” объем (около 800 млн. м<sup>3</sup>), который удерживался в вегетацию для работы Махрамской насосной станции. Попуск из этого водохранилища в октябре должен быть не менее 600...700 м<sup>3</sup>/сек. Последующее наполнение Кайраккумского водохранилища должно обеспечивать постепенный рост расходов воды ниже водохранилища от 400...500 м<sup>3</sup>/сек в октябре до 600 м<sup>3</sup>/сек в декабре... феврале. Вероятность безвозвратных сбросов в Арнасай может быть уменьшена, (на 20...30 %) за счет более рационального регулирования стока в Андижанском и Чарвакском водохранилищах. Зимние попуски из этих водохранилищ могут достигать значительных размеров и если есть возможность, их необходимо сокращать.

**5. Совершенствование управления.** Совершенствование управления на национальном уровне рекомендуется осуществлять на основе *Ассоциаций водопользователей*, которые должны сочетать принципы бассейнового лимитирования воды (включая нормирование водоотведения) и самоуправления. Ассоциации создаются водопользователями для совместного управления и эксплуатации внутрихозяйственной оросительной и коллекторно-дренажной сети. Совершенствование Бассейнового управления рекомендуется проводить на основе расширения сфер действия и полномочий БВО. В объекты управления и контроля БВО рекомендуется включить: русло реки Сырдарья ниже Чардаринского водохранилища, дельты рек Амударья и Сырдарья, крупные коллектора, сбрасывающие возвратные воды в трансграничные реки и источники подземных вод, влияющие на водность трансграничных рек.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Системный подход к управлению водными ресурсами / Под ред. А.Бисваса. Пер. с англ. Под ред. Н.Н. Моисеева – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 392 с.
2. Лопатников Л.И. Популярный экономико-математический словарь. – 3-е изд., дополнительное М.: Знание, 1990 – 256 с.
3. Daene C. McKinney, Akmal K. Karimov & Ximing Cai. Environment Policy and Technology Project (USAID). New independent states. Project Report. Model Development Aral Sea Regional Allocation Model for the AmuDarya River. April 1, 1997.
4. Daene C. McKinney & Ximing Cai., Environment Policy and Technology Project (USAID). New independent states. Summary Report. Multi – objective Water Resource Allocation Model for Toktogul Reservoir. August, 1997, Almaty, Kazakhstan.
5. Проект по природоохранной политике и технологии. Новые независимые государства. Рабочий отчет. Политика Всемирного Банка. Управление водными ресурсами (подготовлен для: Всемирного Банка и Американского Агенства по Международному Развитию) Алматы, Казахстан, Август, 1995 год.
6. Сорокин А. Г. Ирригационно-энергетическое регулирование стока в бассейнах Сырдарья и Амударья. Сборник научных трудов САНИИРИ “мелиорация и водное хозяйство”, 1996, 185 – 190 с.

Тучин А.И.

## ЗАДАЧИ И МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ РЕКИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СТОКА

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие крупных водохозяйственных комплексов в бассейнах рек выдвинуло ряд проблем, центральной из которых, становится проблема оптимального управления распределением водных ресурсов. Выдвижение на первый план именно этой проблемы обусловлено, с одной стороны, ограниченностью самого объема водных ресурсов, а с другой, неоднородностью объектов управления, возникшей из-за длительности периода в течении которого формировался водохозяйственный комплекс. Помимо конструктивных различий в объектах управления не меньшую роль играют, как изменения в условиях окружающей среды, так и изменения в критериях оценки того или иного явления. Ярким примером последнего является регион Приаралья, экологическая обстановка которого, оцениваемая в настоящее время как катастрофическая, сложилась не вопреки, а благодаря целенаправленной человеческой деятельности. Причем, факт снижения уровня Аральского моря, как результат этой деятельности, был известен еще 50 лет назад, разница лишь в изменении критерия оценки этого факта. Водохозяйственный комплекс, по современной классификации, относится к сложной иерархической системе, где на каждый уровень иерархии возлагается ответственность за выполнение определенного круга задач. Основными объектами, через которые осуществляется управление водохозяйственным комплексом, являются водно-энергетические и ирригационные сооружения, выполняющие перераспределение объема водных ресурсов во времени и пространстве. Сложность проблемы управления водохозяйственным комплексом обусловлена как стохастической природой самого стока реки, так и большим количеством объектов управления, спроектированных и построенных в разное время, и часто не удовлетворяющих предъявляемым к ним современным требованиям по управлению. Кроме этого, образование в бассейне Аральского моря пяти суверенных государств с независимыми экономическими критериями, коренным образом изменило иерархическую структуру управления водохозяйственным комплексом и саму точку зрения на бассейн реки, как объект регулирования стока, поскольку различия в качестве водных ресурсов у нарушенного и не нарушенного стока, влекут изменения в стоимости единицы объема воды в верховьях и низовьях реки, а, следовательно, требуют и отдельного учета каждой составляющей. Решение подобного круга вопросов, возникающих при управлении какими либо объектами, основывается на методах системного анализа и математического моделирования, которые в связи с развитием вычислительной техники, охватывают практически все сферы деятельности, связанные с управлением и развитием водохозяйственного комплекса. В сложных иерархических системах помимо уравнений, описывающих траекторию объектов и критерия оценки качества, существует третий вид уравнений, отражающих метод сжатия (агрегирования) информации при переходе от уровня к уровню, таким образом, под термином «модель» в данном докладе будет подразумеваться все три типа уравнений, участвующих в описании динамики системы. Подробный перечень моделей, используемых в управлении водохозяйст-

венным комплексом, приводится в [1]. Однако вне зависимости от того, какие использовались методы или модели для выработки управляющих решений, сами решения, как и ответственность за них, возлагаются на людей. Поэтому человеку, принимающему решение, в первую очередь, необходимо знать в кой мере предложенная модель или метод, отражает именно тот круг вопросов, по которым принимается решение, и в какой мере неопределенность в исходной информации может повлиять (исказить) на основные результаты этого решения. Следует отметить, что неопределенность в исходной информации водохозяйственных задач не является исключительно прерогативой стока реки, поскольку любое осреднение по времени или пространству создает ту же неопределенность. Например, основная неопределенность у крупных орошаемых массивов проявляется через осреднение таких показателей, как: уровень грунтовых вод, дренажный модуль, степень засоленности почв и т. п. Этим примером мы не отмечаем весь круг детерминированных моделей, разработанных для водохозяйственных задач, а лишь акцентируем внимание на том, что при их использовании необходимо четко ограничивать контур вопросов, по которым могут приниматься те или иные управляющие решения. Цель этого доклада заключается в показе ряда математических моделей, используемых для задач управления водохозяйственным комплексом, методах решения этих задач, а также различиях, возникающих при исследованиях детерминированных и стохастических моделей. Доклад не привязан, к какому либо конкретному водохозяйственному комплексу, однако и модели и анализ методов их решения, базируются на исследованиях, выполненных на объектах, расположенных преимущественно в регионе Центральной Азии, и имеющих определенную специфику, как с точки зрения топографии местности, так и климатических условий, обуславливающих характер физических процессов этого региона. Предлагаемый материал состоит из четырех частей: в первой рассматриваются задачи, возникающие в процессе управления водохозяйственным комплексом, во второй - проблемы управления водохозяйственным комплексом, в третьей - математические модели, используемые в задачах управления, а в четвертой - прогноз развития математического моделирования в направлении задач управления водохозяйственным комплексом. В заключении демонстрируются результаты численного моделирования различных типов неустановившихся течений в открытых руслах на компьютере.

### ***ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ ВХК***

**Определение водохозяйственного комплекса.** Под водохозяйственным комплексом бассейна реки (ВХК) понимается совокупность объектов и технических устройств, выполняющих перераспределение во времени и пространстве, водно-энергетических ресурсов, формирующихся в гидрографическом пространстве этого бассейна. Любой объем воды, сформированный в рассматриваемом бассейне реки, можно охарактеризовать тремя параметрами: МАССА ВОДЫ, ЭНЕРГИЯ ВОДЫ – перераспределение именно этих двух параметров во времени и пространстве, с целью максимального удовлетворения потребностей населения, является основной задачей ВХК. Как видим, среди этих параметров отсутствует параметр КАЧЕСТВО (под качеством в данном докладе понимается минерализация воды, вопрос актуальный для регионов Центральной Азии), который в период формирования ВХК имел столь незначительное влияние, что его рассматривали лишь как ограничивающую характеристику. И хотя, за последние годы внимание к параметру КАЧЕСТВО резко возросло, основные объекты ВХК не имеют специальных устройств для регистрации этого параметра, и тем более для его трансформации. Изменением этого параметра, в настоящее время, занимают Зоны планирования, но, как правило в сторону ухудшения. Основные задачи,

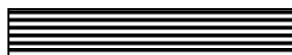


стоящие перед ЛИЦАМИ, ПРИНИМАЮЩИМИ РЕШЕНИЯ по управлению ВХК, можно классифицировать следующим образом:

**Классификация задач управления ВХК по временным периодам:**

| Задачи управления ВХК                   | Период управления   |   |  |   |   |
|---|---|---|--|---|---|
|   | 20 лет  | 1 год   | 1 месяц  | 1 декада  | 1 день  |
| Задачи перспективного развития ВХК      |    |   |  |   |   |
| Задачи многолетнего регулирования стока |    |    |  |   |   |
| Задачи годового планирования            |   |    |    |    |   |
| Задачи оперативного планирования        |   |   |   |   |   |
| Задачи оперативного управления          |   |   |  |  |  |
| Задачи аварийного управления            |  |  |  |  |  |

Обязательное решение



Решение по мере необходимости



**Классификация задач управления ВХК по пространственному масштабу:**

| Задачи управления ВХК                   | Объекты управления |                     |                   |               |           |
|---|--------------------|---------------------|-------------------|---------------|-----------|
|   | Бассейн реки       | Каскад водохранилищ | Зона планирования | Водохранилище | Водозабор |
| Задачи перспективного развития ВХК      |                    |                     |                   |               |           |
| Задачи многолетнего регулирования стока |                    |                     |                   |               |           |
| Задачи годового планирования            |                    |                     |                   |               |           |
| Задачи оперативного планирования        |                    |                     |                   |               |           |
| Задачи оперативного управления          |                    |                     |                   |               |           |
| Задачи аварийного управления            |                    |                     |                   |               |           |

Обязательное решение



Решение по мере необходимости



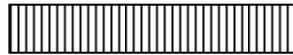
**Классификация задач управления ВХК по факторам влияния:**

| Задачи управления ВХК                   | Факторы влияния     |                     |                     |                           |  |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|--|
|   | Социальные          | Экологические       | Экономические       | Водно-солевой баланс реки | Водно-солевой баланс зоны планирования |
| Задачи перспективного развития ВХК      | Критерий управления |                     |                     | Уравнения состояния       | Ограничения                            |
| Задачи многолетнего регулирования стока |                     | Ограничения         | Критерий управления |                           | Уравнения состояния                    |
| Задачи годового планирования            |                     | Ограничения         | Критерий управления |                           | Уравнения состояния                    |
| Задачи оперативного планирования        |                     |                     |                     | Уравнения состояния       | Ограничения                            |
| Задачи оперативного управления          |                     |                     |                     | Уравнения состояния       | Ограничения                            |
| Задачи аварийного управления            | Критерий управления | Уравнения состояния | Ограничения         | Уравнения состояния       | Ограничения                            |

Критерий управления



Уравнения состояния



Ограничения



**Задачи многолетнего регулирования стока реки.** Под многолетним регулированием бассейна реки понимается комплекс мер, направленных на аккумуляцию части стока в многоводные годы, с последующей раздачей этого ресурса в годы пониженной водообеспеченности. Объекты, выполняющие эту роль, называются водохранилищами многолетнего регулирования (ВМР), а методы (правила) их наполнения и сработки относятся к области теории многолетнего регулирования. Водохранилища многолетнего регулирования могут быть как вне системными, так и русловыми, отдельно стоящими и в каскаде, в последнем случае говорят о каскадном регулировании стока. Помимо многолетнего регулирования в бассейне реки обычно выполняется сезонное (или внутригодовое) регулирование стока, которое заключается в трансформации сезонного гидрографа стока для нужд водопользователей и водопотребителей. Русловые ВМР обычно участвуют в обоих процессах (многолетнее и сезонное регулирование). Теория многолетнего регулирования стока берет свое начало с водохозяйственных расчетов, которые, опираясь на среднестатистические параметры стока, позволяют найти зависимости между объемами емкостей ВМР, возможным количеством отбирае-

мой воды и процентом гарантированности этого отбора. В водохозяйственных расчетах, в качестве априори предполагается, что в маловодные годы водохранилища многолетнего регулирования будут заполнены, а холостые сбросы имеют место лишь в том случае, когда объем стока превышает возможности его зарегулирования (объем стока с очень малым процентом обеспеченности). Как правило, водохозяйственные расчеты дают завышенные значения экономических показателей регулирования стока и, что самое важное, оставляют открытыми вопросы выбора управляющих решений в конкретных условиях. Водохозяйственные расчеты широко используются на проектных стадиях проработки вариантов развития водохозяйственного комплекса. Дальнейшее развитие теории многолетнего регулирования связано с исследованиями стохастических процессов и методами имитационного моделирования. Стохастические модели, в отличие от детерминистических, работают не со средними значениями стока с его вероятностными параметрами, что позволяет учесть различные варианты ущербов, возникающих при сочетании лет различной водности. Как правило, стохастические модели управления дают определенное решение, даже при единственной критерии эффективности, однако они позволяют выделить область наилучших решений и исключить заведомо неэффективные варианты. Поскольку лишь простейшие стохастические модели поддаются аналитическим исследованиям, то вопросы имитационного и стохастического моделирования тесно переплетаются при этом, в зависимости от формы поставленного вопроса, можно говорить, что стохастическая задача решается путем имитационного моделирования, либо результаты имитационного моделирования анализируются стохастическими методами. Имитационные модели, используемые для задач многолетнего регулирования, основываются на законе сохранения массы (воды), записанном на графе (обычно ориентированном графе) формально описывающем водохозяйственную систему. Чтобы не затенять существо проблемы, ограничимся простейшим графом, имеющим приток, отток и одно водохранилище. Пусть  $\{t\} = \{1, 2, \dots, T\}$  – период лет, на котором исследуются процессы многолетнего регулирования. Обозначим через  $w_0(t)$ ,  $x(t)$ ,  $w(t)$ ,  $\Delta w(w)$ , – приток, попуск, объем водохранилища и потери из него, соответственно, тогда уравнение сохранения массы воды можно записать в виде:

$$w(t+1) = w(t) + w_0(t) - x(t) - \Delta w(w(t)), \quad (1)$$

при физических ограничениях:

$$w(t) < w^{\max}; \quad w(t) > w^{\min}; \quad \forall t \in \{t\}, \quad (2)$$

и технологических ограничениях на попуски:

$$x(t) > q^{\min}; \quad \forall t \in \{t\}, \quad (3)$$

Обозначим через  $\delta x(t) = x(t) - q^{\min}$  объем воды, который может быть использован на нужды водопотребителей ниже водохранилища. Пусть  $C(t)$  – прибыль, получаемая с единицы водных ресурсов от водопотребителей, а  $F(w)$  – функция эффективности использования единицы водных ресурсов в водохранилище ( $dF(w)/d(w) > 0$  – если водохранилище имеет ГЭС, и  $dF(w)/d(w) < 0$  – если водохранилище не имеет ГЭС), тогда простейшей задачей многолетнего регулирования можно сформулировать следующим образом: Для заданного периода времени  $\{t\}$ , и гидрографа притока  $w_0(t)$ , определить значения  $x(t)$ , которые удовлетворяют уравнениям (1), ограничениям (2)–(3) и доставляют максимум функционалу:

$$\mathfrak{N} = \max \sum_{t \in \{t\}} x(t) \times [ F(w(t)) + C(t) ] - [ (q^{\min} + \Delta w(w))C(t) ] \quad (4)$$

В данной постановке возникает оптимизационная задача линейного программирования, если функции  $F$  и  $C$  зависят  $x(t)$ , то мы получим задачу нелинейного программирования, методы решения которых, к настоящему времени достаточно полно разработаны. Имея  $w(0)$ , в результате решения (1)-(4), получим вектор  $x(t)$ , доставляющий максимум функционалу (4), но !! строго соответствующий заданному гидрографу притока  $w_0(t)$ . В статистических исследованиях конкретный вектор  $w_0(t)$  называют выборкой по  $\{t\}$  и задаваясь различными значениями  $w_0(t)$  получим семейство решений  $\mathfrak{N}(w_0)$  и  $x(w_0)$ , анализируя которое можно получить оценку в статистическом смысле: эффективности работы водохранилища, условиям возникновения дефицита и его глубины и т. п., но вопрос конкретных попусков в конкретных условиях остается открытым. В этом анализе основная тяжесть ложится на корректное моделирование гидрологических рядов. Здесь можно использовать и прямые натурные ряды, ряды аналоги, скользящие ряды, цепи Маркова и т. д. Завершая эту часть, заметим, что все полученные оценки дают верхнюю границу эффективности, поскольку мы действовали наилучшим способом, так называемым “задним умом”, реальные решения будут всегда отличаться в худшую сторону [1, 3, 4].

**Водохозяйственное планирование.** Под водохозяйственным планированием понимается весь круг вопросов связанных, как с внутригодовым регулированием стока, так и распределением водных ресурсов между отдельными участниками водохозяйственного комплекса. На этом уровне осуществляется сбор всех требований на объемы водных ресурсов и, исходя из фактически имеющегося, с учетом возможной сработки или наполнения ВМР, выполняется годовое планирование режима водозаборов, режима работы водохранилищ сезонного регулирования, а также выполняется согласование в работе энергетики и ирригации. Уровень неопределенности для этого класса задач значительно ниже, чем для предыдущего, поскольку на момент формирования планов, объем годового стока обычно известен с точностью до 10 %. Основная сложность на этом уровне заключается в разработке непротиворечивых критериев распределения водных ресурсов, с учетом качества воды, как между отдельными водопотребителями и водопользователями, так и их агрегатами в пределах каждого государства [2, 5, 6, 7]. Ниже приводится вариант возможного решения данной задачи на основе детерминированных уравнений распределения водных ресурсов с учетом их минерализации, где свертка критерия качества управления выполнена через энергетический эквивалент. Естественно, что для оценки влияния неопределенности, задачу необходимо решать многократно с последующей статистической обработкой, полученных результатов.

**Оперативное управление.** Уровень оперативного управления обычно связан с работой конкретных гидротехнических сооружений. На этом уровне, как правило, отсутствуют какие либо экономические критерии и основным показателем работы является степень выполнения планов водозабора или распределения воды, выработанных на предыдущем уровне. Наиболее важное значение этого уровня состоит в том, что именно с него начинается поступление обратной информации о выполнении установленных планов, и именно он выполняет трансформацию фактического гидрографа в плановый. За редким исключением (каналы машинного водоподъема, нижние бьефы ГЭС), где прибегают к системам программного управления, оперативное управление осуществляется с помощью устройств автоматического регулирования, настраиваемых по верхнему или нижнему бьефу, в зависимости от конкретных условий и используемого регулятора (более строго сам регулятор выбирают исходя из конкретных условий и требуемой точности регулирования). Диапазон используемых устройств очень широк,

начиная с простейшего затвора, до пункта диспетчерского управления, оснащенного современной вычислительной техникой. Теория автоматического управления и регулирования, используемая в инженерных конструкциях, к настоящему времени разработана достаточно подробно и представляет самостоятельную дисциплину, например [6, 8, 9]. Поэтому будем считать, что если наши требования сформулированы четко, то выбор системы регулирования будет выполнен корректно. Для нашего анализа важно оценить экономическую составляющую, которая вносится каждым регулирующим устройством, в процесс управления водохозяйственным комплексом.

**Аварийные условия в речных системах.** В процессе управления водохозяйственным комплексом возникают ситуации, когда плановый режим работы гидротехнических сооружений нарушается резким повышением расхода в реке, вызванным различными причинами. Обычно это связано, либо с большим количеством осадков, либо с резким повышением температуры для рек с явно выраженным ледниковым питанием. Плавное и длительное увеличение расхода в реках, приводящее к наводнениям, в настоящее время, моделируется либо на основе статистических данных об уровнях и расходах, либо на использовании различных вариантов уравнений «мелкой воды». На основе полученных результатов разрабатывается система противопаводковых мероприятий, обычно это дополнительные объемы в водохранилищах и берегозащитные дамбы на участках рек. Экономические показатели противопаводковых мероприятий, определяются через частоту повторяемости паводка и величину ущербов, которую удастся предотвратить. Реакция водохозяйственного комплекса на подобные ситуации, как правило выражается увеличенной сработкой емкостей водохранилищ с целью захвата и трансформации основного пика паводка. Этот тип повышения расхода играет заметную роль в управлении многоводными реками, такими, как Амур, Обь, и т. п., для бассейнов рек Сырдарьи и Амударьи, с их высокой степенью зарегулированности, он проблем не представляет. Следующий тип повышения расхода связан с возникновением, так называемых, «волн прорыва». Эти волны, возникающие в результате прорыва завалов или озер, в условиях горной местности имеют совершенно иной характер в сравнении с аналогичными, имеющими место на равнинных реках. Основное отличие в этих волнах с одинаковым названием состоит в том, что у равнинных рек, максимальные параметры волны наблюдаются в месте разрушения завала, а у горных рек, в зависимости от уклонов местности, это место (максимальных параметров волны) может быть смещено на несколько десятков километров от места разрушения завала, т. е. в горных условиях существует эффект нарастания удельной энергии сечения потока по мере его движения, не имеющий аналога в равнинных условиях. Исследования, выполненные для различных вариантов волн прорыва, которые возникают в бассейне рек, используют математическую модель, основанную на законах сохранения массы и импульса однофазной жидкости при допущениях теории мелкой воды. Эти законы, часто называемые уравнениями Сен-Венана, для открытого потока хорошо известны и имеют вид, например: [11, 12].

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [u \times Q + P] = g \times G \quad (6)$$

где:  $t$  – время,  $x$  – координата вдоль оси русла,  $u=u(t,x)$  – скорость потока в направлении оси  $x$ ,  $\omega(t, x)$  – площадь поперечного сечения потока,  $Q(t,x)$  – расход жидкости ( $Q=\omega \times u$ );  $g$  – ускорение свободного падения;  $P$  – сила давления;  $G$  – обобщенная составляющая массовых сил, сил противодействия и сил сопротивления. Для произ-

вольного непризматического русла величины  $\omega$ ,  $P$ ,  $G$  в зависимости от глубины потока  $h$ - вычисляются по следующим формулам:

$$\omega(x,h) = \int_0^h b(x,z) dz ; \quad P(x,h) = g \times \int_0^h (h-z) \times b(x,z) dz ; \quad (7)$$

$$G(x,h,u) = \int_0^h \frac{\partial b(x,z)}{\partial x} (h-z) dz - \frac{dZ_0}{dx} - \frac{u|u|}{C^2 R} \quad (8)$$

Здесь  $b(x,z)$  – ширина русла в сечении  $x$  на глубине  $z$  от ординаты дна русла ;  $Z_0$  – ордината дна русла ;  $C$  - коэффициент Шези,  $R$  – гидравлический радиус. Искомые переменными в уравнениях (5), (6) являются :  $\omega(t,x)$  – площадь поперечного сечения потока и  $Q(t,x)$ - расход, через которые, по формулам (7), (8) вычисляются остальные параметры течения. Система уравнений (5), (6) относится к нелинейным, квазиодномерным системам гиперболического типа. Эта система дифференциальных уравнений в частных производных поддается только численному интегрированию. На ее основе разработан ряд моделей [11, 13, 14], успешно зарекомендовавших себя при исследованиях достаточно широкого круга водохозяйственных задач. Основной недостаток моделей, основанных на системе (5), (6) заключается в невозможности расчетов движения волны по сухому руслу и сильная неустойчивость на участках с малой глубиной.

### **ПРОБЛЕМЫ В УПРАВЛЕНИИ ВХК**

**Проблемы многолетнего регулирования в бассейне р. Сырдарья.** Основные емкости ВМР реки Сырдарья были спроектированы по среднемноголетним и среднегодовым характеристикам стока на основе водопотребления в перспективе и в предположении единого экономического пространства для всего бассейна реки. Образование в бассейне Аральского моря пяти суверенных государств с независимыми экономическими критериями, коренным образом изменило саму точку зрения на методы регулирования стока реки за счет ВМР. Действительно, пусть  $\Delta W$  – дополнительный объем гарантированного водозабора, полученного за счет управления ВМР, поскольку ВМР не увеличивают общий объем стока реки, а лишь перераспределяют его во времени, можно точно с такой же степенью гарантии утверждать, что низовья реки недополучат воду в объеме  $\Delta W + \delta W$ , где  $\delta W$ - неизбежные потери, возникающие при любом регулировании (испарение, фильтрация, холостые сбросы). Учитывая право на воду каждым государством, определенное межгосударственным соглашением, перед ВМР возникает совершенно иная задача, а именно – обеспечение пропорционального (по водности года) распределения стока между государствами - участниками бассейна реки. Изменение требований к функционированию ВМР создало ряд дополнительных проблем в управлении, обусловленных как чисто техническими трудностями (комплекс гидротехнических сооружений, расположенный ниже ВМР имеет ограниченную пропускную способность в зимний период времени), так и экономическими. Последнее связано с тем, что территории сельскохозяйственных угодий, где требуется гарантированная подача воды и ВМР, осуществляющих эту гарантию, принадлежат, как правило, разным государствам!! Например, основным регулятором стока в многолетнем разрезе бассейна реки Сырдарья, является Токтогульское водохранилище, расположенное на территории Кыргызской Республики, а территории сельскохозяйственных угодий, требующие гарантированную водообеспеченность - в Узбекистане и Казахстане, следовательно, рес-

публика (в данном случае Кыргызстан), выполняющая регулирование стока в многолетнем разрезе, вправе требовать компенсацию своих затрат с республик, пользующихся результатами ее деятельности. В тоже время, изменение уклона в работе Токтогульского водохранилища в сторону энергетики, вызвало увеличение эксплуатационных затрат и, что самое важное, привело к безвозвратной потере части водных ресурсов в маловодный год (холостой сброс в Арнасайскую впадину) в Узбекистане и Казахстане, из-за пропуска повышенных расходов в зимний период времени. Подобная несогласованность в действиях различных водопользователей обусловлена, в первую очередь, отсутствием достаточно обоснованных критериев экономической оценки последствий той или иной политики регулирования водными ресурсами. Широко используемая на сегодняшний день практика взаимозачетов по водным ресурсам между государствами Центральной Азии, на базе энергетического эквивалента (стоимость дополнительного попуска оценивается: либо по стоимости недополученной электроэнергии, если вода сбрасывалась мимо агрегатов ГЭС, либо по разнице в стоимости электроэнергии в летний и зимний периоды времени, если попуск выполнялся летом), часто оказывается несостоятельной, поскольку в большинстве случаев неясно, какая часть попуска получена за счет многолетнего регулирования, и следовательно, должна быть оплачена, а какая часть является естественной составляющей стока реки. Предложения о том, что эквивалент недополученной электроэнергии следует распространить на весь объем водных ресурсов, проходящих через створ ГЭС, нельзя считать обоснованными, так как в этом случае, подавляющее большинство сельскохозяйственного производства, расположенного в зоне командования ВМР, окажется либо убыточным, если компенсационную разницу вычитать из доходов хозяйств, либо необеспеченным водными ресурсами, если ВМР полностью перевести в энергетический режим. Таким образом, складывающиеся экономические взаимоотношения государств Центральной Азии сместили акцент в функционировании ВМР с максимально возможного отбора воды из бассейна реки на равномерное (по обеспеченности) распределение водных ресурсов между Государствами – водопользователями, водопотребителями. Кроме этого заметно возросла роль ВМР, как объектов энергетики с устойчивым экономическим доходом, и как следствие, увеличилось их (ВМР) влияние на сезонное перераспределение стока реки.

### **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ**

**Стохастические модели многолетнего регулирования.** Эффективность использования стохастических методов в задачах многолетнего регулирования обусловлена, в первую очередь, стохастической природой самого гидрологического стока, на который опираются любые водохозяйственные расчеты. Стохастические методы опираются не на конкретные значения стока, а на функции распределения (правда последние получают путем обработки конкретных значений стока). Результаты решения стохастических задач обычно выражаются в терминах вероятности получения того или иного значения параметра или в форме некоторых функций или правил, увязывающих параметры между собой. Для конкретизации наших рассуждений увяжем величину возможного отбора воды из бассейна реки с пространственным расположением ВМР. Для получения количественной оценки величины возможного отбора воды из бассейна реки рассмотрим вероятностный процесс сработки и наполнения водохранилища (чтобы не затруднять выкладки, будем полагать, что бассейн регулируется одним ВМР).

Пусть  $W_1$  - часть стока бассейна реки, которая проходит через ВМР, а  $W_0$  – общий сток бассейна, включающий и ту часть стока, которая проходит вне ВМР, т.е.  $W_1 \subset W_0$ .  $W_1$  и  $W_0$  – являются случайными величинами с известными функциями распределения  $F_1(x)$  и  $F_0(x)$ , ( $F_i(x) = P(W_i < x)$ ,  $i \in 0,1$ ). Обозначим через  $W^0$  – величину стока,



отбираемого из бассейна, и рассмотрим процесс сработки и наполнения емкостей ВМР. Сработка емкостей ВМР происходит в случае  $W_0 < W^0$  и равна  $W^0 - W_0$ , при  $W_0 > W^0$  сработки емкостей ВМР не происходит. Математическое ожидание объема сработки из ВМР можно записать в виде:

$$\Delta W^- = W^0 - \int_0^{W^0} x dF_0(x) - W^0 \int_{W^0}^{\infty} dF_0(x) \quad (9)$$

Наполнение емкостей ВМР может осуществляться при  $W_0 > W^0$ , причем накоплению подлежит лишь сток, проходящий через створ ВМР. Введем функции  $f_0(F)$  и  $f_1(F)$ , обратные к функциям  $F_0(x)$  и  $F_1(x)$  соответственно. Через  $W^{\max}$  обозначим максимальный объем ВМР. Тогда процесс наполнения ВМР можно описать следующей функцией:

$$Y(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } 0 < x < W^0 \\ \min [x - W^0, f_1(F_0(x)), W^{\max}] & \text{при } W^0 < x < \infty \end{cases} \quad (10)$$

Математическое ожидание накапливаемого объема в ВМР будет иметь следующий вид:

$$\Delta W^+ = \int_{W^0}^{\infty} \min [x - W^0, f_1(F_0(x)), W^{\max}] dF_0(x) \quad (11)$$

В выражении (11) сразу учтено, что интеграл от первого элемента формулы (9) равен нулю. Для устойчивой работы ВМР в многолетнем разрезе (возможность наполнения емкостей ВМР) должно выполняться неравенство:

$$\Delta W^+ \geq \Delta W^- \quad (12)$$

Подставляя выражения для  $\Delta W^+$  и  $\Delta W^-$  в (12) и группируя их относительно  $W^0$ , после несложных преобразований получим:

$$W^0 \leq \left\{ \int_0^{W^0} x dF_0(x) + \int_{W^0}^{\infty} \min [x - W^0, f_1(F_0(x)), W^{\max}] dF_0(x) \right\} / \int_0^{W^0} dF_0(x) \quad (13)$$

Знак равенства в выражении (13) дает то предельное значение величины водоотбора, которого можно требовать от любого бассейна реки. Эту величину можно назвать **предельной природно-технологической мощностью бассейна.**

Теперь можно дать количественную оценку понятию работы бассейна в напряженном режиме. Пусть  $W^{\text{TP}}$  – объем стока, требуемый всеми участниками бассейна, через  $k$  – обозначим коэффициент повторности использования стока ( $0 \leq k \leq 1$ ), а через  $W^{\text{II}}$  – суммарные потери стока в бассейне (поскольку потери стока могут быть функцией самого стока, то под  $W^{\text{II}}$  будем понимать математическое ожидание потерь). Тогда условие напряженности работы бассейна можно записать в виде:

$$\begin{aligned} W^0 > W^{\text{TP}}(1 - k) + W^{\text{II}} & \quad \text{не напряженный} \\ W^0 \leq W^{\text{TP}}(1 - k) + W^{\text{II}} & \quad \text{напряженный} \end{aligned} \quad (14)$$

Таким образом, напряженный режим работы бассейна предполагает наличие среднесноголетнего дефицита, равного:

$$D = W^{TP}(1 - k) + W^{\Pi} - W^0 \quad (15)$$

Далее будут рассматриваться ситуации в предположении, что  $D > 0$ , поскольку для бассейнов рек где  $D < 0$ , как правило, задача сработки емкостей ВМР не является основной (там актуальными могут быть задачи борьбы с паводками и т.п.). Пусть  $W_r$  – объем воды в ВМР в текущем году, а  $W^M$  – теоретический среднесноголетний объем воды в ВМР. Этот объем определяется при проектировании ВМР и является расчетным. По  $W^M$  и  $z(W^M)$  ( $z$  – отметка горизонта воды в ВМР), выбирают оборудование для ГЭС, назначают гарантированную отдачу и т.п. Величину  $W^M$  нужно рассматривать лишь как математическое ожидание наполнения ВМР, которое для него является оптимальным (это наполнение не может не быть оптимальным, иначе теряется весь смысл проектных проработок). Исходя из вышеизложенного сформулируем два основных требования, определяющих стратегию управления бассейном и ВМР.

**Требование 1.** *Осуществляя покрытие дефицита в текущем году, лицо, принимающее решение (ЛПР), должно стремиться к выполнению следующего условия:*

$$\lim_{r \rightarrow \infty} M[D_r] = D \quad \text{при условии, что } M[D_r] < D \quad \forall r \quad (16)$$

**Требование 2.** *Выполняя сработку (наполнение) в текущем году ЛПР должно стремиться к тому, чтобы:*

$$\lim_{r \rightarrow \infty} M[W_r] = W^M \quad (17)$$

здесь:  $M[D_r]$  и  $M[W_r]$  – математическое ожидание фактического дефицита и наполнения ВМР соответственно.

Первое требование выделяет ту область в пространстве решений, где может существовать оптимум. Нарушение этого требования приведет к постепенному опорожнению ВМР при любых экономических критериях.

Второе требование в основном отражает интересы энергетики и может стать источником противоречий между энергетикой и ирригацией, особенно сильно выраженным в бассейнах рек с большой амплитудой интегральных отклонений от среднего. Эти два требования позволяют сформулировать следующую задачу определения оптимальной стратегии сработки (наполнения) ВМР. Пусть  $\{r = 1, 2, \dots, R\}$  – период лет, на котором исследуется стратегия управления ВХК. Определим  $W_0^r$  – как годовой сток в бассейне в  $r$ -ом году, а через  $\varphi(W_0^r)$  – обозначим часть стока, проходящую через ВМР (если коэффициент корреляции между стоком в створе ВМР и стоком в бассейне близок к единице, то  $\varphi(W_0^r)$  можно рассматривать как детерминированную функцию случайного переменного, (в противном случае определить ее как случайную функцию случайного аргумента). Уравнение сохранения массы, выписанное для бассейна, дает:

$$D^r = \begin{cases} W^0 - W_0^r - \Delta W_r & \text{при } W^0 > W_0^r + \Delta W_r \\ 0 & \text{при } W^0 < W_0^r + \Delta W_r \end{cases} \quad (18)$$

здесь:  $D^r$  – дефицит  $r$ -го года,  $\Delta W_r$  – объем попуска из ВМР в  $r$ -ом году ( $\Delta W_r > 0$  – сработка ВМР,  $\Delta W_r < 0$  – наполнение ВМР).

Из аналогичного уравнения, записанного для ВМР, имеем:

$$W_{r+1} = W_r - \Delta W_r, \quad \forall r \in \{0, 1, 2, \dots, R\} \quad (19)$$

Из физических ограничений имеем:

$$W^{\min} \leq W_r \leq W^{\max}, \quad \forall r \in \{0, 1, 2, \dots, R\} \quad (20)$$

Физические ограничения на величину попуска можно не накладывать, так как они всегда выполняются в силу технологических ограничений:

$$\varphi(W_0^r) + \Delta W_r \geq W^{\text{треб}} \quad (21)$$

$W^{\text{треб}}$  – требование, диктуемое санитарными нормами, условиями судоходства и т. п.

Критерий качества управления бассейном и ВМР теперь можно сформулировать в виде:

$$L = \min_{\Delta W_r} [\alpha_1 \sum_{r \in \{R\}} f_1(D^r) + \alpha_2 \sum_{r \in \{R\}} f_2(W^M - W_r)] \quad (22)$$

где:  $\alpha_1, \alpha_2$  – коэффициенты Паретто ( $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ ),  $f_1(D)$  – функция ущерба в бассейне от дефицита водных ресурсов,  $f_2(W^M - W_r)$  – функция ущерба в бассейне от недовыработки электроэнергии.

Из (22) уже видно, что стратегия управления бассейном и ВМР должна иметь двухкомпонентную структуру, т. е.:

$$\Delta W_r = Y(D^r, DW^r), \quad \text{где } DW^r = W^M - W_r \quad (23)$$

По физическому смыслу  $\partial f_1 / \partial D^r > 0$ ,  $\partial f_2 / \partial DW^r > 0$ , поэтому для любой структуры, выбираемой для поиска оптимальной стратегии управления бассейном и ВМР, должны выполняться условия:

$$\partial Y / \partial D^r \geq 0; \quad \partial Y / \partial DW^r \leq 0, \quad \forall r \in \{0, 1, 2, \dots, R\} \quad (24)$$

В принципе, можно придумать бесконечное множество структур  $Y(D^r, DW^r)$ , удовлетворяющих условиям (24) (более точно их нужно подбирать для каждого конкретного бассейна) и доставляющих  $\min L$ . рассмотрим простейшую. Пусть

$$Y(D^r, DW^r) = \lambda_1 D^r - \lambda_2 DW^r; \quad \lambda_1, \lambda_2 \geq 0, \quad (25)$$

Требуется определить  $\lambda_1, \lambda_2$  такие, что  $L \Rightarrow \min L$ , а траектория системы описывается выражениями (18)-(21). Если бы значения стока ( $W_0^r, r = 1, 2, \dots, R$ ) были детерминированными, то задача нахождения  $\lambda_1, \lambda_2$  имела бы однозначное решение, однако, учитывая случайный характер  $W_0^r$ , мы фактически стоим перед задачей нахождения таких значений  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , которые были бы пригодны для всей совокупности выборок  $W_0^r$ . Рассмотрим алгоритм получения этих значений более подробно.

Пусть имеется набор последовательностей  $\{W_0^r\}^s$ , где  $s$  – номер реализации,  $s=1, 2, \dots, S$ ,  $S$ -общее количество реализаций последовательностей стока. Конкретную реализацию последовательности стока теперь можно рассматривать в виде случайного вектора  $w^s, (w^s = \{W_0^1, W_0^2, \dots, W_0^R\})$ , а параметры структуры стратегии управления в виде вектора  $\lambda, (\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2\})$ . Целевую функцию стратегии управления теперь можно записать в виде:

$$L^{\min} = \min_{\lambda} L(w^s, \lambda) \quad (26)$$

Следовательно, реализации последовательности стока  $w^s$  будет существовать  $\lambda^s$ , доставляющий минимум выражению (3.18), который обозначим как  $L^{s,\min}$ . Совокупность  $L^{s,\min}$ , и  $\lambda^s, s \in \{0, 1, 2, \dots, S\}$  образуют два множества, которые также можно рассматривать как случайные. Определим  $M[\lambda^s]$  и  $M[L^{s,\min}]$  как средние значения этих величин на множестве  $\{S\}$ . После этого вычислим  $L_s$  как:

$$L_s = L(w^s, M[\lambda^s]), \quad \forall s \in \{0, 1, 2, \dots, S\}; \quad (27)$$

По физическому смыслу значения  $L > 0$ , следовательно, должно выполняться неравенство:

$$M[L_s] \geq M[L^{s,\min}]$$

Теперь можно ввести меру, характеризующую качество выбранной структуры стратегии управления:

$$\delta_Y = (M[L_s] - M[L^{s,\min}]) / M[L_s] \quad (28)$$

Чем лучше будет выбрана структура стратегии управления, тем меньше будет  $\delta_Y$  (для идеальной структуры стратегии управления  $\delta_Y = 0$ ). Для реальных ВХК, рассмотренная выше, структура стратегии управления является сильно упрощенной, поскольку в ней отсутствуют даже экологические требования, однако при любых усложнениях структур и критериев, изложенные принципы поиска стратегии управления и сформулированные ограничения на пространство решений будут сохраняться. Как видим результат стохастической модели, в отличие от имитационной, имеет форму функции, не зависящей от времени и, следовательно, пригодной для использования в конкретно складывающейся ситуации в бассейне реки.

**Модели оптимального планирования ВХК.** Водохозяйственный комплекс (ВХК) в этой постановке формализуется в виде ориентированного графа  $G(J, I)$ , где  $J = \{0, 1, \dots, j\}$  - множество вершин, соответствующих емкостным объектам ВХК, а  $I = \{0, 1, \dots, i\}$  - множество дуг, отражающих связи по распределению водных ресурсов в ВХК. Каждый элемент  $i \in I$  характеризуется парой  $(j, k)$ , такой что  $(\forall (j, k), j \in J, k \in J, k \neq j)$ , где:  $j$  - начальная вершина (узел),  $k$  - конечная вершина (узел), дуги  $i$ . Таким образом с

каждой вершиной  $G$  связан некоторый объем вещества (воды, соли, и т.п.), а с каждой дугой – расход этого вещества между вершинами. В предположение малой концентрации солей, на основе закона сохранения массы для каждой вершины получим уравнения:

$$\frac{dW_j}{dt} = \sum_{(k,j) \in I_j^+} Q_{k,j} - \sum_{(j,k) \in I_j^-} Q_{j,k} + q_j \quad (29)$$

$$\frac{dS_j}{dt} = \sum_{(k,j) \in I_j^+} (s \times Q)_{k,j} - \sum_{(j,k) \in I_j^-} (s \times Q)_{j,k} + q_j^s \quad (30)$$

$$s_{j,k} = s_{j,k}(S_j / W_j, v_j, T_j^o) \leq S_j / W_j \quad (31)$$

$$Q_{j,k} = Q_{j,k}(a_{j,k}, W_j, U_{j,k}), \quad \forall (j,k) \in \{I^U\} \subset \{I\} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{N}(W_j(\bullet), S_j(\bullet), U_{j,k}(\bullet), t^0, t^K) = & \int_{t^0}^{t^K} [ \sum_{(j,k) \in \{I^P\}} P_{j,k}(p_{j,k}, W_j, W_k, Q_{j,k}, s_{j,k}) ] dt + \\ & + \phi(t^0, W_j(t^0), S_j(t^0); t^K, W_j(t^K), S_j(t^K)) \rightarrow \sup, \quad \forall (j,k) \in \{I^P\} \subseteq \{I^U\} \end{aligned} \quad (33)$$

$$\psi(t^0, W_j(t^0), S_j(t^0), t^K, W_j(t^K), S_j(t^K)) = 0 \quad (34)$$

$$W_j(h_j) = \int_0^{h_j} \Omega_j(z) dz \quad (35)$$

$$q_j = q_j(W_j, t) \quad (36)$$

$$q_j^s = q_j^s(W_j, s_j, t) \quad (37)$$

$$U_{j,k}(t) \in U_{j,k} \quad \forall [(j,k) \in \{I^U\}], t \in \{t^0: t^K\} \quad (38)$$

$$s_{j,k}(t), Q_{j,k}(t) \geq 0, \quad \forall (j,k) \in \{I\}; W_j(t), S_j(t) \geq 0, \quad \forall j \in \{J\}, t \in \{t^0: t^K\} \quad (39)$$

где:  $W_j$  – объем воды в  $j$ -ой вершине ( $m^3$ ),  $I_j^+, I_j^-$  – множества дуг входящих в вершину  $j$  и выходящих из вершины  $j$ , соответственно;  $q_j$  – локальный приток (отток) в вершину ( $m^3/сек$ ),  $q_j^s$  – локальный приток (отток) в вершину солей ( $кг/сек$ ),  $S_j$  – масса солей ( $кг$ ),  $s_{j,k}$  – минерализация ( $кг/м^3$ ),  $v$  – скорость потока в вершине ( $м/сек$ ),  $T^o$  – температура (градус С),  $Q_{j,k}$  – расход между вершинами  $j$  и  $k$  ( $м^3/сек$ ),  $a_{j,k}$  – функция, характеризующая конкретное гидротехническое сооружение, расположенное на дуге  $(j,k)$ ,  $U_{j,k}(t)$  – управление дугой  $(j,k)$ ,  $\{I^U\}$  – подмножество  $\{I\}$  управляемых дуг,  $P_{j,k}(t)$  – мощность или ее эквивалент, вырабатываемая (потребляемая) дугой  $(j,k)$ ,  $p_{j,k}$  – энергетические или эквивалентные им характеристики конкретного гидротехнического сооружения, расположенного на дуге  $(j,k)$ ,  $\{I^P\}$  – подмножество  $\{I^U\}$  управляемых дуг, обладающих энергетическими или эквивалентными свойствами,  $\mathcal{N}$  – критерий качества управления ВХК,  $U_{j,k}$  – допустимое пространство управлений,  $\psi$  – требования к ВХК в начальный и конечный моменты времени, а  $\phi$  – энергетический эквивалент этих требований в начальный и конечный моменты времени,  $\Omega_j(z)$  – площадь зеркала водохранилища при отметке  $z$  ( $м^2$ ),  $h_j$  – глубина воды в вершине ( $м$ ),  $t$  – текущее время,  $t^0$  и  $t^K$  – начальное и конечное время процесса. Для завершения формулировки задачи управления ВХК в дифференциальной форме остается указать, среди каких функций будет искомая экс-

тремум (*sup*). Задача (21)-(31) относится к классу задач оптимального управления с закрепленным временем, для которых допустимым решением является совокупность  $(W_j(\bullet), S_j(\bullet), U_{j,k}(\bullet))$  при выполнении следующих требований:

1. вектор-функция  $U_{j,k}(\bullet)$  определена и кусочно непрерывна на отрезке  $\{t^0:t^K\}$ ;
2. для всех  $t \in \{t^0:t^K\}$  выполняется условие (30);
3. функции  $W_j(\bullet), S_j(\bullet)$  дифференцируемы во всех точках, кроме точек, где  $U_{j,k}(\bullet)$  терпит разрыв, во всех точках дифференцируемости выполняются (21)-(26);
4. выполняются граничные условия (26);
5. функции  $q_j(t)$  и  $q_j^s(t)$  определены и кусочно непрерывны на отрезке  $\{t^0:t^K\}$ , (эти функции неуправляемы, поскольку характеризуют сток бассейна реки более того они являются случайными, но в данной постановке используется математическое ожидание этих функций),

Именно среди таких допустимых решений будет искаться экстремум в задаче (21)-(31).

**Дискретная постановка задачи оптимального планирования ВХК.** Задача (21)-(31) не поддается исследованиям аналитическими методами (мы не умеем более точно находить аналитические решения для такого класса задач), поэтому перейдем к дискретному пространству по времени. Для этого интервал  $\{t^0:t^K\}$  разобьем на равные промежутки  $\Delta t$  таким образом, что  $t$  теперь может принимать значения из множества  $\{t^0, t^0+\Delta t, t^0+2\Delta t, \dots, t^0+K\Delta t=t^K\}$ . Параметры системы в вершинах отнесем к моментам времени  $t \in \{t^0, t^0+\Delta t, t^0+2\Delta t, \dots, t^0+K\Delta t\}$ , а параметры на дугах к моментам времени  $t \in \{t^0+0.5\Delta t, t^0+1.5\Delta t, t^0+2.5\Delta t, \dots, t^0+(K-0.5)\Delta t\}$ , тогда вместо (7) и (8) получим:

$$W_j^{t+1} = W_j^t + \sum_{(k,j) \in I_j^+} W_{k,j}^{t+1/2} - \sum_{(j,k) \in I_j^-} W_{j,k}^{t+1/2} + w_j^{t+1/2} \quad (40)$$

$$S_j^{t+1} = S_j^t + \sum_{(k,j) \in I_j^+} (s \times W)_{k,j}^{t+1/2} - \sum_{(j,k) \in I_j^-} (s \times W)_{j,k}^{t+1/2} + w_j^{s,t+1/2} \quad (41)$$

$$W_{j,k}^{t+1/2} = \Delta t \times Q_{j,k}(a_{j,k}, W_j^t, W_j^{t+1}, U_{j,k}^{t+1/2}), \forall (j,k) \in \{I^U\} \subset \{I\} \quad (42)$$

здесь:  $w_j = q_j \times \Delta t$ ;

Таким образом, система из  $2 \times |\{J\}|$  дифференциальных уравнений (уравнения (29) и (30)) на дискретной пространственно-временной сетке, редуцируется в систему из  $2 \times (K+1) \times |\{J\}|$  - нелинейных алгебраических уравнений, относительно переменных в вершинах, связанных через  $2 \times K \times |\{I\}|$  - переменных на дугах. из которых  $K \times |\{I\}|$  - переменных являются управлениями. Здесь  $|\{\cdot\}|$  - количество элементов в указанном множестве. Прежде чем трансформировать критерий качества управления (3.25), выполним следующее преобразование для формулы (3.34), выражение для  $Q_{j,k}$  можно записать в виде:  $Q_{j,k}(a_{j,k}, W_j, U_{j,k}) = Q_{j,k}(f(a_{j,k}, U_{j,k}), W_j)$ , в функцию  $f(a_{j,k}, U_{j,k})$  вместо  $U_{j,k}$  подставим  $U_{j,k}$  - допустимое пространство управлений, и умножим ее на  $\Delta t$ , функция  $W_{j,k} = \Delta t \times f(a_{j,k}, U_{j,k})$  - образует новое допустимое пространство управлений, но уже по переменной  $W_{j,k}$ , таким образом вместо (3.34) имеем:

$$W_{j,k}^{t+1/2} = W_{j,k}(W_j^t, W_j^{t+1}) \in W_{j,k}, \forall [(j,k) \in \{I^U\}, t \in \{t^0:t^K\}] \quad (43)$$

соответственно изменяется и функционал (33)

$$\begin{aligned} \mathcal{N}(W_j(\bullet), S_j(\bullet), W_{j,k}(\bullet), t^0, t^K) = & \sum_{t \in \{t^0, t^K\}} \sum_{(j,k) \in \{I^P\}} WP_{j,k}^{t-1/2}(p_{j,k}, W_j^t, W_k^t, W_{j,k}, S_{j,k}) + \\ + \phi(t^0, W_j(t^0), S_j(t^0); t^K, W_j(t^K), S_j(t^K)) \rightarrow & \mathit{sup}, \forall (j,k) \in \{I^P\} \subseteq \{I^U\} \end{aligned} \quad (44)$$

Остальные выражения задачи (29)-(39) не меняются. Не вдаваясь в детали дальнейших преобразований, которые связаны с вариантами реализации задачи на конкретных языках программирования, (например GAMS), отметим наиболее существенные детали с точки зрения нашего анализа модели

А). При поиске оптимальных управляющих решений в целевой функции используется математическое ожидание экономических и гидрологических показателей.

В). Оптимальное решение, получаемое на базе приведенной модели имеет смысл лишь при условии, когда дискретный интервал времени  $\Delta t$  превышает некоторое минимальное значение, диктуемое условиями добегающего возмущения из узла **i** в узел **j**, как показывает практика эта модель работает удовлетворительно если  $\Delta t \geq 1$  декады.

**Математические модели для экстремальных условий.** Вышеуказанные недостатки моделей для исследования формирования и движения волн прорыва в условиях горной местности побудили искать другую форму уравнений движения потока более рациональную для условий Центральной Азии. Эта форма называется уравнениями движения в массовых переменных Лагранжа, запись уравнений в виде (5), (6) называется формой Эйлера. Для преобразования уравнений (5), (6) к форме Лагранжа, вводится массовая координата  $q$ , определяемая формулой:

$$q(x) = \int_{x_0}^x \omega(l) dl \quad (45)$$

вместо площади поперечного сечения вводится функция  $V(q,t) = 1/\omega(x,t)$ , а переменная  $x$  связывается дополнительным уравнением:

$$\frac{dx}{dt} = u \quad (46)$$

Используя (3.37) и выражение для  $V$ , вместо уравнений (1.5),(1.6) получим:

$$\frac{DV}{Dt} - \frac{\partial u}{\partial q} = 0 \quad (47)$$

$$\frac{Du}{Dt} + \frac{\partial P}{\partial q} = g \times G \quad (48)$$

здесь  $\frac{D}{Dt} \equiv \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x}$ ;

Полученная система уравнений, как и исходная, относится к нелинейным системам гиперболического типа и для замыкания требует постановки начальных и краевых условий. Число краевых условий на каждой границе, как известно, должно быть равно числу характеристик, попадающих в расчетную область с рассматриваемой границы. Начальные условия одновременно определяют и расчетную область. Не вдаваясь в детали численной реализации, полученной модели отметим лишь, что данная модель позволяет выполнять численные эксперименты с формированием и движением волн прорыва на местности с практически любыми уклонами (в пределах где сама теория мел-

кой воды не теряет смысл) и на, так называемом, сухом русле. В завершение будут приведены результаты моделирования для нескольких практических задач.

### **РАЗВИТИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Бурное развитие вычислительной техники и методов математической физики, которое произошло за последние 10 лет, позволило совершенно иначе рассматривать проблемы задач оптимального управления крупными водно-энергетическими объектами. Задачи, на решение которых 10 лет назад, требовались недели и месяцы, в настоящее время поддаются решению за минуты и допускают визуальную оценку и интерпретацию результатов. Такие мощные системы оптимизации и моделирования, как, например GAMS, позволяют в процессе исследований выполнять не только многокритериальный анализ, но и в кратчайшее время осуществлять перестройку всей модели, используемой для выбора управляющих решений. При этом корректность использования тех или иных методов оптимизации (наиболее слабо место всех инженеров, занимающихся подобными исследованиями) заложена на уровне самого языка и не требует постоянной проверки и уточнения, применяемых математических методов. Уменьшение габаритов и увеличение надежности вычислительной техники дает возможность ее широкого применения в так называемых режимах реального времени, где на управляющую систему уже возлагается ответственность за прием, распознавание и обработку сигналов, получаемых от реакции системы на те или иные управляющие воздействия. Все позволяет с достаточным основанием предполагать, что в уже в ближайшее десятилетие будет выполнена детальная формализация всех элементов ВХК, позволяющая решать задачи оптимального управления, как в перспективном плане, так и в режимах реального времени.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Лаукс Д., Стединжер Дж., Хейт Д.. Планирование и анализ водохозяйственных систем. Энергоатомиздат, М.1984 г.,400 с.
2. Ванер Г.. Основы исследования операций, Мир, М. 1973 г. т. 3 501 с.
3. Тучин А. Повышение устойчивости функционирования водохозяйственного комплекса в многолетнем разрезе. В сб. Исследование функционирования и математическое моделирование водохозяйственных объектов и систем в условиях катастроф и стихийных бедствий. Выпуск 2, Ташкент, 1986 г. с 37-46.
4. Тучин А. Особенности численного исследования квазиодномерных задач гидродинамики в массовых переменных Лагранжа. - В сб. "Исследование функционирования и математическое моделирование водохозяйственных объектов и систем в условиях катастроф и стихийных бедствий". - Ташкент, САНИИРИ, 1985. - с. 5-24.
5. Атавин А.А., Васильев О.Ф., Воеводин А.Ф., Шугрин С.М. Численные методы решения одномерных задач гидравлики. - Водные ресурсы, № 4, 1983. - с.38-47.
6. Атавин А.А., Шугрин С.М. О дифференциальных уравнениях теории "мелкой воды". - В сб. Нестационарные задачи механики сплошных сред. - Новосибирск, вып.70, 1985, - с.25-53.
7. Белоцерковский О.М. Численное моделирование в механике сплошных сред. - М.: Наука, 1984. - 520 с.
8. Беллман Р., Энджел Э. Динамическое программирование и уравнения в частных производных. - М.: Мир, 1974. -207 с.



*Авакян И.С., Рузиев М.Т., Приходько В.Г.*

## **СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАК СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время системе поддержки принятия решений уделяется много внимания. Одним из инструментов этой системы является моделирование интересующих процессов. С помощью симулирования реальной ситуации на модели можно получить подтверждение правильности выбранной линии поведения, установить приоритетные направления для выбора конкретных действий. Кроме того, вариантность расчетов на модели может способствовать принятию более прогрессивного решения, лучше приближающего к главной цели.

**Основная цель модели** – дать возможность лицам, принимающим решения (ЛПР) понять каким образом – устойчиво или нет – может развиваться регион, т. е. модель посредством выбранных критериев отражает устойчивое развитие как региона в целом, так и отдельных стран, входящих в него.

**Сфера использования модели** – СЭМ является имитационной прогнозной моделью. Прогнозный период – 20 лет. Все прогнозные показатели в модели рассчитываются за каждый год прогнозного периода для каждой страны, входящей в бассейн Аральского моря и по Центрально-Азиатскому региону в целом. Назначение модели – прогнозирование развития экономики и связанных с потреблением воды секторов экономики, определение наличия и потребностей в использовании водных и земельных ресурсов, возможности удовлетворения экологических требований. Потенциальными пользователями модели могут быть эксперты таких областей знаний, как экономика, демография, водопользование, сельское хозяйство и пр., а так же лица, принимающие решения.

### **ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ**

Учитывая, что СЭМ – прогнозная модель, позволяющая оценить будущее развитие или наше видение будущего развития, необходимо дать понятие «Видения».

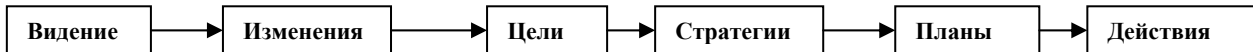
**Видение** - желаемое, достижимое будущее. Видение является практической картиной будущего, которое мы хотим создать. Оно рассматривает будущее как нечто достижимое и достойное достижения.

Видение может внести вклад в изменение тенденций, укрепить их (если они способствуют достижению видения) или реагировать на них с целью изменения для обеспечения желаемого будущего. Видение может влиять на создание новых и предотвращать возникновение нежелательных тенденций. Планирование на основе видения требует особого мышления, отличного от обычных методов планирования «от сегодня к завтра». Планирование на основе видения требует, чтобы оно прорабатывалось в обратном направлении прежде чем создавать стратегии. Оно предполагает первоначальным определением «куда мы хотим прийти», а затем соотнести это с тем, «где мы нахо-

димся”. Поэтому видение помогает определить изменения, необходимые для достижения желаемого будущего.

При определении видения как “куда мы хотим придти”, возникает вопрос, при сравнении желаемого будущего с современной ситуацией, какие изменения необходимы в отношениях и подходах, в сложившихся тенденциях, чтобы достичь реализации видения. Эти изменения, в свою очередь, выполняются через достижение временных конкретных целей. Цели, в свою очередь, формируют основу для стратегий, на которых основаны планы или то, “как достичь поставленной цели”.

Схематически данный процесс можно представить следующим образом:



**Рис. 1. Схема построения «Видения»**

Во время данного процесса и после его завершения, анализ и проверка начинают новый цикл.

Некоторые опорные индикаторы долгосрочного видения бассейна Аральского моря, связанные с использованием водных ресурсов представлены в таблице 1.

Видение придает особое значение тому, каким население региона хочет видеть будущее, и что люди смогут сами сделать для достижения этого будущего. В основу прогнозирования будущего развития положены такие потребности людей, как питьевая вода, продовольствие, безопасность, здоровье, жилище, благосостояние, здоровая, благоприятная среда. Один из основных вопросов будущего развития, на который необходимо ответить – будет ли количество водных ресурсов достаточным для развития бассейна с точки зрения человеческих потребностей.

Таблица 1

**Долгосрочное видение бассейна Аральского моря  
с точки зрения водных ресурсов**

| Наименование индикаторов  | Показатели<br>2020 год |
|---|------------------------|
| Уровень смертности детей до 5 лет (на 1000 человек)   | 30                     |
| Продолжительность жизни в годах   | 70                     |
| Среднее количество калорий на душу населения в день   | 3000                   |
| Средний объем водопотребления в м <sup>3</sup> на тонну пшеницы                                     | 1000                   |
| Средний объем водопотребления в м <sup>3</sup> на тонну риса  | 3400                   |
| Средний объем водопотребления в м <sup>3</sup> на тонну хлопка                                      | 1900                   |
| Доля засоленных орошаемых земель (средней и сильной степени засоления)                              | 10                     |
| Объем водных ресурсов для окружающей Среды, в км <sup>3</sup> в год                                 | 20                     |
| Площадь, охваченная водопроводной сетью (город), в % от общего населения                            | 99                     |
| Площадь, охваченная водопроводной сетью (село), в % от общего населения                             | 60                     |
| Обеспечение питьевой водой хорошего качества, соответствующей биологическим стандартам (город), в % | 80                     |
| Обеспечение питьевой водой хорошего качества, соответствующей биологическим стандартам (село), в %  | 60                     |
| Во сколько раз возрастет покупательская способность городского населения                            | 2                      |
| Во сколько раз возрастет покупательская способность сельского населения                             | 3                      |

Социально-экономическая модель основана на допущениях и желаемых достижимых целях и является инструментом для лиц принимающих решения в определении места, времени и качества решения для достижения цели. Таким образом, представляемая модель может быть использована в качестве “проигрывания” различных сценариев будущего развития. При этом, по результатам тестирования сценариев на модели, лица, принимающие решения могут определить те приоритетные направления, в которых изменения наиболее желаемы для достижения главной цели.

Тем не менее, существуют определенные негативные тенденции в развитии Бассейна Аральского моря, и их необходимо иметь в виду, если мы хотим получить реалистическое, а не фантастическое будущее развитие. Решением в этом направлении может служить создание моделей, предоставляющих лицам, принимающим решения получить целостную картину развития экономики, как отдельных стран, так и всего бассейна Аральского моря с учетом перспективной демографической ситуации, располагаемых природных ресурсов и возможных тенденций экономического роста

Для прогнозирования будущего развития есть много неопределенностей. Например, никто совершенно точно не может предсказать темпы роста населения, которые ожидаются через 3-5 лет, тем более – через 15-20 лет. Так же никто совершенно точно не сможет предсказать, какими темпами будет развиваться экономика. Это так сказать внутренние неопределенности. Но есть еще внешние неопределенности, свя-

занные с тем, что любая страна развивается в мире, где есть много стран и существуют определенные взаимосвязи как природного, так и социального и экономического характера, что так же имеет свою неопределенность для будущего развития. Поэтому, необходимо не просто сформулировать сценарии развития и получить их количественную оценку, а сформулировать достаточно реальное «видение» и получить количественную оценку достижимых сценариев. Этот процесс не является простым последовательным процессом, существует обратная связь, которая возникает при взаимодействии людей, определяющих главную цель, принимающих решения и осуществляющих политику выполнения решений с людьми, обеспечивающими научное достижение целей, а так же дающими научное обоснование достижения тех или иных параметров, принимаемых в сценариях. Так же обратная связь необходима для того, чтобы после получения количественной оценки сценариев был произведен анализ, насколько полученные результаты позволят нам достичь желаемого будущего.

Архитектура социально-экономической модели состоит из 4 компонентов (рис. 2).

**Информационная база** состоит из численных значений за конкретные временные этапы, текстовой информации, которая может быть использована при формулировании политики и допущений.

**Моделирующая база** (база Модели, алгоритмы) состоит из набора необходимых процедур, приводящих к осуществимому будущему и последовательной политике.

**База инструментов** состоит из интерактивных процедур, вовлекающих пользователей для участия и деятельности в процессе моделирования для принятия решений.

**База Выходной информации** - это сохранение и анализ результатов, а так же допущений, уже способствующих представлению будущего, сравнение оценки и добавлений анализа.

***Требования к созданию модели:***

Модель должна:

- Давать возможность видения ситуации, как по отдельным странам бассейна Аральского моря, так и по бассейну в целом;
- Отражать возможное использование земельно-водных ресурсов;
- Максимально использовать прошлые наработки (Модель “Globesight”)
- Иметь достаточно простые алгоритмы с тем, чтобы ее можно было использовать на доступной технике и быстро получать результаты подсчетов.

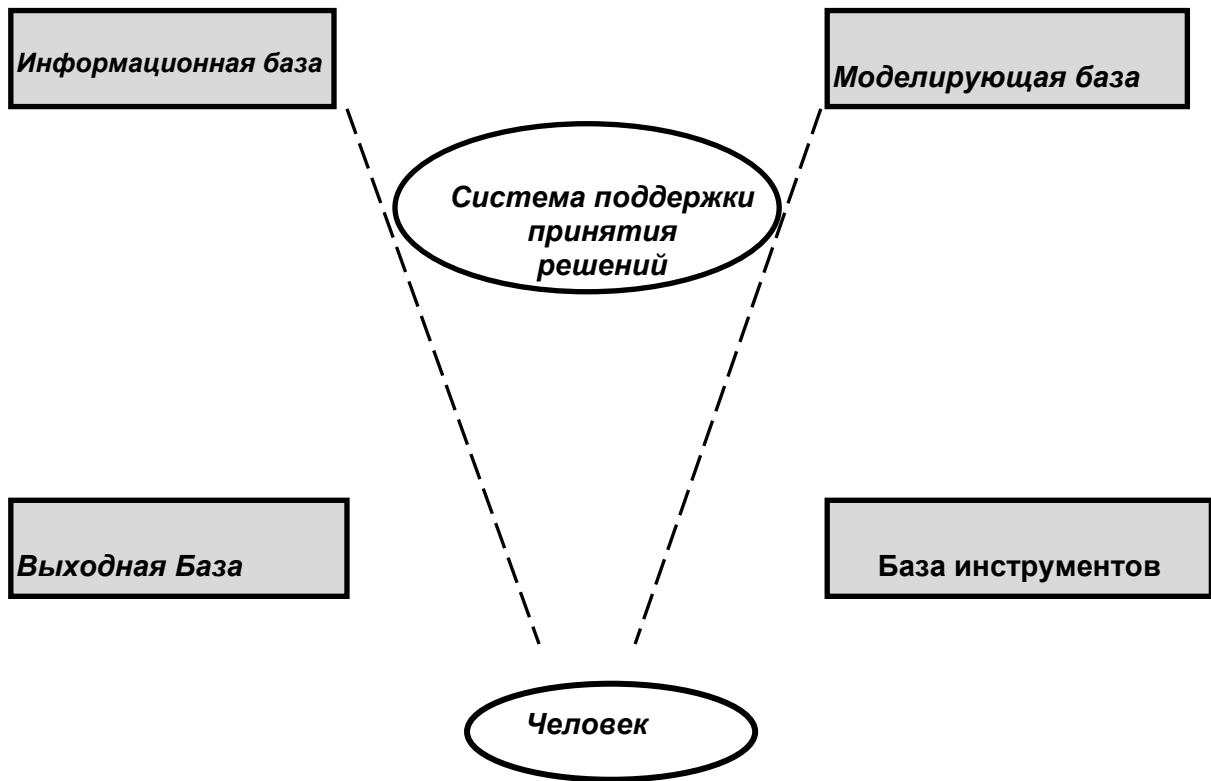


Рис. 2. Архитектура социально-экономической модели

### **ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ**

**Главная цель** – та цель, в которой наиболее полно отражаются потребности региона для устойчивого развития.

**Подцели** – наиболее важные области, отражающие различные аспекты главной цели.

**Сценарии** – сценарии будущего развития, в которых отражается изменение общих переменных.

**Мероприятия** – действия, определяемые философией построения сценариев развития отдельных стран и региона, которые необходимо предпринять для достижения подцелей и главной цели.

**Переменные** – значения, вводимые в модель, которые могут меняться пользователем. В модели есть переменные сценариев и переменные мероприятий. Переменные сценариев и мероприятий пользователь может вводить на каждый пятый год прогнозного периода, т.е. на 2005, 2010, 2015 и 2020 годы. Значения переменных между указанными периодами за каждый год в модели получаются при помощи линейной интерполяции между двумя крайними значениями. Например, информация для переменной за 2000 год является допущением и не меняется пользователем, а уже на 2005 год пользователь вводит свои данные для этой переменной. Расчет значения для этой переменной за годы от 2000 до 2005 модель считает путем линейной интерполяции этих крайних значений и так далее до 2020 года. Такой подход был принят в связи с тем, что

прогнозный период достаточно большой – 20 лет и, принимая линейную интерполяцию между значениями за 2000 и 2020 год, можно получить неадекватные значения. Так, понятно, что в начале прогнозного периода многие значения переменных могут иметь рост гораздо ниже, чем в более отдаленные его сроки. Это связано, прежде всего, с темпами экономического развития и накопления достаточных средств инвестирования в повышение урожайности сельскохозяйственных культур, водосбережение, введение новых орошаемых земель и т. д.

**Допущения** – значения, принятые в модели постоянными, пользователем не меняются.

**Ограничения** – заданные граничные условия, используя которые производятся расчеты некоторых выходных показателей модели.

**Критерии** – основные показатели, с помощью которых можно дать оценку приближения к главной цели, а так же показатели, характеризующие динамические изменения сценариев посредством влияния мероприятий.

Главная цель устойчивого развития региона и стран, входящих в него – ***обеспечение устойчивого экономического развития пяти стран бассейна Аральского моря на основе рационального водопользования с учетом экологических требований.***

Главная цель сформулирована так, учитывая, что для региона очень важно:

- Наличие экономического роста
- Рациональное использование водных ресурсов
- Экологические требования, которые образуют граничные условия.

Достижение главной цели может быть отражено в решении следующих **подцелей**:

- Социально-экономическое развитие
- Рациональное водопользование во всех отраслях
- Обеспечение безопасности продовольствия
- Обеспечение экологического равновесия. (Аральское море, требования природного комплекса)

Для каждой из этих подцелей сформулированы следующие **критерии** (показывающие, насколько удовлетворяются подцели). Критерии оценки приближения в достижении подцелей представлены в таблице 2.

Таблица 2

## Критерии оценки приближения к достижению подцелей

|  |
|--|
| <b>1. Социально-экономическое развитие</b>   |
| А. Условия жизни населения (т.е. GNP/чел., продолжительность жизни, уровень детской смертности, уровень образования) т.к. при прогнозе используется подсчет по 1-му уровню, в качестве индикатора будет использован только показатель GNP/чел. Остальные будут описаны как факторы, влияющие на условия жизни. |
| Б. Вклад в GNP каждого сектора (промышленность, сельское хозяйство, услуги). Темпы роста GNP являются переменными сценариев.   |
| С. Внешние экономические инвестиции в окружающую среду (это также может быть переменной сценария – для устойчивой ситуации лучшим является снижение доли внешних инвестиций) (внутренние инвестиции являются переменными мероприятий)  |
| <b>2. Рациональное водопользование во всех секторах экономики</b>  |
| А. Требование на воду по секторам  |
| Б. Сельскохозяйственное водопользование/продуктивность. Так же может быть рассчитан индекс водной напряженности. Показатель орошаемых площадей на душу населения является очень важным на межгосударственных встречах, Правительства могут использовать это для увеличения лимита водных ресурсов.             |
| <b>3. Обеспечение безопасности продовольствия</b>  |
| А. Суточное потребление калорий на душу населения. Это может быть предполагаемой переменной в сценариях  |
| Б. Объем импорта продуктов питания. Общий объем продуктов питания, производимый в стране может быть меньше, чем требуется, и этот дефицит должен будет импортироваться.  |
| <b>4. Обеспечение экологического равновесия</b>  |
| А. Уровень Аральского моря. Очень сложно предсказать уровень Аральского моря, т.к. ситуация равновесия на сегодняшний день не достигнута. Поэтому уровень моря может продолжать снижаться несмотря на все принимаемые меры. Объем притока в Аральское море – другой вариант (может быть лучше)                 |
| Б. Минерализация Аральского моря и притоков. Вычисление минерализации очень сложное и на сегодняшний день не выполняются в модели.   |
| С. Использование воды в дельте (Амударья и Сырдарья). Сравнение с требованиями. Приток воды в дельту минус приток воды в Аральское море.   |

Выбор **мероприятий** основан на ранее сформулированных подцелях (что должно быть сделано для достижения подцелей - средства достижения подцелей и, следовательно, главной цели). Перечень мероприятий, позволяющих достичь подцели, представлен в таблице 3.

Таблица 3

## Перечень мероприятий

|   |
|---|
| <b>1. Социально-экономическое развитие</b>  |
| А. Инвестиции в промышленность. Введение новых промышленных предприятий и расширение и модернизация старых. В модели используется как доля промышленности в GNP   |
| Б. Увеличение орошаемых земель  |
| С. Увеличение продуктивности сельхозкультур (путем улучшения использования ресурсов сельскохозяйственного производства, селекции семеноводства)   |
| Д. Улучшение земель.  |
| Е. Улучшение инвестиционного климата с целью привлечения внешних инвестиций (изменение % инвестиций от GNP) Инвестиции в медицину и образование очень тяжело оценить отдельно и перевести в улучшение показателя детской смертности и уровня образования. |
| <b>2. Рациональное водопользование во всех секторах экономики</b>   |
| А. Увеличение использования возвратных вод в промышленности и сельском хозяйстве  |
| В. Инвестиции в методы водосбережения (увеличение эффективности водопользования, улучшение методов орошения; в результате общее требование на воду будет снижаться)   |
| Д. Улучшение водоснабжения населения (количество и качество). Базовый показатель – расход воды в л/чел/сут. Качество используемой воды будет носить только описательный характер.   |
| <b>3. Обеспечение безопасности продовольствия</b>   |
| А. Повышение урожайности сельхозкультур (см. 1С)  |
| Б. Изменения в животноводстве (различные виды, повышение продуктивности, селекция и т.д.) Будет иметь только описательный характер  |
| С. Изменение соотношений между площадями под продовольственные и непродовольственные культуры   |
| <b>4. Обеспечение экологического равновесия</b>   |
| А. Управление возвратными водами (улучшает качество воды в реке, в дельте, в понижениях разводится рыба)  |

Управление пользователем связано с рассмотрением сценариев будущего развития. Предложено 3 сценария:

**1. Оптимистический сценарий** (низкий темп роста населения, высокий темп роста GNP, нет влияния климатических изменений)

**2. Реалистический сценарий** (незначительное снижение темпов роста населения, незначительное увеличение темпов роста GNP, незначительное влияние климатических изменений)

**3. Пессимистический сценарий** (высокий темп роста населения, низкий темп роста GNP, значительное влияние климатических изменений)

Сценарии имеют 3 переменные. Каждая переменная имеет минимальное и максимальное предельное значение. Это значит, что пользователь может сам вводить значение нижеуказанных переменных в допустимых пределах.

**Переменные сценариев:**

1. темп роста населения;
2. темп роста GNP;



3. климатические изменения (с отражением их влияния на водность основных рек, урожайность основных сельскохозяйственных культур и их удельное водопотребление).

Мероприятия так же имеют переменные, которые пользователь может менять.

### СТРУКТУРА МОДЕЛИ

Основное назначение модели – дать возможность людям, принимающим решения, оценить правильность и своевременность принимаемого решения, а так же показать, к каким последствиям оно может привести. Это достигается путем «проигрывания» различных вариантов развития, как отдельных стран бассейна Аральского моря, так и региона в целом, с целью определения возможности перспективного экономического и социального развития с учетом использования доступных водных ресурсов и удовлетворения экологических требований Арала и Приаралья. Другими словами, исходя из поставленной пользователем цели и с помощью управляемых параметров модели, пользователь может увидеть, что ожидает регион в будущем. После этого можно решить, какие действия необходимо предпринять для приближения к главной цели, если таковая не достигается при сделанных пользователем предположениях. По результатам тестирования сценариев на модели, лица, принимающие решения могут определить те приоритетные направления, в которых изменения наиболее желаемы для достижения главной цели.

Структура социально-экономической модели (СЭМ) состоит из следующих взаимоувязанных блоков: «Население», «Экономика», «Сельское хозяйство», «Энергетика», «Вода», «Питание» и «Инвестиции» и представлена на рис. 3.

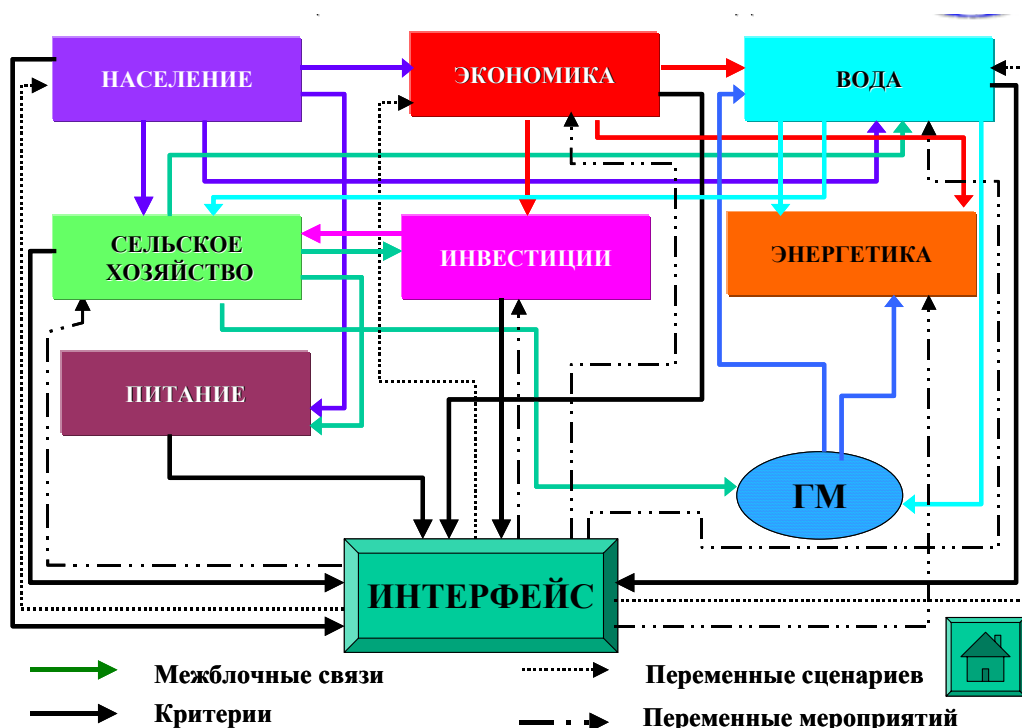


Рис. 3 Структура социально-экономической модели

Блоки имеют входную и выходную информацию. Входная информация для каждого блока представляет собой набор *управляемых переменных мероприятий и сценариев*, а так же *допущений*, с помощью которых пользователь может получать различные варианты будущего социально-экономического развития. Все выходные параметры блоков модель рассчитывает на каждый год прогнозного периода, а так же по каждой стране, входящей в бассейн Аральского моря. Казахстан и Киргизия рассматриваются только в части, относящейся к бассейну Аральского моря. Кроме этого, производится подсчет значения каждого выходного параметра по бассейну в целом.

### **АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТОВ В БЛОКАХ МОДЕЛИ**

#### **Блок «Население»**

Исходной информацией блока «Население» является численность населения за базовый год - 2000 г., а так же среднегодовой темп роста населения. Выходной параметр - численность населения в прогнозируемом году. Среднегодовой темп роста населения является переменной сценария и может задаваться пользователем исходя из предпосылок разрабатываемого сценария. Население в прогнозируемом году рассчитывается в соответствии с формулой (1).

$$P_t = (1+r_t/100)*P_{t-1} \quad (1)$$

где:

$P_t$  - численность населения в год  $t$ ;

$r_t$  - темп роста населения в год  $t$ ;

$P_{t-1}$  - численность населения в год  $t-1$ .

#### **Блок «Экономика»**

В блоке «Экономика» производится подсчет прогнозного валового национального продукта (ВНП). Здесь исходными данными являются ВНП базового года и темпы роста ВНП за рассматриваемый период. На выходе получаем ВНП по годам за прогнозируемый период. Базовое значение ВНП за 2000 год для каждой страны является допущением модели. Темп роста ВНП является переменной сценария и может меняться пользователем в установленных пределах.

ВНП в прогнозируемом году рассчитывается как сумма ВНП предшествующего прогнозируемому году и годового прогнозируемого его прироста.

$$GNP_t = (1+r_t/100)*GNP_{t-1} \quad (2)$$

где:

$GNP_t$  – Валовой национальный продукт в год  $t$ ;

$r_t$  - темп роста GNP в год  $t$ ;

$P_{t-1}$  - Валовой национальный продукт в год  $t - 1$ .

В этом блоке модели можно получить структуру ВНП по секторам на будущее, предполагая долю каждого сектора в ВНП (промышленность, сельское хозяйство, услуги) на основе исходной информации о структуре ВНП и планируемого изменения доли

каждого сектора в ВВП в рамках формирования сценария развития. Так же в этом блоке производится вычисление одного из основных социальных индикаторов устойчивого развития - ВВП на душу населения.

Секторальные значения ВВП получаются путем умножения значения ВВП за текущий год на долю данного сектора в ВВП. При этом, % промышленности и сельского хозяйства в ВВП может меняться пользователем при прогнозировании будущего развития, исходя из основных посылок при формировании сценария развития каждого государства, основываясь на государственных приоритетах. Доля сектора услуг получается как разница между 100 % и суммой доли в ВВП промышленности и сельского хозяйства.

ВВП на душу населения является частным ВВП и населения прогнозного года.

Информация о численности населения за прогнозный год поступает из блока «Население».

### ***Блок «Энергетика»***

В блоке «Энергетика» производится расчет требования со стороны экономики на электроэнергию в зависимости от эффективности ее использования.

Эффективность использования электроэнергии в базовом году определяется как частное ВВП и потребленного количества электроэнергии для каждого государства. Далее, в зависимости от перспективного развития и разработки сценария, пользователь делает предположение относительно энергоэффективности экономики в будущем, назначая этот показатель. После этого, имея прогнозное значение ВВП и прогнозное значение энергоэффективности, рассчитывается потребное количество электроэнергии для экономики в прогнозный год.

Возможное производство электроэнергии в настоящее время является допущением для всего прогнозного периода и основывается на предположении пользователя о развитии энергетики в соответствии с:

- наличием энергетического потенциала в каждом государстве,
- предполагаемыми темпами развития экономики и
- приоритетами экономического развития.

Данный вопрос является дискуссионным. Так, поскольку первоочередной задачей модели является развитие блоков, наиболее связанных с использованием водно-земельных ресурсов региона, было принято решение, на этом этапе работ энергетический блок детально не развивать, а только обозначить его присутствие в модели с минимальным набором показателей. Именно поэтому, для упрощения получения выходной информации этого блока, входная его информация почти полностью основана на философии построения сценария развития и на сделанных допущениях. В дальнейшем, данный блок можно трансформировать в субмодель, состоящую из отдельных блоков, поскольку энергетические ресурсы являются природными исчерпаемыми ресурсами, и их использование имеет значение для устойчивого развития. Поэтому, аналогично компонентам модели, описывающим потребности и наличие водных ресурсов для использования, могут быть построены блоки субмодели «Энергетика». Такое построение позволит:

- определять наличие и использование энергетических ресурсов по видам (уголь, газ, нефть и пр.);
- определять требование к использованию энергетических ресурсов по секторам экономики в соответствии с темпами экономического развития и энергоэффективности экономики, а так же с учетом структуры топливно-энергетических ресурсов в каждом государстве;

- прогнозировать производство электроэнергии исходя из существующих энергетических мощностей и темпов их развития в будущем.
- на основании выполненных расчетов определять потенциальный объем импорта/экспорта электроэнергии.

В данной версии модели так же присутствует объем гидроэлектроэнергии. Объем гидроэлектроэнергии в прогнозируемом году  $h_{ent}$  определяется по формуле (3).

$$h_{ent} = kh_{ent} * E_{supt} \quad (3)$$

где:

$kh_{ent}$  - доля гидроэнергоресурсов в общем объеме производства электроэнергии в году  $t$ ;

$E_{supt}$  - общий объем производимой электроэнергии в году  $t$ .

Первоначально, для базового года, доля гидроэнергоресурсов в общем объеме производимой электроэнергии определяется по фактическим данным для каждого государства в соответствии со структурой используемых энергоресурсов. При прогнозировании, показатель  $kh_{ent}$  является переменной мероприятий и может меняться пользователем.

На основании подсчитанного требования к объему электроэнергии и фактического ее производства в модели рассчитывается потенциальный объем импорта/экспорта электроэнергии. На этом расчеты в блоке заканчиваются.

### ***Блок «Инвестиции»***

Блок «Инвестиции» содержит следующую входную информацию:

- % инвестиций в экономику от GNP ( $kf_t$ );
- % прямых иностранных инвестиций от общих инвестиций в экономику ( $kfdi_t$ );
- % инвестиций в освоение новых земель от общих инвестиций в экономику ( $kd_t$ );
- % инвестиций в комплексную реконструкцию земель от общих инвестиций в экономику ( $kr_t$ );
- инвестиции в расчете на 1 га, необходимые для нового освоения орошаемых земель ( $kid$ );
- инвестиции в расчете на 1 га, необходимые для проведения комплексной реконструкции орошаемых земель ( $kir$ );

Первые четыре категории «входа» в этом блоке за базовый (2000) год являются допущениями в модели. Для остальных лет прогнозного периода они являются переменными мероприятий и могут меняться пользователями при прогнозе. Удельные значения инвестиций, требуемых для введения новых земель и осуществления реконструкции, являются допущениями и не меняются в течение всего прогнозного периода. Их оценка базировалась на укрупненных нормах капиталовложений на проведение комплексной реконструкции орошаемых земель и новое освоение, действовавших во времена Советского Союза, на сопоставлении современных затрат для этих целей, вложение которых способствует достижению современного технического уровня оросительных систем и продуктивности орошаемых земель.

В данном блоке производится расчет следующих показателей.

1. Объем общих инвестиций в год  $t$  ( $I_t$ ) в экономику каждого государства бассейна Аральского моря.

$$I_t = GNP_t * kf_t \quad (4)$$

$GNP_t$  – объем Валового Национального Продукта в год  $t$ , рассчитываемый в блоке «Экономика».

2. Объем иностранных инвестиций ( $FDI_t$ ) в год  $t$  в экономику каждого государства бассейна Аральского моря.

$$FDI_t = kfdi_t * I_t \quad (5)$$

3. Объем инвестиций в комплексную реконструкцию орошаемых земель в год  $t$  для каждого государства.

$$Ir_t = I_t * kr_t \quad (6)$$

4. Объем инвестиций в освоение новых орошаемых земель

$$Id_t = I_t * kid \quad (7)$$

5. Определяется количество земель, на которых возможно провести комплексную реконструкцию исходя из имеющихся для этих целей инвестиций и потребных инвестиций для проведения комплексной реконструкции на 1 га.

$$Lr_t = Ir_t / kir \quad (8)$$

При этом, в модели имеется **ограничение**: в год не может быть реконструировано более, чем 100 тыс. га орошаемых земель.

6. Определяется количество земель, которые можно освоить для орошения исходя из имеющихся для этих целей инвестиций и потребных инвестиций для нового освоения на 1 га. Здесь так же в модели установлено **ограничение**, позволяющее осваивать не более 20 тыс. га новых земель ежегодно.

$$Ld_t = Id_t / kid \quad (9)$$

### **Блок «Сельское хозяйство»**

Данный блок состоит из четырех подблоков: урожайность, земля, вода и производство.

#### *Подблок «Сельское хозяйство - Урожайность»*

В подблоке «Сельское хозяйство - Урожайность» прогнозируется урожайность основных сельскохозяйственных культур.

В качестве основных сельскохозяйственных культур в модели приняты: хлопок, пшеница, рис, кормовые (люцерна), овощи, бахчевые, картофель, сады и виноградники. Значение урожайности этих культур для каждого государства на базовый год принято на основании информации из БД «ВАРМИС». Эти значения являются допущениями модели. Урожайности за остальные годы прогнозного периода являются переменными мероприятий и могут меняться пользователем в зависимости от формируемого сценария.

Как было описано выше, в модели сформированы три сценария. В третьем сценарии нами учитывается влияние изменения климата. Одно из проявлений этого влияния - снижение урожайности сельскохозяйственных культур. Увеличение продолжи-

тельности вегетационного периода в целом благоприятно для производства сельскохозяйственных культур. Увеличение повторяемости экстремальных явлений природы (засухи, суховеи, высокие температуры и пр.) будут ухудшать состояние растений, снижать количество и качество урожая.

При использовании высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур, адаптированных к климатическим условиям региона и обеспеченных водой и удобрениями, можно прогнозировать рост их урожайности к 2020 году на уровень, приведенный в таблице 4 (данные Э. Чолпанкулова).

**Таблица 4**

**Прогнозные значения урожайности сельскохозяйственных культур государств центрально-азиатского региона на 2020 г. (т/га)**

| Культура         | Величина урожая |
|------------------|-----------------|
| Хлопчатник       | 3,0 – 4,0       |
| Озимая пшеница   | 4,0 – 6,0       |
| Рис              | 4,0 – 6,0       |
| Кукуруза (зерно) | 7,0 – 09,0      |
| Люцерна          | 15              |
| Виноград         | 5,0 – 10,0      |
| Капуста          | 40 – 60         |
| Лук              | 35 – 45         |
| Картофель        | 15 – 20         |
| Соя              | 2,5 – 3,5       |
| Сахарная свекла  | 40 – 60         |
| Томаты           | 45 – 65         |
| Арбузы           | 25 – 35         |

В таблице 5 на основе данных таблицы 4 приведены возможные величины урожайности основных сельскохозяйственных культур с учетом изменения климата региона по второму климатическому сценарию (СССМ), показывающему значительные изменения климата.

Таблица 5

**Обобщенная оценка урожайности основных сельскохозяйственных культур (т/га) в республиках Центральной Азии по второму климатическому сценарию (уровень 2025 года)**

| Культура         | Южный Казахстан | Кыргызстан | Таджикистан | Туркменистан | Узбекистан |
|------------------|-----------------|------------|-------------|--------------|------------|
| Хлопчатник       | 2               | 2,6        | 2,1         | 2,6          | 2,6        |
| Пшеница          | 1,7             | 2,5        | 0,9         | 1,9          | 3          |
| Рис              | 3               | -          | 1,4         | 1,9          | 2          |
| Кукуруза (зерно) | 6,2             | 8,2        | 2,4         | -            | 6,2        |
| Люцерна          | 5               | 7          | 6,2         | 7,2          | 10         |
| Овощи            | 9,4             | 12,8       | 9,7         | -            | 13,1       |
| Виноград         | 3,7             | 4,4        | 5,5         | 4            | 4          |

Прогнозные значения урожайности получаются путем линейной интерполяции промежуточных данных по урожайности. Промежуточными данными являются данные, вводимые пользователем исходя из принимаемого сценария развития на каждый 5-й год прогнозного периода, т. е. на 2005, 2010, 2015 и 2020 годы.

*Подблок «Сельское хозяйство - Земля»*

В подблоке «Сельское хозяйство - Земля» производятся следующие расчеты.

1. Определяется количество земель, которые можно оросить, исходя из водных ресурсов, доступных для орошения и удельного головного водозабора (**W<sub>sagr</sub>**). Информация о доступных водных ресурсах для орошения (**W<sub>sagr</sub>**) поступает в этот подблок из подблока «Сельское хозяйство - Вода» и представляет собой объем воды, который доступен для орошения после удовлетворения потребностей в воде населения, промышленности, Арала и Приаралья. Удельный головной водозабор для орошения (**w<sub>agr</sub>**) поступает из подблока «Сельское хозяйство - Вода» и является переменной мероприятия, а значит, может меняться пользователем исходя из предполагаемой стратегии водосбережения.

$$Lw_t = W_{sagr} / w_{agr} \quad (10)$$

2. Определяется площадь орошаемых земель в год t:

$$Lir_t = Lir_{t-1} + Ld_t \quad (11)$$

где:

**Lir<sub>t-1</sub>** – площадь орошаемых земель в год, предшествующий прогнозируемому;

**Ld<sub>t</sub>** - площадь вновь осваиваемых орошаемых земель в год t, которая поступает из блока «Инвестиции».

Далее происходит сравнение. Если **Lir<sub>t</sub>** больше или равна **Lw<sub>t</sub>**, тогда для дальнейших расчетов **Lir<sub>t</sub>** принимается равной **Lw<sub>t</sub>**. Если **Lir<sub>t</sub>** меньше **Lw<sub>t</sub>**, тогда для дальнейших расчетов принимаем **Lir<sub>t</sub>**.

3. На основе  $Lir_t$  рассчитывается темп роста орошаемых земель.

$$klir_t = (Lir_t / Lir_{t-1} - 1) * 100 \% \quad (12)$$

4. Рассчитываются орошаемые земли на душу населения в год  $t$ .

$$Lirpc_t = Lir_t / P_t \quad (13)$$

где:

$P_t$  – население в год  $t$ , поступающее в данный подблок из блока «Население».

5. Рассчитывается структура использования орошаемых земель и определяется площадь, занятая под  $j$  - ю культуру.

$$Lj_t = Lir_t * kj \quad (14)$$

где:

$kj$  – доля площади  $j$ -й культуры в общей площади орошаемых земель.

В настоящей версии модели принято, что на перспективу структура использования орошаемых земель остается без изменений, поэтому коэффициент использования земель под сельскохозяйственные культуры в течение прогнозного периода остается неизменным, и все вновь вводимые площади распределяются под посевы сельскохозяйственных культур пропорционально сложившейся структуре посевов. В дальнейшем, при развитии модели и увеличением ее возможностей, будет предусмотрена изменяемая структура посевов. В этом случае пользователь будет иметь возможность рассмотреть различные варианты использования орошаемых земель с точки зрения изменения структуры использования орошаемых земель, что так же будет оказывать влияние на блоки «Питание» и «Водные ресурсы».

6. Определяется количество земель, занятое под продовольственные культуры  $Lfc_t$  как сумма площадей в год  $t$  под продовольственными культурами.

7. Земли под непродовольственные культуры  $Lcc_t$  представляют собой земли, занятые под хлопчатник, табак.

*Подблок «Сельское хозяйство – Вода»*

1. Выполняется прогноз удельного водопотребления сельскохозяйственных культур аналогично прогнозу урожайности.

2. Рассчитываются доступные водные ресурсы для орошения.

$$Wavagr_t = Wav_t - Wdemin_t - Wdemd_t \quad (15)$$

где:

$Wav_t$  – доступные для использования водные ресурсы, поступающие в данный подблок из блока «Вода», подблок «Вода - Водные ресурсы»;

$Wdemin_t$  – вода, требуемая для использования в промышленности. Этот показатель поступает в данный подблок из блока «Вода», подблок «Вода - Требования промышленности»;

$Wdemd_t$  - вода, необходимая для удовлетворения нужд населения. Этот показатель поступает в данный подблок из блока «Вода», подблок «Вода – Требования населения».

3. Определяется требования на воду для каждой культуры  $j$ .

$$Wd_{jt} = w_{jt} * L_{jt} \quad (16)$$



где:

$w_{jt}$  - удельное водопотребление  $j$ -й культуры в год  $t$ . Этот параметр для каждой культуры является переменной мероприятий и может меняться пользователем в соответствии со стратегией водосбережения, принимаемой при разработке сценария.

4. Требование воды для ирригации определяется как сумма требований по каждой культуре.

$$W_{\text{dagr}_t} = \sum_1^j (W_{d_{jt}}) \quad (17)$$

*Подблок «Сельское хозяйство – Продукция»*

В данном подблоке рассчитывается, сколько можно произвести сельскохозяйственной продукции в натуральном выражении (тыс. т) по каждой культуре в отдельности и в целом по растениеводству, исходя из наличия используемых орошаемых земель и оросительной воды.

$$V_{\text{av}_{jt}} = L_{jt} * Y_{jt} \quad (18)$$

где:  $Y_{jt}$  - урожайность  $j$ -й культуры в год  $t$ , поступающая из подблока «Сельское хозяйство – Урожайность»;

$L_{jt}$  – орошаемые земли, занятые под производство  $j$ -й культуры в год  $t$ , поступающие из подблока «Сельское хозяйство – Земля».

Таким образом, в этом подблоке получаем объемы производства сельскохозяйственных культур, которые можно будет производить исходя из имеющихся в наличии орошаемых площадей, отводимых под каждую культуру, воды, доступной для орошения, планируемых урожайности сельскохозяйственных культур и удельного водопотребления.

*Блок «Питание»*

Данный блок организован для того, чтобы можно было определить потребности в основных продуктах питания и возможности их собственного производства для удовлетворения нужд населения.

Этот блок состоит из следующих подблоков: «Питание – Потребности», Питание – Снабжение» и «Питание – Баланс».

*Подблок «Питание – Потребности».*

Подсчет необходимого производства продуктов питания производится следующим образом.

1. Определяется количество калорий, необходимых для удовлетворения потребностей населения в питании. Расчет количества необходимых калорий ведется из предположения постепенного достижения потребления 3000 ккал. в сутки к 2020 году – **первый вариант**. При прогнозировании учитывается современное потребление калорий в сутки в каждой республике и от этого значения предполагается постепенный рост до достижения 3000 килокалорий в сутки. **Второй вариант** решения данного вопроса: начиная с 2000 года принимать во внимание, что в соответствии с нормами ВОЗ необходимым является потребление 3000 килокалорий в сутки. При таком подходе рассчи-

тываемые значения претерпят изменения. В данной версии модели принят первый подход, исходя из того, что в настоящее время фактическое потребление менее 3000 тысяч калорий в сутки связано зачастую не столько с возможностью собственного производства необходимого количества продовольствия, сколько с покупательской способностью населения, которая достаточно низкая в силу их низких доходов. Значения потребных калорий в сутки является допущением в модели за все этапы расчетного периода.

Три тысячи килокалорий в сутки составляют норму потребления продуктов питания, рекомендованную ВОЗ для Центрально-Азиатского региона. При сравнении этих норм и Региональных медицинских норм, выяснено, что они практически не отличаются друг от друга по суточному калоражу (таблица 6). Разница есть в суточной норме потребления мяса, фруктов и некоторых других продуктов. Поскольку правильно для Центрально-Азиатского региона рассчитывать на снижение в суточном потреблении мяса и увеличения потребления фруктов, за основу для расчетов были приняты нормы ВОЗ.

**Таблица 6**

**Нормы потребления продуктов питания**

| Наименование продуктов питания | Нормы питания ВОЗ |                    | Региональные медицинские нормы питания |                    |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|--|--------------------|
|                                | кг/чел в год      | ккал/сут на 1 чел. | кг/чел в год                           | ккал/сут на 1 чел. |
| Пшеница и другие зерновые      | 200               | 832                | 200                                    | 832                |
| Мясо и мясопродукты            | 55                | 251                | 68                                     | 372                |
| Молоко и молопродукты          | 270               | 408                | 270                                    | 408                |
| Овощи, включая картофель       | 187               | 375                | 187                                    | 375                |
| Фрукты                         | 170               | 224                | 50                                     | 62                 |
| Сахар                          | 20                | 205.0              | 40                                     | 411                |
| Растительное масло             | 12                | 266.0              | 12                                     | 266                |
| Рыба и рыбопродукты            | 15                | 341,0              | 18                                     | 409                |
| Яйца                           | 30                | 106                | 11                                     | 39                 |
| <b>ИТОГО:</b>                  |                   | <b>3008</b>        |  | <b>3174</b>        |

Необходимое количество калорий за год определяется последующей формуле:

$$N_t = n_t * P_t * 365,6 \quad (19)$$

Где:  $n_t$  – суточная норма потребления калорий на одного человека;

$P_t$  – население в год  $t$  – из блока «Население»;

**365,6** - количество дней в году.

2. Определяются требования по видам продовольствия, т.е. сколько каждого вида продовольствия необходимо производить для удовлетворения суточного потребления населения в питании для  $m$  видов продовольствия.

$$N_{mt} = n_t * n_m / C_m * 365,6 * P_t \quad (20)$$

где:

$n_m$  – доля  $m$ -го вида продукта питания в суточном калораже;

$C_m$  – содержание калорий в 100-граммах  $m$ -го вида продукта;

*Подблок «Питание – Снабжение»*

1. В данном блоке рассчитываются объемы возможного производства продуктов питания по каждому виду продовольствия.

1.1. Определяется возможное производство зерновых культур, включая пшеницу и рис.

$$F_{av_{ct}} = V_{avw_t} + V_{avr_t} \quad (21)$$

где:

$V_{avw_t}$  и  $V_{avr_t}$  – соответственно возможное производство пшеницы и риса с учетом коэффициента пересчета хлеба на зерно и с учетом потерь. Эта информация поступает из подблока «Питание-Потребности».

1.2. Определяется возможное производство мяса и молока.

Возможное производство мяса и молока рассчитывается на основании возможного производства кормовых культур с использованием пересчетных коэффициентов, отражающих конвертацию выхода побочной продукции сельскохозяйственных культур, которая используется как корм для животных, а так же конвертацию кормовых единиц и потребности кормовых единиц для производства 1 т мяса и 1 т молока. Коэффициенты выхода продукции по основным культурам и питательная ценность кормов представлены в табл. 7.

**Таблица 7**

**Питательная ценность кормов и коэффициенты выхода побочной продукции растениеводства**

| Наименование культуры | Наименование побочной продукции | Коэф. выхода продукции | Коэф. пересчета кормовой единицы |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Хлопчатник            | Гузапая                         | 5,00                   | 0,18                             |
| Пшеница               | Солома                          | 1,3                    | 0,21                             |
| Рис                   | Солома                          | 1,3                    | 0,24                             |
| Люцерна               | Сено                            | 1,00                   | 0,49                             |
| Кукуруза на зерно     | Стебли                          | 1,6                    | 0,37                             |
|                       | Зерно                           | 1,00                   | 1,34                             |
|                       | Силос                           | 1,00                   | 0,2                              |
| Картофель             | Ботва, корнеплоды               | 0,50                   | 0,12                             |

Кормовая единица представляет собой условный показатель, отражающий питательную ценность различных видов кормов. Расчет кормовых единиц по различным видам кормов ведется от величины содержания питательных веществ у овса, принятого за единицу.

Далее приводится таблица потребности кормовых единиц для производства различных видов мяса (табл. 8).

Таблица 8

Потребности кормовых единиц для производства мяса

| Наименование продукции<br>1 центнер (100 кг) | Кормовые единицы |
|--|------------------|
| Говядина                                     | 10,5             |
| Баранина                                     | 8,5              |
| Свинина                                      | 8                |
| Мясо птицы                                   | 6,3              |

В таблице 9 представлены примерные годовые потребности кормов на 1 голову КРС молочного направления при различных удоях.

Таблица 9

Примерные годовые потребности кормов на 1 голову КРС молочного направления при различной молочной продуктивности в год

| Удой молока, кг | Кормовые единицы, кг |              |              |
|-----------------|----------------------|--------------|--------------|
|                 | Грубые корма         | Сочные корма | Всего кормов |
| 2500            | 622                  | 6319         | 6941         |
| 3000            | 622                  | 7173         | 7795         |
| 3500            | 622                  | 7804         | 8426         |
| 4000            | 622                  | 8048         | 8670         |
| 4500            | 622                  | 8165         | 8787         |
| 5000            | 622                  | 7951         | 8573         |
| 5500            | 622                  | 8243         | 8865         |

$$Fav_{mt} = Vav_{ft} * ke_f + Vav_{ct} * ko_{ct} * ke_c + Fav_{ct} * kow_t * ke_w / k1 * k2 \quad (22)$$

где:

$Vav_{ft}$  – возможное производство кормовых культур в год t;

$ke_f$ ,  $ke_c$ ,  $ke_w$  – коэффициенты пересчета в кормовые единицы соответственно для люцерны, хлопка и зерновых (см. табл.6);

$ko_{ct}$ ,  $kow_t$  – коэффициенты выхода побочной продукции соответственно для хлопка и зерновых (см. табл 6);

$k1$  – коэффициент потребности кормов для производства 1т мяса/молока. В соответствии с информацией, представленной в таблицах 7 и 8, для расчета производства мяса  $k1$  принят равным 8,5. Для расчета производства молока  $k1$  принят равным 2,8.

$k2$  – коэффициент, учитывающих наличие пастбищных кормов в общем балансе кормов. На основании анализа баланса кормов данный коэффициент принят равным 80 %. То есть, в общем рационе кормов потребление грубых и сочных кормов составляет 80 %, а 20 % приходится на концентрированные и пастбищные корма.

1.3. Возможный объем производства овощей, бахчевых культур и картофеля, а так же фруктов и винограда поступает в данный подблок из подблока «Сельское хозяйство-Производство».

1.4. Возможный объем производства растительного масла рассчитывается как выход побочной продукции хлопководства с коэффициентом выхода растительного масла 14,2 %.

1.5. Для сахара, яиц и рыбы принято, что возможное производство равно требуемому.

2. Осуществляется перевод возможного производства продуктов питания в калории.

$$Nav_t = \sum_1^m (Fav_{mt} * C_m / 100) \quad (23)$$

где:

**Fav<sub>mt</sub>** – возможное производство m-го вида продукта в год t (п. 1 данного подблока);

**C<sub>m</sub>** – содержание калорий в сто граммах m-го вида продукта;

**100** – пересчетный коэффициент в млрд. килокалорий.

1. Определяется возможное суточное обеспечение калорий.

$$Navd_t = Nav_t / P_t * 365,5 * 1000 \quad (24)$$

где:

**Nav<sub>t</sub>** – возможное производство продуктов питания в год t (из п. 2 данного подблока);

**P<sub>t</sub>** – население в год t (блок «Население»);

**365,5** – количество дней в году;

**1000** - пересчетный коэффициент в килокалории.

#### *Подблок «Питание – Баланс»*

1. Определяется соотношение требуемого и возможного производства продуктов питания, выраженного в килокалориях:

$$Nb_t = N_t - Nav_t \quad (25)$$

где:

**N<sub>t</sub>** – требуемое количество продовольствия в год t, выраженное в килокалориях (подблок «Питание-Потребности»);

**Nav<sub>t</sub>** – возможное производство продуктов питания в год t, выраженное в килокалориях (подблок «Питание – Снабжение»).

#### **Блок «Вода»**

Блок «Вода» состоит из следующих подблоков:

- «Вода – Требования населения»
- «Вода – Требования промышленности»
- «Вода – Требования ирригации»

- «Вода – Общие требования»
- «Вода – Водные ресурсы»
- «Вода – Баланс»

*Подблок «Вода – Требования населения»*

В данном подблоке производится расчет требований на воду для обеспечения жизнедеятельности населения, исходя из удовлетворения суточной потребности человека в воде (**wdom**).

$$\mathbf{Wddom}_t = P_t * \mathbf{wdom}_t \quad (26)$$

где:

**P<sub>t</sub>** – численность населения в год t (блок «Население»);

**wdom<sub>t</sub>** – потребление воды, приходящееся на одного человека в год t. Этот показатель является переменной мероприятий и может меняться пользователем исходя из выбранного сценария и комплекса мероприятий, обеспечивающего улучшение водоснабжение населения. За 2000 год этот показатель является допущением, рассчитанным на основании фактической статистической информации.

*Подблок «Вода – Требования промышленности»*

Определяются требования на водные ресурсы для промышленности. Эти требования определяются в зависимости от эффективности использования воды в промышленности (**wind**). Эффективность использования воды в промышленности является переменной мероприятий и может меняться пользователем исходя из сделанных предположений относительно развития повторного и обратного водоснабжения в промышленности, сокращения безвозвратного водопотребления. За 2000 год этот показатель является допущением, рассчитанным на основании фактической статистической информации и определенным как количество ВВП промышленности, выраженное в долларах США, приходящееся на 1 м<sup>3</sup> используемой в промышленности воды.

$$\mathbf{Wdind}_t = \mathbf{GNPind}_t / \mathbf{wind}_t \quad (27)$$

где:

**GNPind<sub>t</sub>** – объем промышленности в ВВП в году t (блок «Экономика»);

**wind<sub>t</sub>** – показатель эффективности использования воды в промышленности в году t (\$/м<sup>3</sup>).

*Подблок «Вода – Требования ирригации»*

В данном подблоке содержится информация, переходящая из подблока «Сельское хозяйство – Вода» относительно воды, требуемой на орошение (см. подробно п. 3.5.3.).

*Подблок «Вода – Общие требования»*

Общие требования к объему водных ресурсов, необходимому для использования определяются как сумма требований, определенных в вышеуказанных подблоках.

$$\mathbf{Wd}_t = \mathbf{Wddom}_t + \mathbf{Wdind}_t + \mathbf{Wdagr}_t \quad (28)$$

### 3.7.5. Подблок «Вода – Водные ресурсы»

Расчет водных ресурсов, доступных для использования выполнен с использованием анализирующих материалов В. Соколова.

В рамках этого анализа представлен прогноз формирования поверхностных водных ресурсов с 2000 по 2020 годы с разделением их на трансграничные и местные. Прогноз представлен в пределах государств Центральной Азии по Амударье и Сырдарье с учетом Афганистана и Ирана, а так же по бассейну Аральского моря в целом.

Оценены суммарные располагаемые водные ресурсы (трансграничные и местные) за период с 2000 по 2020 годы отдельно по каждому государству, входящему в бассейн Аральского моря с учетом Афганистана и Ирана. Определены среднесрочные поверхностные водные ресурсы по каждому государству бассейна Аральского моря, включая Афганистан и Иран, а так же ресурсы поверхностных вод в условиях маловодного года (95 % обеспеченности).

Определены среднесрочные водные ресурсы поверхностных трансграничных вод – формируемые в пределах каждого государства бассейна Аральского моря, включая Афганистан и Иран и располагаемые к использованию в соответствии с согласованными МКВК лимитами водозабора из главных рек.

Определены среднесрочные ресурсы поверхностных вод местных источников для каждого государства бассейна Аральского моря, а так же для Афганистана и Ирана отдельно по Сырдарье и Амударье и по бассейну в целом. Определены ресурсы подземных вод в бассейне Аральского моря.

Произведена оценка региональных запасов подземных вод для каждого государства бассейна Аральского моря, эксплуатационных запасов, утвержденных к использованию и располагаемых к использованию подземных водных ресурсов.

Проанализировано формирование возвратных вод и водоотведение в бассейне Аральского моря.

Оценены возвратные воды, располагаемые для использования по каждому государству бассейна Аральского моря отдельно по Сырдарье и Амударье. Выведены количественные показатели объема водоотведения в реки, в озера и понижения, а так же объема повторного использования.

Проанализирована динамика использования водных ресурсов по каждому государству бассейна Аральского моря с 1990 по 1999 годы по следующим категориям водопотребителей: хозяйственно-питьевое водоснабжение, сельскохозяйственное водоснабжение, промышленно-техническое водоснабжение, рыбное хозяйство, орошение, прочие. Так же выполнен анализ расходования воды по следующим источникам использования:

- из поверхностных трансграничных водных ресурсов,
- из поверхностных местных водных ресурсов,
- из подземных и
- из возвратных.

Данные поведенного анализа использованы в качестве исходной информации блока «Вода» социально-экономической модели.

В подблоке «Вода - Водные ресурсы» рассчитываются следующие показатели.

#### 1. Местные поверхностные водные ресурсы

Определение местных поверхностных водных ресурсов, доступных для использования в пределах каждого государства бассейна Аральского моря возможно исходя из нескольких вариантов предположений.

**Первый вариант** – все поверхностные местные водные ресурсы, формируемые в пределах государства доступны для использования в этом государстве. Логично предположить, что лишь только после полного использования местных водных ресурсов государство имеет право предъявить требования на использование трансграничных поверхностных водных ресурсов. Однако, согласно анализу, проведенному В. Соколовым, в настоящее время местные поверхностные водные ресурсы не во всех государствах бассейна Аральского моря полностью забираются для использования.

Исполнителям и экспертам, привлекаемым к разработке данного блока не известны причины неполного отбора поверхностных местных водных ресурсов каждой страной (возможно, это - отсутствие водозаборов, оросительной сети и пр.). Кроме того, если принять первый вариант, то можно сознательно завесить объем располагаемых для использования водных ресурсов, включив в них фактически недоступные для использования. Поэтому в этой версии модели принят **второй вариант**, в соответствии с которым местные поверхностные водные ресурсы, доступные для использования в пределах каждого государства определяются в зависимости от степени их водозабора. Аналогичная ситуация с подземными и возвратными водами. Доля водозабора местных поверхностных водных ресурсов, подземных и возвратных вод в пределах каждого государства бассейна Аральского моря на современном уровне представлена в табл. 10.

Таблица 10

**Доля водозабора поверхностных местных водных ресурсов, подземных и возвратных вод по государствам бассейна Аральского моря (современное состояние) в % от располагаемого количества**

| Показатели                                     | Государства     |                       |             |              |            |
|--|-----------------|-----------------------|-------------|--------------|------------|
|  | Южный Казахстан | Кыргызская Республика | Таджикистан | Туркменистан | Узбекистан |
| Доля водозабора поверхностных местных ресурсов | 45              | 66                    | 5           | 100          | 100        |
| Доля водозабора подземных водных ресурсов *)   | 35              | 69                    | 45          | 34           | 90         |
| Доля водозабора возвратных вод                 | 50              | 4,6                   | 15          | 4            | 58         |

\*) в процентах от запасов, утвержденных к использованию

Доля водозабора поверхностных местных водных ресурсов является переменной мероприятий и может меняться пользователем при выборе различных стратегий.

В соответствии с вышеизложенным, количество местных поверхностных водных ресурсов, доступных для использования в пределах каждой страны, определяется следующим образом:

$$W_{avloc_t} = Wl_t * kwl_t * Kcc_t \quad (29)$$



$Wl_t$  – местные поверхностные водные ресурсы, формируемые в пределах каждой страны в год  $t$ ;

$kwl_t$  – коэффициент водозабора местных поверхностных водных ресурсов в год  $t$  (табл. 10).

$Kcc_t$  – коэффициент влияния климатических изменений. Подробное объяснение введения этого коэффициента будет дано ниже.

## 2. Подземные водные ресурсы

Подземные водные ресурсы, доступные для использования в пределах каждого государства рассчитываются исходя из запасов, утвержденных к использованию и доли водозабора подземных вод.

$$Wavun_t = Wun_t * kwun_t \quad (30)$$

$Wun_t$  – объем подземных вод, утвержденный к использованию;

$kwun_t$  – коэффициент водозабора подземных вод в год  $t$  (табл. 10). Этот коэффициент является переменной мероприятий и может меняться пользователем в течение прогнозного периода в соответствии с выбранной стратегией использования подземных водных ресурсов.

## 3. Возвратные воды

Возвратные воды оцениваются как формируемые и располагаемые к использованию. Формируемые возвратные воды поступают часть в реку, часть в понижения, часть используется повторно. Процесс формирования возвратных вод зависит от степени использования водных ресурсов, безвозвратного водопотребления и определяется в зависимости от ежегодных требований к объему используемых водных ресурсов. Так, в модели предусмотрено, что с сокращением общих требований к использованию водных ресурсов, объем формируемых возвратных вод так же будет сокращаться.

Объем доступных для повторного использования возвратных водных ресурсов определяется в зависимости от наличия возвратных водных ресурсов и степени их использования.

$$Wavru_t = Wru_t * kwru_t \quad (31)$$

$Wru_t$  – располагаемые для повторного использования возвратные водные ресурсы в год  $t$ ;

$kwru_t$  - коэффициент использования возвратных вод в год  $t$  (табл. 10). Этот коэффициент является переменной мероприятий и может меняться пользователем в течение прогнозного периода в соответствии с выбранной стратегией использования возвратных водных ресурсов.

Сток возвратных вод в реку зависит от количества сформировавшихся водных ресурсов, степени их использования и сбросов в озера и понижения. Информация об объеме стока возвратных вод в реку поступает в гидрологическую модель для дальнейшего использования.

$$Wrr_t = (Wrf_t - Wavru_t) * kwrr_t \quad (32)$$

$Wrf_t$  – объем формируемых водных ресурсов в год  $t$ ;

$Wavru_t$  – объем возвратных водных ресурсов, доступных для использования в год  $t$ ;

$kwrr_t$  – коэффициент возврата в реку.

Коэффициент возврата в реку для каждого государства приведен в табл. 11.

#### 4. Трансграничные поверхностные водные ресурсы

Доступные для использования трансграничные поверхностные водные ресурсы оцениваются исходя из существующего лимитированного использования трансграничных водных ресурсов. Среднемноголетние ресурсы поверхностных вод трансграничных рек в бассейне Аральского моря (формируемых и располагаемых к использованию) различны по каждому государству, входящему в бассейны рек Сырдарья и Амударья и представлены в табл. 12.

**Таблица 11**

**Доля возвратных вод, поступающих в реку <sup>\*)</sup>  
(современное состояние) в % от формируемых возвратных вод**

|   | Государства    |                       |             |              |            |
|---|----------------|-----------------------|-------------|--------------|------------|
|   | Южн. Казахстан | Кыргызская Республика | Таджикистан | Туркменистан | Узбекистан |
| Доля возвратных вод, поступающих в реку | <b>58</b>      | <b>100</b>            | <b>100</b>  | <b>23</b>    | <b>56</b>  |

*\*) по данным В. Соколова*

**Таблица 12**

**Среднемноголетние ресурсы поверхностных трансграничных рек в бассейне Аральского моря, куб. км в год  
(данные В. Соколова)**

| Государство           | Бассейн реки |                                |               |                                | Всего формируется в бассейне Аральского моря |
|-----------------------|--------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|--|
|                       | Сырдарья     |                                | Амударья      |                                |  |
|                       | формируется  | располагаемые к использованию* | формируется   | располагаемые к использованию* |  |
| Казахстан             | 0.749        | 8.2                            | 0             | 0                              | 0.749  |
| Кыргызская Республика | 21.391       | 0.2                            | 1.5           | 0.3                            | 22.891                                       |
| Таджикистан           | 0.7          | 2                              | 42.6          | 7.2                            | 43.3   |
| Туркменистан          | 0            | 0                              | 1.549         | 22                             | 1.549  |
| Узбекистан            | 2.8          | 11                             | 1.2           | 22                             | 4  |
| Афганистан и Иран     | 0            | 0                              | 8.05          | 2,5**                          | 8.05   |
| <b>Всего</b>          | <b>25.64</b> | <b>22</b>                      | <b>54.899</b> | <b>54</b>                      | <b>80.539</b>                                |

*\*)* Согласованный МКВК лимит водозабора из главной реки

*\*\*)* Согласно Схеме КИОВР Бассейна р. Амударья (1984).

Доступные для использования трансграничные водные ресурсы в пределах каждого государства соответствуют согласованным МКВК лимитам межгосударственного вододеления. Они зависят от водности года и представляют собой определенный процент от водных ресурсов по каждой реке (табл. 13).

**Таблица 13**

**Лимиты водозабора из рек Амударьи и Сырдарьи (1993-1999)**

| Государство           | Среднее за 1992-1999 гг. |            | Лимит, %   |
|-----------------------|--------------------------|------------|------------|
| <b>Сырдарья</b>       |                          |            |            |
|                       | Км <sup>3</sup>          | %          | %          |
| Узбекистан            | 11,3                     | 51,76      | 50,5       |
| Казахстан             | 8,34                     | 38,32      | 42         |
| Таджикистан           | 1,97                     | 9,08       | 7          |
| Кыргызская Республика | 0,19                     | 0,85       | 0,5        |
| <b>ИТОГО</b>          | <b>21,8</b>              | <b>100</b> | <b>100</b> |
| Кроме того, Арал      | 6,38                     |            |            |
| <b>ВСЕГО</b>          | <b>28,18</b>             |            |            |
| Кроме того, Арнасай   | 3,45                     |            |            |
| <b>Амударья</b>       |                          |            |            |
| Кыргызская Республика | 0,15                     | 0,29       | 0,29       |
| Таджикистан           | 7,32                     | 14,47      | 15,17      |
| Туркменистан          | 21,52                    | 42,53      | 42,27      |
| Узбекистан            | 21,61                    | 42,71      | 42,27      |
| <b>ИТОГО</b>          | <b>50,60</b>             | <b>100</b> | <b>100</b> |
| Кроме того, Арал      | 6,12                     |            |            |
| <b>ВСЕГО</b>          | <b>56,72</b>             |            |            |

5. Определение общих доступных для использования водных ресурсов.

$$W_{avt} = W_{avtr_t} + W_{avloc_t} + W_{avun_t} + W_{avru_t} \quad (33)$$

6. Учет влияния изменения климата.

В третьем сценарии модели учитывается влияние изменения климата на снижение водности основных рек на основании различных климатических сценариев, среди которых нами были выбраны два:

- Климатический сценарий, показывающий незначительное влияние на изменение водных ресурсов; и
- Климатический сценарий, показывающий большие изменения в их водности.

Основой этих сценариев послужила информация первого Национального сообщения Узбекистана по изменению климата (1999 г.) и представленные там региональная модель и модель СССМ Канадского климатического центра.

Наибольшую аридизацию климатических условий зоны формирования стока дает модель СССМ – среднегодовое повышение температуры воздуха на 6,5 °С и уменьшение осадков на 11 %, в то время как региональная модель дает повышение температуры воздуха на 1,5-2,5 °С и увеличение осадков на 20 %.

В табл. 14 показан естественный среднемноголетний речной сток и ожидаемое изменение водных ресурсов основных рек бассейна Аральского моря для двух клима-

тических сценариев. Следует отметить, что по сравнению с базовой нормой по первому климатическому сценарию ожидается изменение водных ресурсов по Сырдарье на +4%, а по Амударье - на -3%; по второму климатическому сценарию ожидается уменьшение водных ресурсов на -28 и -40% соответственно (табл. 15).

**Таблица 14**

**Суммарный естественный речной сток и ожидаемое изменение водных ресурсов основных рек бассейна Аральского моря для двух климатических сценариев, км<sup>3</sup> в год**

| Государство                             | Суммарный естественный речной сток в бассейне Аральского моря, км <sup>3</sup> в год |          |                         |      | Ожидаемое изменение водных ресурсов основных рек бассейна Аральского моря для двух климатических сценариев |          |               |          |
|---|--|----------|-------------------------|------|--|----------|---------------|----------|
|   | Речной бассейн   |          | Бассейн Аральского моря |      | Речной сток  |          |               |          |
|   | Сырдарья   | Амударья | км <sup>3</sup>         | %    | Региональный сценарий  |          | Сценарий СССМ |          |
|   | Сырдарья   | Амударья | км <sup>3</sup>         | %    | Сырдарья   | Амударья | Сырдарья      | Амударья |
| Казахстан                               | 2,4  | -        | 2,4                     | 2,1  | 2,5  | -        | 1,7           | -        |
| Кыргызстан                              | 27,6   | 1,6      | 29,2                    | 25,1 | 28,7   | 1,5      | 19,9          | 0,96     |
| Таджикистан                             | 1  | 59,6     | 60,6                    | 52   | 1  | 57,8     | 0,7           | 35,8     |
| Туркменистан                            | -  | 1,5      | 1,5                     | 1,2  | -  | 1,4      | -             | 0,9      |
| Узбекистан                              | 6,2  | 5        | 11,2                    | 9,6  | 6,4  | 4,8      | 4,6           | 3        |
| Афганистан и Иран                       | -  | 11,6     | 11,6                    | 10   | -  | 11,2     | -             | 6,7      |
| Всего по бассейнам рек, км <sup>3</sup> | 37,2   | 79,3     | 116,5                   | 100  | 38,6   | 76,7     | 26,9          | 47,36    |

**Таблица 15**

**Ожидаемое изменение водных ресурсов основных рек бассейна Аральского моря по климатическим сценариям**

| Река     | Базовая норма | Климатический сценарий |    |                 |     |
|----------|---------------|------------------------|----|-----------------|-----|
|          |               | Региональный           |    | СССМ            |     |
|          |               | км <sup>3</sup>        | %  | км <sup>3</sup> | %   |
| Сырдарья | 37,2          | 38,6                   | 4  | 26,9            | -28 |
| Амударья | 79,3          | 76,7                   | -3 | 47,4            | -40 |

На основе вышеприведенных данных было установлено, что общие располагаемые к использованию водные ресурсы региона бассейна Аральского моря составят на 2020 год по третьему сценарию  $-56,37 \text{ км}^3$  с учетом экологических требований Арала и Приаралья, при этом поверхностные водные ресурсы из трансграничных рек составят  $28,71 \text{ км}^3$ .

*Подблок «Вода – Водный Баланс»*

В данном подблоке определяется разница между доступным для использования объемом водных ресурсов и требуемым объемом, включая экологические требования Арала и Приаралья.

$$\mathbf{WB}_t = \mathbf{Wav}_t - \mathbf{Wd}_t \quad (34)$$

где:

$\mathbf{Wav}_t$  – доступные для использования в год  $t$  водные ресурсы (подблок «Вода-Водные ресурсы»);

$\mathbf{Wd}_t$  – общие требования к объему использования водных ресурсов в год  $t$  (подблок «Вода – Общие Требования»).

***КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ СЦЕНАРИЕВ***

Как было описано ранее, в соответствии с выбранными подцелями сформулированы критерии оценки, которые являются выходными показателями СЭМ.

В соответствии с подцелями выбраны следующие критерии (табл. 16):

Таблица 16

## Наименование критериев социально-экономической модели

| <i>Подцель 1. Социально-экономическое развитие</i>                            |
|---|
| 1. ВВП на душу населения  |
| 2. ВВП  |
| 3. Продукция промышленности   |
| 4. Продукция сельского хозяйства  |
| 5. Услуги   |
| 6. Темп роста орошаемых земель  |
| 7. Площадь орошаемых земель под продовольственными культурами                 |
| 8. Доля использования орошаемых земель от потенциально пригодных для орошения |
| 9. Импорт/Экспорт земли   |
| 10. Орошаемые земли на душу населения   |
| 11. Общие инвестиции в экономику  |
| 12. Прямые иностранные инвестиции   |
| 18. Индекс водной напряженности   |
| <i>Подцель 2. Рациональное водопользование во всех отраслях экономики</i>     |
| 13. Общие требования на воду  |
| 14. Требование на воду для орошения   |
| 15. Требования на воду для промышленности                                     |
| 16. Требования на воду для населения  |
| 17. Дефицит гидроэнергии  |
| <i>Подцель 3. Обеспечение безопасности продовольствия</i>                     |
| 19. Количество килокалорий, приходящееся на 1 человека в день                 |
| 20. Баланс калорий  |
| <i>Подцель 4. Обеспечение экологического равновесия</i>                       |
| 21. Водный баланс   |
| 22. Приток в Аральское море   |
| 23. Минерализация воды, впадающей в Малое море                                |
| 24. Уровень воды в малом море   |
| 25. Минерализация воды, впадающей в Большое море                              |
| 26. Уровень воды в Большом море   |

1. **ВВП на душу населения** – отражает экономическое развитие, а так же взаимосвязь темпов роста населения и экономики.

2. **ВВП** – Валовой Национальный Продукт – отражает экономическое развитие и темпы его роста.

3. **Продукция промышленности** – отражает объем промышленной продукции в денежном выражении, свидетельствует о выбранных приоритетах развития.

4. **Продукция сельского хозяйства** - отражает объем продукции сельского хозяйства в денежном выражении, свидетельствует о выбранных приоритетах развития.

5. **Услуги** - отражает объем продукции сектора услуг в денежном выражении, свидетельствует о выбранных приоритетах развития.

6. **Темп роста орошаемых земель** – отражает возможности развития орошения как точки зрения обеспеченности водными ресурсами, так и с точки зрения наличия инвестиций для освоения новых орошаемых земель.

7. **Площадь орошаемых земель под продовольственными культурами** – показывает площадь орошаемых земель, которая может быть занята под продовольственными культурами при используемой структуре посевов с учетом введения новых земель.

8. **Доля использования орошаемых земель от потенциально пригодных для орошения** – показывает приближение к верхнему пределу использования земель, потенциально пригодных для орошения.

9. **Импорт/Экспорт земли** - отражает количество земли, которое потенциально можно экспортировать в случае, если потребности в продовольствии полностью удовлетворяются за счет собственного производства и количество земли, которое требуется импортировать, если потребности в продовольствии не удовлетворяются. Количество экспорта/импорта земли оценивается исходя из следующего философского предположения. Если страна не может полностью обеспечить себя продовольствием в соответствии с рекомендуемыми нормами потребления калорий в день, следовательно, необходимо закупить недостающее количество. А это может означать, что, закупая продовольствие за пределами государства, тем самым как бы импортируется земля, производящая недостающее для данного государства продовольствие. Ситуация в случае избытка производства продовольствия складывается аналогично с точностью до наоборот. Количество импортируемой/экспортируемой земли определяется из расчета производства на ней зерна и расчета недостающих/избыточных калорий в зерновом эквиваленте.

10. **Орошаемые земли на душу населения** - отражают взаимосвязь роста орошаемых земель и населения, темпы развития ирригации.

11. **Общие инвестиции в экономику** – показатель отражает объем капиталовложений в денежном выражении, которые могут быть инвестированы в развитие экономики, а так же темпы и приоритеты экономического развития.

12. **Прямые иностранные инвестиции** – отражают инвестиционный климат, открытость экономики, приоритеты экономического развития и его темпы.

13. **Общие требования на воду** – количество воды в км<sup>3</sup>, необходимое для использования в пределах государства в соответствии с выбранной стратегией развития и водосбережения.

14. **Требования на воду для орошения** - показывает количество воды в км<sup>3</sup>, необходимое для орошения в соответствии с выбранной стратегией водосбережения и существующей структурой использования орошаемых земель.

15. **Требования на воду для промышленности** – показывает количество воды в км<sup>3</sup>, необходимое для промышленности, исходя из эффективности ее использования.

16. **Требования на воду для населения** – показывает количество воды в км<sup>3</sup>, необходимое для населения в соответствии с выбранной стратегией водосбережения и развития водоснабжения.

17. **Дефицит гидроэнергии** – количество дефицита выработки гидроэлектроэнергии в соответствии с выбранной опцией ГМ (ирригационный режим, энергетический режим, компромиссный режим с учетом компенсаций).

18. **Индекс водной напряженности** – отражает количество людей, приходящихся на сто единиц потока возобновляемых водных ресурсов. Сто единиц потока равны 1 млн. м<sup>3</sup> водных ресурсов, доступных для использования в государстве за исключением возвратных вод.

19. **Количество килокалорий, приходящееся на 1 человека в день** – то количество килокалорий, которое может быть произведено.

20. **Баланс калорий** – показывает разницу между требуемым и возможным для производства количеством килокалорий.

21. **Водный баланс** – показывает разницу между водными ресурсами, доступными для использования и требованиями к объему их использования, включая требования Арала и Приаралья. В данной версии модели не предусмотрено получение отрицательных значений этого показателя. Это связано с тем, что при постановке задачи было оговорено, что в реальной жизни дефицита воды быть не может. Дефицит воды в реальности означает недоподачу определенного объема воды потребителю. Поскольку промышленность и население являются приоритетными водопотребителями, весь возникающий дефицит воды приходится на орошение. Именно поэтому в модели при возникновении дефицита резко сокращается использование орошаемых земель, сокращается объем производства продовольствия, увеличивается «импорт земли», что отражается во 2 и 3 сценариях.

22. **Приток в Аральское море** – определяет объем воды, поступающий в Аральское море.

23. **Минерализация воды, впадающей в Малое море** – отражает качество воды, поступающей в Малое море.

24. **Уровень воды в Малом море** – показывает динамику изменения уровня воды в Малом море в соответствии с выбранными сценариями.

25. **Минерализация воды, впадающей в Большое море** – отражает качество воды, поступающей в Большое море.

26. **Уровень воды в Большом море** – показывает динамику изменения уровня воды в Большом море в соответствии с выбранными сценариями.

### **КРИТЕРИИ В ЦВЕТЕ**

Кроме критериев, описанных в предыдущем разделе, в СЭМ выделены критерии устойчивого развития, позволяющие оценить, насколько устойчиво развивается система. Подходы к выбору данных критериев основаны на теории использования экологического пространства. Согласно этой теории, определенная нагрузка на ресурсы может считаться низкой; при этом остается достаточно большой запас для их использования будущими поколениями при устойчивом развитии. Нагрузка так же может считаться допустимой, когда соблюдается предельная возможность для развития будущих поколений на принципах устойчивости. Нагрузка может быть сверх допустимых пределов, когда устойчивое будущее развитие будет проблематичным или не реальным. При присвоении цвета для одних критериев можно предположить, что если их показатели на конец прогнозного периода лучше, чем в базовом году, то достижения являются прогрессивными. Другие критерии имеют четкие пороги допустимости.

Нами предложены в данной версии модели четыре критерия устойчивого развития, которые мы попытались представить в различной цветовой гамме в зависимости от установленной градации. Цветовая гамма и градация критериев устойчивого развития представлены в табл. 17.



Таблица 17

## Цветовая гамма критериев устойчивого развития

| Наименование критерия             | Градации оценки и присвоение цвета |   |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|---|------------------------------------|
|                                   | красный                            | желтый                                  | зеленый                            |
| GNP на душу населения             | Менее или равно 700 USD            | От 700 до 3000 USD                      | Более 3000 USD                     |
| Орошаемые земли на душу населения | От 0 до 0,1 га/чел                 | От 0,1 до 0,2 га/чел.                   | Более 0,2 га/чел.                  |
| Суточное потребление калорий      | Менее 2000 Ккал на человека в день | От 2000 до 3000 Ккал на человека в день | Более 3000 Ккал на человека в день |
| Индекс водной напряженности       | От 1 до 5                          | От 6 до 10                              | Более 10                           |

При дальнейшем развитии в последующих версиях модели предлагается включить следующие индикаторы:

- **Степень нагрузки на водные ресурсы** – доля фактически забранной воды от общих доступных водных ресурсов. Для этого в модели необходимо переустановить связи, чтобы можно было отразить нагрузку на водные ресурсы при полном удовлетворении требований. В данной версии модели такая возможность отсутствует. Причина – см. описание критерия 21 (Водный баланс). Связи в последующей версии модели необходимо переустановить таким образом, чтобы была возможность определять степень нагрузки на водные ресурсы, и, при этом так же была бы сохранена существующая возможность определения потенциала сельскохозяйственного производства.
- **Импорт земли для удовлетворения потребностей в продовольствии**. Этот критерий в данной версии присутствует. Необходимо для него разработать градацию.
- **Степень нагрузки на земельные ресурсы** – доля фактически используемых орошаемых земель от земель, потенциально пригодных для орошения.
- **Индекс водного напряжения**. Этот критерий присутствует в данной версии модели. Он имеет следующее определение градации. От 0 до 5 – «относительно достаточное водообеспечение»; от 5 до 10 – «водное напряжение»; более 10 – «верхний предел».
- **Индекс социального водного напряжения**, равный индексу водного напряжения, отнесенному к индексу человеческого развития. Этот индекс имеет следующую градацию. От 0 до 10 – «относительно достаточное водообеспечение»; от 10 до 19 – «водное напряжение»; свыше 19 – «верхний предел». Для того, чтобы ввести этот индекс в модель, необходимо так же ввести в модель Индекс Человеческого Развития (ИЧР), который сам по себе является интегрированным показателем. Кроме того, необходимо предусмотреть прогнозирование ИЧР на достаточно длительный период (20 лет).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модель позволяет осуществлять прогнозные расчеты для каждой страны бассейна Аральского моря и по региону в целом. Поскольку модель производит расчеты за каждый год прогнозного периода, существует возможность анализирования динамики происходящего развития.

При помощи модели можно:

- рассчитать численность населения;
  - определить объем валового национального продукта;
  - установить уровень инвестиций в экономику и уровень прямых иностранных инвестиций;
  - определить потребности в продовольствии по основным видам продуктов питания;
  - определить возможности производства основных продовольственных культур;
  - определить степень удовлетворения в потребностях продовольствия собственного производства;
  - определить возможности развития орошения исходя из наличия водных ресурсов и инвестиционных возможностей;
  - рассчитать требования к водным ресурсам со стороны населения, промышленности и сельского хозяйства;
  - определить располагаемые водные ресурсы;
  - соотнести располагаемые к использованию водные ресурсы с требуемыми;
  - определить недостающий/избыточный объем производимого продовольствия.
- и т.д.

Определяя основные индикаторы, можно знать, какие при этом будут:

- темп роста населения;
  - темп роста ВВП;
  - структура ВВП;
  - доля инвестиций в ВВП;
  - доля прямых иностранных инвестиций от общих инвестиций в экономику;
  - урожайность основных сельскохозяйственных культур;
  - удельное водопотребление основных сельскохозяйственных культур и головной удельный водозабор на орошение;
  - эффективность использования воды в промышленности;
  - суточное потребление калорий населением;
  - суточный объем воды, потребляемый населением
- и т.д.

Цветовая гамма индикаторов устойчивого развития дает наглядную информацию об изменениях расчетных критериев в зависимости от принятых пользователем переменных сценариев и мероприятий.

*Хорст М.Г.*

## **ОБ УЧАСТИИ ПРОГРАММЫ WUFMAS (TACIS) В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ**

### ***ВВЕДЕНИЕ***

Увеличение производства сельхозпродукции на орошаемых землях является важным фактором устойчивого развития экономики стран Центральной Азии, дестабилизирующее воздействие на которое оказывают высокие темпы прироста населения, ослабление экономического потенциала, резкое уменьшение капиталовложений в мелиорацию и водное хозяйство, нарастающий дефицит воды пригодного к использованию качества. В условиях перехода к рыночным отношениям в сельском и водном хозяйстве достижение потенциальной продуктивности земельных и водных ресурсов возможно лишь при обеспечении производства максимума сельхозпродукции на единицу затраченной воды, что требует осуществления комплексных исследований практической направленности.

Ряд особенностей региона: распространенность засоленных земель, наличие орошаемых земель с близким залеганием минерализованных грунтовых вод, предрасположенность почв к коркообразованию, требуют разработки специфических подходов при выработке решений по повышению эффективности сельхозпроизводства.

Основа для подобных разработок создана подпроектом «Исследования водопользования и управления в сельском хозяйстве» (WUFMAS).

С 01.04.96 в хозяйствах и на полях-индикаторах проводились комплексные исследования факторов сельхозпроизводства на внутривозрастном уровне, включающие изучение фактического использования земли и воды, удобрений, механизмов, ручного труда и т. п. на фоне существующей инфраструктуры, социально-экономических и природно-климатических условий типичных зон бассейна Аральского моря. Целью этих исследований являлось установление фактического положения на наименее изученном внутривозрастном уровне, складывающегося в условиях реструктуризации сельского хозяйства пяти Центральноазиатских государств, адаптация к местным условиям международных методологий эффективного сельхозпроизводства и водопользования и разработка практических рекомендаций по повышению продуктивности орошения.

На основе оценок и анализов было разработано семь сценариев практических рекомендаций повышения продуктивности. Наиболее оптимальный из них, предусматривающий снижение затрат оросительной воды с одновременным обеспечением повышения урожайности сельхозкультур за счет улучшенной агротехники был реализован в 1999 году в 9 хозяйствах региона. Фермерам и лицам, принимающим решения (в семинарах приняли участие более 300 человек) были практически продемонстрированы выгоды от повышения продуктивности использования воды за счет улучшения использования факторов сельхозпроизводства и повышения урожайности сельхозкультур (социально-экономический аспект) одновременно со снижением непроизводительных затрат оросительной воды (экологический аспект).

Вместе с тем, была продемонстрирована реальная возможность создания на базе демонстрационных полей WUFMAS своеобразных *консультационных пунктов*, позволяющих расширить зону внедрения практического применения разрабатываемых рекомендаций, на основе которых в будущем возможно создать службу «extension service» и тренинговые центры.

## **ПРОГРАММА WUFMAS – ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДСТВОМ**

### **Что такое WUFMAS**

WUFMAS - это исследования водопользования и управления сельхозпроизводством, выполнявшиеся в период 1996-1999 гг. при поддержке Европейского Сообщества в Центрально-Азиатском регионе.

Основной целью первого этапа работ было изучение и оценка того, как фактически в хозяйствах, представляющих различные природно-климатические зоны бассейна Аральского моря используются имеющиеся ресурсы и, что производится с использованием этих ресурсов. Иными словами, целью первого этапа было получить «фотографию» текущей ситуации на наименее изученном и наиболее чувствительном к воздействию внешних факторов – внутрихозяйственном уровне.

### **Зачем нужны подобные программы**

После обретения государствами Центральной Азии независимости и выбора каждым из них своего пути развития, основанного на законах рыночной экономики и, учитывая ведущую роль в экономике стран региона аграрного сектора, важна оценка того, какие изменения произошли на так называемом низовом уровне – внутрихозяйственном и что необходимо предпринять, чтобы повысить эффективность орошаемого земледелия.

Данные официальной статистики ограничены в своем содержании. Кроме того, многие вопросы такие как, например, реальная эффективность использования оросительной воды и других ресурсов внутри хозяйств оцениваются официальной статистикой лишь косвенно. Впервые в подобных масштабах [в первый период работ (с 01.04.96 г. по 31.03.97 г.) наблюдениями и оценками было охвачено порядка 110 тыс. га из 7,5 млн. га орошаемых земель региона (18 парных хозяйств – 360 полей)] по единой методике в течение трех сельскохозяйственных годов велось непрерывное отслеживание (мониторинг) процессов происходящих в орошаемом земледелии.

### **Как выбирались объекты**

Основными принципами при выборе хозяйств являлись - обеспечение репрезентативности по высотно-широтным почвенно-мелиоративным условиям и по формам хозяйствования. Каждая из выбранных пар хозяйств характеризовала определенную почвенно-мелиоративную зону в бассейне Аральского моря.

В соответствии с обеспеченностью работ финансированием в период с 01.04.97 г. по 31.03.98 г. наблюдения и оценки в рамках WUFMAS проводились на порядка 80 тыс.га орошаемых земель центрально-азиатского региона (табл. 1). Из общего числа 24 хозяйств (240 полей) - 14 располагались в бассейне р. Сырдарьи и 10 - в бассейне р. Амударьи.

В каждом из выбранных хозяйств выбиралось по 10 орошаемых полей, характерных для зоны расположения и для самого хозяйства по структуре посевов. На 240 полях наблюдавшихся в период с 01.04.97 г. по 31.03.98 г. сложилась следующая структура посевов:

- хлопчатник - 117 полей (49 %);
- озимая пшеница - 38 полей (16 %);
- рис - 20 полей (8 %);
- люцерна - 14 полей (6 %);
- другие сельхозкультуры - 51 поле (21 %).

### Что из себя представляет База данных WUFMAS

Для возможности разноплановых анализов и оценок вся информация, характеризующая орошаемое земледелие хозяйств, включенных в мониторинг WUFMAS, была систематизирована в виде Базы Данных. Основывается она на отчетных данных репрезентативных хозяйств бассейна Аральского моря для уровня «хозяйство» и на фактической информации для уровня «поле» систематического мониторинга водопользования и факторов сельхозпроизводства.

Ежемесячно пополнявшаяся информация охватывает период с 01.04.96 по 30.11.98 г. на первом этапе работ и для демонстрационных и контрольных полей второго этапа с 01.10.99 по 30.11.99 г.

База Данных позволяет проследить за этот период основные тенденции для уровней «хозяйство» и «поле», сложившиеся в орошаемом земледелии региона под воздействием внешних и внутренних факторов, а также произвести оценку влияния отдельных факторов и совокупности факторов на эффективность водопользования и сельхозпроизводства.

В составе Базы Данных WUFMAS постоянно пополняющийся новыми данными архив информации со следующими разделами:

- Идентификация месторасположения контрольных полей WUFMAS
- Землепользование
- Водопользование
- Режим грунтовых вод
- Дренаж
- Факторы сельхозпроизводства
- Фенология
- Болезни и вредители сельхозкультур, сорняки
- Сельскохозяйственная продукция
- Климатология
- Физические и химические свойства почв и воды
- СПРАВОЧНИКИ:
  - цены
  - стоимости
  - специальная служебная информация
  - информация о курсах национальных валют.

База данных WUFMAS, представляющая отсутствующий в обычных статистических крупномасштабных исследованиях комплекс знаний для уровня "поле" имеет большое значение для:

- оценки фактической и потенциальной продуктивности земли и воды;
- выявления резервов водосбережения;
- создания единой методологической базы оценки и нормирования водопотребления
- выбора альтернативных путей повышения экономической эффективности орошаемых земель, особо в условиях перехода к рыночной экономике.

### Что измерялось и оценивалось

#### *Землепользование*

- отчетные данные хозяйств на начало вегетационного периода каждого года ( 1 апреля ), характеризующие использование земли в контурах хозяйств WUFMAS
- отчетные данные на начало вегетационного периода каждого года (1 апреля), характеризующие структуру посевных площадей 7 и планируемое распределение сельскохозяйственной продукции с этих площадей в контурах хозяйств WUFMAS для:
  - орошаемых сельскохозяйственных культур
  - неорошаемых сельскохозяйственных культур.

#### *Водопользование*

- ежемесячные текущие данные полевых измерений, характеризующих фактическую водоподачу на орошаемые поля в период проведения:
  - промывных поливов
  - влагозарядковых поливов
  - вегетационных поливов сельскохозяйственных культур
- отчетные данные хозяйств на начало вегетационного периода каждого года (1 апреля), характеризующие планируемое водопользование в контурах хозяйств WUFMAS:
- отчетные данные хозяйств по декадам каждого месяца, характеризующие ход водоподачи на орошение в контуры хозяйств WUFMAS:
  - из магистральных и межхозяйственных оросительных каналов
  - из внутриконтурных скважин вертикального дренажа
  - из открытой коллекторно-дренажной сети
  - площадь, орошенную из всех видов источников воды

#### *Режим грунтовых вод*

- текущие данные полевых измерений в начале и конце каждого месяца, уровня грунтовых вод (при залегании их < 3 м от поверхности земли) на контрольных полях WUFMAS

#### *Дренаж*

- отчетные данные хозяйств на начало вегетационного периода каждого года ( 1 апреля ), характеризующие работу за предшествующий год дренажных систем в контурах хозяйств WUFMAS:
  - вертикальный дренаж
  - закрытый горизонтальный дренаж
  - открытый горизонтальный дренаж

#### *Факторы сельхозпроизводства*

Текущие данные полевых измерений, характеризующих физические и стоимостные затраты при производстве сельскохозяйственной продукции на контрольных полях WUFMAS на следующие факторы:

- семена (саженцы) сельскохозяйственных культур
- удобрения
  - органические

- неорганические

- агро-химикаты
- средства биологической защиты растений
- машины и механизмы
- ручной труд
- управленческий труд.

*Фенология*

- текущие данные полевых измерений в начале и конце каждого месяца вегетации показателей, характеризующих рост и развитие сельскохозяйственных культур на контрольных полях WUFMAS :
  - средняя высота растений
  - средняя глубина корневой системы
  - среднее количество цветков (колосков, початков, плодов) на одном растении
  - среднее количество раскрытых коробочек хлопчатника
  - среднее количество не раскрытых коробочек хлопчатника

- текущие данные полевых измерений в марте, июне, октябре каждого года количества растений на 1 погонном метре или на 1 м<sup>2</sup>, характеризующих густоту стояния растений сельскохозяйственных культур на контрольных полях WUFMAS

*Сельскохозяйственная продукция*

- текущие данные полевых измерений показателей, объем собранной сельскохозяйственной продукции на контрольных полях WUFMAS:
  - с учетных площадок (пять на каждом поле)
  - с контрольных полей

*Болезни и вредители сельскохозяйственных культур, сорняки*

- текущие данные полевых измерений в марте, июне, октябре каждого года количества сорняков на 1 погонном метре или на 1 м<sup>2</sup>, характеризующих засоренность контрольных полей WUFMAS
- текущая оценка в марте, июне, октябре каждого года степени ущерба сельскохозяйственным культурам (по 4-х бальной шкале) от засоренности контрольных полей WUFMAS
- название сельскохозяйственных вредителей или заболеваний сельскохозяйственных культур и дата первого обнаружения их на контрольных полях WUFMAS
- идентификация сельскохозяйственных вредителей или заболеваний сельскохозяйственных культур на контрольных полях WUFMAS
- оценка степени ущерба сельскохозяйственным культурам (по 4-х бальной шкале) от пораженности болезнями и вредителями и применяемые методы борьбы с ними на контрольных полях WUFMAS

*Метеоэлементы*

- текущая информация о ежедневных (в период вегетации) измерениях интенсивности испарения с водной поверхности испарителей класса «А» (установленных в каждом хозяйстве WUFMAS)
- текущая информация о среднемесячных значениях метеоэлементов, основывающаяся на данных наблюдений ближайших к хозяйствам WUFMAS государственных метеорологических станций
- среднемноголетние данные, характеризующие среднемесячные значения метеоэлементов ближайших к хозяйствам WUFMAS государственных метеорологических станций

*Физические и химические свойства почв и воды*

- данные лабораторных исследований водно-физических свойств почв с контрольных полей WUFMAS
- данные полевых показаний пенетрометров (плотномеров) по почвенным горизонтам контрольных полей WUFMAS (измерения, проведенные весной 1997 г.)
- данные лабораторных исследований химических свойств почв с контрольных полей WUFMAS (весна-осень)
- данные полевых определений интенсивности инфильтрации оросительной воды в почву на типичных контрольных полях хозяйств WUFMAS (лето 1996 г.)
- данные лабораторных исследований содержания питательных элементов в почвах контрольных полей WUFMAS (весна-осень)
- данные лабораторных исследований физических и химических свойств воды с контрольных полей WUFMAS и оценка ее качества:
  - оросительной (весна-лето-осень)
  - дренажной (весна-лето-осень)
  - грунтовой (весна-лето-осень).

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНОК**

#### **Продуктивность использования оросительной воды по данным WUFMAS**

Наряду с коэффициентами полезного действия элементов оросительных систем эффективность использования оросительной воды в орошаемом земледелии оценивается удельными затратами оросительной воды на единицу сельхозпродукции и «оплатой» единицы израсходованной оросительной воды урожаем сельхозкультур.

В рамках подпроекта WUFMAS такая оценка по средневзвешенным показателям проведена для основных сельхозкультур региона на основе учетов и замеров на контрольных полях (табл. 2).

Наиболее представительными в этих оценках являются поля с хлопчатником. Средняя площадь контрольных полей составляла 8 га. В затратах оросительной воды учитывалась валовая водоподача на уровне водовыделов непосредственно на поля, включающая влагозарядковые поливы, зачастую совмещаемые с промывными поливами, и, собственно, вегетационные поливы.

В среднем по контрольным хозяйствам хлопководческого направления оросительная норма «брутто-поля» составила 7243 м<sup>3</sup>/га, в том числе – 2039 м<sup>3</sup>/га – промывка и влагозарядка и 5204 м<sup>3</sup>/га - вегетационные поливы. Таким образом, при средней урожайности хлопчатника, зафиксированной на уровне полей – 23.3 ц/га, затраты оросительной воды на единицу урожая - 311 м<sup>3</sup>/га при продуктивности воды, использованной на уровне поля – 0.32 м<sup>3</sup>/га. Прибыль на единицу затраченной воды составила – 0.06 \$/м<sup>2</sup>.

Самые высокие затраты оросительной воды на уровне полей и низкая «оплата» воды урожаем в Республике Таджикистан (контрольные хозяйства Ленинабадской области) – 825 м<sup>3</sup>/ц и 0.12 кг/м<sup>3</sup>, соответственно. Прибыль на единицу затраченной воды составила – 0.05 \$/м<sup>3</sup>.

Самые низкие – затраты оросительной воды и высокая «оплата» воды урожаем в Республике Казахстан – 160 м<sup>3</sup>/ц и 0.43 кг/м<sup>3</sup>, соответственно. Прибыль на единицу затраченной воды составила – 0.17 \$/м<sup>3</sup>.

Аналогичная оценка, предпринятая по озимой пшенице (47 полей со средней площадью 11 га в 17 хозяйствах региона) показала следующее. Средневзвешенная оросительная норма «брутто-поля» составила 4575 м<sup>3</sup>/га. При средней по региону урожай-



ности 22.3 ц/га затраты оросительной воды – 208 м<sup>3</sup>/ц при продуктивности оросительной воды, использованной на уровне поля – 0.49 кг/м<sup>3</sup>. Убытки на единицу затраченной воды составили – 0.008 \$/м<sup>3</sup>.

Самые высокие затраты оросительной воды на уровне полей и низкая «оплата» воды урожаем в Туркменистане – 438 м<sup>3</sup>/ц и 0.23 кг/м<sup>3</sup>, соответственно. Убытки на единицу затраченной воды составили – 0.006 \$/м<sup>3</sup>.

Наибольшие убытки в расчете на единицу затраченной воды отмечались в Узбекистане – 0.03 \$/м<sup>3</sup>.

Самые низкие – затраты оросительной воды и высокая «оплата» воды урожаем в Республике Казахстан – 111 м<sup>3</sup>/ц и 0.90 кг/м<sup>3</sup>, соответственно. Прибыль на единицу затраченной воды составила – 0.09 \$/м<sup>3</sup>.

На стоимостные показатели оценок продуктивности, как видно, существенно влияет ценовая политика в сельском хозяйстве проводимая государствами Центральной Азии.

### **Продуктивность использования земли и оценка, влияющих на нее факторов** (Анализы и оценки выполнены членом РРГ WUFMAS к.б.н. Г.В.Стулиной)

Продуктивность земли определяется величиной конечного продукта сельскохозяйственного производства. Выход сельскохозяйственного продукта зависит от ряда факторов, которые можно разделить на природно-климатические и организационно-производственные. Невысокое естественное плодородие зональных почв должно поддерживаться постоянным внесением питательных элементов.

Ситуация в обеспечении ресурсами в хозяйствах WUFMAS отражает картину, сложившуюся в республиках ЦАР.

Из питательных элементов, необходимых для растений, вносится преимущественно азот. Доля азотных удобрений составляла 80-100 % от всех удобрений, хотя и его количества было недостаточно, особенно в Казахстане и Туркменистане.

Фосфор вносился в составе сложных удобрений (аммофос, диамоний фосфат) в течение вегетации, осеннее внесение суперфосфата под вспашку, предусмотренное технологией, не выдерживается.

Калийные удобрения находились в значительном дефиците и практически не вносились, хотя только половину суммарной площади контрольных полей (48 %) можно отнести к достаточно обеспеченным калием.

Недостаточное снабжение удобрениями привело к снижению содержания подвижного фосфора и калия в почве по отдельным хозяйствам на 65 % и 50 % соответственно.

Засоление земель (из общей площади контрольных полей – сильнозасоленных: 13 % в Казахстане, 9 % в Узбекистане, по 2 % в Туркменистане и Таджикистане) и неработающий дренаж (46 % закрытого и 32 % открытого) создают неблагоприятную мелиоративную обстановку.

Наблюдается тенденция увеличения засоления почв. По данным измерений электропроводимости почвенных растворов средняя величина засоления по полям возросла на 51 % за два года (Химические и физические анализы почв выполнялись Региональной лабораторией WUFMAS под руководством к.с.-х.н. Ю.И.Широковой).

Критическая ситуация сложилась в системе защиты растений.

Несмотря на появление значительного ассортимента ядохимикатов, применение их затруднено из-за высокой стоимости самих ядохимикатов и авиаобработки.

На полях в незначительных количествах использовались инсектициды, (преимущественно на хлопчатнике), гербициды практически не использовались, хотя засо-

ренность полей и пораженность болезнями и вредителями диктовала в этом необходимость.

Так, например, поля, пораженные хлопковой совкой, были обработаны в Казахстане на 100 %, в Кыргызстане только на 62 %, в Узбекистане на 42 %.

Данные, характеризующие состояние машинотракторного парка показали, что в рабочем состоянии находятся 75 % наличных тракторов.

Состояние комбайнов и других самоходных машин менее благоприятное. В среднем только 61 % их общего количества находится в рабочем состоянии.

Обращает на себя внимание неэффективное использование дорогостоящей импортной техники. Только в случае увеличения ее производительности в 7-8 раз использование ее может стать выгодным.

Валовая прибыль \$/га, полученная как разница между доходом и переменными затратами на поле на производство сельхозкультуры, позволяет оценить выгоду от производства конкретной культуры.

Анализ валовой прибыли показывает, что наиболее выгодной и стабильной культурой является хлопчатник.

Значительная разница валовой прибыли по республикам (таблица 2) объясняется, как уже отмечалось, варьированием закупочной цены, которая была в хозяйствах Узбекистана в среднем 244 \$/т, Кыргызстана - 493 \$/т, Казахстана - 426 \$/т, Туркменистана - 247 \$/т, Таджикистана - 597 \$/т хлопка-сырца.

Валовая прибыль по рису была положительной для всех хозяйств и составила 309,5 \$/га.

Производство пшеницы в хозяйствах Туркменистана и Узбекистана (за исключением контрольных хозяйств в Бухарской и Хорезмской областях) по данным оценок нерентабельно для хозяйств, затраты на ее производство превышают полученный доход.

Высокую валовую прибыль получили хозяйства Кыргызстана, выращивающие семенную кукурузу, пшеницу и Туркменистана - семенную люцерну.

Анализ чувствительности к изменениям урожая, закупочной цены и переменных затрат показывает, что производство хлопчатника и риса достаточно стабильные.

Валовая прибыль остается положительной даже при увеличении переменных затрат на 25-50 % и снижении урожайности и закупочной цены на 15 %, что нельзя утверждать относительно люцерны и озимой пшеницы.

## ***ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНОК ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ***

### **Проблема водосбережения по оценкам WUFMAS**

Важность и актуальность проблемы водосбережения для центрально-азиатского региона, основным водопотребителем в экономике стран которого является орошаемое земледелие, не вызывает сомнения. Становится бесспорным, что устойчивость дальнейшего развития стран Центральной Азии возможно обеспечить только за счет повышения продуктивности орошаемых земель и снижения до оптимального уровня затрат оросительной воды на единицу сельхозпродукции.

Драматичность нынешней ситуации в водопользовании региона, как показывают оценки, выполненные в рамках подпроекта WUFMAS по двадцати двум хозяйствам в репрезентативных зонах региона, заключается в том, что в условиях лимитирования водоподдачи водопотребителям дефицит водообеспечения сельскохозяйственных культур усугубляется крайне нерациональным водопользованием на внутрихозяйственном уровне.

Основная сумма потерь складывается во внутривозрастной (бывшей) оросительной сети и на поле. При этом сверхнормативные потери в обоих этих звеньях в среднем составляют  $4436 \text{ м}^3/\text{га}$  или 37 % от общей водоподачи к контурам хозяйств.

По ориентировочным расчетам, выполненным в рамках WUFMAS на основе прямых измерений на уровне полей и привлекаемых «косвенных» показателей (табл. 3), сверх потерь оросительной воды, обусловленных нынешним уровнем внутривозрастных систем орошения, теряется в среднем 21 % оросительной воды, поданной в поля.

В зонах с относительно близким залеганием грунтовых вод к поверхности примерно половина потерь возвращается затем в виде капиллярного подпитывания корнеобитаемой зоны. Эта прибавка несколько повышает общую эффективность использования оросительной воды, но не вписывается в оптимальные мелиоративные режимы, предотвращающие процессы засоления почв и ухудшение качества поверхностных и подземных вод.

Большая часть «сверхнормативных» потерь (порядка 20 % от водоподачи в контур хозяйств) в Кыргызской Республике и Республике Таджикистан вызваны нерациональными элементами техники полива на землях с большими уклонами.

В срединных частях и низовьях бассейнов рек большая часть потерь оросительной воды приходится на системы транспортировки ее от водовыделов в хозяйства до полей. Эти потери сверх оправданных техническим уровнем транспортирующей воду каналов, сопряжены с так называемыми организационными потерями. Составляют они 15-35 % от водоподачи в контур хозяйств. Вызваны они практически полным отсутствием учета и управления водой на внутривозрастном уровне и крайне нерациональной организацией поливов.

Нередко (особенно в зонах нового освоения) значительная часть воды транзитом направляется в сброс, в то же время в напряженные фазы вегетации из-за отсутствия водооборота поля испытывают дефицит оросительной воды. Об этом также свидетельствуют проведенные для характерных полей хлопчатника, расположенных в разных природно-климатических зонах региона, расчеты, проведенные WUFMAS с использованием программы CROPWAT (FAO).

Во многих хозяйствах, расположенных в низовьях и срединных частях бассейнов рек водопотребность сельхозкультур удовлетворяется в основном за счет капиллярной подпитки из грунтовых вод.

Из-за нерациональной организации орошения складывается несколько парадоксальная картина – коэффициент использования оросительной воды, поданной в поле, составляет в среднем 0.5 (в трех республиках 0.57-0.58, в двух 0.33-0.34) и в то же время дефицит водопотребления сельхозкультур достигает 30-56 %.

Как следствие, нарушение оптимальных мелиоративных режимов из года в год провоцирует процессы засоления и падения урожайности сельхозкультур.

### **Оценка фактической эффективности вегетационных поливов на уровне поля**

Оценка фактической эффективности вегетационных поливов для выбранных в качестве примера хозяйств и полей WUFMAS-97 приведена в табл. 4.

Общей закономерностью для всех полей является очень низкий **КПД**<sub>поля</sub> при первом вегетационном поливе (2-16 %). Связано это, в основном, с несоответствием больших поливных норм «брутто» (140-176 мм) небольшому расчетному слою увлажнения (0.30-0.35 м). Полив в этот период по очень мелким бороздам (~10 см) на фоне неудовлетворительной планировки обуславливает применение очень маленьких полив-

ных струй и как следствие затягивание длительности полива и чрезмерные нормы добегания. К концу вегетации **КПД** несколько возрастает, т. к. поливные нормы «брутто» начинают в большей степени соответствовать увеличившемуся расчетному слою и в максимуме достигают 60-66 % в хозяйствах, расположенных в зонах малоуклонных и безуклонных орошаемых земель (хозяйства 23;17;36) и 40-53 % в хозяйствах, расположенных в зонах больших уклонов. В целом же за вегетационный период средневзвешенный **КПД<sub>поля</sub>** остается низким (21-40 %).

Для более полной оценки воспользуемся результатами расчетов элементов водного баланса.

В хозяйствах, расположенных в зонах **больших** уклонов (хозяйства 09;10) примерно 50 % процентов водопотребления покрывается вегетационными поливами и по 25 % приходится на осадки и используемые запасы почвенной влаги. Нормы «брутто» почти вдвое превышают норму водопотребления. Большие потери на поверхностный сброс за пределы орошаемого поля и несколько меньшие на глубинную инфильтрацию за пределы корнеобитаемой зоны.

В хозяйствах, расположенных в зонах **безуклонных** орошаемых земель (хозяйства 17;36) основной статьей «покрытия» водопотребления хлопчатника является капиллярная подпитка из близко расположенных грунтовых вод (средневзвешенный УГВ за вегетацию - 1.7 м). Причем формируются они как за счет повышенной глубинной инфильтрации на самих полях при распространенных здесь поливах по так называемым встречным бороздам, так и за счет потерь из необлицованной оросительной сети и притока со смежных орошаемых полей.

В хозяйстве, расположенном в зоне **малых** уклонов (хозяйство 23) основной статьей «покрытия» водопотребления хлопчатника также, хотя и в несколько меньшей степени является капиллярная подпитка из грунтовых вод (средневзвешенный УГВ за вегетацию – 2.2 м). Низкий **КПД<sub>поля</sub>** на фоне совершенной оросительной сети (железобетонные лотки) и дренажа (закрытый горизонтальный дренаж) обусловлено в основном крайней рассогласованностью хода водопотребления хлопчатника и фактического графика проведения поливов.

### Вариант оптимального графика полива

Какой оптимальный сценарий для графиков орошения можно рекомендовать для рассматриваемых хозяйств (при известных, используемых в данном примере, метеорологических факторах 1997 года и водно-физических свойствах почв) и какие предварительные условия необходимо при этом обеспечить?

За основной вариант примем вариант, при котором дата и норма очередного полива назначаются при исчерпании в корнеобитаемой зоне запасов легко доступной влаги (60-65 % запасов доступной почвенной влаги).

Так как нормально работающий дренаж в зонах **малых** уклонов и **безуклонных** орошаемых земель должен для предотвращения процессов засоления обеспечить залегание уровня грунтовых вод (УГВ) не ближе 2.5 м от поверхности поля, примем это в качестве условия для всей вегетации. В свою очередь, это и предпосевное глубокое рыхление, т. е. ликвидация переуплотненных плужных подошв, позволит увеличить глубину корневой зоны до 1 м.

Для зон **больших** уклонов как следует из обзора фактических графиков полива необходимо, прежде всего, обеспечить повышение **КПД<sub>поля</sub>** до вполне реального в этих условиях значения **КПД<sub>поля</sub>=70 %**. Достичь это можно, применяя схемы так называемого ярусного полива. Так, по одной из таких схем, орошаемое поле разбивается выводными бороздами на 3-4 яруса. По центру поливных делянок трассируются «шохи»-

арьки. Полив по коротким 60-70 м бороздам начинается с первого яруса, на следующем ярусе заправляются оголовки борозд. После добегания поливных струй до выводной борозды второго яруса образующийся сброс направляется в выводную борозду и дополняет расход, забираемый из «шох»-арька. В такой последовательности проводится полив на последующих ярусах. Ярусный полив, позволяет добиться равномерного увлажнения поливной делянки и существенно сократить поверхностный сброс, т. к. за пределы поля сброс будет производиться только с борозд последнего яруса.

Для зон **безуклонных** орошаемых земель обеспечить повышение **КПД<sub>поля</sub>** при удовлетворительной равномерности увлажнения, можно применяя схему полива по встречным бороздам, но необходимо, чтобы глубина борозд была не менее 20-25 см, т. е. чтобы борозда имела необходимую аккумулялирующую емкость для размещения объемов воды, не впитавшихся на момент прекращения водоподачи. При соблюдении этого условия возможно применение больших поливных струй ( $q=0.7-1.5$  л/с) и сокращение длительности полива, что позволит создать равномерный фон увлажнения. Сев хлопчатника желателно производить по заранее подготовленным гребням, это позволит обеспечить равномерные всходы и в последующем применять глубокие борозды.

Для зон **малых уклонов** обеспечить повышение **КПД<sub>поля</sub>** можно, применяя схему полива по коротким (100-150 м) тупиковым бороздам, аналогично предыдущему необходимо, чтобы глубина борозд была не менее 20-25 см.

Применяя перечисленные условия в качестве исходных и допуская, что исходная почвенная влага на дату сева сформированная осадками и влагозарядковым поливом составляет 90 % от легко доступной влаги, по программе CROPWAT рассчитаны оптимальные графики поливов для максимального в данных условиях уровня урожая (табл. 4).

Первые вегетационные поливы начинаются в фазу цветения и далее проводятся с межполивными интервалами 23-32 суток в зоне **больших** уклонов и 17-26 суток в зоне **малых** уклонов и **безуклонных** орошаемых земель, это позволит стимулировать максимальное развитие корня вглубь на первых стадиях роста.

В зоне **больших** уклонов (хоз-ва 09;10) количество вегетационных поливов сокращается до трех, а поливные нормы «брутто» не превышают 155-177 мм.

В зоне **безуклонных** орошаемых земель (хоз-ва 17; 36) количество вегетационных поливов увеличивается до пяти, а поливные нормы «брутто» не превышают 140-165 мм. Однородность оптимизированных для каждого из хозяйств поливных норм существенно упрощает управление водоподачей и повышает маневренность управления.

Соотношение между элементами «покрытия» водопотребления хлопчатника (табл. 5) претерпевают изменение в сторону увеличения полезно используемой влаги аккумулялированной при поливах в пределах корнеобитаемой зоны от 1.3 раза (хоз-ва 09;10) до 3.8 раз (хоз-во 23) и сокращения в 2 – 2.5 раза капиллярной подпитки из грунтовых вод (хоз-ва 17; 23; 36).

### Оценка «дефицит-излишек» водоподачи

Сопоставление балансов корнеобитаемой зоны при фактических показателях, зафиксированных на полях WUFMAS в 1997 и оптимизированных приведено в табл. 6. Оценка «дефицит-излишек» водоподачи на **максимальный** уровень урожайности показывает:

Таблица 6

**Оценка «дефицит-излишек» водоподачи в вегетационный период  
на орошение хлопчатника**

| Хозяй-<br>ство.<br>Поле | Урожайность<br>хлопчатника |  | Средне-<br>взвешен-<br>ное фак-<br>тическое<br>КПДполя | «Дефицит(-) - Излишек(+» водоподачи<br>при максимальной урожайности |  |
|-------------------------|----------------------------|--|--|---|--|
|                         | Факти-<br>ческая           | Максимум по<br>CROPWAT<br>в данных ус-<br>ловиях |  | При фактическом КПД<br>поля   | При КПД поля<br>=70%<br>и УГВ не выше 2.5<br>м |
|                         |                            |  |  |   |  |
| 09.04                   | 26.5                       | 30   | 24   | -35   | 587  |
| 10.08                   | 24.4                       | 30   | 31   | -6  | 364  |
| 17.05                   | 36.2                       | 37   | 39   | -11   | -95  |
| 23.02                   | 19.0                       | 30   | 21   | -213  | -71  |
| 36.08                   | 32.1                       | 36   | 40   | -116  | -309   |
| <b>СРЕД</b>             | <b>27.6</b>                | <b>33.5</b>                                      | <b>31</b>  | <b>-76</b>  | <b>95</b>                                      |

- при фактических **КПД<sub>поля</sub>** дефицит водоподачи в вегетационный период изменяется от 6 мм (хоз-во 10) до 213 мм (хоз-во 23);
- при оптимизированных элементах водного баланса и оптимальном **КПД<sub>поля</sub>=70%** объем возможной экономии оросительной воды (относительно водоподачи «брутто» зафиксированной в 1997 году) составляет от 364 мм (хоз-во 10) до 587 мм (хоз-во 09). В остальных хозяйствах дефицит водопотребления изменяется от 71 мм (хоз-во 23) до 309 мм (хоз-во 36).

Анализ, выполненный WUFMAS по результатам вегетационного периода 1997 года показал, что в большинстве случаев дефицит водопотребления на уровне орошаемых полей провоцируется большими организационными потерями между водовыделом в хозяйство и полем. В среднем по региону эти потери (сверх потерь обусловленных техническим уровнем оросительной сети) составляют 37 % от водоподачи в контур хозяйств. Таким образом, при четкой организации внутрихозяйственного водопользования в большинстве случаев возможно обеспечить бездефицитное орошение. Достигается это организацией сосредоточенных поливов на землях, подвешенных к участковым оросителям, введением водооборота между участковыми оросителями и внутрихозяйственными каналами и совершенствованием технологических схем полива на фоне улучшенной агротехники.

### Результаты осуществления рекомендаций WUFMAS

В вегетационный период 1999 года на демонстрационных полях (8 полей хлопчатника и одно поле риса), расположенных в 9 хозяйствах региона (таблица 1) началась практическая реализация, разработанных рекомендаций по повышению продуктивности оросительной воды.

Предварительно были выполнены технико-экономические оценки семи различных сценариев и из них выбран сценарий, предусматривающий снижение затрат оро-

сительной воды с одновременным повышением урожайности сельхозкультур за счет улучшенной агротехники. Особое внимание было уделено предпосевной подготовке почвы, а в период вегетации оптимизации элементов техники полива, т. е. оптимизации сочетаний поливных норм, расходов в борозды и длин борозд для данных уклонов и водопроницаемости почв. Кроме того, квалифицированно была поставлена работа по защите растений. Нормы и сроки поливов назначались дифференцированно в зависимости от развития растений и хода изменений метеоэлементов вегетационного периода.

Контролем для каждого такого поля являлось поле, располагавшееся в сходных почвенно-мелиоративных условиях, но где все операции выполнялись по обычной принятой в данном хозяйстве технологии.

Сравнение результатов, полученных на демонстрационных и контрольных полях, приведенное в табл. 7 подтверждает правильность разработанных рекомендаций и самое главное их практическую осуществимость без существенных капитальных затрат, т. е. в основном за счет повышения эффективности управления факторами сельхозпроизводства.

На семи демонстрационных полях с хлопчатником, приведенных для иллюстрации в табл. 7, урожайность возросла в сравнении с контролем в среднем на 86.5 %, при этом затраты воды на единицу сельхозпродукции сократились на 51.7 %, а продуктивность использования единицы оросительной воды в стоимостном выражении возросла более, чем в 2.5 раза.

На каждом демонстрационном участке были организованы семинары для работников хозяйств, руководителей органов управления сельским и водным хозяйством. Участниками семинаров отмечалась практическая значимость работ WUFMAS, направленных на повышение продуктивности орошения и конкретные результаты водосбережения.

### ***ЗАКЛЮЧЕНИЕ***

Экологическое равновесие и устойчивость экономического развития стран бассейна Аральского моря во многом определяются степенью эффективности использования водных ресурсов и особенно в орошаемой земледелии, являющимся основным потребителем водных ресурсов в странах Центральной Азии.

Особенности климатических и гидрогеологических условий большей части региона определяют подверженность орошаемых земель засолению, как под воздействием естественных процессов испарения и напорности минерализованных подземных вод, так и под влиянием орошения вследствие высокой испаряемости и отсутствия (или недостаточности) естественного оттока. Исторически сложившаяся в регионе распространенность самотечных оросительных систем и поверхностных способов орошения, требования промывного режима орошения сельскохозяйственных культур обуславливают повышенные удельные затраты воды на орошение. Кроме того, порядка 80 % внутривозвратной оросительной сети представлено земляными руслами, т. е. имеет повышенную фильтрацию.

При поверхностном орошении трудно избежать потерь питательных элементов и химелиорантов за пределы корнеобитаемой зоны. Как следствие, происходит загрязнение поверхностных водотоков, являющихся основным источником водоснабжения для значительной части населения. Ухудшается экологическая обстановка, как на массивах орошения, так и за их пределами. Создается напряженность в социально-экологической обстановке, т. к. экологическое ухудшение среды обитания провоцирует возникновение инфекционных и онкологических заболеваний населения.

Стабилизировать обстановку возможно внедрением в практику орошаемого земледелия водосберегающих технологий и мероприятий.

Рациональное водопользование и водосбережение в орошении могли бы сэкономить значительное количество воды. Доказательством тому служит то, что предпринятыми мерами лимитирования водопользования удалось снизить удельные водозаборы на орошение, составлявшие в 1990 году - 13 тыс. м<sup>3</sup>/га до 11,1 тыс. м<sup>3</sup>/га в 1995 году.

Основными мероприятиями водосбережения на современном этапе развития являются:

- комплексная и частичная реконструкция (модернизация) оросительных систем;
- внедрение совершенной техники и технологии поливов;
- введение водооборотов и других организационных мер, направленных на борьбу с непроизводительными потерями воды во внутривладельческой оросительной сети и на поле;
- создание системы пионерных проектов водосбережения, как первоочередных объектов показательного водопользования, призванных показать сельхозпроизводителям не только достижимость, но и экономическую эффективность водосбережения;
- жесткое нормирование водопотребления, на основе уточненных норм, рассчитанных в основном на удовлетворение минимальных биологических потребностей растений.

Ряд достаточно простых, не требующих существенных капитальных затрат организационных мер по водосбережению мог бы в определенной степени повысить эффективность водопользования и продуктивность орошения, однако масштабное водосбережение и улучшение качества земель возможно лишь путем значительных инвестиций в оросительную инфраструктуру и технологии.

Следует также иметь в виду, что при внедрении водосберегающих технологий два принципиальных положения усложняют их осуществление:

- проводимые мероприятия по водосбережению путем реконструкции и модернизации оросительных систем требуют затрат на один куб сэкономленной воды на уровне 1.0-1.4 \$/м<sup>3</sup>;
- землепользователь напрямую не заинтересован в водосбережении, т. к. большая часть эффекта водосбережения способствует решению экологических и социальных задач стоящих перед обществом в целом.

Таким образом, повышение коэффициентов полезного действия межхозяйственных и внутривладельческих оросительных систем, совершенствование техники и технологии полива, улучшение спланированности полей, частичная или комплексная реконструкция гидромелиоративных систем могут быть решены только с помощью государств за счет существенного увеличения капитальных вложений на эти цели, создания системы льготного кредитования этих мероприятий.

Учитывая важную роль орошаемого земледелия в экономике стран региона, необходимо создание государственной системы поддержки и развития водного и сельского хозяйства, направленную на повышение продуктивности орошаемых земель и оросительной воды.

Для этих целей целесообразно четко обозначить комплекс первоочередных приоритетных водосберегающих мероприятий и разработать целевые программы конкретных действий на ближайшую и отдаленную перспективы.

Возможный объем использования водосберегающих технологий ограничивается в настоящее время дефицитом финансовых средств и материальных ресурсов. В этих условиях важным становится выбор приоритетов. Первоочередными объектами применения водосберегающих технологий должны явиться:

- оросительные системы с хронически низкой водообеспеченностью;



- массивы, водоподача на которые связана с дорогостоящим машинным водоподъемом;
- орошаемые территории, представленные сильноводопроницаемыми почвогрунтами и сложным рельефом поверхности.
- орошаемые территории предгорий, т. к. расточительное водопользование на этих землях пагубно влияет на качество оросительной воды и экологическую обстановку в срединных и концевых частях бассейнов рек.

**Адрес редакции:**  
Республика Узбекистан,  
700187, г. Ташкент, Карасу-4, 11,  
НИЦ МКВК

Компьютерная верстка и дизайн  
*Беглов И.Ф.*

---

---

Подписано в печать  
Тираж 100 экз.

Формат 80x64 1/16  
Печ. л.

---

Отпечатано в НИЦ МКВК, г. Ташкент, Карасу-4, 11