

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Департамент мелиорации



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ЦЕНТР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ «МЕЛИОВОДИНФОРМ»  
(ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ»)**

**Мелиорация за рубежом**

**Выпуск 1**

Научно-технический обзор

Москва 2010

УДК 556.11  
ГРНТИ 70.03.07

Научно-технический обзор подготовлен в соответствии с тематическим планом ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ» на 2010 год.

Обзор составлен сотрудниками ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ»: Т.М. Белавцевой (раздел «Дренаж на орошаемых землях»), С.К. Вишневской (раздел «Израиль»), Л.Н. Картвелишвили (остальные разделы).

Все замечания и предложения направлять в ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ» по адресу: 109382, Москва, ул. Совхозная, 10, кор.6: тел. 8-495-359-32-74

© - ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ»

Сельскохозяйственная мелиорация является инструментом повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а в определенных случаях – основным условием их возделывания. Площади орошаемых земель, например, неуклонно увеличиваются. Если в 1980 году во всем мире орошалось менее 16% земель от общей площади сельскохозяйственных угодий, то сейчас эта доля составляет около 18% .

Основные направления развития сельскохозяйственной мелиорации связаны сегодня с автоматизацией, улучшением информационного обеспечения, совершенствованием стратегии и тактики возделывания сельскохозяйственных культур, совершенствованием поливной техники и технологий полива, улучшением структуры посевов, использованием возвратных и сточных вод предприятий, предотвращением фильтрации в каналах, использованием естественных осадков, применением новых материалов, многоцелевым использованием техники.

Однако не следует забывать, что мелиоративные мероприятия могут иметь как внутрихозяйственный экономический эффект, так и экологическое и социальное воздействие. Экологический аспект бывает представлен вопросами загрязнения водных ресурсов, например, питательными элементами и пестицидами, нанесением урона экосистемам, истощением грунтовых вод, засолением почв и др. К социальному аспекту нужно отнести процесс перераспределения водных ресурсов (пресной воды).

Научно-технический обзор содержит семь основных разделов («Орошение как инструмент повышения урожайности сельскохозяйственных культур», «США», «Израиль», «Индонезия», «Китай», «Орошение аккумулированным ливневым стоком», «Дренаж на орошаемых землях»), заключение, список источников информации и приложение.

## Содержание

|   |                                                                                  |   |
|---|----------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1 | Орошение как инструмент повышения урожайности сельскохозяйственных культур ..... | 5 |
|---|----------------------------------------------------------------------------------|---|

|       |                                                                                          |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2     | Израиль .....                                                                            | 20  |
| 2.1   | Водные ресурсы .....                                                                     | 20  |
| 2.2   | Сельское хозяйство .....                                                                 | 23  |
| 2.3   | Достижения в области орошения и очистки воды .....                                       | 32  |
| 2.4   | Системы орошения .....                                                                   | 36  |
| 2.4.1 | Капельное орошение .....                                                                 | 38  |
| 2.4.2 | Спринклерное орошение .....                                                              | 56  |
| 2.5   | Фертигация .....                                                                         | 58  |
| 3     | Индонезия .....                                                                          | 60  |
| 3.1   | Общие вопросы .....                                                                      | 60  |
| 3.2   | Основные проблемы, связанные с орошением .....                                           | 62  |
| 4     | Китай .....                                                                              | 63  |
| 5     | Орошение аккумулярованным ливневым стоком .....                                          | 64  |
| 6     | Мелиорация земель в Республике Беларусь .....                                            | 66  |
| 7     | Мелиорация земель на Украине .....                                                       | 69  |
| 8     | Дренаж на орошаемых землях .....                                                         | 71  |
| 8.1   | Теоретические исследования при использовании дренажа на орошаемых землях .....           | 74  |
| 8.2   | Открытый дренаж .....                                                                    | 77  |
| 8.3   | Закрытый дренаж .....                                                                    | 78  |
| 8.4   | Вертикальный дренаж .....                                                                | 82  |
| 8.5   | Другие виды дренажа .....                                                                | 85  |
|       | Заключение .....                                                                         | 90  |
|       | Источники информации .....                                                               | 94  |
|       | Приложение:                                                                              |     |
|       | Точное внесение удобрений (Германия) .....                                               | 97  |
|       | Энергоемкость сельскохозяйственной продукции и пути ее снижения (Беларусь) .....         | 97  |
|       | Водосберегающая технология орошения с использованием труб типа agrodrіp (Болгария) ..... | 98  |
|       | Автоматизация каналов Ферганской долины .....                                            | 98  |
|       | Источники информации к приложению .....                                                  | 120 |

## 1 Орошение как инструмент повышения урожайности сельскохозяйственных культур

Орошение является инструментом повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а в определенных случаях - основным условием их возделывания.

Площади орошаемых земель в разных частях земного шара и в некоторых странах указаны в таблицах 1 и 2 [39, 25].

Таблица 1

**Площадь орошаемых земель в разных частях земного шара**

| Год               | Орошаемые угодья,<br>млн. га |       |       | Орошаемые угодья в процентах от<br>общей площади сельхозугодий |      |      |
|-------------------|------------------------------|-------|-------|----------------------------------------------------------------|------|------|
|                   | 1980                         | 1990  | 2003  | 1980                                                           | 1990 | 2003 |
| Весь мир          | 193,0                        | 224,2 | 277,1 | 15,8                                                           | 17,3 | 17,9 |
| Африка            | 9,5                          | 11,2  | 13,4  | 5,1                                                            | 5,7  | 5,9  |
| Азия              | 132,4                        | 155,0 | 193,9 | 28,9                                                           | 30,5 | 34,0 |
| Латинская Америка | 12,7                         | 15,5  | 17,3  | 9,4                                                            | 10,9 | 11,1 |
| Карибский регион  | 1,1                          | 1,3   | 1,3   | 16,4                                                           | 17,9 | 18,2 |
| Северная Америка  | 21,1                         | 21,6  | 23,2  | 8,6                                                            | 8,8  | 9,9  |
| Океания           | 1,7                          | 2,1   | 2,8   | 3,4                                                            | 4,0  | 5,4  |
| Европа            | 14,5                         | 17,4  | 25,2  | 10,3                                                           | 12,6 | 8,4  |

Таблица 2

**Площадь орошаемых земель в некоторых странах (2006–2007 гг.)**

| Страна         | Площадь сельхозугодий,<br>млн. га | Орошаемые угодья,<br>млн. га | Орошаемые угодья<br>в процентах от общей площади угодий |
|----------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Китай          | 121,7                             | 56,5                         | 46,4                                                    |
| США            | 368,8*                            | 22,6                         | 6,1                                                     |
| Россия         | 166,0                             | 2,3                          | 1,4                                                     |
| Франция        | 27,5                              | 2,7                          | 9,7                                                     |
| Дания          | 2,7                               | 0,44                         | 16,4                                                    |
| Великобритания | 16,1                              | 0,14                         | 0,9                                                     |
| Испания        | 24,9                              | 3,7                          | 14,7                                                    |
| Голландия      | 1,9                               | 0,46                         | 23,9                                                    |
| Финляндия      | 2,3                               | 0,08                         | 3,4                                                     |

\* Вся площадь землепользований фермерских хозяйств.

Распространение орошения в Китае связано с требованиями к водному режиму основного вида сельскохозяйственной культуры—риса.

В то же время площадь земель под рисом в США составляет чуть менее 5 % площади всех орошаемых угодий. Здесь орошение выступает как один из факторов повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства.

В отдельных странах Европейского союза орошение рассматривается как дополнительное мероприятие. Так, в Голландии площадь угодий, оборудованных оросительными системами, составляет 24 % всей площади сельскохозяйственных угодий и только около половины этой площади орошается.

Статистический учет орошаемых земель имеет свои особенности как в России, так и за рубежом. Официальный статистический орган Европейского союза—Евростат ведет учет как сельскохозяйственных угодий, которые орошались в отчетном году (irrigated land), так и всей площади сельскохозяйственных угодий, которые оснащены оросительными мелиоративными системами (irrigable land). В таблице 2 представлены последние.

Приведенные сведения относительно Соединенных Штатов Америки касаются только фактически орошаемых угодий. Доля орошаемой пашни (убранная посевная площадь) в общей ее площади составляет около 17 %.

В России сведения, полученные в ходе Всероссийской сельскохозяйственной переписи (2006 г.), представлены в виде двух категорий — орошаемые сельскохозяйственные угодья и фактически орошаемые. В таблице 2 представлены орошаемые угодья, фактически орошаемые угодья в 2006 году составляли 0,94 млн. га.

Обследование фермерских хозяйств, имеющих в составе своего землепользования орошаемые угодья, которое проводится в США один раз в пять лет (Farm and Ranch Irrigation Survey), позволяет установить средний размер таких хозяйств.

В 2008 году насчитывалось 206,8 тыс. фермерских хозяйств с орошаемыми угодьями (9,4 % общей численности фермерских хозяйств в США) с общей земельной площадью 79,3 млн.га, из которых 22,0 млн. га орошалось. Таким образом, средний размер фермерского хозяйства, имеющего в своем составе орошаемые угодья, составляет 383 га. Из результатов Сельскохозяйственной переписи 2007 года известно, что в целом средний размер фермерского хозяйства в США составляет 167 га.

Урожайность сельскохозяйственных культур значительно возрастает на орошаемых участках. Урожайность картофеля увеличивается в 1,4 раза (с 30,9 до 44,2 т/га), пшеницы в 1,9 (с 2,6 до 5,1 т/га), сена в 2,0 (с 5,6 до 11,2 т/ га), кукурузы на зерно в 1,7 раза (с 6,7 до 11,2 т/га).

Орошение представлено следующими основными видами: поверхностным, дождеванием, подпочвенным и капельным.

Статистические сведения о применяемых видах орошения в фермерских хозяйствах США показывают, что широкое распространение приобретает дождевание, преимущественно центрально-осевыми дождевальными агрегатами – аналогами отечественных ДМ «Фрегат». Известно, что в 2008 году дождеванием орошалось 56 % всех орошаемых угодий (с долей центрально-осевых агрегатов 83 %). Динамика оснащённости фермерских хозяйств данными типами оросительных систем выглядит следующим образом. Численность хозяйств: 1998 год — 43,3 тыс., 2003 — 47,0 тыс., 2008 — 53,4 тыс.; орошаемая площадь: 1998 год — 7,6 млн. га, 2003 год — 8,6 млн. га, 2008 год — 10,4 млн. га. К их преимуществам можно отнести возможность полива одним агрегатом площади 53–62 га, автоматический режим работы, возможность контроля за параметрами и объёмами дождевания и др.

Встречаются центрально-осевые агрегаты с площадью полива, достигающей 200 га.

Одним из факторов, влияющих на распространение унифицированных центрально-осевых дождевальных систем, можно считать характер землеустройства фермерских хозяйств: территория сельской местности в США разделена на квадраты — секции со стороной длиной в 1 милю.

Мелиоративные мероприятия имеют как внутрихозяйственный экономический эффект, так и экологическое и социальное воздействие.

Экологический аспект представлен вопросами загрязнения водных ресурсов, например, питательными элементами и пестицидами, нанесением урона экосистемам, истощением грунтовых вод, засолением почв и др.

К социальному аспекту можно отнести процесс перераспределения водных ресурсов (пресной воды).

## **2 Израиль**

### **2.1 Водные ресурсы**

Израиль — страна, которая добилась впечатляющих успехов в сельском хозяйстве [34]. Площадь Израиля составляет около 21 тыс. кв. км (для сравнения — площадь Белгородской области в России составляет 27,1 тыс. кв. км). 60% ее территории — пустыня, а значительная часть — горы, холмы и леса. Сельское хозяйство Израиля испытывает постоянный недостаток пресной воды. Водные ресурсы страны весьма ограничены. Подсчитано, что в среднем за год в Израиле выпадает 6 млрд. кубометров дождевых осадков. Из этого количества 60–70% испаряется вскоре после выпадения дождя, не менее 5% сбе-

гает в виде поверхностных стоков в Средиземное, Красное и Мертвое моря. Из остающихся 25% влаги, которая впитывается в почву, значительное количество также попадает в моря с подземным стоком. Постоянных рек в Израиле мало, да и у них в летнее время сток сильно сокращается, а некоторые почти пересыхают. Единственным значительным резервуаром пресной воды является озеро Кинерет (Галилейское море), из которого ежегодно выкачивается в среднем 400 млн. кубометров воды для южных районов. Озеро Кинерет – проточное, через него протекает река Иордан. Вытекая из озера, Иордан вскоре переходит на территорию Иордании, принимает в себя воды реки Ярмук и затем попадает в Мертвое море. Мертвое море разделено на две части: большая, площадью 470 кв. км, находится в пределах Иордании, меньшая (250 кв. км) – в пределах Израиля. Ежегодные ресурсы пресной воды в Израиле оцениваются в 1800 млн. куб. м. Из этого количества около 1100 млн. куб. м дают малые реки, ручьи и родники; 215 млн. обеспечивают река Яркон и ее притоки; 320 млн. приходится на долю израильской части Иордана и 180 млн. куб. м можно получить, собирая воды дождевых потоков, а также путем очистки сточных вод и опреснения морской воды. Подземные воды отличаются повышенной жесткостью из-за примесей бикарбоната кальция.

Израиль заслуженно называют страной, победившей засуху. Чтобы обеспечить постоянно растущее потребление воды промышленностью, сельским хозяйством и населением, в стране создана централизованная система водоснабжения и ирригации, которая включает Всеизраильский водовод и сеть ирригационных каналов. Главная линия водовода протянулась на 142 км от северо-западного берега Тивериадского озера (Кинерет), которое служит основным резервуаром всей системы, до пункта Рош-ха-Айин, где она соединяется со 106-километровой линией Яркон – северный Негев. Проектная мощность главной линии водовода – 320 млн. куб. м в год. Линия Яркон – северный Негев, построенная раньше главного водовода, получает воду из реки Яркон и нескольких глубинных колодцев.

Были построены и продолжают строиться пруды-резервуары для сбора дождевых вод. Проблемы дефицита воды решалась по нескольким направлениям. Это максимально эффективное использование воды в сельском хозяйстве за счет применения новейших технологий и оборудования для орошения; применение очищенных сточных вод для орошения; использование грунтовых вод. В последнее время серьезно рассматривается проект широкомасштабного опреснения морской воды.

Для Израиля характерно крайне неравномерное выпадение осадков. Если на севере страны их уровень достигает 700 мм в год, в центральных районах – 600 мм, то на юге он выражается ничтожной цифрой – 25 мм в год. Всеизраильский водовод подает воду в засушливые районы. Проблемы, связанные с нехваткой водных ресурсов в

южной части страны, решаются не только путем переброски туда излишков воды с севера.

Для сокращения расхода воды на нужды сельского хозяйства применяются наиболее передовые и экономичные способы орошения, позволяющие направлять влагу непосредственно к корням растений, широко применяется компьютерная технология, значительно расширяется парниковое хозяйство. Разрабатываются программы обогащения водных ресурсов страны, методы вызова и усиления дождя, опреснения засоленных и возврата сточных вод. Эффективное управление водными ресурсами позволило увеличить объем сельскохозяйственного производства за последние полвека в 12 раз практически без дополнительных поставок воды – благодаря строгому наблюдению за состоянием инфраструктуры, поддержанию уровня водоносных слоев, установлению соответствующих квот на воду и финансовых санкций за ее перерасход. Еще одно решение проблемы – использование оборотной воды. Из общего объема 1,1 млрд. куб. м воды, расходуемой на сельскохозяйственные нужды, приблизительно 250 млн. куб. м составили очищенные сточные воды. Очищенные воды будут использоваться для орошения трети всех сельскохозяйственных площадей. Опреснительные установки, расположенные в Эйлате, в районе Мертвого моря и в пустыне Арава, поставляют ежегодно 161 млн. куб. м воды для нужд ирригации.

70 млн. куб. м воды ежегодно добывается из подземных источников; при этом используются также геотермальные воды, обнаруженные в районе Негева. Земледельцы установили, что полив минерализованной солоноватой водой способствует созреванию более сладких, по сравнению с поливаемыми обычной водой, сельскохозяйственных культур.

Эффективным оказался также метод повышения интенсивности осадков («выдаивания облаков») путем их засева кристаллическим йодом. Наиболее рентабельному использованию водных ресурсов немало способствуют научные достижения, в том числе новейшие разработки в области сейсмологической техники, борьбы с загрязнением окружающей среды, охраны и рационального использования почв, осушения сельскохозяйственных земель и т.д. Изменение направления паводковых стоков путем коррекции рельефа местности, использование компьютеров для прогнозирования мощности поверхностных стоков, планирование оптимального размещения рощиц, садов, полей и плантаций – все это также дает ощутимые результаты в борьбе с опустыниванием.

Водные источники в Израиле крайне ограничены, поэтому всеми водными ресурсами управляет Водная комиссия, имеющая права и функции министерства. Действует Закон о водных ресурсах, регулирующий распределение воды; на его основании Водная комиссия ежегодно определяет квоты и цены на воду для разных потребителей.

Квоты и цены меняются по годам, в зависимости от количества осадков и степени наполнения водой озера Кинерет, основного источника питьевой воды в стране. 70% воды отводится для сельского хозяйства, а остальные 30% распределяются между другими потребителями и для бытовых нужд населения. 1,3 млрд. кубометров воды Израиль ежегодно расходует на сельскохозяйственные нужды, и за последние годы, благодаря совершенствованию оборудования и технологий, расход воды на гектар снижается, а урожайность увеличивается.

Государственная программа контроля водных ресурсов включает выработку норм потребления и расценок на пользование, а также всемерное поощрение программ, направленных на обогащение водных ресурсов. Новая программа, рассчитанная на 10 лет, предусматривает: сокращение использования в сельском хозяйстве воды, пригодной для питья, более интенсивное использование опресненных вод, сокращение площадей, занятых под культуры, требующие интенсивного полива и не дающие прибыли, задержание паводковых вод, интенсивное развитие парникового хозяйства, повсеместное внедрение технологии опреснения морской воды.

## **2.2 Сельское хозяйство**

Молодое государство Израиль обрело независимость в 1948 году. За этот короткий исторический период достигнуты довольно высокие уровень и качество жизни израильского народа. Развивать сельское хозяйство пришлось практически с нуля, да еще и в очень тяжелых природно-климатических условиях.

Недостаток пахотных земель и ограниченность водных ресурсов всегда были основными препятствиями для развития сельского хозяйства Израиля. Более половины всех земель находится в полупустынной зоне. Остальные земли стали непригодными для земледелия из-за веками практиковавшейся вырубki лесов, эрозии почв и заустения. В конце XIX столетия, когда евреи начали возвращаться на свою историческую родину, большое внимание уделялось возрождению земли. Первые поселенцы убирали камни с полей, занимались террасированием земли в горных районах, осушали болота, сажали деревья. Они изыскивали средства борьбы с эрозией лёссовых почв в прибрежных и южных районах страны, предприняли промывку почв с целью уменьшения их засоленности.

В конце 1940-х – начале 1950-х годов в стране сложилась критическая ситуация с продовольствием. Население страны непрерывно увеличивалось, а нестабильная политическая обстановка, экономическая блокада и постоянная военная угроза со стороны соседних арабских стран заставили правительство Израиля в апреле 1949 года ввести в стране «режим экономии», а попросту карточную систему, которая действовала до 1959 года.

Использование традиционных технологий не позволяло обеспечить государство необходимым количеством продовольствия, и перед крестьянами встал вопрос: как выйти из создавшегося положения? Экстенсивный путь развития был неприемлем из-за ограниченности территории и ресурсов. Оставался один выход – развивать интенсивное сельское хозяйство. Это удалось сделать благодаря самоотверженному труду и энтузиазму, в тяжелейших условиях, осваивая заброшенные, веками не обрабатывавшиеся земли, изобретая и применяя самые передовые и прогрессивные технологии, в условиях недостатка финансовых и материальных ресурсов. Большой вклад в развитие внесли ученые, разработавшие дешевые и эффективные технологии орошения, позволившие при жестком дефиците воды оросить земли и получать несколько урожаев год, независимо от капризов природы. Появились новые сорта растений и высокопродуктивные породы скота. Стали производиться системы капельного и малообъемного орошения, новые легкие и прочные конструкции теплиц.

В кратчайшие сроки было налажено промышленное производство систем капельного орошения и систем автоматического управления поливом, позволяющих по заданной программе подавать непосредственно в прикорневую зону растений воду и питательные вещества. Можно сказать, что в подъеме сельского хозяйства Израиля принимал участие весь народ, и результаты не заставили себя ждать. К началу шестидесятых годов XX века проблема обеспечения страны продовольствием была решена. В 1959 году отменили карточную систему, и с тех пор в Израиле не знают дефицита продовольствия.

В 1964 году было завершено строительство Всеизраильского водовода. С той поры в каждой израильской квартире, в каждом, даже самом удаленном и маленьком поселке, есть вода, которая подается систематически, то есть ежедневно и ежечасно, под хорошим давлением и в необходимых количествах. Для нужд сельского хозяйства частично используется и вода с очистных сооружений больших городов. Но такая вода идет на орошение только технических культур, например, хлопка, так как израильское законодательство запрещает использовать обычную очищенную воду для полива овощных и фруктовых плантаций.

На каждом поле имеются водораспределительные коллекторы со счетчиками, позволяющие подавать воду в любое время и в нужных количествах. Как правило, все системы орошения оборудованы в той или иной степени автоматикой, начиная от простых и недорогих контроллеров и заканчивая сложными системами, управляемыми персональными компьютерами, системами проводной или радио связи, и фермер, сидя в знойный летний полдень в своем доме, под прохладный ветерок из кондиционера, может проконтролировать и скорректировать режим полива на своем поле или в теплице, которые порой находятся на расстоянии в несколько километров.

После обретения Израилем независимости общая площадь обрабатываемых земель возросла со 165 000 гектаров в 1948 году до 440 000 сегодня, а число земледельческих кооперативов выросло с 400 до 725. За тот же период производство сельскохозяйственной продукции выросло в 16 раз, в три раза превысив темпы роста населения страны. Общее количество орошаемых земель увеличилось с 30 000 гектаров (в 1948 году) до 255 000 в наши дни.

Сельское хозяйство играет важную роль в экономике Израиля, составляя 5% валового национального продукта и 5,6% в структуре экспорта. Работники сельского хозяйства составляют при этом 3,5% населения страны, занятого в производстве.

Израиль обеспечивает себя продуктами питания на 95%, ввозя при этом лишь некоторые зерновые и масличные культуры, мясо, кофе, какао и сахар, что с избытком компенсируется широчайшим разнообразием продуктов, которые страна производит на экспорт.

Каждый человек, работающий в сельскохозяйственном секторе, в состоянии прокормить 95 соотечественников. Для сравнения: в США этот показатель равен 1:79, в России – 1:14,7, в Китае – 1:3,6. Почти вся земля Израиля (99,8%) находится в государственной собственности, она передается в аренду на 49 лет.

Сельское хозяйство Израиля представлено следующими организационными формами: киббуцы – сельскохозяйственные коммуны, мошавы – частные фермерские хозяйства и шифути – своеобразный «гибрид» киббуца и мошава.

Киббуц – это добровольное объединение людей с целью поселения на земле и организации жизни на принципах совместного владения собственностью, личного (не наемного) труда, равенства и участия каждого во всех сферах производства, потребления и воспитания, а также в помощи новоприбывшим при их интеграции в жизнь «кибуцного» коллектива.

Во всех сферах хозяйств, общественной и культурно-воспитательной жизни киббуц признан и утвержден органами государственного управления как самостоятельная, самоуправляющаяся организация. В рамках коммунального поселения осуществляется муниципальная деятельность, учреждается местный орган власти; киббуц управляется общим собранием членов, которое избирает секретариат и несколько комиссий для руководства текущими делами.

Киббуцы организованы на принципах совместного труда, коллективной собственности и коллективного потребления. Вступающий в киббуц передает все свои денежные сбережения или капитал в форме средств производства в общий фонд. А коммуна, согласно уставу, берет на себя полную ответственность за работников и их детей. Имущество киббуца принадлежит всему коллективу и не подлежит разделу так же, как и прибыль, полученная от использования этого имущества и труда «кибуцников».

Доходы не распределяются среди работников ни в денежной, ни в натуральной форме. Вместо этого кибуц удовлетворяет нужды своих членов в еде, одежде, жилье, образовании, в том числе высшем. Не обладая личной собственностью и имуществом, «кибуцник» обеспечен до конца своих дней всем необходимым на приличном уровне, зачастую на более высоком, чем многие горожане.

Государство контролирует систему землепользования путем передачи земли, находящейся в госсобственности, в аренду за невысокую плату на коллективных или индивидуальных началах на 49 лет с возможностью дальнейшего продления.

В качестве собственника земли израильское государство пыталось решить присущую малым странам проблему рационального использования ограниченных земельных площадей и вместе с тем управлять процессом адаптации иммигрантов. На основе коллективной аренды госорганы поддерживают оптимальные формы аграрного производства, поощряя различные типы коопобъединений, постоянно оказывая им помощь в финансировании, снабжении, сбыте продукции. Все субсидии и ассигнования на поддержку сельского хозяйства осуществляются через кооперативы.

Не являются исключением кибуцы и мошавы, которые получают землю в аренду и разрешение на заселение от правительства по представлению поселенческого отдела Еврейского агентства. Первоначально для обеспечения прожиточного минимума хозяйствам выделялся участок из расчета в среднем по три гектара на семью. С начала 1990-х годов на один кооператив приходилось в среднем около 520 га, а при сравнительно низком качестве земли – 800–1000 га.

Кибуц имеет право на необременительные финансовые условия аренды (это право передается «кибуцникам» по наследству). Земля не может быть разделена между членами коммуны в случае ее роспуска так же как при возникновении финансовых затруднений не может стать средством получения ипотечного кредита. Подобно остальным основным фондам, земля используется кибуцем до тех пор, пока он функционирует как производственное объединение. Если по решению «кибуцников» коммуна распускается, все основные фонды переходят в ведение Еврейского агентства, которое передает их вновь создаваемым коммунам.

Согласно условиям аренды кибуцы обязаны возделывать землю сами и лишь для тех нужд, которые указаны в договоре. Иными словами, кибуц, арендующий у государства землю под поля или плантации, не имеет права возводить здесь промпредприятия, не получив на то согласия собственника земли. В кибуцах со сравнительно крупными земельными участками и ограниченным числом работников трудоемкие виды деятельности заменяются высокотехнологизированными операциями. Наибольшее развитие здесь получили полеводство, молочное и мясное животноводство.

Планирование в кибуцах ведется на уровне отдельных хозяйств и по основным направлениям сходно с обычным внутрифирменным планированием в частном предпринимательстве. В начале каждого года секретариат и комиссии кибуца разрабатывают годовые планы – производственный, финансовый, инвестиционный, которые представляются на утверждение общего собрания. Плановая работа – внутреннее дело кибуца, что не исключает, однако, предоставления финансового плана банкам, кредитующим данное коммунальное поселение. Отличие кибуцев от частных компаний состоит в том, что здесь при планировании особый акцент делается на сезонные перемещения рабочей силы с одного участка на другой. Это объясняется многоотраслевой структурой кибуцев, сезонностью работ в полеводстве и их стремлением к постоянной и полной занятости своих членов без привлечения наемной рабочей силы со стороны. Всего в Израиле 267 кибуцев с общим населением около 3% от всех жителей страны.

Мошав – сельскохозяйственное поселение, где быт и снабжение осуществляются на кооперативной основе. Наличие кооперации не сопровождается изменением статуса членов мошава как владельцев ферм и принадлежащих им средств производства. Частная собственность на них (за исключением земли) полностью сохраняется.

В наибольшей степени охвачено производственной кооперацией выращивание фруктов и полевых культур, что вызвано необходимостью экономии на овладении отраслевыми технологиями. В остальных же отраслях – животноводстве, овощеводстве и выращивании цветов – производственные операции выполняются фермами индивидуально.

При сравнении трех разновидностей сельскохозяйственных кооперативов – кибуцев, мошавов и существующих в западных странах снабженческо-сбытовых кооперативов – оказывается, что мошавы имеют гораздо больше общего с третьим типом. Так же, как и его западный аналог, мошав – это объединение частных ферм, занимающееся, в основном, закупочно-сбытовой и кредитной деятельностью. Степень обобществления средств производства и коллективизация всех сфер жизни в мошавах несравнимо ниже, чем в коммунальных поселениях.

Кибуцы и мошавы доминируют в израильском сельском хозяйстве – на их долю приходится около 80% производимой в стране аграрной продукции, которую они делят между собой примерно в равной пропорции. Они обрабатывают примерно 70% пахотной земли, владеют 74% основных сельскохозяйственных фондов страны.

Конкурируя между собой как две разные формы общественной организации производства, эти две составные части кооперативного сектора взаимодополняют друг друга на основе сложившегося в стране внутриотраслевого разделения труда. Специализация исторически определяется размерами угодий, почвенными и климатическими ус-

ловиями. В кибуцах, располагающих крупными, по израильским масштабам, земельными участками, трудоемкие виды деятельности заменяются высокомеханизированными операциями: наибольшее развитие, как отмечалось, получают полеводство (злаковые и технические культуры), молочное и мясное животноводство. На меньших земельных участках, арендуемых мошавами, преобладают выращивание трудоемких культур (цитрусовые, овощи, бахчевые, цветы), молочное животноводство, а в горных районах, где существует дефицит пригодных для обработки площадей, – птицеводство.

По степени интенсивности производства, уровню производительности труда кибуцы существенно превосходят мошавы, которые в свою очередь опережают по этим показателям частные некооперированные фермы.

Сегодня мошавы выполняют определенную роль в трудоустройстве новых иммигрантов, тогда как возможности кибуцев в этом плане ограничены в силу их специфического характера.

В мошавах, в отличие от кибуцев, баланс личной инициативы и совместной экономической деятельности достигается на основе преимущественно индивидуального ведения хозяйства параллельно с кооперацией в сфере экономических связей сельского хозяйства со смежными отраслями экономики.

Специфика мошавов состоит еще и в том, что большинство из них не создали собственных сбытовых, снабженческих и обслуживающих объединений.

Сейчас развитие мошавов идет по направлению создания кооперации западного образца – путем объединения оптимальных по размерам специализированных ферм в многоцелевые кооперативы или их участия сразу в нескольких ассоциациях определенного профиля.

Крестьяне в Израиле пользуются чрезвычайным уважением, что в первую очередь связано с их первопроходческой ролью в основании и развитии молодого государства. Кибуцы существовали еще до того, как появился Израиль. Государство оказывает кибуцам и фермерам массированную и многоуровневую поддержку: предоставляет государственные кредиты под 10% годовых на 20 лет, выдает квоты и оплачивает 2/3 стоимости воды.

Серьезную помощь оказывает служба инструктора Министерства сельского хозяйства и развития сельских районов. Каждый сельхозпроизводитель имеет право на 100 часов консультаций специалистов по технологии и экономике, причем 70% стоимости этих консультаций оплачивает государство и 30% – фермеры. Применяются разнообразные методы инструктора: индивидуальные консультации, однедневные семинары, курсы, сезонные встречи, телефонные консультации, компьютерный анализ и др.

Государством разработана целая система стимулирования внедрения новых технологий и инноваций. Так, фермер, построивший современную теплицу (ее стоимость \$ 500 000) и сдавший ее в эксплуатацию (своеобразная госприемка), получает в подарок от государства 30% ее стоимости (ему погашается треть кредита). В сельскохозяйственном производстве преобладает маркетинговый подход, ему подчинена вся послеуборочная обработка: сортировка, обработка газом, упаковка, охлаждение и т.д. Результаты такой политики – ежегодный прирост сельскохозяйственной продукции составляет 10%, а за 10 лет ее объем вырос в 2,5 раза.

Кибуцы не только производят и реализуют сельскохозяйственные продукты, они активно сотрудничают с учеными в деле модернизации и повышения продуктивности всех отраслей сельскохозяйственного производства. Именно в кибуце была создана система капельного орошения, многие базовые предприятия сельскохозяйственного оборудования также находятся в кибуцах.

Израильские ученые и инженеры в тесном сотрудничестве с крестьянами добились в технологии капельного орошении лидирующего положения во всем мире. Центром проектирования таких систем является институт «Нетафим» вблизи Тель-Авива. Он принадлежит трем кибуцам, насчитывает 700 сотрудников в Израиле и 200 – за рубежом. Институт разрабатывает, изготавливает и устанавливает на местах комплексные установки для засушливых регионов по всему миру. По желанию клиентов эксперты из «Нетафим» обеспечивают также обучение персонала, аграрное консультирование, менеджмент и маркетинг. Специалистам «Нетафим» с помощью технических хитростей удалось предотвратить закупоривание шлангов, капельных вентилей и распыскивателей удобрений. *Технология капельного орошения была недавно отмечена как самое важное открытие Израиля со дня основания государства.*

Кибуцы работают в тесном сотрудничестве с десятью ведущими сельскохозяйственными институтами страны, в том числе с институтом «Вулкан» и Сельскохозяйственным факультетом Еврейского университета в Реховоте. Финансирование исследований и разработок осуществляют 25 промышленных и торговых ассоциаций, а также правительственные учреждения и сотни частных фирм. Производители агротехники сегодня понимают, что их успех в значительной степени зависит от последующего квалифицированного обслуживания заказчиков. Системы капельного орошения и тепличные хозяйства проектируются с учетом конкретных требований потребителя. Консультации профессионалов позволяют повысить эффективность использования удобрений, пестицидов, селекционных семян и т.д.

Успешно решается задача модернизации сельскохозяйственного производства целых регионов. Фирмы заключают контракты на выполнение комплексных проектов, предусматривающих повышение

эффективности водопользования, подбор сельскохозяйственных культур и посевного материала. Фирмы предоставляют консультации по вопросам составления графика сельскохозяйственных работ, учитывающего уровни цен на мировых рынках, выбора удобрений и пестицидов, минимально загрязняющих окружающую среду и т.п. Проводятся также специальные курсы для сельскохозяйственных работников, позволяющие им овладеть новейшими агротехнологиями.

Одним из главных достижений израильской агрокультуры является широкое применение теплиц.

Голландцы изобрели теплицы, позволяющие выращивать овощи и фрукты в северных странах. Перед израильтянами же стояла задача найти возможность выращивать овощи и фрукты в условиях убийственно жаркого и засушливого климата. Около 3000 га тепличных площадей позволяют сегодня израильским фермерам с успехом заниматься овощеводством и садоводством, невзирая на неудовлетворительное качество почв, засушливый климат и скудные запасы воды. Теплицы могут сооружаться даже в таких местах, где почва совершенно не пригодна для земледелия. Ирригационные системы решают проблему нехватки воды, а направления стенок и полога теплицы варьируются таким образом, чтобы регулировать доступ солнечного света и температуру внутри. Пластиковое покрытие обеспечивает термальную дезинфекцию почвы перед посадкой и аккумуляцию тепла в припочвенном слое, а также предотвращает развитие сорняков и вредителей, испарение влаги и утечку удобрений. Сетчатое покрытие ограждает растения от щитовок, клещей и других вредителей, а специальные сетчатые покрытия к тому же выполняют роль термального экрана, охлаждая растения днем и сохраняя тепло ночью. Системы аэрозольного дождевания могут быть использованы для контроля за состоянием искусственно создаваемого климата.

Всем циклом работ управляют специализированные компьютерные программы. Израильские теплицы могут служить примером передового сельского хозяйства XXI века. Израильские промышленные компании выпускают и экспортируют высококачественное пластиковое плетеное полотно для теплиц и специализируются на тепличных проектах, учитывающих конкретные пожелания клиентов. Фирмы оказывают консультативные услуги, производят установку теплиц и техническое обслуживание. Поскольку тепличные проекты сопряжены со значительными первоначальными затратами, они, в первую очередь, предназначены для выращивания культур, обеспечивающих высокую прибыль – несезонных овощей, специй и пряностей, цветов, декоративных растений и т.п.

Современная теплица позволяет полностью управлять большинством технологических параметров. Результатом является значительное увеличение производства продукции. Израильские фермеры выращивают до 3 млн. роз с гектара теплиц за сезон. И приблизи-

тельно 300 т томатов с гектара, что в четыре раза больше, чем в открытом грунте.

Еще одной новинкой является фитомониторинг – комплексная диагностика состояния растений, в разработке которой Израиль является несомненным лидером.

Фитомониторинг – непосредственный и непрерывный контроль процесса роста растений, направленный на усовершенствование управляемых факторов урожайности – становится мировым стандартом развитого сельского хозяйства, которое в ближайшие десятилетия изменит подход растениеводов к своей работе. Фитомониторинг позволяет сократить использование природных ресурсов и обеспечить тем самым охрану окружающей среды.

Овощи составляют около 17 процентов общего израильского сельскохозяйственного производства. В Израиле выведено большое количество новых сортов и гибридов, пользующихся большим спросом во многих странах мира. Многие сорта особенно подходят для выращивания в закрытом грунте и в странах с жарким климатом.

В Израиле выращивание овощей стало искусством, основанным на использовании гибридных семян; внесении удобрений, совмещенного с поливом; выборе материалов для покрытия теплицы, разработанных специально для данного вида растений и применения прогрессивных систем обработки и хранения собранного урожая. Из-за большого разнообразия климатически и топографических условий в стране применяются различные технологии и методы выращивания овощей, включающие капельное орошение, теплицы с системами управления климатом и способ выращивания в малообъемном искусственном субстрате. Малообъемная технология устраняет многие недостатки, присущие традиционной технологии, и допускает больше возможностей управления орошением и созреванием.

Среди израильских сельскохозяйственных разработок – компьютеризованная система контроля за внесением удобрений через ирригационную систему и передовые методы контроля температурно-влажностного режима помещений, позволяющие обеспечить оптимальные условия в птицеводческих и тепличных хозяйствах.

Своим процветанием сельское хозяйство Израиля, безусловно, обязано интенсивным прикладным исследованиям, которые постоянно и успешно ведутся в стране. Современное сельское хозяйство практически полностью основано на результатах научных разработок. Его организационная структура позволяет правительственным учреждениям, академическим лабораториям и кооперативам совместно заниматься как решением насущных проблем, так и перспективными исследованиями. Научно-исследовательские работы, проводимые для сельского хозяйства Израиля, обусловили резкое повышение объема и качества производимой продукции. В целом секрет успеха – в непрерывном взаимодействии и постоянном обмене информацией меж-

ду научными работниками и фермерами. Разветвленная сеть информационных служб позволяет оперативно ставить текущие задачи отрасли перед научными лабораториями, столь же оперативно апробировать новые идеи и внедрять в практику результаты научных исследований.

Сельское хозяйство страны оснащено самой передовой технологией и электронным оборудованием, сконструированным и произведенным в Израиле. Непрерывное сочетание усилий инженеров-конструкторов с опытом работников сельского хозяйства позволило создать надежное и высокопроизводительное оборудование. В стране внедряются разнообразные системы орошения от простейших разбрызгивателей до капельных систем, управляемых с помощью компьютера.

Министерство сельского хозяйства осуществляет общее руководство отраслью, предъявляя повышенные требования к качеству продукции. В его функции также входит всемерное содействие исследовательским работам, отраслевому планированию и маркетингу.

### **2.3 Достижения в области орошения и очистки воды**

В Израиле разработаны передовые методы регулирования водного режима и очистки воды. 44% воды, используемой в израильском сельском хозяйстве, – это оборотная вода и вода низкого качества. Нехватка воды, а также жесткая ценовая политика приводят к необходимости использования соленой и повторно переработанной воды. Соленая вода употребляется для орошения культур, терпимых к соли, таких как хлопок. Использование рекуперированной воды для орошения пищевых культур требует высокого уровня очистки. С этой целью применяются уникальные технологии обработки почвы. После тройной очистки воду пропускают через слои песка, которые служат в качестве биологического фильтра.

С начала 1950-х годов активно проводятся исследования процесса орошения. Доказано, что использование воды гораздо эффективнее при герметичном орошении, чем при поверхностном поливе. Вследствие этого производители оросительного оборудования разработали совершенно новую технику и приспособления, такие как системы капельного орошения (поверхностного и внутрпочвенного), которые направляют поток воды непосредственно в корневую зону растений, автоматические клапаны и компьютеризированные контроллеры, медиа- и автоматизированные системы фильтрации, малоразрядные пульверизаторы и мини-пульверизаторы.

Современное оросительное оборудование позволяет улучшить контроль и мониторинг процесса орошения, которые могут быть полезными для более эффективного водопользования. Сеть агрометеорологических станций, охватывающая всю страну, позволяет в режи-

ме реального времени передавать фермерам метеоданные, используемые для настройки и корректировки систем орошения. Различные устройства для мониторинга влажности почвы, такие как тензиометры, системы управления автоклавом и датчики электрического сопротивления, используются для более точных настроек. За последние пятьдесят лет среднегодовое потребление воды для полива гектара земли сократилось с 8000 до 5000 кубометров, в то время как сельское хозяйство распространилось в более засушливые районы на юге и востоке страны.

Творческие комплексные решения израильских компаний дают огромную экономию воды, что крайне важно в засушливых районах. Разработано новое поколение оросительных систем для теплиц на почвозаменяющих субстратах. За последние 30 лет объем сельскохозяйственного производства увеличился более чем в пять раз, а расход воды остался практически на том же уровне. Таких результатов удалось добиться за счет применения новых технологий орошения. Эти технологии были разработаны в Израиле.

Израильские ученые пытаются решить проблему неэффективности существующих методов ирригации посредством совершенствования самих растений, развивая в них способность самим находить воду. Известный факт – при поливе большая часть воды испаряется, не достигнув корневой системы растений. Исследователи из Тель-Авивского университета заняты генетическими изменениями корневых систем сельскохозяйственных культур с целью повысить способность растений находить и впитывать воду, что имеет существенное значение для выживания в довольно суровом израильском климате. Группа исследователей недавно обнаружила ген, контролирующий гидротропизм – свойство органов растений изгибаться под воздействием влажности и направлять корни к воде. Ученые считают, что растения, способные лучше чувствовать воду, будут иметь гораздо более высокую экономическую ценность в будущем. Исследование финансируется Министерством сельского хозяйства.

Израильские ученые разработали принципиально новую систему орошения: фермеры и садоводы будут получать на свои мобильные телефоны SMS-сообщения в случае, если определенное дерево нуждается в поливе. Система поможет сократить расход воды и предотвратить повреждения почвы и посадок от чрезмерного полива.

В основу работы сенсора положен принцип электропроводимости. Когда уровень воды в стебле растения снижается до критического, электрические импульсы прекращаются передаваться, благодаря чему хозяин участка тут же получает SMS-сообщение или послание по электронной почте. Беспроводная связь осуществляется по принципу, сходному с действием «уоки-токи» (простейшей переносной радиостанции). Ученые семь лет бились над созданием сенсора, измеряющего уровень содержания жидкости в растениях и деревьях и

своевременно посылающего предупреждения о «жажде» на мобильный телефон или компьютер. Идея состояла в том, чтобы получить возможность снизить на 50% расходы на ирригацию. Сенсор позволяет избежать перерасхода воды при поливе, с одной стороны, и не допустить того, чтобы растения высохли, с другой. С помощью сенсора работники сельского хозяйства смогут точно выбирать время полива и безошибочно определять количество необходимой для этого воды. Главное достоинство сенсора заключается в том, что он крайне точен и недорог. Стоимость сенсора, установленного в теплице, в которой выращивается 5000 деревьев, – 250 долларов США. По предварительным подсчетам новое устройство станет незаменимым для фермеров, выращивающих фрукты и овощи, и позволит экономить остродефицитную в Израиле воду – до 50% от нынешнего объема водопользования в сельском хозяйстве. Как отмечают специалисты-аграрии, при использовании такого датчика обильность и частота орошения будут полностью под контролем земледельцев. До сих пор фермеры не располагали простыми, дешевыми и надежными инструментами для контроля влажности почвы, что и приводило к «приблизительному» использованию воды, а следовательно, и к ее перерасходу.

Израильское правительство сейчас разрабатывает и намерено уже ввести жесткие меры по ограничению использования воды в сельском хозяйстве, а также частными потребителями, в связи с длящимся уже несколько лет жестоким водным кризисом в Израиле. Наибольшего внимания заслуживает система фитомониторинга растений, в разработке которой Израиль является несомненным лидером. Фитомониторинг – непосредственный и непрерывный контроль за процессом роста растений, направленный на усовершенствование управляемых факторов урожайности, – становится мировым стандартом развитого сельского хозяйства, которое в ближайшие десятилетия изменит подход растениеводов к своей работе. В последнее время фермеры и производители сельхозпродукции всего мира все больше применяют новую технологию для достижения более высокой урожайности. Фитомониторинг позволяет сократить использование природных ресурсов и обеспечить тем самым охрану окружающей среды. За счет повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур увеличиваются доходы производителей сельхозпродукции и снижается стоимость выращивания.

Фитомониторинг – это специализированная информационная система реального времени, главным образом предназначенная для садоводства и плодородства. Главной целью применения системы является получение новой информации о плодах и урожае, необходимой для поддержки процессов принятия решений в отношении климата (по мере возможности) и управления системами орошения. Система была разработана с учетом специфического мира растениево-

дов, поэтому она проста в эксплуатации и обслуживании, может быть легко установлена и настроена с учетом требований конкретного растениевода. Система фитомониторинга прошла эксплуатационные испытания, она была встречена агрономами и фермерами Израиля с большим энтузиазмом и получила поддержку Министерства сельского хозяйства страны.

Несомненным лидером в области разработки приборов и комплектов для системы фитомониторинга является израильская компания Phy Tech. Компания реализует передовые решения с использованием современных датчиков, беспроводных средств связи и инновационным программным обеспечением для сбора и анализа данных. Предлагаемые системы способствуют повышению урожайности культур и сокращают затраты путем предоставления своевременной и точной информации о физиологическом состоянии растений и выявлении стрессовых условий до того, как они повлияют на растение или плод. Компания предлагает широкий диапазон сенсоров для измерения как внешних параметров окружающей среды, таких как влажность почвы, температура и относительная влажность воздуха, уровень радиации, сила ветра, расход и уровень воды, так и для получения таких данных о растении, как размер плода, диаметр ствола или стебля, температура листьев и поток сока в растениях. Ряд сверхточных датчиков предназначен для контроля за микроизменениями в диаметре ствола или стебля растения. Серия измерительных датчиков позволяет записывать размеры и ежедневную динамику роста плода диаметром от 3 до 160 мм. Для измерения относительного потока сока растений разработаны три модели сенсоров – для листьев, стеблей и стволов. Микросенсоры для измерения температуры листьев обеспечивают высокую точность полученных данных с минимальным влиянием на тепловые режимы листьев. Все данные, получаемые с сенсоров, поступают сначала на системы сбора данных, а уже затем передаются на компьютеры специалистов и представляются на мониторах в удобных для чтения и просмотра форматах, таких как графики и таблицы.

Одним из примеров успешной разработки систем фитомониторинга является модульная распределенная система Phy Talk, состоящая из четырех компонентов:

- датчиков, измеряющих различные параметры и предоставляющих актуальную и точную информацию о растении и климатических условиях;
- средств связи, обеспечивающих беспроводное размещение датчиков и беспроводное соединение их с удаленными компьютерами по всему миру;

- программного обеспечения, производящего анализ и предоставление данных в режиме реального времени и формате, удобном для чтения (графики и таблицы);
- прикладных средств, таких как протоколы измерений и процедуры принятия решений для крупных садовых культур.

Система Phy Talk является усовершенствованной системой дистанционных беспроводных датчиков, обеспечивающих мониторинг растений. С помощью современных датчиков она собирает физиологические и климатические данные непосредственно с листьев и стеблей растений и передает полученные данные программе, которая анализирует и представляет их в удобном для пользователя формате. Phy Talk дает растениеводам и другим специалистам и консультантам уникальный инструмент для сбора и анализа данных, способный предупредить о критических ситуациях.

Другим инновационным и уникальным решением израильских ученых стала разработка системы мониторинга процесса фотосинтеза. Четырехканальная система мониторинга процесса фотосинтеза (PTM-48M) обладает уникальной возможностью следить за обменом углекислого газа одновременно в четырех неповрежденных листьях.

Современная наука, решимость и сильная государственная поддержка помогли израильским фермерам модернизировать сельское хозяйство страны и адаптировать его к изменяющимся геополитическим, рыночным и климатическим условиям.

## 2.4 Системы орошения

Земледелие в Израиле без орошения практически невозможно. Проблемы дефицита воды заставили израильтян искать выход из сложившейся ситуации. Необходимо было обеспечить сельское хозяйство водой для орошения, удовлетворяя при этом бытовые нужды населения в воде и потребности промышленности. Эта проблема решалась по нескольким направлениям:

- максимально эффективное использование воды в сельском хозяйстве, за счет применения новейших технологий и оборудования для орошения;
- широкое применение очищенных сточных вод для орошения, в первую очередь, полевых и технических культур;
- использование грунтовых вод, в том числе и с повышенным содержанием солей;
- рассматривается также проект широкомасштабного опреснения морской воды.

Израильский подход к проблеме орошения – это комплексный подход. Нельзя добиться максимальных результатов, если просто взять шланг капельного орошения и подключив его к крану с водой,

ожидать чудес. Современное орошение – это объединенные в единое целое системы водоподдачи и распределения, рабочие органы (трубки капельного орошения и спринклеры), системы автоматического контроля и управления, устройства для фертигации (поддачи растворимых удобрений вместе с поливной водой), системы контроля окружающей среды, состояния растений и регулирования микроклимата. За последние 30 лет объем сельскохозяйственного производства увеличился более чем в пять раз, а расход воды остался практически на том же уровне. Таких потрясающих результатов удалось добиться, в первую очередь, за счет применения разработанных в Израиле новых технологий орошения: капельного, малообъемного капельного, спринклерного.

Основное преимущество капельного орошения состоит в том, что вода подается непосредственно в прикорневую зону выращиваемых растений, и в строго необходимых количествах. Его разновидность – это малообъемное капельное орошение с расходом воды до 200 г в час на одну капельницу, широко применяется в тепличных хозяйствах, особенно при использовании малообъемных технологий на искусственном субстрате. Всевозможные конструкции спринклеров и распылителей применяются в садах, когда к каждому дереву подведен персональный распылитель, и в теплицах (для полива и поддержания заданной влажности воздуха).

Основные виды орошения в стране:

- капельное орошение с расходом воды 1–20 л в час на одну капельницу, с максимальным показателем полезного использования воды 95%, применяется для интенсивного орошения. Новые капельницы, устойчивые к засорению, применимы для орошения, использующего очищенные сточные воды;
- капельное орошение с расходом воды 200 г в час, для малообъемных искусственных субстратов. Уникальная характеристика метода позволяет равномерно распределять влагу по всему объему субстрата и резко уменьшает утечку воды в дренаж;
- капельное орошение с размещением шлангов внутри почвы на глубине 20–40 см, позволяющее сохранять поверхность почвы сухой и не бояться даже заморозков. Крупномасштабные эксперименты с использованием для орошения очищенных сточных вод были проведены за последние годы в нескольких крупных хозяйствах для выращивания хлопка и кукурузы;
- аэрозольное орошение приспособливает к каждому орошаемому дереву или растению свой собственный индивидуальный распылитель, с водным потреблением, колеблющимся от 30 до 300 литров в час. Эффективность использования воды достигает 85%;
- спринклерное орошение больше всего подходит для культур, требующих сплошного полива. Показатель использования воды – 70–

80%. Разбрызгиватели также эффективны для регулирования микроклимата и для защиты от заморозков. Они используются для интенсификации окраски и ускорения созревания фруктов.

#### **2.4.1 Капельное орошение**

Капельное орошение (микроорошение) – это метод орошения, который позволяет в значительной степени снизить расход воды и удобрений. При капельном поливе вода поступает дозированными порциями, каплями, к корням растений, на поверхность почвы или в корневую зону через сеть трубок с дозирующими клапанами.

Капельный полив несомненно является одним из важнейших открытий современной агрокультуры со времен изобретения дозирующего автоматического полива (орошителя) в 1930-х годах, которые пришел на смену традиционным методам полива по каналам и из шланга.

При капельном поливе используются различные виды дозаторов, например, капельный дозатор, который по капле орошает корни, или же микроспрей, который распыляет влагу на небольшой области вокруг растения. Микроспрей обычно используется для деревьев и кустарников с широкой корневой зоной, например, для винограда. Капельное орошение осуществляется посредством врытых в землю или же расположенных на уровне земли капельных лент или системы дозаторов. Капельные ленты изготавливаются из полиэтилена и в зависимости от толщины применяются либо для постоянного полива (с более толстыми стенками, до 0,6 мм), либо для временного капельного полива (толщина стенки 0,1 мм и более). В случае же с дозаторами это ПВХ или ПНД трубы с заранее установленными на них специальными дозаторами.

Капельный полив получил большое распространение в тех областях, где имеет место нехватка водных ресурсов или для полива используется перерабатываемая вода, например, морская. Для подбора и правильной установки системы орошения необходимо изучить все факторы – топографию земли, почву, воду, агроклиматические условия и специфику сельскохозяйственных культур, выращиваемых на данной территории.

Капельный полив появился еще в древности, когда для полива использовали глиняные горшки с отверстиями, через которые вода медленно просачивалась и поливала растения. Системы капельного полива начали свое развитие в Афганистане в 1866 году, когда исследователи начали проводить эксперименты по ирригации с использованием глиняных труб для создания ирригационной дренажной системы. В 1913 году ученые из Университета штата Колорадо смогли добиться орошения корневой зоны растений без поднятия уровня грунтовых вод. В Германии в 1920-х и 1930-х годах была представле-

на перфорированная труба, а в США проводили эксперименты с пористыми шлангами.

Появление различных пластмасс в середине XX века позволило сделать значительный шаг в развитии систем капельного полива. Для систем орошения стали использовать пластиковые микротрубки.

Современная технология капельного орошения была изобретена в Израиле Симча Блассом и его сыном Ешayahу. Вместо пропуска воды через маленькие отверстия, которые легко засорялись песчинками, вода пропускается через пластиковые дозаторы под давлением. Первая подобная система орошения была создана в 1959 году, когда Бласс вместе с Киббутом Хатрицем создали ирригационную компанию Nettim. Вместе они разработали и запатентовали первый капельный дозатор для орошения поверхности почвы.

Широкое промышленное использование капельное орошение получило в конце 1950-х годов.

Первая система капельного орошения была запатентована в 1963 году тоже в Израиле. Аналогичная система появилась в США в 1964 году. С этого времени отмечается стремительный, а с 1980-х годов – уже планомерный рост сельхозугодий, которые поливаются способами микроорошения. Сегодня в мире около 3 млн. га земель, орошаемых с помощью локальных способов полива.

Капельное орошение характеризуется наличием постоянной распределительной сети под давлением, позволяющей осуществлять непрерывные или частые поливы, точно соответствующие водопотреблению насаждений. При капельном поливе увлажняется только ограниченная часть почвенной поверхности, без поверхностного стока или фильтрации воды в глубинные слои почвы. При поверхностном орошении или при поливе дождеванием вследствие большого межполивного интервала в почве периодически создаются условия местного переувлажнения с последующим высыханием до уровня влажности увядания, что, безусловно, подвергает растения стрессам и нарушает нормальный ритм их развития.

Капельное же орошение позволяет поддерживать влажность корнеобитаемого слоя во время всего вегетационного периода на оптимальном уровне без значительных ее колебаний, характерных для всех других способов орошения. При капельном орошении увлажнение почвы осуществляется капиллярным путем. За счет этого сохраняются оптимальные водно-физические свойства почвы и устраняются потери влаги из-за поверхностного стока и инфильтрации в глубину. В последнее время проблемам капельного орошения уделяется особое внимание во всех странах мира с развитым поливным земледелием. Энтузиазм, с которым повсеместно внедряется этот способ орошения, объясняется как возможностью полной автоматизации этого процесса, так и экономией воды, удобрений, уменьшением доли ручного труда, а также значительным повышением урожая. Создание

поливных систем такого типа эффективно и экономически выгодно при орошении различных многолетних насаждений, овощных, пропашных и технических культур, декоративных насаждений, питомников и т.д.

Капельное орошение имеет почти универсальное применение, в частности, оно применимо там, где другие способы полива использовать невозможно или неэффективно:

- при сложном рельефе и большом уклоне участка;
- в районах с продолжительными засухами и постоянными сильными ветрами;
- при местных водоисточниках со сравнительно ограниченным количеством воды;
- на почвах с малой мощностью и очень низкой или высокой гигроскопичностью;
- на почвах склонных к засолению;
- при использовании для орошения воды с большим содержанием водорастворимых солей.

Очень эффективным является использование систем капельного полива при интенсивных технологиях выращивания сельскохозяйственных культур, прежде всего – овощных, когда размер и качество получаемого урожая в значительной степени зависят от точности поддержания влажностного режима и режима питания.

### **Преимущества систем капельного орошения**

#### **1. Повышение количества и качества урожая.**

Капельное орошение позволяет поддерживать оптимальный водно-физический режим в корнеобитаемой зоне (особенно в критические фазы развития), что создает условия для получения высоких урожаев. Этот эффект более ярко выражен при засушливом климате, но и в более влажных районах капельное орошение позволяет существенно улучшить качественные показатели продукции. При использовании традиционных методов орошения (поверхностные и дождевание) временной разрыв между поливками обычно составляет от нескольких дней до двух недель и более. При этом влажность почвы изменяется от избыточной сразу после полива до, практически, влажности увядания в конце межполивного периода. Корни растений должны расходовать огромное количество энергии для того, чтобы потреблять в таких условиях воду и питательные вещества. Эти непроизводительные потери энергии играют негативную роль в росте и развитии растений. При капельном орошении частоту поливов можно регулировать в полном соответствии с водопотреблением растений, поддерживая оптимальную влажность и давая им возможность легко получать влагу и необходимые в данный момент и в нужном количестве

питательные вещества. Таким образом, сбереженная энергия полностью направляется на рост и развитие растений и, в конечном счете, на увеличение урожая. Прибавка урожая за счет применения капельного способа полива и питания растений обычно достигает для плодовых насаждений и виноградников 20–40%, а для овощных культур – 5–80% (при этом созревание овощей происходит на 5–10 дней раньше).

## 2. Меньшие затраты труда.

По сути, системы капельного орошения являются стационарными и позволяют автоматизировать весь процесс полива и питания растений, что, в свою очередь, приводит к значительному сокращению трудозатрат.

## 3. Экономия воды.

Возможность более эффективного использования воды – одна из самых главных положительных характеристик капельного орошения. Снижение расходов воды при использовании систем капельного полива составляет от 20 до 80% в сравнении с другими методами орошения. Величина этой экономии зависит от климатических условий, вида насаждений, типа почв, технических характеристик самой системы полива и обычно достигается за счет:

- специфичного режима полива, при котором достигается соответствие между поливной нормой и величиной водопотребления насаждений;
- ограничения орошаемой площади вследствие «адресной» подачи воды к корням растений;
- уменьшения величины испаряемой с поверхности почвы влаги, поскольку часть орошаемой площади остается сухой;
- отсутствия поверхностного стока воды и ее инфильтрации в глубокие слои почвы;
- ограничения развития сорняков, которые являются конкурентами культурных растений в борьбе за воду;
- устранения рассеивания поливной воды и ее испарения с листьев растений, наблюдаемого при дождевании.

При капельном орошении увлажняется только небольшой процент почвенного слоя, а именно – корнеобитаемая зона. При этом остальная часть почвы остается сухой, однако это не означает, что снижение расходов воды происходит за счет лишения растений необходимой влаги. Наоборот, при этом методе полива коэффициент полезного использования влаги более 95% в отличие от поверхностного орошения, когда этот коэффициент составляет примерно 5%, и дождевания, где он равняется примерно 65%.

Кроме вышеперечисленных преимуществ, капельное орошение имеет ряд других положительных сторон:

- капельный полив позволяет обеспечить подачу удобрений с поливной водой, что дает возможность оптимизировать питательный режим растений с учетом их требований в различные фазы роста и развития. При этом затраты труда и количества необходимых удобрений сокращаются примерно на 50%;
- правильно спроектированная система капельного полива позволяет добиться максимально равномерного распределения поливной воды и питательных элементов по всему участку, «обеспечивая стандарт» в развитии растений и сроках их созревания, что облегчает сбор урожая и снижает его потери;
- ограниченное увлажнение поверхности поливного участка не мешает работе сельскохозяйственных машин. Нет необходимости ждать высыхания почвы после полива, соответственно все агротехнические мероприятия можно проводить в оптимальные сроки и одновременно с орошением. Это позволяет лучше организовать труд и создать ритмичность в использовании машин;
- отсутствие поверхностного стока при капельном орошении исключает возможность водной эрозии почвы, поэтому такой вид полива можно применять даже на крутых склонах, на не выровненных участках, участках неправильной формы и т.п.;
- небольшие разовые дозы поливной воды, необходимые при работе с системами капельного полива, позволяют использовать водоисточники с ограниченным дебетом, либо проводить полив одновременно на больших площадях;
- поскольку почва в междурядьях насаждений остается сухой, облегчается борьба с сорной растительностью. Кроме того, появляется возможность использовать гербициды через систему полива (с поливной водой) без дополнительных затрат труда;
- благодаря поддержанию постоянной влажности почвы в корневой зоне растений концентрация водорастворимых солей в этой зоне снижается, что позволяет, с одной стороны, использовать поливную воду с повышенным содержанием солей, а с другой стороны, применять этот вид орошения на почвах, склонных к засолению. Благодаря точной дозировке поливных норм не создается опасность повышения уровня грунтовых вод и вторичного засоления почв;
- при капельном орошении не происходит намокания вегетативной массы и плодов растений, что имеет существенное значение (особенно у овощных культур) для предотвращения заболеваний и получения урожая высокого качества;
- капельное орошение не требует повышенного рабочего давления в трубопроводах (в отличие от дождевания), что позволяет снизить капитальные затраты на внедрение насосных агрегатов и эксплуатационные затраты при проведении орошения.

К дополнительным преимуществам систем капельного орошения можно отнести эффект защиты от ранних заморозков. На участках, где применяют такую систему орошения, за счет повышенной влажности почвы снижается вредное действие заморозков и пониженных температур. Испаряющаяся с поверхности почвы влага повышает температуру воздуха на 2–3 градуса, что часто позволяет спасти еще не убранный урожай овощей.

### **Типы систем капельного орошения**

Системы капельного орошения можно разделить на две основных разновидности: системы с наружными капельницами и системы со встроенными капельницами.

Разница заключается в том, что в первом случае капельница – это отдельное изделие, которое тем или иным способом может быть подключено к трубопроводу с водой. Встроенная капельница помещается внутрь шланга во время его изготовления на заводе, и такие капельницы размещены по всей длине шланга через равномерные промежутки. Расстояние между капельницами строго фиксировано и может составлять от 20 см до 1,5 м.

Есть множество различных типов конструкций наружных капельниц, но все разновидности объединяет одно: при помощи специального штуцера капельница вставляется в отверстие в пластмассовой трубе или шланге. Вода на выходе такой капельницы может или непосредственно поступать в почву, или при помощи трубки и наконечника отводиться на некоторое расстояние и подаваться к корням растений, находящихся на расстоянии от трубы или шланга. На выходной штуцер такой капельницы может надеваться специальный разветвитель, который позволяет разделять воду на 2, 4 или 8 направлений. Такие разветвители часто ставят для полива горшечных растений, когда одна капельница может обеспечить водой до 8 горшков или контейнер с растениями большого размера.

Шланги со встроенными капельницами, так называемые шланги капельного орошения, производятся с различными параметрами капельниц, и сегодня можно подобрать такую модель и тип шланга, которые будут наилучшим образом соответствовать конкретным условиям для орошения. Капельные шланги выпускаются диаметром от 12 до 25 мм, с производительностью капельниц от 0,5 до 6 л воды в час, расстояния между капельницами от 20 до 150 см.

Производятся недорогие тонкостенные разновидности шлангов, а также толстостенные, так называемые «жесткие» шланги. Тип капельниц – некомпенсированные для обычных условий полива и компенсированные для линий большой длины.

Еще один важный параметр шлангов капельного орошения – это рабочее, максимальное и минимальное давление воды. Обычно это

давление находится в пределах от 1 до 4 атмосфер. В последнее время начат выпуск специальных шлангов, предназначенных для работы при низких давлениях. Номинальное давление воды – 0,5 атмосферы. Однако такие шланги уверенно работают и при давлении 0,2–0,3 атмосферы. Это очень удобно для применения на приусадебных участках и на дачах, где нет постоянного гарантированного водоснабжения. Полив можно осуществлять, например, из бочки или другой емкости, установленной на высоте 2–3 м над уровнем земли.

### **Особенности капельного орошения**

Система капельного полива строится таким образом, что капельницы либо непосредственно встраивают в магистральную пластиковую трубу (если, например, требуется орошать линейную группу растений), либо от магистрального трубопровода делают ответвление тонкой пластиковой трубкой и обводят ее вокруг растения. При этом на ответвление вокруг каждого растения навешивают столько капельниц, чтобы суммарно в единицу времени они давали количество воды, необходимое данному растению.

Большое значение имеет надежность капельных систем полива. Большинство используемых в настоящее время капельных систем нужно собрать один раз, и затем они работают многие годы. Применяемые в них детали изготовлены из полимерных материалов, выдерживающих и тропическую жару, и зимние холода России.

Хотя изначально капельный полив был придуман как радикальное средство повышения урожайности в условиях дефицита воды, он приобрел чрезвычайную популярность во многих климатических зонах и не только в сельском хозяйстве.

Как уже отмечалось, дождевальная полив не решает проблемы оптимального полива деревьев, кустарников и цветочных растений с глубокой корневой системой, которые очень часто присутствуют на участках.

Разнообразие использования способов капельного полива делает капельное орошение уникальной техникой полива для любых рядных культур в условиях экономичного использования воды, а также при применении в агротехнологии культур водорастворимых удобрений.

Капельные трубы рассчитаны на многолетнюю работу в питомниках и на плодово-ягодных и древесно-кустарниковых плантациях (виноградниках, садах и др.). Уникальные запатентованные конструкции капельниц со встроенными микрофильтрами рассчитаны для работы в различных условиях эксплуатации. Разнообразие концевых капельниц и распределителей предназначено для создания максимально качественного режима полива как горшечных и контейнерных растений, так и для использования в поливе рядных культур. Унифи-

цированные размеры и посадочные места капельниц создают неоспоримое преимущество для устройства систем полива в условиях разнообразия культур с различной потребностью в воде на небольшом пространстве.

Количество точек увлажнения прикорневой зоны обычно не задается заранее, а устанавливается в зависимости от вида культуры и типа почвы. На песке, который очень быстро впитывает воду и плохо ее держит, точки полива располагают чаще. Для капельного орошения идеально подходят гибкие шланги – их легко разместить вокруг ствола дерева или по периметру клумбы. Для полива клумбы подбирают модели с небольшим расходом воды (до 2 л/ч), а при орошении плодовых деревьев лучше использовать капельницы с расходом 4–8 л/ч.

Капельную систему можно применять не только для увлажнения почвы, но и для внесения в нее минеральных удобрений. Удобрения растворяют и хранят в специальных резервуарах, которые затем подсоединяют параллельно к оросительной трубе. Вследствие перепада давления во входящих в емкость и выходящих из нее трубках часть воды попадает в нее и смешивается с питательным раствором. Также можно использовать насосы, которые откачивают удобрения из специальных контейнеров (закрытых или открытых).

Пожалуй, единственный недостаток капельной системы – ее возможное засорение. Для того, чтобы избежать забивания отверстий, можно использовать специальный сетчатый фильтр на входе трубопровода. Если водяные примеси содержат большое количество почвенного ила, песка и органических веществ, то дополнительно к сетчатому устанавливается гравийный фильтр.

Большинство систем капельного орошения включают в себя фильтр для отделения мелких частиц взвеси и песка, которые могут оседать в трубах и засорить дозаторы или микроспреи. Новейшие технологии позволяют свести засорения к минимуму. На некоторых системах в дополнительной фильтрации нет необходимости, так как подаваемая вода уже проходит предварительную очистку. Вообще все производители капельных систем полива рекомендуют устанавливать фильтры, к тому же гарантия на оборудование не действительна без установки фильтров по очистке воды. При этом фильтры необходимо устанавливать не только на общий вход от источника воды, но также и внутри самой системы орошения, например, на отводных трубах, где риск попадания в воду частиц остается достаточно высоким.

В областях, где для полива употребляется очищенная канализационная вода, почти всегда применяются системы капельного орошения корневой зоны, так как использование такой воды посредством полива или орошения спреями по воздуху запрещено в целях нераспространения вредных веществ по воздуху.

Что же представляет собой система капельного орошения? Основа – это шланг, в который вмонтированы специальные устройства – капельницы, которые, как уже отмечалось, находятся на расстоянии от 20 см до 1,5 м друг от друга. Из каждой капельницы в почву поступает от 2 до 20 л воды в час. Эта технология позволяет эффективно использовать 95% воды, подаваемой на орошение. Количество воды зависит от типа и конструкции капельниц, и в каждом конкретном случае подбирается свой вид капельных шлангов, предназначенный для конкретных условий и выращиваемых культур. Тип шланга так же будет зависеть от длины рядов, ширины междурядий и других факторов, которые имеются у заказчика.

Элементы системы капельного орошения (начиная от источника воды):

- насос;
- водный фильтр – системы фильтрации: циклонный фильтр от песка, сетчатый фильтр и т.п.;
- системы удобрения и добавок;
- система контроля качества очистки воды;
- главная линия (труба наибольшего диаметра);
- клапаны (ручные, электронные, гидравлические, предохранительные);
- отводные трубы (меньшего диаметра, чем главная линия);
- фитинги и переходники для соединений;
- средства орошения (капельные дозаторы, микроспреи, кольцевые дозаторы).

С помощью контроллеров и клапанов давлением и интенсивностью полива можно управлять в ручном или автоматическом режиме. Разнообразие предлагаемых производителями видов оборудования очень велико, причём постоянно происходит пополнение новыми модификациями. Ежегодно на рынок поступает более полусотни новых изделий, учитывающих разнообразные запросы и требования потребителей, а в отдельных случаях для заказчиков специально разрабатываются или модифицируются отдельные части или системы. Для орошения используется не только питьевая вода, но и очищенные стоки, солонцеватые грунтовые воды и даже опресненная морская вода. Использование такой воды предъявляет к системам капельного орошения дополнительные требования. Это специальные фильтры, не пропускающие загрязнения, и особые конструкции капельниц, которые не забиваются и не засоряются мелкими взвешенными в воде частицами и отложениями солей. Гарантированная долговечность шлангов, даже в жесточайших условиях израильского климата, составляет 10 лет.

Вообще к качеству своей продукции здесь относятся с большим вниманием. На заводах по производству шлангов для капельного

орошения за всем процессом производства ведется компьютерный контроль, и каждая партия шлангов подвергается жесточайшей проверке. По стандарту, например, допускается разница, не превышающая 10% в количестве поступающей из отдельной капельницы воды, но фактически эта разница не превышает 2–3% по всей длине шланга.

В последнее время разработаны специальные шланги для подземного орошения. Они помещаются на глубине 50 см и не мешают проведению полевых работ, вплоть до вспашки. Эти системы оборудованы специальными устройствами, предотвращающими засорение капельниц землей, а чтобы в капельницы не прорастали мелкие корни растений, применяется специальный материал – терплан, который не дает развиваться корням рядом с капельницами. Все системы капельного орошения оборудованы устройствами для фертилизации, то есть для подачи в поливную воду растворенных удобрений. Это позволяет совместить полив с подкормками, и растения получают с водой все необходимое для оптимального роста и развития. Система капельного орошения не зря называется СИСТЕМОЙ. Капельное орошение – это не только шланги для полива, но и устройства для очистки и фильтрации воды, трубы и арматура для подачи и разводки воды по полю, оборудование для растворения и дозирования удобрений, и конечно же автоматика. Использование капельного орошения без автоматики нецелесообразно, потому что многие его преимущества могут быть не реализованы.

Автоматика задает и регулирует подачу воды, что позволяет расходовать ее максимально эффективно и экономно, подавать воду растениям аккуратно и вовремя. Автоматика регулирует подачу подкормок и состав удобрений, корректирует работу оросительной системы в зависимости от влажности и температуры почвы и воздуха и других параметров. Системы автоматического управления могут быть различными – от простеньких контроллеров, работающих на батарейках, до систем на персональных компьютерах, с программным обеспечением, специально разработанным для конкретного заказчика. Есть системы, работающие на радиоуправлении, так что фермер, сидя дома, может видеть на своем компьютере то, что происходит на его поле, удаленном на десятки километров. Системы орошения для каждого отдельного случая обычно проектируются и комплектуются специально, с учетом конкретных условий. Системы для теплиц и для открытого грунта, для северных и южных регионов, для разных видов почв и разных культур сильно отличаются друг от друга.

### **Автоматизация систем капельного орошения**

Эффективное ведение сельского хозяйства сегодня невозможно без автоматизации агротехнических процессов.

Автоматика позволяет оптимизировать эти процессы, создать и поддерживать для растений наилучшие условия для их жизни и развития. Приборы и системы автоматики в настоящее время широко применяются, начиная от маленькой клумбы рядом с домом, до тепличных комплексов, птичников, животноводческих хозяйств и на открытом грунте.

Автоматика позволяет значительно увеличить производство, повысить качество продукции, урожайность и продуктивность, облегчить труд и исключить ошибки, вызванные «человеческим фактором». Автоматика выпускается различных уровней сложности, начиная от простых, недорогих контроллеров, до сложных компьютерных систем, способных учитывать многочисленные параметры и определять оптимальный режим для управляемого объекта.

Контроллеры – электронные приборы, управляющие процессами орошения по жестко заданной временной программе. Такие приборы имеют и дополнительные возможности для подключения датчиков, например, датчика дождя, что позволяет учитывать состояние окружающей среды и корректировать заданную изначально программу полива, отключая подачу воды во время дождя.

Контроллеры выпускаются одноканальные и многоканальные. Многоканальный контроллер позволяет управлять одновременно несколькими линиями полива, по индивидуально настроенным для каждой линии параметрам. Многоканальные системы выпускаются для управления независимыми линиями в количестве от 4 до 12 (одновременно). Например, контроллер для управления орошением на приусадебном участке имеет встроенный соленоидный клапан и питание от батарейки 9 вольт. Восьмиканальный контроллер может использоваться и в приусадебном хозяйстве, и в озеленении, и для автоматизации теплицы или фермерских полей. Такие контроллеры могут питаться как от батареи, так и от электросети. Контроллеры для управления системами орошения и фильтрации используют батареи 9 вольт и им не нужно дополнительное внешнее питание. Контроллеры выпускаются различных модификаций, и часто можно заказать такие контроллеры со специальными параметрами по спецификации передаваемой заказчиком.

Контроллеры для орошения, кроме подачи воды по заданной программе, могут также отслеживать несколько дополнительных параметров, например влажность почвы, температуру, наличие осадков и корректировать полив автоматически. Для систем управления системами фильтрации воды используются контроллеры, тоже учитывающие ряд параметров, а также автоматически включающие промывку фильтров при их засорении. Это очень важно, особенно при поливе растений водой из источников, имеющих высокую степень загрязнения.

Промышленные контроллеры выпускаются в прочных корпусах, защищающих их от воздействия окружающей среды и могут надежно работать на открытом воздухе.

Система управления для средних и больших площадей открытого грунта базируется на более мощных контроллерах, позволяющих не только задавать и контролировать параметры орошения, но и добавлять в поливную воду удобрения, пестициды и другие компоненты. В это семейство включены различные типы контроллеров со сходными программными характеристиками, но с разной аппаратной разработкой, чтобы соответствовать различным потребностям. Система управления орошением может быть построена на базе одного или нескольких контроллеров. Большинство таких систем имеют возможность вывода данных на компьютер, с которого оператор может контролировать и управлять сразу несколькими оросительными объектами.

В последнее время все чаще для оросительных систем в открытом грунте используются системы дистанционной беспроводной передачи данных. Таким образом, например, фермер может контролировать на своем домашнем компьютере процесс орошения нескольких полей, находящихся друг от друга на расстоянии в десятки километров.

Для орошения теплиц разработаны специальные контроллеры, которые обеспечивают контроль и управление уровнем кислотности (рН) и электропроводности (ЕС) поливной воды и включают устройства для точной дозировки жидких удобрений и регулировки кислотности раствора, посредством подачи концентрированных составов из емкостей.

Системы автоматики для теплиц сегодня – это обычно компьютерные полнофункциональные системы, управляющие не только орошением, но и температурой, влажностью, освещенностью, то есть полностью регулирующие и поддерживающие микроклимат в теплице на оптимальном уровне.

Контроллер защиты от мороза специально разработан, чтобы защитить урожай и гидравлическую систему от заморозков. Аналоговый датчик температуры, подключенный к устройству, позволяет непрерывно следить за температурой в диапазоне от  $-10^{\circ}$  до  $+60^{\circ}$  С. Когда окружающая температура опускается ниже установленной точки, включается орошение, и оно остается включенным, пока температура не поднимется выше установленного значения; если по какой-то причине аналоговый датчик не может использоваться, можно использовать контактный термостат. Кроме управляющего выхода на соленоиды система имеет выход, позволяющий включать аварийную сигнализацию и сообщать на главный контроллер о включении системы защиты от заморозков.

Контроллеры влажности предназначены для управления влажностью туманообразующих систем в теплицах. Они разработаны для двух целей. Первая – распыление воды для снижения температуры внутри теплицы (управляется датчиком температуры), вторая – поддержание влажности в помещении на заданном программой уровне. В режиме понижения температуры контроллер функционирует циклично, и время циклов зависит от заданной температуры. Кроме того, есть возможность установки работы по времени. В режиме туманообразования или поддержания заданной влажности он работает независимо от температуры и времени.

Системы метеорологического контроля все чаще применяются для отслеживания состояния окружающей среды и внесения корректив в работу систем автоматического управления.

Это далеко не полный перечень систем, применяемых для автоматизации процессов орошения.

Сельскохозяйственные технологии и оборудование, созданные в Израиле, недаром считаются одними из лучших в мире. Во многих странах фермеры с успехом используют их, и с каждым годом объем экспортных поставок растет. Сейчас объем экспорта в денежном выражении приближается к двум миллиардам долларов в год и постоянно увеличивается, несмотря на большую конкуренцию. Главные преимущества – высокое качество, долговечность и надежность.

Израильские компании считают своим долгом оказывать постоянную всестороннюю консультационную и техническую помощь своим потребителям, которые в любое время могут обратиться со своими проблемами к поставщикам и в каждом конкретном случае получают необходимую помощь.

Одна из тайн успеха израильской продукции для оросительных систем заключается в высоком профессионализме специалистов, проектирующих и производящих это оборудование, их внимательном отношении к запросам клиентов, применении новейших конструкций, технологий и материалов, постоянном обновлении ассортимента.

Огромный вклад в развитие этой отрасли внесли ученые, инженеры, технологи и высококвалифицированные рабочие, которые приехали в Израиль из бывшего СССР. Их творческий подход, глубокие знания и опыт позволили промышленности, производящей сельскохозяйственные оборудование и технологии, стать ведущей в мире.

### **Фирмы-производители**

«Нетафим». Системы капельного орошения в Израиле разрабатываются и поставляются на рынок несколькими производителями, среди которых ведущим является «Нетафим» (слово «нетафим» в переводе с иврита — капля).

Израильская компания «Нетафим» – мировой лидер по производству ирригационного оборудования и систем капельного орошения с почти 40-летним опытом работы и представительствами в 80 странах мира.

Направления деятельности «Нетафим»:

- орошение открытого грунта;
- строительство и реконструкция тепличных комплексов;
- обеспечение заказчиков биологическими средствами и шмелями для опыления, удобрениями и другими средствами для создания высокотехнологичного производства.

Главная составляющая часть любой системы капельного орошения – узел приготовления питательного (рабочего) раствора. Особое значение имеет также предварительная обработка воды. В ряде случаев это не только очистка, но и предварительное выравнивание параметров. Наконец, третьей важнейшей составляющей является точное и равномерное распределение воды по растениям. Без соблюдения этой характеристики качественные параметры приготовленного рабочего раствора теряют смысл.

«Нетафим» предлагает следующие варианты решения поставленных задач.

Разработаны комплексные системы орошения, строящиеся, как правило, по модульному принципу. Вопреки распространенному мнению питьевая (артезианская) вода не всегда является наилучшим решением при выборе источника водоснабжения. Повышенное присутствие растворенных минеральных солей и, как следствие, их отложение на элементах системы представляют опасность для нормальной работы капельниц. С другой стороны, если применять гравийные фильтры, служащие для предварительной очистки воды, то становится возможным использовать открытые водоемы любого типа и любой степени загрязненности, причём можно употреблять и сточные воды. «Нетафим» поставляет батареи гравийных фильтров с необходимыми для каждого конкретного случая характеристиками на основе анализа источника воды.

Для приготовления рабочего раствора компания предлагает два вида установок.

Установка «Нетафим» сочетает в себе простоту и надежность, с одной стороны, и высокую технологичность с другой.

Вода через гидравлический клапан поступает в бак вместимостью 100 л. Инжекторные насосы подают туда же маточные растворы, а нагнетательный насос – выкачивает питательную смесь в систему. Часть ее направляется к датчикам контроля ЕС и pH (в установке предусмотрено по два датчика на каждый из этих параметров), учитывается среднее значение контролируемых характеристик. Кроме того, если разница между показаниями превышает определенный по-

рог (имеет место неисправность одного из датчиков), происходит аварийный останов установки. Она предназначена для обслуживания теплицы площадью до 2 га.

«Нетафим» – наиболее высокотехнологичная установка из присутствующих сегодня на рынке. Для ее работы не требуется входное давление (предпочтительно использование накопительного резервуара вместимостью до 1000 куб. м), смешение маточного раствора с водой происходит в специальных малообъемных емкостях, обеспечивающих турбулентный поток. По сути, каждый вид удобрений проходит через собственный миксер.

Установка имеет собственный нагнетательный насос, оснащенный системой «мягкого пуска». Отсутствие перепадов давления обуславливает высочайшую точность работы инжекторных насосов. В ней также, как и в установке «Нетафлекс», используется принцип двойного контроля параметров.

Компания «Нетафим» поставляет также установку предварительной обработки воды «Бибиджет» и систему выравнивания давления в системе.

Распределительная сеть обеспечивает подачу рабочего раствора к растениям. При этом необходимо учитывать перепад давлений, существующий в поливочной линии. К числу проблем, которые необходимо также решить, относятся дренаж из магистралей и заполнение системы орошения в начале каждого ирригационного цикла. Точность распределения рабочего раствора по растениям напрямую зависит от решения поставленных задач. Компания «Нетафим» успешно с этим справлялась, разработав капельницы типа PCJ CNL с компенсацией давления в широком диапазоне. Они обеспечивают постоянный выходной поток при разбросе входного давления (напор рабочего раствора) от 10 до 30 м. Это позволяет использовать поливную линию длиной до 100 м и более.

Во всем мире 2400 тыс. га земель орошается с помощью оборудования, поставляемого компанией «Нетафим».

**АМИАД.** Системы фильтрации этой фирмы обеспечивают качественный автоматический полив. Всем объектам, где используется вода и автоматический полив, требуется фильтрация. Исключение составляет вода из родника, но и она проходит фильтрацию через множество слоев в грунте и выходит из нее кристально чистой. Фильтры фирмы АМИАД стараются сделать воду похожей на родниковую. Одна из самых больших серий, которую АМИАД предлагает на рынке, – пластиковые фильтрующие элементы.

*Сетчатые фильтрующие элементы.* Сетчатые фильтрующие элементы изготовлены в виде литых пластиковых ребер, поддерживающих плетеную нержавеющую проволочную сетку со степенями

фильтрации от 22 до 800 микрон. Для грубой фильтрации от 800 до 3500 микрон предлагаются нержавеющие перфорированные сетки. Взвешенные вещества собираются на внутренней поверхности сетки. Сетка легко вынимается из корпуса для ручной промывки.

Направление потока в фильтрующих элементах осуществляется изнутри наружу и вдоль; таким образом неорганические твердые вещества могут удаляться с помощью промывочного клапана. Сетчатые элементы особенно подходят для отделения неорганических частиц и вызывают минимальные потери напора. Цилиндр с фильтрующим элементом включает в себя две кольцевые прокладки, что обеспечивает идеальное уплотнение внутри корпуса фильтра.

*Дисковые фильтрующие элементы.* Состоят из пластиковых дисков, набранных на телескопическом сердечнике. С обеих сторон диски имеют канавки. Эти канавки пересекаются, образуют фильтрующий элемент при сжатии на сердечнике. Дисковый элемент обеспечивает высокую степень удаления органических веществ. Полезная площадь фильтрации состоит из наружной поверхности и каналов, образованных пересекающимися канавками. Очистка дискового элемента выполняется просто, благодаря уникальной конструкции телескопического сердечника, позволяющего дискам разделяться в процессе промывки. Две кольцевые прокладки обеспечивают идеальное уплотнение внутри корпуса фильтра.

*Химически устойчивые фильтры.* АМИАД предлагает фильтры 3/4" и 1" – Compac из химически устойчивых материалов. Эти фильтры предлагаются в качестве стандартных с оборудованием АМИАД для внесения удобрений и являются устойчивыми ко всем гербицидам, используемых в сельском хозяйстве. Эти фильтры также пригодны для использования при наличии хлора.

*Metzerplas.* Капельная трубка LIN израильской компании Metzerlas имеет ряд неоспоримых преимуществ, которые проверены многолетней эксплуатацией. Системы капельного орошения с применением капельной трубки LIN предназначены для орошения растений в теплицах, грибницах, оранжереях, на открытых грунтах (картофель, лук, морковь, перец, томаты, огурцы), в садах и для полива виноградников.

Надежная капельница с производительностью 1,2–1,6 л/час позволяет поливать за короткое время большие участки. Встроенный в капельницу фильтр не дает ей забиваться и тем самым обеспечивает долговременную работу как самой капельницы, так и капельной линии в целом. Канал со сбалансированным лабиринтом, достаточно широким и коротким, стабилизирует входящий в капельницу поток. Использование полиэтилена высокого давления в качестве материала для капельной трубки LIN и толщина стенки не менее 0,25 мм обеспечивают отличную износостойкость и сопротивление внешнему

воздействию. При этом потери по производительности не превышают 8–10% по всей длине капельной линии.

Израиль является пионером в капельном орошении, и уже на протяжении 40 лет ведет непрерывную работу по улучшению капельниц и систем фильтрации воды. Сегодня применяются капельницы четвертого поколения, хорошо устойчивые к засорению. В зависимости от анализа воды для каждого проекта выбирается индивидуальная система фильтрации воды. Автоматическая промывка, которая программируется с помощью контроллера фильтров, позволяет своевременно очищать систему от примесей, не прекращая в это время полива. Metzerplas сертифицировал все выпускаемые продукты в соответствии с международными стандартами качества ИСО 9000. Строгая система контроля и управления качеством гарантирует, что автоматический полив любой конфигурации разработан и произведен в соответствии со строгими требованиями стандартов. Для производства данных систем полива используются только самые лучшие и качественные сырье и материалы. Автоматический полив, целый ряд систем которого разработан в компании, широко применяется во многих странах мира.

### **Эффективность работы систем капельного орошения**

Капельное орошение является современным удобным способом полива растений. Основными преимуществами капельного орошения являются:

- повышение урожайности (см. табл. 4);
- система может работать 24 часа в сутки;
- обеспечение однородного распределения воды по всей длине ряда;
- уменьшение потребления воды и энергии до 50%;
- уменьшение потребления удобрений и химикатов;
- снижение засоренности и уменьшение уплотненности грунта;
- сохранение сухими междурядий;
- растения защищены от заморозков вследствие более высокой температуры грунта (за счет испаряющейся с поверхности почвы влаги).

Таблица 4

#### **Урожайность при капельном орошении\***

| Выращиваемая культура        | Система капельного орошения, ц/га | Традиционные способы орошения, ц/га |
|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Томат                        | 752                               | 180                                 |
| Виноград (4-й год вегетации) | 120,1                             | 86,3                                |
| Яблоня                       | 451,6                             | 252,5                               |
| Персик                       | 82,4                              | 69,1                                |

\*При этом экономия поливной воды – от 70%.

В Израиле капельный полив полностью заменил все другие методы орошения виноградников. По сравнению с дождеванием и поливом по бороздам урожайность при капельном поливе увеличивается на 20–30%, в виноградниках начинается интенсивное плодоношение уже на третий год. Во фруктовых садах капельный полив вводится постепенно, по мере установки постоянных систем и закладки новых садов. Преимущества этого метода особенно очевидны в интенсивных садах яблони при загущенных схемах посадки 5×3 м; 4×2 м и использовании карликовых кленовых подвоев М-9, М-26, ММ-106. Сады такого типа из-за поверхностной корневой системы требуют постоянного увлажнения верхнего слоя почвы и высокой концентрации питательных веществ в прикорневой зоне. Капельное орошение способствует развитию густой и волокнистой корневой системы вскоре после посадки саженцев, активному росту надземной части и быстрому вступлению в интенсивное плодоношение на третий-четвертый год в зависимости от сорта. В Израиле урожайность интенсивных садов яблони в пике плодоношения при капельном поливе составляет от 450 до 750 ц/га. Самая распространенная капельная система для орошения садов и виноградников, применяемая в разных странах, состоит из одной капельной линии вдоль ряда с капельницами, пропускающими от 2 до 8 л/час и расположенными на расстоянии 0,70–1,25 м друг от друга. По опыту, капельное орошение с промежутками 1–3 дня небольшими дозами оказывает лучшее воздействие, чем более редкий полив – 1 раз в 1–2 недели. Объем воды, требующийся для полива, обычно определяется по коэффициенту испарения.

Системы капельного орошения – это один из главных элементов высоких технологий в сельском хозяйстве, которые сделали «зеленую революцию» в ряде стран. В то время, когда химизация сельского хозяйства, позволяя серьезно повышать урожай, увеличивала техногенную нагрузку на среду, применение капельного орошения, удваивая сборы, решает ряд экологических проблем, уже созданных человеком, и не допускает появления новых.

Как и всякая высокая технология, эта требует определенного уровня агротехники и агрономической дисциплины. Капельное орошение позволяет также сократить на два-три года период вступления в товарное плодоношение, а значит, помочь быстрее вернуть вложенные средства.

Системы капельного орошения – наиболее приемлемый способ орошения также и с точки зрения сохранения плодородия почвы и экологии в целом. При правильном графике полива нет необходимости в специальной дренажной системе. Отсутствует «провал» влаги ниже зоны корнеобитания, исключается возможность стыковки поверхностных вод с подгрунтовыми (зачастую минерализованными),

что в свою очередь предотвращает заболачивание и засоление участков.

Капельное орошение абсолютно не уплотняет почву и не способствует ухудшению ее структуры, предотвращает возникновение анаэробных условий в почве, устраняя, таким образом, возникновение различных почвенных гнилей; дает возможность использовать участки на склонах или со сложным рельефом без сооружения террас и переноса почвы, уменьшает вредное воздействие на окружающую среду минеральных удобрений и пестицидов. В конечном счете капельный полив обеспечивает более высокую урожайность и более качественную продукцию при значительном сокращении расхода воды, удобрений, пестицидов, электроэнергии, труда, а следовательно, и денежных средств. По многолетним наблюдениям, прибавка урожая при капельном орошении по сравнению с дождеванием достигает на плодовых породах и виноградниках 20–40%, на овощных культурах 50–80% и более, при этом овощи созревают на пять–десять дней раньше обычного срока.

#### **2.4.2 Спринклерное орошение**

В Израиле все поля орошаются капельным и спринклерным методами. Спринклеры – это специальные распылители или разбрызгиватели воды. Существует множество видов разбрызгивателей для разных целей. Они отличаются диаметром орошаемой площади, формой струи и удовлетворяют разнообразным требованиям в орошении.

Сфера применения спринклеров – это полив овощей, деревьев, кустарников, винограда, цветов, рассады, саженцев, парков и садов, а также орошение в теплицах и питомниках. Применяются спринклеры и в охлаждающих, и в противозаморозковых системах весной и осенью.

Главный принцип здесь – мелкая капля. Орошая таким образом растения, мелкие капли, осаждаясь на землю, не создают луж, не трамбуют землю, постепенно впитываются в почву. Попутно можно вносить и удобрения, и, если требуется, ядохимикаты для обработки растений или почвы. Применяется принцип кратковременного, но частого полива.

Применяемые спринклеры работают при давлении от 2 до 4 атм. с диаметром орошения от 1,5 до 15 м в зависимости от вида посадки. Расход воды от 20 до 240 л/ч.

Для подведения воды требуются пластиковые трубы, в которых сверлят отверстия и подключают с помощью фитингов спринклеры. Такая система полива менее затратна по оборудованию: в конечном счете она работает дольше, чем шланги капельного полива, а в слу-

чае поломки (что случается очень редко) легко заменить сломанный сплинклер на другой. Используют легкие трубы и наконечники.

*Агротехнические, экономические и экологические преимущества по сравнению с обычными передвижными системами орошения*

- Эрозия почвы отсутствует из-за низкой скорости осаждения и мелкой фракции капель.
- Минимум загрязнения: точный контроль над глубиной увлажнения почвы приводит к минимуму утечки воды.
- Преимущество прорастания: мелкий размер капель предотвращает появление корки на поверхности почвы. Оптимальную влажность для прорастания семян в почве в верхнем слое можно сохранить с помощью нескольких ежедневных циклов орошения.
- Ускоренный рост и развитие растений вследствие «равновесия» влажности воздуха.
- Экономические преимущества: расход воды на 60–70% ниже, чем в обычных разбрызгивателях. Стоимость насоса, труб, арматуры и другого оборудования более низкая.
- Экологические преимущества: система использует воду эффективно, предотвращает загрязнение подземных водных ресурсов, экономит энергию и позволяет длительное время использовать пластиковые элементы.

Израильские фирмы-производители предлагают широкий выбор уникального оборудования малообъемного орошения высокого качества. Разбрызгиватели производятся из высококачественных материалов, имеют отличное исполнение, точность, равномерно распределяют воду и различаются диаметром орошаемой площади и формой струи.

Ведущей израильской фирмой по производству спринклеров является NaanDanJain.

## **2.5 Фертигация**

Фертигация является наиболее эффективным и дешевым способом доставки питательных веществ к корневой системе растений, позволяет существенно повысить урожай.

Эта технология была разработана в конце 1970-х годов и получила широкое распространение среди сельскохозяйственных производителей во всем мире. Внедрение фертигации стало естественным и эффективным шагом в развитии сельскохозяйственных технологий, а разработанная техника и методы применения химических удобрений для питания растений позволили успешно применять данный способ на орошаемых площадях, используя существующее оросительное оборудование.

Потребность в фертигации возникла потому, что традиционные методы внесения удобрений обладают только частичной эффективностью и имеют много недостатков. Обычные удобрения очень концентрированы, они могут быть слишком сильными для нежных корней растений – могут вызывать химические ожоги и наносить непоправимый ущерб корневой системе растения. С другой стороны, если гранулы удобрений находятся в почве на значительном удалении от корней, влияние удобрений может оказаться слишком слабым. Главным недостатком традиционных способов внесения удобрений является то, что они распределяются неравномерно и едва достигают концов корней и корневых волосков – точек максимального поглощения питательных веществ.

Недостаточное или чрезмерное количество любых питательных веществ способно привести к снижению урожайности. Чрезмерное их количество может вызывать повреждения растений, перерасход средств и загрязнение окружающей среды, когда система промывается после завершения цикла выращивания.

В технологии фертигации удобрение поступает к растениям непосредственно с поливной водой, следовательно, куда идет вода, туда же вместе с ней идут и удобрения. В системах фертигации легко достигается управление оптимальными концентрациями удобрений, их соотношением, и эти параметры могут контролироваться в автоматическом режиме.

Для фертигации используются так называемые маточные растворы, которые содержат высокие концентрации удобрений и в дальнейшем смешиваются с водой, подающейся на орошение в пропорции 1:100. Смешивание производится при помощи различных устройств, которые позволяют производить это смешивание в точно заданных пропорциях. Часто применяются несколько маточных растворов. Это связано с тем, что не все удобрения химически совместимы, и иногда при их смешивании может образовываться нерастворимый осадок, с которым часть питательных веществ становится недоступна растениям. Наиболее «технологичные» системы фертигации используют два-три маточных раствора, дополнительно через отдельный дозатор подается кислота, с помощью которой уровень pH доводится до оптимального.

Этот способ удобрения в настоящее время применяется повсеместно: при поливе полевых культур, виноградников, плодовых и цитрусовых садов, питомников, теплиц и приусадебных участков.

Автоматические системы полива и внесения удобрений для открытого грунта и теплиц позволяют во время полива подавать удобрения на всю площадь или на отдельную линию; использовать несколько видов удобрений одновременно (вплоть до восьми комплектов); регулировать концентрацию и количество удобрений для каждой линии отдельно.

Для внесения удобрений и химических веществ используются инжекторные системы. Инжектору не нужен внешний блок питания. Линейный гидравлический привод работает за счет гидравлического давления и потока воды в системе орошения. Инжектор пригоден практически для всех известных химических веществ, используемых в сельском хозяйстве.

*Специальные удобрения для капельного полива.* В капельном орошении для удобрения растений применяются особые жидкие удобрения, которые смешиваются с водой для полива. Традиционные удобрения не подходят для систем капельного полива.

Специалисты израильской компании «Ротем Амферт Негев, Ltd» разработали новое удобрение – Пекацид, которое сильно подкисляет воду и при этом является высококонцентрированным источником фосфора и калия. Пекацид замечательно очищает системы капельного полива и капельные линии любого типа.

Засорение капельниц приводит к неравномерному поливу и, соответственно, к неоднородному развитию растений. Это снижает урожайность и увеличивает процент нестандартной продукции. Пекацид обеспечивает кислотой для нейтрализации и разрушения бикарбонатов, препятствует блокировке капельниц в оросительной системе. При использовании в концентрированной форме Пекацид разрушает существующий карбонатный осадок и очищает системы капельного орошения.

Пекацид быстро растворяется в воде (растворимость при 20°C достигает 670 г/л) и предназначен для использования в системах капельного полива и при поливе через шланги. Регулярное применение этого продукта позволяет предотвратить образование известкового налета в трубках и капельницах и продлить срок службы систем капельного полива.

Длительный полив жесткой водой приводит к подщелачиванию почвы, при этом многие микроэлементы (бор, железо, марганец, цинк, медь) становятся недоступными для растений. На щелочных почвах фосфор находится в недоступной для растений форме, что отрицательно сказывается на развитии корневой системы и дальнейшем росте растений.

Для подкисления воды и прочистки капельниц традиционно используются азотная и фосфорная кислоты. Однако кислоты относятся к опасным веществам, что усложняет их транспортировку, хранение и использование.

Пекацид – очень эффективное подкисляющее средство: доза Пекацида 240 г нейтрализует 1 ед. бикарбоната в 1000 л воды. Регулярный полив растворами, содержащими Пекацид, позволяет подкислить грунты и тем самым повысить доступность для растений фосфора и микроэлементов.

Содержание фосфора в Пекациде на 15% выше, чем в обычном монокалий фосфате или в фосфорной кислоте. Пекацид может использоваться для всех культур (томат, картофель, огурец, перец, капуста, розы, яблоневые деревья и др.), выращиваемых при капельном поливе на нейтральных или щелочных почвах. За сезон на гектар вносится 50–100 кг Пекацида.

Возможны два варианта внесения удобрения:

1–2 раза в месяц по 0,5–1 кг/1000 кв. м.

2–3 раза за сезон по 2–3 кг/1000 кв. м.

Первый полив проводится через семь–десять дней после появления всходов или сразу после высадки рассады в грунт.

Первые испытания этого удобрения показали удивительные результаты: количество засоренных капельниц уменьшалось, а уровень доступного фосфора на щелочных грунтах после начала использования Пекацида значительно повышался. Пекацид просто незаменим для тех, кто пользуется поливной водой с pH больше 7,2 и выращивает овощи, цветы или фрукты на щелочных почвах. Его применение в системах капельного полива позволяет повысить урожайность, снять проблему засорения капельниц и повысить доступность питательных веществ из почвы.

### **3 Индонезия**

#### **3.1 Общие вопросы**

Индонезия — государство в Юго-Восточной Азии, на островах Малайского архипелага (Большие и Малые Зондские острова, Молуккские острова) и западной части острова Новая Гвинея (Ириан-Джая). Крупнейшее в мире островное государство. Всего в состав Индонезии входят более 17 500 островов, из которых заселены чуть менее 1000. Большинство других островов представляют собой отдельные скалы или небольшие атоллы. Больше половины площади островов занимают горы (высота до 5029 м: г. Джая на о. Новая Гвинея). Индонезия граничит с Малайзией и Папуа — Новой Гвинеей. Площадь 1904,5 тыс. кв. км. Население около 240 млн. человек (2003, четвертое место в мире). Столица - Джакарта. Крупнейшие города: Джакарта, Сурабая, Бандунг.

Две трети населения проживают на островах Ява и Мадуро. В некоторых районах острова Ява плотность сельского населения достигает до 2500 человек на 1 кв. км (самая высокая в мире величина для сельских районов), 78% населения живут в сельской местности. Индонезия расположена в экваториальных широтах: большая ее часть находится в Южном полушарии, а северная часть островов Суматра, Калимантан, Сулавеси и Молуккских островов — в Северном.

Климат - экваториальный и субэкваториальный, с обилием осадков, выпадающих в виде мощных ливней, часто сопровождаемых грозами. На большей части страны осадки выпадают равномерно (до 4000 мм в год), на юге — непродолжительный сухой сезон. Реки почти везде образуют очень густую сеть. Самые крупные из них: Капуас и Барито на Калимантане; Хари, Кампар и Муси на Суматре; Мамберамо и Дигул на Новой Гвинее. Из-за обильного отложения речных наносов в низовьях равнинные реки постоянно меняют русла,

На территории страны действуют 137 больших плотин.

Более половины территории покрыто влажными вечнозелеными тропическими лесами с большим разнообразием флоры и фауны. Вдоль побережий — мангровые заросли. На юге встречаются участки саванн, в горах — высотная поясность.

Индонезия — индустриально-аграрная страна, с крупнейшим в Азии плантационным хозяйством и развитой горнодобывающей промышленностью

Может орошаться почти треть обрабатываемых земель. Основные экспортные культуры: каучуконосы (одно из ведущих мест в мире), кокосовая и масличная пальмы, чай, кофе, табак, какао, перец, сейба (капок), агава (сизаль); пряности — мускатный орех, гвоздика и др.; кора хинного дерева (Индонезия — основной поставщик в мире). Главные продовольственные культуры: рис (основной продукт питания населения), кукуруза, кассава, батат, арахис, соя. Животноводство развито слабо. Важное значение имеет рыболовство, лов омаров, креветок, трепангов. Заготавливают древесину ценных пород. Сохраняются традиционные ремесла: производство батика (как промышленное, так и кустарное), чеканных изделий из серебра, изготовление керамических сосудов, художественная резьба по кости, плетение циновок, шляп и др. Большое значение имеет иностранный туризм.

Всего возделывается 35,6 млн. га угодий, в том числе могут орошаться около 11 млн. га. Сегодня оснащено системами орошения 7,4 млн. га (табл. 5) [37]. Сельское хозяйство страны потребляет 127 куб. км воды (примерно 80 % всей потребляемой пресной воды).

Таблица 5

**Рост орошаемых площадей в Индонезии**

| Год  | Орошаемая площадь,<br>млн. га |
|------|-------------------------------|
| 1966 | 3,80 (из 14,0 возделываемых)  |
| 1968 | 4,23                          |
| 1976 | 4,90                          |
| 1979 | 5,36                          |
| 1999 | 6,87                          |
| 2010 | 7,40                          |

В последние десятилетия цели в области оросительных мелиораций сместились: произошел переход от политики, способствующей увеличению производства риса, к политике поддержки фермеров. Главные направления сегодня:

- совершенствование деятельности ирригационных служб поддержки и Ассоциации водопользователей;
- усиление финансовой помощи для коллективных ирригационных схем;
- увеличение производства сельскохозяйственной продукции и доходов хозяйств за счет лучшего обеспечения водой, помощи служб поддержки и предоставления микрокредитов.

Рис в чеках выращивается в стране на площади около 12,9 млн. га. На о. Ява выращивают большую часть индонезийского риса, причём собирают два урожая в год. На других островах фермеры занимаются подсечным земледелием (подсека – место среди леса, расчищенное для пашни). Земельные участки у фермеров небольшие: 60% участков не превышают 0,5 га. С 2007 года правительство задалось целью увеличить производство риса. Средняя его урожайность в Индонезии - 4,97 т с гектара. Страна вновь обрела «самодостаточность» в отношении этой культуры.

### **3.2 Основные проблемы, связанные с орошением**

Ирригация в Индонезии долгое время развивалась, ориентируясь только на достижение продовольственной безопасности страны. Такой путь вел к недостаточному разнообразию возделываемых культур – приоритет отдавался рису.

Для продовольственной безопасности страны неблагоприятным фактором является вывод большого количества площадей на острове Ява из категории орошаемых для использования в интересах промышленного производства, бизнеса, строительства. В 1970-х – 1990-х годах из категории орошаемых было выведено более 500 тыс. га земель.

Ирригация не на острове Ява не получает должного развития. Большинство систем орошения забирают воду прямо из русел рек (без водохранилищ): из водохранилищ воду получают лишь 12 % таких систем. Потому надежность здесь низкая – имеет место большая зависимость от времени года. Это отрицательно влияет на урожайность риса, который выращивается на затопляемых полях (чеках), располагающихся на низменностях.

Необходимо более эффективное использование оросительной воды, например, применение капельного орошения, прерывистого полива для рисовых чеков вместо непрерывного затопления.

В связи с быстрым ростом населения и потребностей в продовольствии правительство должно выделять значительные средства

на развитие сельского хозяйства, в том числе на развитие в области земельных и водных ресурсов и управление ими.

## 4 Китай

Несколько лет назад в Китае стартовал проект исследований современных водосберегающих аграрных технологий и освоения новой продукции, предложенный Министерством науки и техники совместно с Министерствами водного и сельского хозяйства [10]. Программа включает 55 тем, определенных в соответствии с тенденцией развития современного водосберегающего агропроизводства и требованиями ключевых технологий. В реализации проекта приняли участие 282 научно-исследовательских института и высокотехнологичных предприятия, уже созданы современные базы водосберегающего сельского хозяйства, на которых используются новейшие оросительные технологии, благодаря чему снижается потеря воды на полях и в оросительных каналах, повышается коэффициент повторного пользования утилизированных вод, растет отдача сельскохозяйственного производства в целом. Разработан ряд водосберегающих технологий и оборудования, отличающихся высокой эффективностью, низкими энергозатратами и экологической безопасностью. Рекомендованы технические модели развития водосберегающего агропроизводства с учетом природных условий в различных регионах. В Китае в сельском хозяйстве при 45 процентах полезного орошения ежегодно расходуется 390 млрд. куб. м воды (70% общего потребления страны). Это значит, что имеется большой потенциал для развития водосберегающих технологий в сельском хозяйстве. Целевые установки государства в области водосберегающего сельского хозяйства предусматривают довести в 2030 году коэффициент полезного орошения до 55% при сохранении прежнего уровня расхода воды.

В последние годы в Китае проведена огромная работа по созданию показательных водосберегающих сельхозобъектов, построены показательные зоны водосберегающих агротехнологий государственного значения, показательные технопарки освоения водосберегающих высоких технологий, показательные высокоурожайные участки с применением водосберегающих агротехнологий и т.п. В сравнительно больших бассейнах орошения проведено комплексное строительство и осуществлена техническая реконструкция с упором на сбережение воды, выработаны модели развития водосберегающего сельскохозяйственного производства и разработан комплекс техни-

ческих рекомендаций с учетом конкретной ситуации в районах. По инициативе правительства широко внедряются водосберегающие сельхозтехнологии: уменьшение водопроницаемости дна оросительных каналов, низконапорная трубопроводная система подачи воды и капельная система орошения. Одновременно применяются различные влагосохраняющие технологии: покрытие соломой или пленкой, влагосохраняющие препараты и др. Интенсивно выращиваются засухоустойчивые сорта сельскохозяйственных культур.

## **5 Орошение аккумулированным ливневым стоком**

Орошение аккумулированным ливневым стоком – во многом забытая форма управления водными ресурсами [38]. При этом виде орошения вода, затопляющая сушу во время ливня, направляется на сельскохозяйственные земли. После затопления вода сразу используется, но часто влага сохраняется в профиле почвы и используется позже. На землях, орошаемых аккумулированным ливневым стоком, можно выращивать множество сельскохозяйственных культур. Это и хлебные злаки (сорго, просо, пшеница, ячмень), и масличные культуры (горчица, клещевина, рапс), и бобовые (горох, фасоль), а также хлопок, тыква, помидоры и другие овощи. Кроме того, ливневой водой могут заполняться русла мелеющих рек, пруды для скота, а в некоторых районах ливневый сток распределяется по пастбищам или землям, занятым лесом.

Орошение аккумулированным ливневым стоком распространено в таких регионах как Западная Африка (Пакистан, Иран, Афганистан), Средний Восток (Йемен, Саудовская Аравия), Северная Африка (Марокко, Алжир, Тунис), Африканский Рог (Эфиопия, Судан, Сомали), а также в отдельных местах других частей Африки, отдельных районах Южной Америки и Центральной Азии. Всего в мире аккумулированным ливневым стоком орошается около 2,6 млн. га земель, причём эта площадь каждый год разная, поскольку здесь играет роль количество выпадающих осадков. В Афганистане, Саудовской Аравии, Танзании и Кении есть также “неучтённые” территории, орошаемые аккумулированным ливневым стоком. Кроме того, в Центральной Азии, Китае, Монголии, Латинской Америке существует много “неофициальных” систем регулирования воды, в которых предусматривается использование потоков ливня для орошения.

Системы регулирования водного режима, обеспечивающие орошение аккумулированным ливневым стоком, представляют собой эффективные и сложные структуры. Здесь нужны отводные сооружения, способные противостоять потоку и распределить ливневую воду по большим территориям, погасив ее размывающую энергию. Необходимы также тесное сотрудничество на местном уровне и согласие в

вопросах распределения получаемых благ, которые непредсказуемы и непостоянны.

Хотя такой способ орошения может способствовать преодолению бедности и помочь адаптироваться к изменчивости и изменениям климата в некоторых регионах Земли, финансируются соответствующие работы плохо.

При орошении аккумулярованным речным стоком влага пребывает в профиле почвы и в водоносном слое, что гораздо дешевле, чем хранение воды в водоеме на поверхности. Даже если такое орошение значительно более «рискованно», оно может очень способствовать обеспечению продовольственной безопасности, которая весьма важна в современном мире, где повышаются цены на продовольствие и сокращается поддержка неимущих.

В некоторых случаях орошение аккумулярованным ливневым стоком является основой высокопроизводительных сельскохозяйственных систем. В качестве примера можно привести восточные низменности провинции Эритрея (Эфиопия), где благодаря сложной системе регулирования влажности урожай сорго достиг 4 т с гектара. Это значительно больше, чем в других местах, в которых выращивают данную культуру. Другой пример – Йемен, где совместное использование аккумулярованного ливневого стока и подземных вод (пополненных за счет ливневого стока) помогает поддерживать сельское хозяйство страны. Точно так же береговые системы использования ливневого стока и подземных вод в Саудовской Аравии имеют наибольшую в стране эффективность в плане обеспечения водой.

Все это говорит о том, что орошение аккумулярованным ливневым стоком является сложным, но вовсе не малоэффективным видом регулирования водных ресурсов.

## **6 Мелиорация земель в Республике Беларусь**

Из 10 млн. га пахотных земель, осушенные земли составляют 3,3 млн. Их площадь сохранилась без изменений на уровне 1990 года. Все осушенные земли, в соответствии с законом Республики Беларусь «О мелиорации земель», отнесены к государственной собственности.

**Президент Республики Беларусь** в области мелиорации земель осуществляет следующие функции:

- определяет основные направления единой государственной политики;
- утверждает государственные программы по мелиорации земель.

**Совет Министров Республики Беларусь** в области мелиорации земель:

- обеспечивает реализацию основных направлений единой государственной политики;
- обеспечивает разработку и реализацию государственных программ по мелиорации земель;
- утверждает правила эксплуатации (обслуживание) мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений;
- утверждает формы паспортов мелиоративных систем, технических паспортов гидротехнических сооружений, ведомостей и реестров мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических систем, порядок ведения государственного учета мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений;
- утверждает формы примерных договоров на проведение мелиоративных мероприятий и оказание услуг по эксплуатации (обслуживанию) мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений;
- устанавливает порядок осуществления государственного надзора за проведением мелиоративных мероприятий.

**Министерство сельского хозяйства и продовольствия** в области мелиорации земель:

- реализует единую государственную политику, в том числе научно-техническую;
- разрабатывает и реализует государственные программы по мелиорации земель;
- разрабатывает и принимает нормативные акты;
- разрабатывает и утверждает технические и нормативно-правовые акты;
- организует проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- - устанавливает по согласованию с Министерством лесного хозяйства и Министерством архитектуры и строительства порядок разработки и утверждения проектной документации по мелиорации земель;
- осуществляет государственный надзор за проведением мелиоративных мероприятий.

**Местные Советы депутатов** в области мелиорации земель:

- утверждают региональные программы по мелиорации земель и осуществляет контроль за их реализацией;
- принимают участие в реализации государственных программ по мелиорации земель.

В составе Министерства сельского хозяйства и продовольствия имеется Департамент по мелиорации земель на правах юридического лица, который осуществляет проведение единой технической политики в области мелиорации земель, финансирования мелиоративных мероприятий, которые в бюджете Республики выделены отдельной

строкой, определяет перечень мелиоративных объектов, подлежащих включению в Государственные программы по мелиорации земель.

В подчинении Департамента по мелиорации земель находится государственное производственное объединение «Белмелиоводхоз», основной задачей которого является осуществление полного комплекса функций государственного заказчика (Электр. адрес e-mail: [gpobmvh@tut.by](mailto:gpobmvh@tut.by)).

Правительством Республики Беларусь установлены отчисления на содержание указанного Объединения в размере 1,87 % от выделяемых ему средств на проведение функций заказчика, осуществления технического надзора на местах, заключения подрядных договоров с привлекаемыми для выполнения работ по государственным программам строительным организациями.

Финансирование мелиоративных мероприятий осуществляется за счет средств республиканского бюджета и средств областных бюджетов по перечню объектов, установленных в государственных программах. Примерное распределение средств между бюджетом Республики и бюджетами областей составляет 50 на 50 %.

В каждом районе, где имеются осушенные земли, созданы районные объединения по мелиорации, которые осуществляют технический надзор и эксплуатацию осушенных земель.

Правительство Республики Беларусь установило, что 15 % всех выделяемых средств на проведение мелиоративных мероприятий могут направляться на приобретение мелиоративной техники, что обеспечивает надлежащий технический уход за мелиорируемыми землями. Районные объединения осуществляют технический надзор за выполнением привлеченными строительными организациями надлежащего качества выполнения строительных работ. После приемки законченных строительных работ в «Белмелиоводхоз» представляются все необходимые документы для оплаты. Районные объединения подготавливают, с учетом мнения сельскохозяйственных органов, перечень объектов для восстановления и реконструкции, подлежащих включению в государственные мелиоративные программы.

Региональные программы по мелиорации земель разрабатываются на пятилетний период на основании государственных программ и актов инвентаризации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

В программах по мелиорации земель предусматривается также проведение работ по известкованию почв. За счет средств республиканского бюджета могут финансироваться мелиоративные мероприятия на земельных участках, предоставленных для ведения крестьянского (фермерского) хозяйства и личного подсобного хозяйства граждан.

Строительство и приемка в эксплуатацию мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, вклю-

чающих здания и сооружения, относящиеся к 1-му и 2-му уровням ответственности, выполняются лицами, имеющими специальное разрешение на право осуществления этой деятельности.

Эксплуатация (обслуживание) мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений осуществляется пользователями мелиоративных систем или организациями по строительству и эксплуатации мелиоративных систем на основании договора об оказании услуг. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений утверждается Советом Министров Республики Беларусь.

Вывод из эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений может осуществляться в случае непригодного состояния в процессе эксплуатации и отслуживших нормативный срок службы, а также пришедших в непригодное состояние в случае аварии, стихийных бедствий и иных чрезвычайных ситуаций, и если их восстановление технически невозможно и экономически нецелесообразно.

Решение о выводе из эксплуатации мелиоративных систем принимается Советом Министров Республики Беларусь по представлению Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, согласованными с Министерством лесного хозяйства.

## **7 МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ НА УКРАИНЕ**

По данным Государственного комитета Украины по водному хозяйству в государстве числится 2181 тыс. га орошаемых и 3307 тыс. га осушенных земель. В 1990 году поливалось 2,3 млн. га орошаемых земель. После распада СССР резко сократилось использование орошаемых земель. В 2010 году поливалось только около 600 тыс. га.

Основной причиной такого резкого сокращения использования орошаемых земель явилось отсутствие финансирования реконструкции и восстановления внутрихозяйственной оросительной сети, которая перешла в собственность муниципальных образований, хотя и не приватизировалась. Муниципальные образования не имеют достаточных средств для поддержания внутрихозяйственной мелиоративной сети. Наибольшие потери понесли Херсонская, Днепропетровская, Запорожская, Донецкая, Одесская и Харьковская области.

На эксплуатацию государственного водохозяйственного комплекса выделено в 2010 г. 4,76 млрд. руб. (в переводе на российские рубли), в том числе на заработную плату - 724605 тыс. руб.; на оплату электроэнергии - 3,75 млрд. руб.

Общая площадь осушенных земель в Республике составляет 3,3 млн. гектаров, в том числе с закрытым дренажем 2,3 млн. га. Право

собственности общегосударственных мелиоративных систем утверждается Верховной Радой Украины по перечню, представленному кабинетом министров. Межхозяйственные мелиоративные системы находятся в государственной или коммунальной (муниципальной) собственности. Внутрихозяйственные мелиоративные системы могут находиться в общей территориальной собственности, поселков и городов или в собственности юридических и физических лиц. По данным Госкомитета по водному хозяйству 92 % внутрихозяйственной сети не приватизированы и находятся в собственности поселков и городов, но как отмечено выше, финансовые возможности местных органов управления не могут обеспечить финансирование внутрихозяйственной мелиоративной сети.

Правительством страны принята Программа по развитию мелиорации земель на ближайшие пять лет. Она предусматривает восстановление площади орошаемых земель до 2,2 млн. гектаров и осушенных до 3,3 млн. га.

Постановлением предусматривается направить на реализацию программы 115 млрд. руб. (в российских рублях), в том числе государственных средств 66 млрд. руб. и 45 млрд. руб. средств хозяйств. Эксплуатацию государственных водохозяйственных объектов обеспечивают 234 организации Государственного комитета Украины по водному хозяйству. В его структуру входят Республиканский комитет по водохозяйственному строительству и орошению земледелия Автономной Республики Крым и 21 областное производственное управление мелиорации и водного хозяйства, 148 районных и межрайонных управлений водного хозяйства и 9 бассейновых управлений водных ресурсов, 5 управлений магистральных каналов. В зоне орошения при областных управлениях созданы консультационные центры, которые оказывают техническую помощь в обслуживании мелиоративных систем и снабжают их работников информационно-методической литературой с рекомендациями по повышению эффективности использования сельхозпроизводства.

Программой намечено производство:

- зерновых – 6,5-7 млн. тонн;
- овощей – 3,1-3,5 млн. тонн;
- картофеля – 2,5-3 млн. тонн;
- кормов – 10-10,5 млн. тонн кормовых единиц;
- сахарной свеклы – 2,5-2,7 млн. тонн;
- подсолнечника – 0,5-0,6 млн. тонн.

Госкомитетом подготавливаются предложения в порядке эксперимента передать на Юге Украины одну или несколько оросительных систем в концессию с целью привлечения спонсорских средств и повышения эффективности использования орошения. Государственная поддержка мелиорации выражается компенсацией в размере 30 %

стоимости электроэнергии для подачи воды и приобретения поливной техники.

Правительством Украины и Государственным комитетом по водному хозяйству издан ряд нормативных документов, регламентирующих деятельность в области мелиорации земель.

Кабинетом Министров Украины утверждены:

- порядок приемки в эксплуатацию законченных строительством (реконструкцией) мелиоративных систем;
- утверждения проектов строительства (реконструкции) важнейших государственных мелиоративных систем;
- принятие решений о приостановлении или прекращении строительства (реконструкции) мелиоративных систем при нарушениях положений правил законодательства о мелиорации земель, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций;
- порядок разработки и утверждения государственных целевых и местных мелиоративных программ;
- порядок проведения предпроектной и проектно-сметной документации на строительство новых и реконструкцию мелиоративных систем подлежит комплексной государственной экспертизе.

Кабинетом Министров Украины были утверждены виды платных услуг, оказываемых бюджетными мелиоративными организациями по просьбам юридических и физических лиц. В последующем Госкомитетом по водному хозяйству, Минфином Украины, Минэкономики Украины были уточнены виды услуг и порядок их представления.

Непосредственно Госкомитетом по водному хозяйству Украины разработаны и утверждены ряд нормативных документов (Электр. адрес: e-mail: rozqon@scwm.gov.ua). В частности, Положение о консервации мелиоративных систем, которое предусматривает консервацию мелиоративных объектов по решениям рабочих комиссий, которые создаются председателем республиканского комитета Автономной Республики Крым, начальниками областных управлений по мелиорации и водному хозяйству. Они же принимают решение о консервации этих объектов.

## **8 Дренаж на орошаемых землях**

Термин «дренаж» произошел от английского слова drain – осушать и трактуется как сбор и отвод избыточных почвенно-грунтовых вод за пределы осушаемой территории с помощью системы искусственных водотоков-дрен. За рубежом под дренажом понимают любой вид осушения. В отечественной литературе термин «дренаж» зачастую употребляют для названия конструкции (например, керамический, пластмассовый дренаж), системы водотоков по расположению дрен относительно поверхности земли (например, горизонтальный, верти-

кальный дренаж), а также по размещению дрен на осушаемой площади – систематический, выборочный дренаж.

В зависимости от способа устройства употребляют терминологию: траншейный, бестраншейный, узкотраншейный дренаж. Различают также материальный (трубчатый и пр.) и полосной (кротовый, щелевой) дренаж.

Сегодня дренаж орошаемых земель понимается как *средство, обеспечивающее понижение или регулирование уровня грунтовых вод (УГВ) на орошаемых и прилегающих территориях для создания необходимого водно-солевого режима орошаемых почв* [2].

Необходимость такого регулирования обусловлена, как правило, недостаточной естественной дренированностью природного объекта, которая определяется как свойство природной системы отводить подземные воды в естественные понижения рельефа или водотоки. Показателем дренированности предложена потенциальная величина годового оттока подземных вод, выраженная в  $\text{м}^3/\text{га}$  или  $\text{мм}$  слоя воды, которая устанавливается по уравнениям водного баланса территории.

На орошаемых землях в основном применяются три типа дренажа: горизонтальный, вертикальный и комбинированный.

*Открытый горизонтальный* дренаж отличается простотой строительства и относительно небольшими капитальными затратами. К его недостаткам относятся большие эксплуатационные расходы на очистку и потеря полезной сельскохозяйственной площади. Открытый дренаж в основном применяется на рисовых системах, а также при промывках засоленных земель в качестве временного.

*Закрытый* дренаж, несмотря на увеличение капитальных затрат, является более экономичным, благодаря снижению эксплуатационных расходов, повышению коэффициента земельного использования, а также эффективности механизации сельскохозяйственных работ.

*Закрытый горизонтальный* дренаж представляет собой систему закрытых искусственных водотоков, расположенных на определенной глубине с определенным уклоном для сбора и отвода подземных вод.

*Вертикальный дренаж* на орошаемых землях представляет собой систему скважин для принудительного извлечения подземных вод с помощью насосов в целях регулирования УГВ. Вертикальный дренаж быстро ликвидирует процессы заболачивания, подтопления и засоления, а также позволяет в ряде случаев использовать откачиваемые воды на орошение.

*Комбинированный дренаж* представляет собой сочетание горизонтальных дрен с подключенными к ним скважинами-усилителями, работающими за счет разницы напора в междренье и в месте подключения.

Основным и непосредственным назначением дренажа является удаление из корнеобитаемой зоны избытка воды и солей, создавая

тем самым допустимый водно-солевой питательный и воздушный режимы для обеспечения нормальной вегетации растений [11].

Искусственный дренаж должен дополнять естественную дренированность территории, быть экономичным, поддерживать нормальную экологическую обстановку территории, а также создавать и сохранять условия для стабильного сельскохозяйственного производства.

Строительство дренажа оказывает влияние на природные условия окружающей среды и может сохранить или улучшить сложившуюся для орошения гидрогеолого-мелиоративную обстановку, создавать и поддерживать новые благоприятные для растений условия. Он способствует увеличению вегетационного периода, оптимизации температуры почвы, увеличению глубины обработки почвы.

Таким образом, назначение дренажа не является узкой задачей по поддержанию оптимального водно-солевого режима. Дренаж вместе с этим сохраняет, а в ряде случаев способствует экологическому равновесию территории и обеспечивает другие факторы, положительно влияющие на жизнедеятельность растений и плодородие почв.

Площадь осушенных земель в странах мира (включая дренаж на орошаемых землях) по крайне приближенной оценке близка к 165...170 млн. га, из которых свыше 50 млн. га приходится на Северную и Центральную Америку, около 45 млн. га – на Европу (без стран СНГ) и 43 млн. га – на Азию (без СНГ). Наиболее интенсивное строительство дренажа ведется в странах Северной Америки и Западной Европы.

В США площадь осушенных земель составляет 40,8 млн. га, дренаж на орошаемых землях построен на 3,6 млн. га. Значительные площади осушенных земель имеются в КНР, Аргентине и Бразилии. В Великобритании мелиорация земель давно завершена и ныне работы по осушению некоторых массивов проводятся в пятый-шестой раз. Дренаж, как правило, закрытый, ежегодно строят на площади 110...115 тыс. га.

В ФРГ (до воссоединения с ГДР) площадь осушенных земель превысила 3 млн. га, в стране строят только закрытый дренаж (на 800...100 тыс. га ежегодно). Во Франции в последние годы темпы строительства дренажа превышали 100 тыс. га в год. В указанных странах доля пластмассовых труб в общем объеме составляет 95% и более [27].

Последствия нерационального расходования воды на орошение особенно пагубно, если принять во внимание тот факт, что оно далеко не всегда сопровождается повышением сельскохозяйственного производства. Нежелание создавать надлежащие дренажные системы на орошаемых площадях (сиюминутная экономия средств) приводит к заболачиванию и засолению угодий и фактически к потере урожайно-

сти. Вследствие засоления, отсутствия дренажа или его неудовлетворительного состояния большинство орошаемых земель нуждаются в рекультивации.

В связи с этим актуальным является обзор современных технических средств, применяемых при строительстве дренажа на орошаемых землях.

В данном разделе будут рассмотрены научно-исследовательские и практические разработки по применению дренажа на орошаемых землях по следующим направлениям:

- теоретические исследования при использовании дренажа на орошаемых землях;
- открытый дренаж;
- закрытый дренаж;
- вертикальный дренаж;
- другие виды дренажа.

### **8.1 Теоретические исследования при использовании дренажа на орошаемых землях**

*Разработке и оценке математической модели понижения уровня грунтовых вод в дренажной системе при подпочвенном орошении сельскохозяйственных культур в США* посвящена работа [28].

Подпочвенное орошение представляет собой один из методов орошения в сочетании с **дренажом**, использующихся для поддержания уровней грунтовых вод на оптимальной глубине для повышения урожая культур. Осадки при подпочвенном орошении приводят к поднятию уровней грунтовых вод и полному или частичному насыщению водой корневой системы культур. Если уровень грунтовых вод остается в корневой зоне длительное время, это может привести к повреждению культур.

Разработана математическая имитационная модель понижения уровня грунтовых вод в **дренажной системе** с использованием регулирующих заслонок. В работе представлена типичная система подпочвенного орошения. Для осуществления **дренажа** параллельные распределительные дрены удаляют воду из почвы и транспортируют ее в коллекторы, откуда она самотеком или механически подается для орошения. Для подпочвенного орошения вода подается в водоприемные стояки или сооружения, регулирующие уровни грунтовых вод, затем по распределителям в почву к культурам. При подпочвенном орошении уровень грунтовых вод поддерживается на необходимой глубине от поверхности поля с помощью сооружения, регулирующего уровень. Обычно используются сооружения со скользящими

плоскими затворами, съёмными стенками водослива или плавучими регулирующими клапанными затворами.

Модель использовалась для имитации понижений уровня грунтовых вод с учетом расхода системы на трех стадиях – расход воды в почве, расход воды на регулирующем сооружении и расход воды в коллекторе, из которого дренажная вода транспортируется к дренажному водовыпуску. Предложенная модель позволяла имитировать время, необходимое для понижения уровня грунтовых вод до положения перед выпадением осадков, после подъема уровня и до среднего уровня грунтовых вод с использованием и без использования регулирующих заслонок.

Можно сделать вывод на основе различных условий имитации, что для систем, сочетающих подпочвенное орошение и **закрытый дренаж**, оставив регулирующие заслонки в закрытом положении после дождя, будет увеличиваться время понижения уровня грунтовых вод, а в открытом – сокращаться. При этом коллекторные трубы должны быть соразмерны дренажному модулю, обеспечивающему максимальное поступление подпочвенной воды в оросители при открытых регулирующих заслонах.

Модель показывает необходимость поднятия регулирующих заслонок после выпадения осадков для предотвращения ущерба культурам.

В работе [35] ***проведено исследование по теоретическому обоснованию влаго-солепереноса на орошаемом участке при наличии дренажа.*** На основании исследований по повышению эффективности использования оросительной воды на рисовых чеках фермерских хозяйств Республики Узбекистан разработана модель взаимосвязи динамики минерализации воды со слоем затопления, водоподачей и дренажным стоком.

Целью работы является разработка водосберегающего режима орошения риса на фоне угнетения их сорной растительностью и равномерного распределения воды по поверхности чеков. Для Республики Узбекистан предусматривается сохранение посевов риса на уровне 137...140 тыс. га и доведение валового сбора не менее, чем 627,5 тыс. тонн при средней урожайности 45 т/га.

Проведенные теоретические исследования показали, что фильтрационный и солевой потоки в процессе поливов затоплением и при наличии дренажа будут, строго говоря, двумерными в вертикальной плоскости, хотя эта двумерность в некоторых случаях выражена слабо. Расчет движения воды и солей в почвогрунте с учетом двумерности потоков связан с большими математическими трудностями. Расчет солевого режима в зоне аэрации можно выполнить, приняв следующие допущения. Просачивание воды в зоне аэрации и движе-

ние в этой зоне солей можно с достаточной точностью считать происходящими по вертикали.

При подстилании покровного пласта небольшой мощности с тяжелыми грунтами водоупорным горизонтом орошаемое земледелие требует дренирования земель частым дренажом. В этом случае целесообразен **закрытый горизонтальный дренаж** с небольшим междренажным расстоянием. Такие условия наблюдаются во многих областях центрально-азиатских республик. При густой сетке закрытых горизонтальных дрен на массиве линию расположения дрен можно заменить линией заданного напора, соответствующего напору в дренах. На основании, полученных в работе аналитических зависимостей, можно на ЭВМ разработать численную реализацию целей задачи.

**Математическая модель для оценки режима орошения** [20] разработана в Университете Форт Каминс штата Колорадо (США).

Математическую модель, разработанную для расчета параметров дренажных систем, использовали для оценки режима орошения в аридном регионе. Предполагали, что дренажная система уже построена. С помощью модели рассчитывали на персональном компьютере IBM влияние различных режимов орошения на водный режим в корневой зоне почвы, водного дефицита (за счет отмены одного полива в разные фазы развития) на урожай, а также оценивались оптимальные нормы полива для осушаемого участка. В расчетах использовали программу, разработанную Дарнфордом в 1982 г. для выбора экономически оптимальной схемы **дренажа**, определения динамики УГВ для данных схем орошения и **дренажа**, расчета водного режима в корневой зоне (в аридных орошаемых регионах). **Дренаж** в данном случае служит для регулирования уровня засоленных грунтовых вод в период вегетации. Предполагали орошение кукурузы водой с электропроводностью 0,32 ммо/см, электропроводность грунтовых вод – 15 ммо/см. По данным расчетов, максимальный урожай обеспечивается в варианте с наибольшей оросительной нормой (109 см) с полной промывкой корневой зоны в начале сезона. Урожай значительно снижается (на 22%) при отмене полива в критическую фазу развития и незначительно изменяется при отмене поливов в первую и четвертую фазы (на 4 и 2%). Расчеты показали, что компьютерные модели для проектирования дренажа можно использовать для расчета оптимальных режимов орошения, определения влияния ошибок измерения полевых переменных (удельного урожая). Одним из преимуществ предлагаемого метода является возможность определения влияния входных данных на окончательные результаты.

**Применение математических моделей для регулирования уровня воды в каналах систем двустороннего действия с подпочвенным увлажнением** [26] на осушительно-увлажнительных системах привело к увеличению влагозапасов в почвенном профиле в штатах Виргиния, Мэриленд, Делавэр и Нью-Джерси США.

В этих штатах имеется около 1,5 млн. га дренируемых легкосуглинистых почв с низкой водоудерживающей способностью и периодическим переувлажнением. Искусственный **дренаж** здесь способствует предотвращению переувлажнения растений во влажные периоды вегетации и созданию условий для весенних полевых работ. При понижении уровня воды в коллекторных каналах с помощью регулирующих сооружений весной и осенью и повышении его летом повышается урожайность неорошаемой кукурузы на 20%. В засушливые периоды за счет фильтрации воды из каналов при повышении уровня воды в них обеспечивается подпочвенное увлажнение. Описана 3-размерная модель организации орошения на небольших водосборах для анализа влияния регулирующих сооружений на дренажных каналах на экономию близко залегающих грунтовых вод и их доступность для растений. Входные данные модели: топография участка, почвенные характеристики, включая коэффициент фильтрации в условиях насыщения, осушаемую порозность по профилю, инфильтрацию, характеристики влагопереноса, вид и характеристики возделываемой культуры, погодные условия (ежесуточная потенциальная эвакотранспирация и почасовое распределение осадков). Выходные данные включают: ежесуточную динамику грунтовых вод, наполнение канала и его ежесуточный расход, объем поверхностного стока, влагозапасы в корнеобитаемом слое, ежесуточный дефицит влаги для растений, относительный урожай. Использование модели показано на примере водосбора «митчел крик» с регулированием уровня воды в канале с помощью перегораживающего сооружения. Регулирование уровня воды в канале увеличило влагозапасы в почвенном профиле на 84...85 мм и урожай кукурузы, обеспечило достаточный объем воды для орошения в течение 17 дней засушливого периода.

**Математическая модель проектирования закрытого дренажа на орошаемых землях** [21] была разработана в Университете Логаны штата Юта, США.

Разработанная математическая модель «Симплекс» предназначена для оптимизации проектирования закрытого **дренажа** на орошаемых по бороздам землях. С помощью модели рассчитывают нормы осушения для различных условий организации орошения, в том числе длины поля и геометрических характеристик борозд, оптимальную величину междурений, обеспечивающих максимизацию чистого дохода для данных условий орошения. Модель включает модель

«Дрейнмод» для расчета параметров закрытого **дренажа** и прогнозирования урожая и модель кинематики волны «Кайн» для гидравлического расчета элементов техники полива по бороздам. Испытание модели «Симплекс» показало, что величина чистого дохода повышается с увеличением расхода водоподачи в борозду и длины борозд, а оптимальная величина междерений уменьшается с увеличением длины борозд и возрастет с повышением расхода водоподачи в борозду.

## 8.2 Открытый дренаж

***Влияние поверхностного орошения и дренажа на солее- и влагоперенос в растрескивающихся глинистых почвах*** [5] было исследовано в системе **открытого дренажа** штата Калифорния (США).

В полевых условиях на растрескивающихся глинистых почвах в Империял Вэлли исследовали влаго- и солеперенос в почве к системе **открытого дренажа** при поверхностном орошении. Средняя электропроводность насыщенной почвенной вытяжки 7,29 дСм/м. Полив осуществляли напуском по обвалованным полосам с расстоянием между ними 18,3 м, расстояние между дренажными каналами 13,5 м. Засоленность почвы измеряли с помощью 63 датчиков. Исследованиями установлено, что объем трещин составил 1600 м<sup>3</sup>/га, максимальная влажность на глубине около 0,7 м сразу после полива зависит от эффективной глубины трещин. Засоленность почвы, превышающая минерализацию дренажного стока, указывает на минимальное вымывание солей по профилю почвы. Растрескивающиеся почвы оказывают значительное влияние на производительность оросительной и дренажной систем. Почвенные трещины улучшают инфильтрацию и пространственную равномерность поверхностного полива. Однако в зависимости от средней глубины трещин оросительная вода может неравномерно увлажнять корнеобитаемый слой почвы. Такая же тенденция отмечена при работе дренажной системы. Коэффициент фильтрации таких почв также зависит от глубины и распределения трещин. Разработка зависимостей между коэффициентом фильтрации и влажностью почвы, между объемом трещин и влажностью почвы улучшит качество проектирования осушительных и оросительных систем на набухающих почвах.

## 8.3 Закрытый дренаж

**Исследование работы системы двустороннего действия** [13] при использовании гофрированных дренажных трубок было проведено в Университете штата Северная Каролина США.

Система двустороннего действия была установлена на участке площадью 7,5 га на легкосуглинистых почвах. В системе использованы 32 гофрированные дренажные трубки диаметром 100 мм, длиной 122 м, уложенные на глубине 90...120 см через 15,2 м с уклоном 0 0,2%, обернутые фильтрующим материалом и без него. Измеряли расход дренажного стока и глубину грунтовых вод в середине междренья. Глубина залегания водоупора изменялась от 6,1 до 9,8 м, коэффициент фильтрации в среднем составил 10,8 м/сут. Установлено, что обертывание дренажных трубок фильтрующим материалом увеличивало расход воды при работе системы в режиме подпочвенного орошения (по данным скорости поднятия УГВ в середине междренья), особенно в первый год эксплуатации системы. При работе системы в режиме осушения скорость понижения УГВ была также выше на участках с дренами, обернутыми фильтрующим материалом. Сопротивление на входе в дренах было значительно меньше на участках, где дренажи с фильтрующим материалом были уложены с уклоном 0,2%. Производительность **дренажа**, выраженная через это сопротивление, изменялась во времени в течение 4 лет. Использование для подпочвенного увлажнения воды низкого качества способствовало засорению трубок и фильтрующего материала взвешенными частицами, содержащимися в воде, что увеличивало сопротивление на входе в дренажи.

**Сравнительная оценка расчетных и фактических параметров работы закрытого дренажа** [30] была проведена в Канаде.

Скорость понижения уровня грунтовых вод в междренья, рассчитанную по 6 известным уравнениям, сравнили с фактическими данными измерений на участке **закрытого дренажа**, уложенного на орошаемых тяжелосуглинистых почвах на юге пров. Альберта. Используемые уравнения (усовершенствованное Гловера, Гловера для условия укладки дрен на водоупоре, Шилфгарда, Боуэра-Шилфгарда, Хаммада для однослойного и многослойного профилей) отражают зависимость между физическими свойствами почвы, величиной междреней и скоростью понижения УГВ в середине междренья. На опытном участке гофрированные пластмассовые дренажи с ЗФМ диаметром 100 мм уложены на глубину 0,76, 1,22, 1,68 м с расстоянием между ними соответственно 5,5, 7,5, 9,0 м. Глубина залегания водоупора – 2,8 м. В процессе опытов провели 3 полива дождеванием. Поливы прекращали, когда УГВ поднимался к поверхности почвы, и измеряли время снижения УГВ и объем дренажного стока. Исследования пока-

зали, что наибольшую сходимость фактических и расчетных данных обеспечивало уравнение Боуэра-Шилфгарда (при  $C=1$ ). По точности расчетных данных используемые уравнения располагались в следующей убывающей последовательности: Боуэра-Шилфгарда,  $C=1$  (среднее отклонение в расчете междренений – 4...9%), Шилфгарда (6...16%), усовершенствованное Гловера (10...16%), Боуэра-Шилфгарда,  $C=0,8$  (11...19%), Гловера для дрен, уложенных на водопоре (23...40%), Хаммада для однослойного профиля (40...59%), Хаммада для многослойного профиля (35...110%).

***Влияние регулирования водного режима путем дренажа и орошения на участках люцерны с тяжелыми глинистыми подстилающими породами [6]*** было исследовано в нескольких штатах США.

Участки с тяжелой глинистой подпочвой занимают в штатах Миссури и Иллинойс 1,7 млн. га, в Оклахоме и Канзасе – 3,3 млн. га. Глинистая подпочва имеет слабую водопроницаемость, весной долго удерживает влагу и ограничивает возможность проведения сельскохозяйственных работ, летом она высыхает и задерживает проникание вглубь корневой системы растений. В Государственном университете шт. Огайо изучали влияние регулирования водного режима на таких почвах с помощью прокладки дрен и и капельного орошения. Варианты: 1 – прокладка дрен на глубине 61 см, 2 – **дренаж** + подземное орошение, 3 – надземное орошение, дождевание, 4 – контроль. Дрены прокладывали по контурам через 15 м, учеты влажности проведены на трансектах перпендикулярно проложенным дренам. Установлено, что подпочвенный **дренаж** позволяет удалять 1/3...1/2 избыточной влаги осадков в течение трех лет. Надземный ливневый сток ослаблялся из-за просачивания воды над дренажными трубами. Подземное орошение увеличивало урожайность люцерны в период июль-август в 3 раза в сравнении с контролем без орошения. При надземном орошении урожайность была на 10...27% ниже по сравнению с подпочвенным орошением. Основная прибавка урожая по вариантам подземного орошения получена за счет увеличения массы побегов. При подземном орошении влага проникала на расстоянии до 2 м от проложенных дрен, поэтому рекомендовано дренажи прокладывать на расстоянии до 4 м.

***Влияние регулирования уровня грунтовых вод при подпочвенном орошении на урожай кукурузы и сои*** рассмотрено в работе [7].

Были проведены полевые исследования по оценке влияния 3 уровней грунтовых вод на урожаи кукурузы и сои в восточных районах Канады. Для исследований использован земельный участок площадью 3,5 га со средним уклоном 0,06, с пылеватыми суглинками на поверхности почвы и глиной на глубине более 1 м. Кукуруза и соя высевались чередующимися полосами. Обработка почвы включала нарезку борозд и культивацию для подавления сорняков. Удобрения и сорняки применены в стандартной дозировке. **Дренаж** состоял из 15 подземных дрен со средней глубиной укладки 1 м и уклоном 0,10%. Расстояние между дренами составляет 18,3 м. Каждая дрена длиной 115 м шла по центру опытной делянки шириной 18 м и площадью 0,21 га. Между делянками оставлены буферные зоны. Варианты уровней грунтовых вод: 0,5, 0,75 и 1,0 м (контроль). Подземное орошение начиналось на ранних стадиях вегетации и продолжалось до созревания урожая. Озерная вода подавалась насосами в дрена с учетом величины подачи в каждую дрена. Уровень грунтовых вод определялся щупом с датчиком влажности, опускаемым в смотровые колодцы глубиной 1,6 м. Измерялась влажность почвы, регистрировались выпадающие осадки, температура воздуха и почвы. Оценивалась эвакотранспирация и суммарные физиологические температуры для кукурузы. Результаты всех измерений статистически обрабатывались по стандартной методике. В целом при более высоком уровне стояния грунтовых вод урожаи кукурузы и сои были выше. В 1995 г. урожай кукурузы был выше, чем на контроле на 13,8 и 2,8% при уровнях 0,5 и 0,75 м соответственно. Для сои рост урожая составил 8,5 и 12,9% соответственно. В 1996 г. урожай кукурузы повысился на 6,6 и 6,9%, сои – на 37,3 и 32,2%. Вес зерен и бобов также увеличился. В случае более сухих сезонов разница урожаев могла быть больше. С точки зрения экономической эффективности можно рекомендовать уровень грунтовых вод 0,75 м.

Анализ основных преимуществ и проблем эксплуатации систем подпочвенного орошения и использованием связанных дренажом сельскохозяйственных полей и заболоченных участков был проведен в статье **«Регулирование уровней грунтовых вод на сильно увлажненных землях с использованием системы подпочвенного орошения и водохранилища (WRSIS) [29] (США).**

Система подпочвенного орошения с водохранилищем на сильно увлажненных землях обеспечивает перехват, очистку, хранение и повторное использование поверхностного стока и подпочвенных дренажных вод с пахотных земель, обеспечивая хорошие условия для сельскохозяйственного производства. Три участка, на которых применяется система WRSIS, расположены на северо-западе штата Огайо. Компоненты системы включают сеть **закрытого дренажа** и водохранилище. Дренажные трубы могут использоваться либо для подачи воды (подпочвенное орошение), либо для удаления ее (подпочвенный

дренаж) из корневой зоны, повышая, таким образом, урожайность культур, особенно в засушливые годы. Воды поверхностного стока и подпочвенного дренажа очищаются в ходе естественных процессов, затем направляются в водохранилище и хранятся в нем для использования в подпочвенном орошении.

Для регулирования уровней грунтовых вод на сильно увлажненных землях используются гидравлические регулирующие сооружения водосливного типа, работающие в замкнутом режиме и предотвращающие сбросы воды за пределы системы.

Система WRSIS уникальна тем, что она сначала очищает, а затем повторно использует дренажные воды для орошения культур. Из дренажных вод системы WRSIS удаляется 28% нитратов и только 2% общего фосфора. Обычные системы закрытого дренажа, как правило, повышают количество нитратов и сокращают остаточный и общий фосфор.

Должным образом осуществляемое регулирование уровней грунтовых вод на участках системы подпочвенного орошения с водохранилищем (WRSIS), использование руководящих принципов эксплуатации системы и внедрение усовершенствований позволяют повысить урожайность кукурузы и сои соответственно на 34,5 и 38,1% в засушливые сезоны, на 14,4 и 9,7% в средние по водности и более влажные сезоны и на 19,6 и 17,4% в общем.

***Влияние Директивы ЕС об основах водохозяйственной деятельности на сельское хозяйство Нидерландов и возможные гидрологические меры по смягчению его отрицательных последствий, в том числе использование противоэрозионных колес и дренажа исследовано в работе [3].***

Основными загрязнителями поверхностных вод природных водоемов в Нидерландах являются азот и фосфор сельскохозяйственного происхождения. Прогноз показывает, что при сохранении существующих систем сельскохозяйственного производства уровни содержания этих элементов в поверхностных водах будут намного превышать нормативные уровни в 2015 г. на большей части территории страны. Поскольку содержание и движение питательных веществ в почве тесно связано с такими гидрологическими процессами, как поверхностный сток, внутрипочвенный сток, поступление воды из полосы вдоль водного русла, **дренаж** с целью уменьшения глубины залегания **трубчатых дренажей**, необходимо предпринять меры по их регулированию и контролю за ними. Одной из таких мер является создание противоэрозионных (буферных) полос, которые задерживают азот и фосфор. Однако они высокочувствительны, при ширинке 4...5 м занимают большую площадь сельскохозяйственных угодий и малоэффективны при большой глубине проницаемых почв и использовании трубчатых

дрен. Другой мерой служит создание водоудерживающих полос на 1 м ниже поверхности почвы. Они заполняются избыточной водой и содействуют денитрификации. Отмечается также целесообразность выращивания камыша в буферной полосе, поглощающего около 50 кг фосфора в год на 1 га. Кроме того, для иммобилизации скопившегося в почве фосфора предлагается снизить уровень грунтовых вод за **счет трубчатых дрен и дренажа**. Наилучший результат был получен при глубине дренажной основы 0,70 м. При этом средний поверхностный сток составил 1 мм в год.

#### 8.4 Вертикальный дренаж

Воздействие вертикального дренажа на технологию полива рассмотрено в работе *«Водосберегающая технология полива хлопчатника в зависимости от дренированности земель»* [32].

Основные проблемы природопользования и сельскохозяйственного производства включают экономию энергетических и водных ресурсов в условиях их дефицита. Особенно актуальны они для условий Средней Азии и Южного Казахстана, где мелиоративные мероприятия последних десятилетий привели к резкому ухудшению почвенных условий, снижению качества оросительной воды и падению урожайности хлопчатника. Это связано с несовершенством конструкций оросительных и дренажных систем, техникой и технологией поверхностного полива. В связи с различной степенью дренированности орошаемых участков следует дифференцировать технологию поверхностного полива. Был проведен полевой опыт на среднесуглинистых сероземно-луговых почвах колхоза «Ахмат Ясави» Джетысайского района Чимкентской области Республики Казахстан. Было выбрано 2 участка – в зоне интенсивного действия вертикального дренажа на расстоянии до 210 м от скважины (участок 1) и вне этой зоны на расстоянии 600...800 м от вертикальной скважины (участок 2). На каждом из участков изучался полив постоянной и переменной струёй в каждую борозду, через борозду и с разной степенью ложа борозды. Как показали исследования в условиях староорошаемой зоны Голодной степи на подверженных засолению сероземно-луговых почвах при полугидроморфном почвенно-мелиоративном режиме изменение интенсивности дренирования на фоне **вертикального дренажа** оказывает существенное влияние на водно-физические свойства, солевой режим почв и технологию бороздкового полива хлопчатника. **Вертикальный дренаж** создает неравномерность скорости фильтрации по площади (200...250 мм/сут. на расстоянии 10...20 м от скважины, 130...160 мм/сут на расстоянии 200...250 м и до 100...130 мм/сут на расстоянии 400...500 м) и неодинаковое впитывание воды по длине борозды. Поэтому для повышения равномерности увлажнения по длине поливной

борозды в зоне эффективного действия дренажа (до 250 м) необходимо осуществлять ориентацию борозд. При этом головные участки борозд следует располагать на максимально возможном удалении от вертикальных скважин. Ориентация борозд в зоне интенсивного действия дренажа (участок 1) улучшает водно-физические свойства, повышая содержание агрономически ценных агрегатов на 2,6%, коэффициент структурности на 0,20, водопрочных агрегатов на 0,6%, пористость на 0,7%, водопроницаемость на 20...25% и уменьшает плотность сложения на 0,03 г/см<sup>3</sup>. Водный режим хлопчатника изменялся в зависимости от технологии полива и интенсивности дренирования поливных участков. В зоне интенсивного действия вертикального дренажа и технологии полива через борозду следует проводить 4 полива по схеме 1-3-0 средней оросительной нормой 2600 м<sup>3</sup>/га. Вне этой зоны – 3 полива по схеме 1-2-0 средней оросительной нормой 1940 м<sup>3</sup>/га. По новой технологии оросительная норма сокращается в среднем на 25%. Наиболее благоприятный водно-солевой режим почв создается при поливах в каждое междурядье переменным расходом воды (0,8/0,4 л/с). Близкие результаты дает полив переменным расходом через междурядье, который обеспечивает более эффективное использование оросительной воды и грунтовых вод. При этом содержание солей на фоне промывки находится в допустимых пределах (весной до 0,295...0,348%) и осенью до 0,416...0,508% по сухому остатку и соответственно до 0,163...0,192% и 0,252...0,279% по сумме токсичных солей). Действие дренажа улучшает водно-солевой режим почв, обеспечивая снижение содержания солей в придренной зоне на 0,051...0,092% по сухому остатку и на 0,027...0,029% по сумме токсичных солей и сокращает потребление грунтовых вод. Технология полива переменным расходом (0,8/0,4 л/с) через борозду обеспечивает повышение коэффициента равномерности увлажнения по сравнению с поливом постоянным расходом (0,6 л/с) в каждую борозду. С 0,65 до 0,83 в зоне интенсивного действия скважины и с 0,58 до 0,76 вне этой зоны. Максимальную урожайность хлопчатника (3,59 т/га) обеспечивает комплекс технологических приемов, включающий ориентацию борозд и подачу воды расчетной поливной нормой переменным расходом в каждое междурядье в зоне интенсивного действия скважины. Близкую урожайность (3,54 т/га) дает полив через междурядье. Вне зоны интенсивного действия дренажа эта технология позволяет получать урожайность 3,09 и 3,01 т/га соответственно.

Таким образом, в зоне интенсивного действия **дренажа** (до 250 м) необходимо ориентировать борозды в направлении скважины с размещением головных частей борозд от нее на максимальном удалении (210...250 м). Технология полива должна включать изменение расхода воды в голове борозды от 0,8 л/с (в период добегаания) до 0,4 л/с (в период доувлажнения) с подачей воды через междурядье. В зоне интенсивного действия дренажа при поливах переменным расхо-

дом через междурядье на фоне эксплуатационной промывки оросительная норма должна быть больше в среднем на 34% (2600 м<sup>3</sup>/га), по сравнению с остальной площадью орошаемого массива (1940 м<sup>3</sup>/га).

На Международной научной конференции (Костяковские чтения) «Наукоемкие технологии в мелиорации» были представлены результаты полевых исследований воздействия вертикального дренажа на водно-физические свойства почвы в Чимкентской области Республики Казахстан [36]. Целью работы являлась разработка более совершенной водосберегающей технологии бороздкового полива с учетом различной дренированности земель, обеспечивающей снижение расхода оросительной воды.

## 8.5 Другие виды дренажа

***Влияние естественного дренажа на мобильность микроэлементов в почвах, затопленных в результате дождей и орошения*** рассмотрено в работе [4].

В пахотных почвах Греции, периодически затопляемых дождями и оросительной водой, происходят определенные изменения в окислительно-восстановительных режимах, влияющих на подачу питательных веществ к растениям, их мобильность в почвенном профиле и фильтрацию в подземные воды.

Задача данного исследования заключалась в изучении химической мобильности и схем распределения микроэлементов в различных реактивных и нереактивных формах в почвах во время затопления при различных окислительно-восстановительных потенциалах, включая влияние состояние **естественного дренажа** почв на это распределение.

Влияние естественного дренажа почв на растворение и распределение микроэлементов Fe, Mn, и Cu определялось в лабораторных условиях затопления образцов почв, собранных с поверхностных горизонтов альфисолей и вертисолей на участках в условиях хорошего и несовершенного естественного дренажа.

В образцах хорошо дренируемых почв наблюдалось меньше остаточных чем реактивных форм микроэлементов Fe и Cu. Основная часть микроэлементов Mn была обнаружена в реактивных формах независимо от естественного дренажа почв.

Растворение и распределение микроэлементов в различных извлекаемых формах в условиях затопления непосредственно зависело от окислительно-восстановительного потенциала почвенно-водной суспензии, используемой в данном исследовании. В образцах хорошо дренируемых почв увеличивалось содержание воднорастворимых

микроэлементов Fe, Mn, и Cu при уменьшении окислительно-восстановительного потенциала почвенной суспензии, а в образцах альфисолей содержалось больше микроэлементов Fe, растворимых в воде при  $E_h - 200$  mv в форме органометаллических комплексов.

В обоих образцах почв высокое содержание всех микроэлементов, кроме магния, ассоциируется с органическими веществами. Содержание растворимых в воде микроэлементов в Mn увеличивалось при снижении величины  $E_h$  во всех образцах почв независимо от их естественного дренажа.

Содержание органически связанных микроэлементов Fe, Mn, и Cu увеличивалось при снижении величин  $E_h$  независимо от естественного дренажа. Но при более низких величинах  $E_h$  в образцах почв с хорошим дренажом были обнаружены более высокие концентрации органически связанных микроэлементов металлов и меньше Fe и Cu в остаточных формах, а реактивные формы были выше в образцах почв несовершенного дренажа. Магний в основном был обнаружен в реактивных формах независимо от естественного дренажа.

Эффективность и назначение **биологического дренажа** при проведении мелиорации земель исследованы в Ташкентском институте ирригации и мелиорации Республики Узбекистан [1].

**Биологическим дренажом** называют лесонасаждения и многолетние травы (люцерну) с глубокой корневой системой (3...4 м). Лесные насаждения вдоль оросительных каналов перехватывают корнями фильтрационные и грунтовые воды и расходуют их на транспирацию. В результате уровень грунтовых вод сильно снижается. Этот процесс ощутимо уменьшает соленакопление в активном слое почвы.

Для лесных полос подбирают местные породы, выдерживающие сильную жару, сухость воздуха, ветры и другие неблагоприятные условия. Этим требованиям удовлетворяют: шелковица, тополь, вяз мелколистный (карагач), дох (джида), айлант, клен, ива, ясень. Из более высокорослых и долголетних: орех, платан; из плодовых культур – абрикос, вишня, черешня и др.

Полезащитные лесные полосы закладывают вдоль магистральных и хозяйственных каналов, грунтовых и участковых распределителей перпендикулярно к направлению преобладающих в данной местности ветров. Они не должны препятствовать движению сельскохозяйственных машин и механизмов при очистке дна и откосов оросительной и осушительной сети.

Полезащитные лесные полосы размещают в двух пересекающихся под прямым углом направлениях с учётом эффективности ветроснижающего действия насаждений на расстоянии, равном 20...30-кратной высоте деревьев. Продольные лесные полосы закладывают

на расстоянии 600...800 м друг от друга, расстояние между поперечными полосами 1000...15000 м.

**Эффективность биологического дренажа.** Под влиянием древесных насаждений величина общей депрессии грунтовых вод колеблется в пределах 150...200 м, при многорядных посадках еще больше. Для расчёта длину депрессии принимаем 200 м, при двусторонней посадке  $2 \cdot 200 = 400$  м. Если длина канала 500 м, то площадь участка, на котором происходит сработка уровня грунтовых вод лесопосадками, будет равна  $400 \times 500 = 20$  га; 1 га древесных насаждений может транспирировать 10...20 тыс.м<sup>3</sup> почвенно-грунтовых вод. Следовательно, из водного баланса необратимо уходит в атмосферу:  $15 \text{ тыс.} \cdot 0,5 = 1,5 \text{ тыс.м}^3$ .

В середине поливных участков (с расчётом сохранения их площади не менее 10 га) в понижениях устраивают дополнительную полосу древесных насаждений, чтобы еще снизить уровень грунтовых вод, ломая депрессионную кривую на их гребне. В таких случаях необходимо решать, что выгоднее: биологический дренаж, или требующий больших затрат труда и средств искусственный дренаж.

Лесные насаждения по сравнению с гончарным дренажом и противифильтрационными мероприятиями требуют небольших капитальных вложений. Они смягчают микроклимат орошаемых участков, предохраняя посевы хлопчатника и других сельскохозяйственных культур от вредного действия суховеев (гармсилы). Затеняя каналы, они уменьшают испарение с водной поверхности, снижают скорость ветра над поверхностью почвы.

Плодовые культуры, растущие вдоль оросительной сети, ежегодно приносят доход, а древесные породы являются источником строительной и поделочной древесины.

Но при всей положительной роли биологического дренажа в регулировании водного режима почв солевой баланс практически не меняется. Расходуемый растениями на транспирацию значительный объем грунтовых вод не затрагивает солей, растворенных в почвенно-грунтовых водах. Эти соли остаются в почвах и грунтовых водах. Биологический дренаж дает хорошие результаты не в первые годы после посадки, а через 5...10 лет.

Роль биологического дренажа могут выполнять не только древесные или травяные насаждения, но и ряд других приемов, в частности, размещение основных культур, занимающих орошаемые участки. Это совмещенные посевы озимой пшеницы и люцерны (клевера), а также хлопчатник при особой обработке почвы.

В Белорусской сельскохозяйственной академии проведены исследования по применению **бессточного дренажа** на полях утилизации животноводческих стоков [18, 19].

Бессточный или фильтрационный дренаж представляет собой сеть траншей, заполненных вынутым из них грунтом, обработанным химмелиорантами с целью повышения его водопроницаемости и оструктуренности. Для обеспечения надежности осушительных систем на базе такого дренажа должны быть выполнены дополнительные по сравнению с трубчатым дренажом требования, обусловленные особенностями конструкции самих дрен.

Механизм действия бессточной дрены следующий: атмосферные осадки, талая дождевая вода или поливные воды, стекая по поверхности почвы, достигают траншеи с разрыхленным грунтом и сравнительно легко проникают в нижнюю часть траншеи. Аккумулируясь и растекаясь по подстилающим горизонтам, вода или стоки образуют временный подвешенный водоносный слой (верховодку). При этом верхние слои почвы быстрее освобождаются от избытка влаги и обеспечивают оптимальный водный режим для растений. Когда пахотный слой почвы иссушается, увеличивается капиллярный подъем воды из подвешенного водоносного слоя. Таким образом, бессточный дренаж частично регулирует водный режим почвы, то есть способствует его оптимизации.

Обычно бессточный дренаж устраивается вдоль горизонталей поверхности почвы глубиной 1...1,2 м и расстояниями между дренами 5...20 м.

Бессточные дрены работают аналогично закрытым собирателям (с некоторыми существенными отличиями). Поэтому можно использовать известную в теории фильтрации схему передвижения воды в двухслойной среде, введя некоторые допущения.

Одной из региональных экологических проблем в Республике Беларусь является утилизация сточных вод крупных животноводческих комплексов. В настоящее время она решается путем проведения удобрительного орошения сельскохозяйственных культур на специализированных мелиоративных системах. Особенностью этих систем является то, что они выполняются по замкнутому водооборотному циклу, то есть поверхностный и дренажный сток аккумулируется в прудах и используется повторно для увлажнения сельхозугодий.

Как показал опыт эксплуатации таких систем, во влажные годы объем аккумулированных стоков превышает их расход на орошение, что приводит к переполнению прудов и водохранилищ. Кроме того, работоспособность традиционного гончарного дренажа на них резко снижается, что обусловлено рядом причин, в том числе снижением водопроницаемости траншейной засыпки. Для уменьшения объема поверхностного и дренажного стока на полях утилизации животноводческих стоков устраивают бессточный дренаж. В условиях республики этот вид дренажа был экспериментально обоснован работами Б.И. Яковлева и др.

Влияние бессточного дренажа на питательный режим почвы при орошении животноводческими стоками проводилось в племсовхозе «Заднепровский» Оршанского района Витебской области. Исследования проводились на участке, где заложен бессточный дренаж в сочетании агромелиоративными мероприятиями. На этом участке выращивались многолетние травы на сено.

В результате исследований установлено, что внесение животноводческих стоков на фоне бессточного дренажа и агромелиоративных мероприятий улучшает основные агрохимические свойства дерново-подзолистых почв. При ежегодной норме внесения животноводческих стоков 390 м<sup>3</sup>/га отмечалась тенденция снижения кислотности почвы. Содержание подвижных форм питательных элементов при внесении животноводческих стоков в почвенных слоях 0..30 и 0...60 см повышалось, а за период вегетации многолетних трав произошло увеличение аммиачного азота, подвижного фосфора и обменного калия соответственно на 3...7%, 12...15 и 5...7%.

Опыт по **осушению земель** в Китае рассмотрен в статье «Управление использованием водных ресурсов и мелиорации земель в Китае» (по материалам XIX конгресса по ирригации и дренажу в Пекине) [10].

Китай занимает обширную территорию (9,56 км<sup>2</sup>) в восточной части Евразии в северном полушарии, охватывающую умеренную, субтропическую и тропические зоны. Площадь орошаемых земель, увеличившись в 3,5 раза за последние полвека, составила 56,5 млн. га, осушаемых – 4,06 млн. га земель.

При осушении земель в низовьях бассейна реки Хуанхэ применяли методы гравитационного отвода излишней влаги в сочетании с механической откачкой, устройством кротовин и углублением каналов.

Мелиорация засоленных и щелочных земель ирригационных районов в среднем и нижнем течении р. Хуанхэ осуществляется путем устройства открытой осушительной сети, закрытого дренажа, колодцев и дренажных скважин (там, где позволяют гидрогеологические условия). Ведется контроль за уровнем грунтовых вод.

## **Заключение**

Сельскохозяйственная мелиорация является инструментом повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а в определенных случаях – основным условием их возделывания. Площади орошаемых угодий, например, неуклонно увеличиваются. Если в 1980 году во всем мире орошалось 15,8% (193 млн. га) земель от общей площади сельскохозяйственных угодий, то сейчас эта доля составля-

ет около 18% (более 277 млн. га). При этом более 2/3 орошаемых угодий земного шара принадлежит Азии (около 194 млн. га). Во многом это связано с требованиями к водному режиму одного из распространенных в странах Азии видов сельскохозяйственной культуры – риса.

Основные направления развития сельскохозяйственной мелиорации связаны сегодня с автоматизацией, улучшением информационного обеспечения, совершенствованием стратегии и тактики возделывания сельскохозяйственных культур, совершенствованием поливной техники и технологий полива, улучшением структуры посевов, использованием возвратных и сточных вод предприятий, предотвращением фильтрации в каналах, использованием естественных осадков, применением новых материалов, многоцелевым использованием техники [8–10, 12, 14–17, 22–24, 27, 31, 33, 34].

*Так, на 60% территории Израиля сельскохозяйственная деятельность возможна лишь при условии круглогодичного искусственного полива. Даже на севере и западе, где уровень осадков относительно велик, культуры нуждаются в поливе с апреля по октябрь. Правительство всячески поощряет тех, кто снижает затраты пресной воды, используя альтернативные источники: минерализованную воду, рециркуляцию дренажной воды, обессоленные бытовые стоки. Опреснению подвергается даже морская вода. И хотя это метод довольно затратный (цена «экзотической» воды вдвое выше родниковой), но в отдельных случаях и он оправдан. В структуре правительственной поддержки аграрного сектора 40% средств являются «водными» дотациями. И фермеры сполна «отрабатывают» эти льготы. Причем не только те, кто имеют небольшие хозяйства, когда использованную воду из своих маленьких аквариумов не сливают в городской коллектор, а очищают, чтобы потом поливать ею цветы в оранжерее. Есть, к примеру, большие чаны и даже искусственные озера с пресноводной рыбой, которой в Израиле не хватает, фермы, где выращивают лобстеров на экспорт. А неподалеку — теплицы, питаемые за счет рециркуляции воды.*

*В Китае по инициативе правительства также широко внедряются водосберегающие сельскохозяйственные технологии. Созданы современные базы водосберегающего сельского хозяйства, на которых используются новейшие оросительные технологии, благодаря чему снижается потеря воды на полях и в оросительных каналах, повышается коэффициент повторного пользования утилизированных вод, растет отдача сельскохозяйственного производства в целом. Пропагандируется бережное отношение к воде, практикуется платное водо-*

пользование. Интенсивно выращиваются засухоустойчивые сорта сельскохозяйственных культур.

*Во многом забытой* формой управления водными ресурсами является орошение аккумулярованным ливневым стоком. При этом виде орошения вода, затопляющая сушу во время ливня, направляется на сельскохозяйственные земли. После затопления вода сразу используется, но часто влага сохраняется в профиле почвы и используется позже. На землях, орошаемых аккумулярованным ливневым стоком, можно выращивать множество сельскохозяйственных культур. Это и хлебные злаки (сорго, просо, пшеница, ячмень), и масличные культуры (горчица, клещевина, рапс), и бобовые (горох, фасоль), а также хлопок, тыква, помидоры и другие овощи. Кроме того, ливневой водой могут заполняться русла мелеющих рек, пруды для скота, а в некоторых районах ливневый сток распределяется по пастбищам или землям, занятым лесом. Орошение аккумулярованным ливневым стоком сегодня применяется в таких регионах как Западная Африка (Пакистан, Иран, Афганистан), Средний Восток (Йемен, Саудовская Аравия), Северная Африка (Марокко, Алжир, Тунис), Африканский Рог (Эфиопия, Судан, Сомали), а также в отдельных местах других частей Африки, отдельных районах Южной Америки и Центральной Азии.

*Американские фермеры* многие годы придерживаются особой тактики в зерновом производстве, которая позволяет им сохранять передовые позиции в мире, обеспечивать практически гарантированный сбор зерна и значительную доходность этой отрасли. Суть ее в том, что высокоурожайная кукуруза выращивается в зонах, оптимальных для нее по природно-климатическим условиям, по индустриальной технологии, предусматривающей использование значительных доз удобрений, эффективных средств защиты растений, высококачественных гибридных семян и передовой агротехники. Это позволяет постоянно поддерживать и наращивать урожайность, повышать производительность труда и экономическую выгоду от выращивания ценнейшего фуражного зерна. Совсем иная тактика применяется в отношении второй по значимости для США зерновой культуры — пшеницы. Она выращивается на площадях, сопоставимых по размеру с кукурузными, но расположенных в значительно более засушливых зонах. Пшеница, относящаяся к иному, чем кукуруза, биологическому типу зерновых, в скудных условиях увлажнения дает меньшую урожайность, но и затраты на дорогостоящие удобрения, пестициды, орошение и другие компоненты технологии тут минимальны. Урожайность пшеницы в стране некоторые годы втрое ниже урожайности кукурузы. Однако по норме прибыли пшеница лишь незначительно уступает кукурузе в США и подобному зерну в других странах. И здесь следует подчеркнуть, что огромные урожаи были бы убыточны без

наличия высокопроизводительной уборочной техники, базы хранения и переработки.

*При этом опыт США показывает, что малоразмерные участки земель (которых в стране около 50%) не позволяют в полной мере использовать преимущества мелиорации, севооборота, химических средств и высокопроизводительной техники, т.е. наиболее важных факторов роста эффективности аграрного сектора. (Мелкие и средние фермы либо убыточны, либо близки к этому.)*

Отсюда следует и другой вывод: частная собственность на земли, пригодные для производства продовольствия, в условиях роста населения и сокращения земельных ресурсов становится серьезным препятствием на пути обеспечения продовольственной безопасности не только отдельно взятых стран, но и мира в целом.

Многолетний американский опыт показал также, что частная собственность на землю не является гарантией сохранности и самой земли. Рыночный механизм хозяйствования определяет необходимость получения как можно более высокой прибыли. Именно поэтому американские фермеры еще в начале XX века отказались от севооборотов и перешли к монокультурной системе, сокращали паровые земли, вели повсеместную распашку даже высокоэродированных земель. Результат известен: пылевые бури, потери ценнейших земель, загрязнение водных источников. Государство, где частная собственность на землю возведена в абсолют, вынуждено ежегодно выделять до 2 млрд. долларов по программе консервирования земель.

Таким образом, частная собственность на землю, долгое время являвшаяся основным фактором закрепления фермеров в постоянных зонах, в последние десятилетия эту роль играть перестала. Как и роль показателя для определения эффективности аграрного производства. Значительно большее значение приобретает размер фермы, уровень ее специализации и степень интеграции с другими предприятиями.

*В заключение* следует вновь напомнить, что мелиоративные мероприятия способны иметь как внутрихозяйственный экономический эффект, так и экологическое и социальное воздействие. Экологический аспект, к сожалению, бывает представлен вопросами загрязнения водных ресурсов, например, питательными элементами и пестицидами, нанесением урона экосистемам, истощением грунтовых вод, засолением почв и др. К социальному аспекту нужно отнести процесс перераспределения водных ресурсов (пресной воды).

### **Источники информации**

1. Бараев Ф.А., Шеров А.Г., Бараев А.А. Мелиорация земель и биотехнический дренаж// Сборник научных трудов «Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России», ч. II. – М.: МГУП, 2005.
2. Вести из Сакраменто. Делегация НКВД РФ на 58-м Исполнительном совете НКВД и 4-й Американской региональной конференции// Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 6.
3. Влияние Директивы ЕС об основах водохозяйственной деятельности на сельское хозяйство Нидерландов и возможные гидрологиче-

- ские меры по смягчению его отрицательных последствий, в том числе использование противоэрозионных полос и дренажа. – J. Water Land Developm., 2006. – № 10. – с. 45–53.
4. Влияние естественного дренажа на мобильность микроэлементов в почвах, затопленных в результате дождей и орошения (Греция). – Ag-rochimica, 2000, vol XLIV, № 1–2.
5. Влияние поверхностного орошения и дренажа на соле- и влагоперенос в растрескивающихся глинистых почвах. (США). – St. Joseph, Mich, 1987. – 5 с.
6. Влияние регулирования водного режима путем дренажа и орошения на участках люцерны с тяжелыми глинистыми подстилающими породами (США). – St. Joseph, Mich., 1988. – 18 с.
7. Влияние регулирования уровня грунтовых вод при подпочвенном орошении на урожай кукурузы и сои (Канада). – Agr. Water Manag., 2000, vol. 46, № 1 – с. 73–89.
8. Внутрипочвенное орошение в России и за рубежом: Научно-технический обзор. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2002. – 93 с.
9. Гидромелиоративные системы нового поколения: Сб. науч. тр. / ВНИИГиМ. – М.: ВНИИГиМ, 1997. – 109 с.
10. Гулюк Г.Г., Носовский В.С., Гусёнов Е.П. Управление использованием водных ресурсов и мелиорация земель в Китае (по материалам XIX Конгресса по ирригации и дренажу в Пекине) // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 64–68.
11. Дренажные системы в зоне орошения. – Киев: Урожай, 1987.
12. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: МГУ, 2003. – 448 с.
13. Исследование работы системы двустороннего действия (США). – St. Joseph, Mich., 1986. – 15 с.
14. Канардов В.И. Тенденции совершенствования технологии микроорошения // Мелиорация и окружающая среда: Юбилейный сб. науч. тр. / ВНИИГиМ. – М.: ВНИИГиМ, 2004. – Т. 1. – С. 83–89.
15. Кизяев Б.М. Межрегиональная конференция МКИД в Москве. – Мелиорация и водное хозяйство, 2004. – № 6.
16. Кирейчева Л.В. Дренажные системы на орошаемых землях. Прошлое, настоящее, будущее. – М.: ВНИИГиМ, 1999.
17. Кирейчева Л.В. Экологические принципы создания дренажных систем на орошаемых землях: Автореф. дис. д-ра техн. наук – М., 1993. – 49 с.
18. Копытовский В.В. Влияние бессточного дренажа на питательный режим почвы при орошении животноводческими стоками. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию кафедр почвоведения и агрохимии Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – Горки, 2001.

19. Копытовский В.В. Расчет бессточного дренажа на полях утилизации животноводческих стоков. – Мелиорация и водное хозяйство, 2005. – № 4.
20. Математическая модель для оценки режима орошения (США). St. Joseph, Mich, 1985. – 20 с.
21. Математическая модель проектирования закрытого дренажа на орошаемых землях (США). – St. Joseph, Mich, 1988. – 15 с.
22. Машины и механизмы для мелиоративных систем. Дождевальное оборудование зарубежных фирм: Каталог / Минсельхоз РФ. Депмелиоводхоз. ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ». – 2003. – Вып. 2. – 34 с.
23. Минашина Н.Г. Эффективность дренажа при освоении засоленных почв под орошаемое земледелие за последние 30 лет// Почвоведение. – 1995. – № 1.
24. Ольгаренко Г.В., Городничев В.И. Дождевальная техника нового поколения // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 2. – С. 34–36.
25. Остапчук Г.Б. Гидротехнические мелиорации (орошение) в сельских хозяйствах зарубежных стран и России // Вестник СПбГАУ, 2009, № 1, с. 55–58.
26. Применение математических моделей для регулирования уровня воды в каналах систем двустороннего действия с подпочвенным увлажнением (США). – St. Joseph, Mich., 1986. – 26 с.
27. Развитие мелиорации в странах мира (обзор). – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 1995.
28. Разработка и оценка математической модели понижения уровня грунтовых вод в дренажной системе при подпочвенном орошении (США). – Applied Engineering in Agriculture, 2003, vol. 19, № 3.
29. Регулирование уровней грунтовых вод на сильно увлажненных землях с использованием системы подпочвенного орошения и водохранилища (WRSIS; США). – Applied Engineering in Agriculture, 2003, vol. 19, № 4.
30. Сравнительная оценка расчетных и фактических параметров закрытого дренажа (Канада). – St. Joseph, Mich., 1986. – 18 с.
31. Тупикин Н.И. 55-я сессия Международного Исполнительного совета Международной комиссии по ирригации и дренажу (МКИД) и межрегиональная конференция «Производство продовольствия и вода: социально-экономические проблемы ирригации и дренажа». – Информационный Бюллетень. – М.: Министерство сельского хозяйства, 2005. – № 1–2.
32. Хавасов К.Э., Шуравилин А.В., Никифоров П.М. Водосберегающая технология полива хлопчатника в зависимости от дренированности земель. – Тезисы докладов научной конференции (4–6 декабря 1996 г.), в .1. – М.: Государственный университет по землеустройству, 1996.

33. Черняков Б.А. Американское фермерство: XXI век. – М.: Художественная литература, 2002. – 400 с.
34. Чопенко В. Исход в аграрный Израиль... [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zn.ua>
35. Шамуратова Ф. Теоретическое обоснование влаго-и солепереноса на орошаемом участке при наличии дренажа // Сб. науч. трудов «Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России», ч. II. – М.: МГУП, 2005.
36. Шуравилин А.В. Ресурсосберегающая технология орошения хлопчатника на фоне вертикального дренажа. Международная научная конференция (Костяковские чтения) «Наукоемкие технологии в мелиорации». – М.: ВНИИГиМ, 2005.
37. ICID News (Новости МКИД). – 2010. – № 3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.icid.org>
38. ICID Newsletters (Информационный бюллетень МКИД). – 2009. – № 1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.icid.org>
39. Revitalizing Asia's Irrigation: To Sustainably Meet Tomorrow's Food Needs. – 2009. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iwmi.org>

## **Приложение**

### **Точное внесение удобрений (Германия)**

*Технология дифференцированного внесения удобрений основана на трех принципах:*

- идентификация и агрохимическое картирование внутрипольных контуров почвенного плодородия;
- расчет оптимальных доз удобрений в соответствии с агрохимической картограммой поля и требованиями культур севооборота;
- поконтурное внесение расчетных доз удобрений специальными машинами в автоматизированном режиме их работы.

Принципиальное отличие технологии дифференцированного применения удобрений от традиционной, рассчитанной на внесение усредненных для всего поля доз, состоит именно в поконтурной обработке полей. Данная технология имеет много преимуществ, но реализовать ее трудно. Преимущества этой технологии очевидны — она позволяет полнее учитывать потребности растений в питательных веществах (что сказывается на продуктивности культур), сократить потери питательных веществ из почвы, привести со временем к выравниванию плодородия почвы по всему полю. Реализация этих вопросов зависит от решения многих вопросов методического и технического характера.

При переходе на внесение удобрений с учетом пестроты плодородия почв в пределах каждого поля повышение урожайности достигается не за счет дополнительного количества удобрений, а за счет более эффективного их использования [2, 4]. Стратегическая задача здесь ставится по-новому: не выравнивать урожай по всему полю, а максимально использовать наиболее «сильные» участки.

### **Энергоемкость сельскохозяйственной продукции и пути ее снижения (Беларусь)**

В АПК республики имеются значительные (до 40%) резервы снижения энергозатрат за счет применения интенсивных энергосберегающих технологий, организационно-технических мероприятий и устранения прямого расточительства. Для этого необходимо провести энергетические аудиты и разработать энергобалансы предприятий. Одной из важнейших мер в области эффективной энергосберегающей политики должно стать нормирование расхода электроэнергии на производство продукции.

Представляется перспективным введение так называемых «зонных» коэффициентов, в соответствии с которыми цена за использование энергии изменяется в зависимости от времени суток. Рационализация режима потребления и введение научно обоснованного энергетического нормирования являются одними из основных путей повышения эффективности использования энергоресурсов. Важная роль здесь отводится экономическому механизму, обеспечивающему их эффективное применение.

Политику ресурсо- и энергосбережения следует проводить путем создания благоприятных экономических условий для разработки и применения новых технологий, оборудования, приборов учета и т.д. При решении этих задач должны использоваться меры как непосредственного финансирования работ в форме государственных субсидий, так и косвенного стимулирования в виде, например, налоговых льгот. Главными направлениями ресурсо- и энергосберегающей политики в Республике должны стать: изменение структуры энергоемких

производств, производство и наращивание выпуска энергосберегающего оборудования, организация приборного учета энергии и тепла [2, 4].

### **Водосберегающая технология орошения с использованием труб типа *agrodrip* (Болгария)**

Суть устройства системы труб типа *agrodrip* заключается в использовании внешней гладкостенной трубы и внутренней гофрированной трубы с отверстиями [3, 4], расположенными с определенными интервалами. Капельные дозаторы отсутствуют. Главным преимуществом использования системы является то, что трубная система не теряет работоспособности в результате загрязнения и забивания отверстий. Кроме того, имеется возможность изготовления системы в различных конфигурациях. Вариант на основе использования короткой спирали (0,3 м) для полива овощей, клубники и цветов. Вариант спирали на 0,6 м больше подходит для капельного орошения малины и виноградников, а вариант спирали на 0,9 м применяется редко, там где нужно орошение малой интенсивности (0,8 л/ч).

### **Автоматизация каналов Ферганской долины**

#### **1. Состав и особенности объектов автоматизации**

В состав проекта «Автоматизация каналов Ферганской долины» включены следующие объекты [1].

На уровне бассейна реки Сырдарья:

– объекты Нарын-Карадарьинского управления БВО «Сырдарья»

Пилотные каналы проекта «Интегрированное управление водными ресурсами Ферганской долины» (ИУВР-Фергана):

– Канал Араван-Акбура (Кыргызская Республика);

– Южный Ферганский канал (Республика Узбекистан);

– Канал Ходжабакирган (Гулякандоз) (Республика Таджикистан).

Финансирование проекта осуществлено Швейцарским управлением по развитию и сотрудничеству. Генеральным подрядчиком реализации проекта является МП «Сигма», Кыргызская Республика. Инженерный контроль осуществлял НИЦ МКВК (Научно-информационный центр Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии). В качестве международных экспертов принимали участие специалисты Управления канала Прованс, Франция. Объекты Нарын-Карадарьинского управления БВО (бассейнового водохозяйственного объединения) «Сырдарья» характерны своей уни-

кальностью и компактностью расположения в районе автоматизированного Учкурганского гидроузла. Вода на эти объекты поступает из Токтогульского водохранилища многолетнего регулирования по каскаду ГЭС на реке Нарын, расположенных на территории Кыргызстана. В последние годы, в связи с переходом на энергетический режим работы каскада ГЭС наблюдаются значительные колебания расходов воды на створах этих объектов и трудности в управлении водными ресурсами.

***Пилотные каналы, подлежащие автоматизации:***

Южный Ферганский канал (ЮФК) питается из системы Андижанского водохранилища многолетнего регулирования, имеет значительную протяженность (около 200 км). Распределяет воду на орошаемых землях между двумя областями Республики Узбекистан и Кыргызской Республикой;

Араван-Акбуринский канал (ААБК) берет воду из р. Акбура, сток которой зарегулирован Папанским водохранилищем сезонного регулирования, имеет протяженность 30 км и распределяет воду между двумя районами Кыргызской Республики;

Ходжибакирганский канал (ХБК) забирает воду из незарегулированного стока одноименной реки, имеет протяженность 28 км и распределяет воду между двумя районами Республики Таджикистан.

Существующее состояние водораспределения на каналах и стохастический характер колебаний расходов воды притоков затрудняют равномерное обеспечение потребителей водой и соблюдение установленных лимитов. Наблюдаются ошибки в измерении расходов и уровней воды из-за отсутствия или недостаточной точности измерительных устройств; несвоевременность и недостоверность информации, получаемой на гидропостах, а также непроизводительные организационные сбросы воды. Для устранения этих недостатков и в качестве развития инструментов интегрированного управления водными ресурсами Ферганской долины актуальным является внедрение системы автоматизации объектов БВО «Сырдарья» и пилотных каналов.

## **2. Цель и задачи проекта**

**Целью проекта** является внедрение частично автоматизированной системы регулирования и оперативного контроля за водораспределением для обеспечения потребителей водой в необходимом количестве и в нужные сроки, создание системы мониторинга по каждому объекту за головным водозабором, боковой приточностью, балансовыми гидропостами и водозаборными сооружениями.

**Задачей автоматизации и мониторинга** является создание системы управления и контроля за работой канала, что позволит:

- повысить реальность выполнения плана водопользования;
- создать условия для устойчивого, равноправного, справедливого водodelения, гарантирующего стабильность и равномерность водоподачи и исключение непродуктивных затрат воды.

Указанная цель достигается применением системы SCADA на головном и узловых сооружениях, балансовых гидрострах и диспетчеризацией всех объектов управления, созданием телекоммуникационных связей и компьютеризацией сбора, обработки и хранения информации, а также применением мониторинга по балансовым участкам, проводимого наблюдателями, оснащенными средствами связи и транспортом. Получить стабильное водораспределение с устойчивым и равнозначным по всей длине каналов удовлетворением требований потребителей намечается путем автоматизации узловых сооружений, автоматизации сбора информации по балансовым гидрострах и системой мониторинга по балансовым участкам, проводимого наблюдателями, оснащенными средствами связи и транспортом.

### **3. Технологические основы управления водными ресурсами**

В управлении водными ресурсами системы пилотных каналов принципиальных различий нет, в каждой республиканской системе имеются три уровня:

– **бассейновый уровень**, управление на котором осуществляется БВО «Сырдарья» и Управлениями водного хозяйства республиканских Министерств. На этом уровне установленные МКВК лимиты водных ресурсов распределяются по ирригационным системам и осуществляется контроль за их соблюдением;

– **уровень Бассейновых управлений ирригационными системами и Управления магистральными каналами Ферганской долины** (в Узбекистане) или областные управления (в Киргизии и Таджикистане). На этом уровне, с учетом установленных лимитов и заявок потребителей, утверждаются планы водопользования с распределением водных ресурсов по конкретным каналам;

– **уровень Управления каналами**, на этом уровне производится подекадное распределение воды в соответствии с утвержденным планом и контроль за соответствием водоподачи потребителям плану водопользования, подекадная корректировка, при необходимости, подаваемых расходов.

В системе оперативного управления водораспределением на каждом канале имеются головной диспетчерский пункт (ГДП) и балансовые участки с местными диспетчерскими пунктами (МДП). При Управлении каналом имеется Центральный диспетчерский пункт (ЦДП), который является центральным звеном в управлении водораспределением по каналу.

Управление водными ресурсами на объектах БВО «Сырдарья» осуществляется по установленному лимиту водных ресурсов по головным сооружениям крупных каналов. Нарын-Карадарьинское управление гидроузлов на основе этих лимитов и фактического значения измеренных расходов воды по основным гидростам определяет заданные режимы работы гидроузлов и передает диспетчерам гидроузлов. Диспетчеры основных гидроузлов реализуют заданные режимы с помощью изменения открытий затворов узловых сооружений.

Основной целью управления годовыми режимами распределения водных ресурсов между потребителями на крупных магистральных каналах является определение сезонных потребностей в водных ресурсах на планируемый период на основе данных о планируемых площадях и составе сельскохозяйственных культур, режимах промывных, влагозарядковых и вегетационных поливов, а также потребностях других отраслей народного хозяйства (промышленности, энергетики, коммунального хозяйства и др.). При этом необходимо учесть гидромодульное районирование орошаемых земель, прогнозы расходов воды в головных водозаборах, особенности участков и гидротехнических сооружений.

При годичном планировании водораспределения условно можно выделить следующие задачи:

**Задача 1:** Определение требуемых объемов водных ресурсов для водопользователей на вегетационный и невегетационный периоды.

**Состав исходной информации:**

- состав сельскохозяйственных культур,
- площади, занятые сельскохозяйственными культурами,
- распределение площадей по гидромодульным районам,
- нормы водопотребления сельскохозяйственных культур
- нормы промывки площадей орошения;
- среднемноголетние гидрологические характеристики района;
- корректировка объемов водных ресурсов согласно выделенным лимитам.

**Результаты решения:**

- требуемые объемы воды для каждого водопотребителя за весь год (вегетационный и невегетационный периоды).

**Задача 2:** Уточнение требований потребителей с учетом выделенных лимитов на вегетационный период.

**Состав исходной информации:**

- прогноз водности текущего года.

**Результаты решения:**

- выделенные объемы воды для каждого водопотребителя на период вегетации и невегетации, а также на год.

**Результат решения задач годового планирования:**

- уточненный план водопользования на период вегетации и невегетации, а также на год.

**Задача 3:** Составление и утверждение плана водопользования на период вегетации и невегетации.

**Состав исходной информации:**

- технические возможности участков ирригационной системы,
- площади, занятые сельскохозяйственными культурами,
- распределение площадей по гидромодульным районам,
- нормы водопотребления сельскохозяйственных культур,
- нормы промывки площадей орошения.

**Результаты решения:**

- выделенные объемы воды для каждого водопотребителя на период вегетации и невегетации и на каждую декаду периода.

**Результат решения задач годового планирования:**

- уточненный план водопользования на период вегетации и невегетации и на каждую декаду периода.

При оперативном сезонном планировании водораспределения еженедельно решаются следующие задачи:

**Задача 1:** Анализ качества водораспределения по потребителям канала за прошедшую декаду.

**Состав исходной информации:**

- план водопользования,
- фактическая подача воды по заявкам потребителей в пределах лимита за истекший период,
- фактический гидрограф стока за истекший период.

**Результаты решения:**

– составы показателей по выделенным критериям за истекший период.

**Задача 2:** Прогноз стока и заявки на головные водозаборы каналов на предстоящую декаду.

**Состав исходной информации:**

- заявки потребителей на предстоящую декаду формируются по фактическим датам поливов сельскохозяйственных культур с учетом водообеспеченности в голове канала, а также по текущим погодным условиям,
- прогноз гидрографа стока или уточненные лимиты на головные водозаборы.

**Результаты решения:**

уточненные объемы водных ресурсов головных водозаборов и подаваемые потребителям на предстоящую декаду.

**Задача 3:** Расчет уточненного варианта водораспределения по потребителям канала.

**Состав исходной информации:**

- заявки потребителей на предстоящую декаду формируются по фактическим датам поливов сельскохозяйственных культур с учетом водообеспеченности в голове канала, а также по текущим погодным условиям,
- фактическое значение водных ресурсов по головным водозаборам
- гидравлические параметры участков канала,

**Результаты решения:**

- объемы водных ресурсов, подаваемые потребителям на предстоящую декаду, и режимы водораспределения по участкам канала.

**Задача 4:** Принятие решений по реализации варианта водоподачи по потребителям канала.

Эта задача в основном организационного характера, т.е. здесь осуществляется согласование и утверждение уточненных объемов водных ресурсов головных водозаборов и подаваемых потребителям на предстоящую декаду

Основной целью управления краткосрочными режимами распределения водных ресурсов является реализация долгосрочных режимов водораспределения с учетом динамических свойств объектов, технологических и эксплуатационных особенностей, а также организационных ограничений.

Здесь ежедневно решаются следующие задачи:

**Задача 1:** Расчет параметров управления для гидротехнических сооружений.

**Состав исходной информации:**

- декадные объемы водных ресурсов по основным каналам,
- фактические расходы воды на головных водозаборах основных каналов,
- гидравлические параметры и режимы работы гидротехнических сооружений.

**Результаты решения:**

- суточные режимы работы гидротехнических сооружений.

**Задача 2:** Стабилизация режима работы участков каналов с учетом переходных процессов.

**Состав исходной информации:**

- гидравлические параметры участков реки,
- фактические режимы поступающего стока,
- фактические режимы водовыпусков по участкам.

**Результаты решения:**

- режимы балансовых гидропостов и узловых сооружений с учетом динамических процессов на участках канала.

**Задача 3:** Учет и контроль фактического распределения водных ресурсов по участкам канала.

**Состав исходной информации:**

- заявки потребителей по водовыпускам участка на прошедшие сутки;
- фактические режимы водовыпусков по участкам канала.

**Результаты решения:**

- расчет отклонений фактических режимов от заявок потребителей в пределах уточненного лимита и невязок по балансовым гидропостам.

**Задача 4:** Оценка фактического распределения водных ресурсов по участкам канала и в целом по каналу.

**Состав исходной информации:**

- отклонения фактических режимов от заявок потребителей в пределах уточненного лимита и невязок по балансовым гидропостам;

**Результаты решения:**

- оценка фактических режимов участков канала и потребителей.

Сегодня в Управлениях пилотных каналов отдельные задачи из данного комплекса (например, составление сезонного плана водораспределения по отводам канала) решаются с помощью системы электронных таблиц Excel. Многие решаются на основе интуиции управленческого персонала (начальников управления, отделов, гидроучастков и диспетчеров).

#### **4. Степень автоматизации и диспетчеризации основных узловых сооружений и мониторинга по балансовым гидропостам**

Головные и узловые сооружения оснащены оборудованием системы SCADA, на всех регуляторах установлены датчики положения затворов, датчики уровней воды верхнего и нижнего бьефов.

В автоматическом режиме работают:

- головные регуляторы каналов по поддержанию заданного расхода по уровню горизонта воды на головных гидропостах;
- перегораживающее сооружение по уровням воды верхнего бьефа; при этом вся информация с датчиков отображается на мнемосхемах; предусмотрена защита от внештатных ситуаций (заклинивание затворов, превышение максимальных уровней, отключение электропитания, открытие силовых щитов посторонними лицами и т.п.).

Оборудование системы SCADA для головных и узловых сооружений включает:

- компьютеры;
- программируемые контроллеры;
- модули ввода и вывода;
- датчики уровня воды и положения затворов;
- оборудование системы передачи данных.

Диспетчерские пункты головных и узловых сооружений оснащены компьютерами и оборудованием системы передачи данных, обеспечивающей бесперебойную связь между Центральным и местными диспетчерскими пунктами и автоматическую передачу информации.

По проекту автоматизированы:

- на объектах БВО «Сырдарья» – 5 узловых сооружений (всего – 46 затворов, 5 диспетчерских пунктов);
- на Южном Ферганском канале – 8 узловых сооружений и объекты Каркидонского водохранилища (всего 72 затвора, 17 диспетчерских пунктов);
- на Араван-Акбуринском канале – 3 узловых сооружения (17 затворов, 7 диспетчерских пунктов);
- на Ходжибакирганском канале – 5 узловых сооружений (36 затворов, 6 диспетчерских пунктов).

Балансовые гидропосты оснащены системой SCADA с датчиками уровней воды. Оборудование системы SCADA для балансовых гидропостов включает:

- программируемые контроллеры;

– модули ввода, вывода, датчики уровня и оборудование системы передачи данных.

Информация об уровнях и расходах воды оперативно по телекоммуникационной связи передается в МДП гидроучастка, к которому относится этот балансовый гидропост.

Автоматизированы:

- на Южном Ферганском канале – 10 гидропостов (1 – головной, 9 – балансовых);
- на Араван-Акбурунском канале – 4 гидропоста (1 – головной, 3 – балансовых);
- на Ходжибакирганском канале – 3 гидропоста (1 – головной, 2 – балансовых) и 7 диспетчерских пунктов.

Для контроля уровней воды применены ультразвуковые датчики уровня типа Prosonic FMU230E, имеющие стандартный аналоговый токовый выход (4–20 мА). Корректировка температурных погрешностей в приборе производится с помощью встроенного термодатчика. Техническая документация прибора поставляется в комплекте с оборудованием и должна быть использована эксплуатационным персоналом при работе с системой диспетчеризации и автоматизации (СДА).

Для контроля положения затворов используются абсолютные многооборотные энкодеры типа OCD-SL00G-0812-S100-CAW, со специальным интерфейсом SSI, сопрягаемым непосредственно с контроллером Decont-182 комплекса ДЕКОНТ.

Для контроля качества воды применен датчик электропроводности типа JUMO CTI-500, имеющий стандартный аналоговый токовый выход (4–20 мА), подключаемый к модулю ввода аналоговых сигналов AIN8. Датчик монтируется совместно с датчиком уровня верхнего бьефа.

Основным средством реализации СДА в качестве программно-технических средств сопряжения автоматических датчиков с ЭВМ выбран комплекс ДЕКОНТ, изготавливаемый в Российской Федерации. Он сертифицирован Госстандартом РФ под номером RU.C.34.004.A№ 6973 и выгодно отличается от аналогичных комплексов эксплуатационными, качественными и стоимостными показателями.

Интеллектуальным устройством сбора и передачи информации в СДА является контроллер Decont-182 комплекса ДЕКОНТ. Программируемый контроллер Decont-182 обеспечивает взаимодействие

с модулями системы ввода-вывода, исполняет алгоритмы, ведет архивы, поддерживает связь с другими контроллерами и верхним уровнем системы. Контроллер Decont-182 имеет оперативную память емкостью 1024 килобайт, постоянное запоминающее устройство (на основе FLASH) емкостью 1024 килобайт, процессор с тактовой частотой 30 МГц и предназначен для эксплуатации в следующих условиях: температура от  $-40$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ ; влажность от 5 до 95%; напряжение питания от 9 до 30 В при токе потребления до 115 мА.

Модули ввода/вывода обеспечивают необходимую первичную обработку входных физических сигналов с объекта, преобразование их в защищенный цифровой вид для дальнейшей передачи по технологической сети. Управление подъемом и опусканием затворов производится посредством подачи управляющих сигналов на схему управления через шкафы управления (ШУЗ), размещаемые по месту возле каждого привода затвора.

Состояние исполнительных механизмов контролируется по следующим параметрам: наличие питания, дистанционный/местный режим работы, срабатывание защиты по току при перегрузке привода.

Все сигналы с преобразователей и шкафов управления затворами передаются по кабельным линиям на входные модули комплекса КТС. Все модули ввода/вывода сигналов и контроллеры размещены в шкафах КТС, смонтированных в непосредственной близости от шкафов ШУЗ.

Интеллектуальный контроллер Decont-182 связан с ПЭВМ (диспетчерским персональным компьютером), расположенным в ДП плотины. Контроллер является основным звеном системы диспетчеризации. В нем выполняются все основные расчеты как по определению текущих значений расходов воды, так и управляющих воздействий на затворы, в режимах автоматического регулирования уровней и расходов для обеспечения заданного режима водопользования.

ПЭВМ служит для отображения полученной информации, ее обработки и формирования режимов работы гидроузла в зависимости от текущих задач оперативного управления. Режимы работы гидроузла задаются диспетчерским персоналом.

Выбор ПЭВМ для МДП и ЦДП, состав периферийных устройств и системное программное обеспечение. В качестве диспетчерских и пультовых компьютеров применены компьютеры, совместимые с IBM PC, с операционной системой Windows XP.

Управляющие команды от ПЭВМ МДП поступают на контроллеры Decont-182, которые, в соответствии с алгоритмом управления затворами, формируют выходные сигналы управления и передают их модулям DOUT. Модули DOUT для каждого канала имеют выходные исполнительные электромагнитные реле, которые управляют затворами гидротехнических сооружений.

Применение модульного принципа построения комплекса технических средств позволяет в дальнейшем без больших сложностей произвести расширение системы вширь (включение дополнительных подсистем) и интегрировать ее в систему более высокого уровня.

Программное обеспечение СДА построено по иерархическому принципу с использованием на каждом уровне программных средств, решающих определенные задачи. Программное обеспечение включает:

- комплект стандартных программ конфигурирования технических средств, в том числе flash-резидентная операционная система RTMEX и стандартные программные компоненты;
- комплект программного обеспечения управления контроллерами и разработки специализированных алгоритмов. Это программное обеспечение ориентировано на использование в среде Windows XP и содержит в своем составе эмулятор ядра сетевой многозадачной операционной системы RTMEX;
- дополнительные сервисные и системные программы в среде Windows;
- специальное программное обеспечение, разработанное в рамках проекта для мониторинга и управления в соответствии с технологическими регламентами;
- специальное программное обеспечение, реализующее интерфейсные функции с оперативным персоналом объекта, предназначенное для удобного и интуитивно понятного представления информации технологическому персоналу и вводу его команд по настройке СДА и управлению.

Сетевая многозадачная операционная система реального времени RTMEX управляет программными компонентами, которые предназначены для обеспечения: связи с другими узлами сети контроллеров, работы с модулями ввода/вывода, обработки поступающей информации, принятия решений по управлению, выдачи исполнительных команд на силовое оборудование.

Стандартное программное обеспечение конфигурирования технических средств системы и настройки компонентов, выполняющих типовые функции системы мониторинга и управления, обеспечивает

доступ к ресурсам контроллеров с пультового компьютера системы и их конфигурирование под конкретную реализацию выполняемых функций. Полный пакет настроечной/конфигурационной информации является результатом разработки СДА и входит в комплект эксплуатационной документации.

Разработка программного обеспечения управления технологическим оборудованием в соответствии с технологическими регламентами, производится с применением среды разработки, позволяющей описывать необходимые расчетные и функциональные конструкции на языке «блочного» программирования. Применение образного языка функциональных блоков позволяет легко реализовать сложные алгоритмы, легко контролировать фактическое взаимодействие частей программного комплекса, минимизировать время отладки и т.д.

## **5. Системы передачи данных между ЦДП и МДП**

Система телекоммуникаций каналов основывается на современных системах передачи данных и решает следующие задачи:

- прием и передачу телеметрической информации, которая формируется системой автоматизации, установленной в центрах радиосвязи на ЦДП, ДП ГУ, гидроузлах и балансовых гидростоях;
- создает компьютерную сеть на базе системы передачи данных для приема, передачи и обработки информации между ЦДП и МДП, обеспечивающую единую информационную систему канала.

**Система передачи данных между объектами БВО «Сырдарья»** работает совместно с системами диспетчеризации и автоматизации, основанными на использовании мобильной связи по GPRS сети.

Технологическая сеть передачи данных реализована на уровне контроллеров Decont-182 и виртуальных контроллеров WinDecont, таких же, какие используются в системах диспетчеризации и автоматизации. Для беспроводной передачи данных между объектами используются GSM/GPRS-модемы Wavcom MI306B с IP-стеком, которые обеспечивают передачу данных по GPRS сети оператора сотовой связи. Модемы работают в режиме GPRS, что позволяет организовать сеть передачи данных на скорости до 115 200 бод (до 10 килобайт в секунду). Используемые проектом модемы работают в частотном диапазоне 900/1800 МГц; потребляемый ток – до 200 мА; диапазон питающего напряжения – от 5,5 до 32 вольт; диапазон рабочих температур –от -20 до +55° С.

Модемы смонтированы в шкафах КТС системы диспетчеризации и автоматизации. Питание модемов осуществляется от источников постоянного тока напряжением +24 В из состава комплекса DECONT типа PW24V1A. Для всех модемов использованы внешние антенны типа «Шайба-1» производства НПК «Антенна XXI». Антенна «Шайба-1» предназначена для транкинговой и сотовой связи диапазонов 800-5000 МГц. Высота пластикового обтекателя антенны - 43 мм (X/ 12), диаметр основания - 99 мм.

Для передачи данных между ЦДП и Учкурганским гидроузлом используется существующий канал передачи данных на симплексных радиостанциях ICOM FC F410, использованных ранее в проекте диспетчеризации и автоматизации Учкурганского гидроузла для обмена данными между ЦДП и Учкурганским гидроузлом. Текущие данные с объектов в ДП Учкурганского отдела по сети GPRS передаются не реже, чем один раз в 10 минут.

Для организации сети передачи данных в среде GPRS используется центральный сервер системы передачи данных, расположенный на Учкурганском гидроузле. Сервер представляет собой персональный компьютер с подключенным к нему GSM/GPRS-модемом. Сервер имеет фиксированный IP-адрес в сети оператора сотовой связи. На сервере работает поддерживающий множественное IP-соединение программный контроллер WinDecont, который обеспечивает прием и передачу информации для всех остальных точек GPRS сети.

Функции маршрутизации информационных потоков вне сети GPRS осуществляют контроллеры Decont-182. В ЦДП в КТС-СПД ведется собственный архив оперативных (текущих) технологических параметров, который и вычитывается ПЭВМ «Сервер СПД».

**Система передачи данных между объектами Араван-Акбуринского и Ходжабакирганского канала** работает совместно с системами диспетчеризации и автоматизации и основана на симплексных радиостанциях.

Выбор беспроводной технологии обусловлен большими расстояниями между объектами, отсутствием кабельной инфраструктуры и сложным рельефом местности.

Стационарная радиостанция для СПД организована на базе стационарной радиостанции ICOM-IC-F110, производства Японии. Использованное оборудование работает в частотном диапазоне 136-174 МГц с использованием 5 каналов по 25 кГц.

Для радиостанции использованы коллинеарные внешние антенны с круговыми диаграммами направленности (типы F-22, BC-200 и

Diamond-101.) Высота антенны определена с учетом местных условий. Технологическая сеть передачи данных реализована на уровне контроллеров Decont-182 и виртуальных контроллеров WinDecont, таких же, какие используются в системах диспетчеризации и автоматизации.

**Система передачи данных между объектами Южного Ферганского канала** работает совместно с системами диспетчеризации и автоматизации и основана на использовании системы Wi-Fi.

В данном проекте соединены двадцать объектов ЮФК через базовую станцию на телевизионной вышке «Андижан» по топологии точка-многоточка. Расстояния между объектами достигают 70 км. Используемое оборудование EION LibraPlus 5845 работает в частотном диапазоне 5,150–5,320 ГГц, использует собственный стандарт на базе стандарта 802.11a.

Спецификация 802.11a обеспечивает повышение скорости за счет использования более прогрессивных способов модуляции частот. Скорости передачи варьируются в пределах 6, 9, 12, 18, 24 и 36 Мбит/с в зависимости от разрешенной ширины полосы радиочастоты и расстояния.

В стандарте 802.11 предусмотрены средства безопасности, которые повышают защищенность беспроводной локальной сети до уровня обычной проводной.

Основной протокол защиты данных в сетях 802.11 так и называется WEP (Wired Equivalent Privacy – секретность, эквивалентная проводной). Сеть передачи данных между объектами Южного Ферганского канала предусматривает установку трех точек доступа LibraPlus 5845, трех ретрансляторов и семнадцати клиентских комплектов на объектах МДП и ЦДП.

В Узбекистане для решения проблемы электромагнитной совместимости создана Государственная комиссия по радиочастотам (ГКРЧ), решения которой обязательны для всех организаций, разрабатывающих и эксплуатирующих радиосредства. Электромагнитная совместимость проектируемых РРЛ с действующими объектами будет выполняться за счет выделения полосы частот шириной 20 МГц в диапазоне 5,150-5,320 ГГц и передачи кодированной информации.

Профили земли радиорелейной линии (РРЛ) трассы точка-точка составлены с использованием системы GPS и спутниковой карто съемки. На РРЛ используются направленные антенны с коэффициентом усиления 23 dBi и 22 dBi, а также секторная антенна 16 dBi. При этом связь осуществляется на открытых интервалах (при наличии прямой видимости). Расчет трасс РРЛ выполнен в соответствии с «Методикой расчета трасс аналоговых и цифровых РРЛ прямой видимости» (том 1.2 НИИР, Москва, 1987). Расчет качественных показате-

телей работы произведен на основании технических параметров аппаратуры LibraPlus 5845.

Технологическая сеть передачи данных реализована на уровне контроллеров Decont-182 и виртуальных контроллеров WinDecont, таких же, какие используются в системах диспетчеризации и автоматизации.

## **6. Системы голосовой связи**

Голосовая радиосвязь реализована между диспетчерскими пунктами и наблюдателями гидроучастков.

Система радиосвязи организована на базе стационарной радиостанции ICOMIC-F110 и переносной радиостанции ICOM-IC-F16, производства Японии. При этом, с целью исключения взаимного влияния сигнала передачи данных и голосовой радиосвязи, использована частота в диапазоне 136–146 МГц для системы передачи данных и частота в диапазоне 164–174 МГц для голосовой радиосвязи.

Системы передачи данных и голосовой связи по пилотным каналам разработаны и реализованы компанией Sarkor Wireless Communications.

## **7. Резервная система энергообеспечения**

Сегодня энергоснабжение водохозяйственных объектов Центральной Азии является нестабильным, наблюдаются частые отключения электроэнергии. Поэтому по проекту автоматизации канала в качестве резервного энергоснабжения для местных диспетчерских пунктов ААБК и ЮФК установлены дизель-генераторы мощностью 2–3 кВт/час для энергоснабжения информационной части системы автоматизации и передачи данных.

На удаленных от системы энергоснабжения объектах (балансовые гидропосты, репитеры и ЦДП) установлены системы питания на основе солнечных батарей.

Система питания на основе солнечных батарей на балансовых гидропостах обеспечивает питание датчика уровня воды, контроллера и оборудования системы передачи данных и состоит из солнечной батареи, инвертора и аккумуляторных батарей. Комплект солнечных батарей рассчитан на полное суточное обеспечение оборудования системы передачи данных в «минимальные» световые дни года.

## **8. Мониторинг по балансовым участкам**

Объекты автоматизации и автоматизированного мониторинга на пилотных каналах не превышают 10% от объектов, участвующих в водораспределении, поэтому основная роль в достижении стабильного водораспределения с устойчивым и равнозначным по всей длине канала удовлетворением требований потребителей возлагается на управление и проводимый наблюдателями мониторинг водовыпусков на балансовых участках.

Для оперативности управления каналы разделены на балансовые (эксплуатационные) участки, которые являются низовым звеном в иерархии управления.

На каждом балансовом участке имеется местный диспетчерский пункт, который будет оснащен компьютером и средствами телекоммуникационной связи. На МБП выводится информация с узловых сооружений и балансовых гидropостов, и имеется штат наблюдателей, которые осуществляют мониторинг водораспределения по всем водовыделам (водовыпускам и насосным станциям).

Мониторинг по балансовым участкам организовывается на неавтоматизированном принципе на основе визуального съема информации наблюдателями, передачи ее диспетчеру МДП с помощью индивидуальных радиотелефонных средств связи и ввода вручную в компьютер.

Водовыделы на балансовых участках подразделяются на управляемые и учитываемые.

К управляемым относятся водовыпуски и насосные станции, отключение или внеплановое включение которых может как-то сказаться на режиме работы канала:

- на ЮФК ктаковым отнесены водовыделы с  $Q > 100$  л/с;
- на ААБК и ХБК – водовыделы с  $Q > 10$  л/с.

Величина водозабора такими выделами может регулироваться в течение декады, водозабор водовыделами с расходами меньше указанных в течение декады не корректируется.

Учитываемыми являются все водовыделы. Учет забираемого расхода ведется по водомерным устройствам. Мелкие водозаборы с  $Q < 5$  л/с и чархпалаки (колеса-«поливалки») учитываются по факту водозабора и номинальной пропускной способности.

Контроль расхода, забираемого насосными станциями, учитывается по числу работающих агрегатов, их паспортной характеристике и проверяется по показаниям счетчика расхода электроэнергии.

Количество циклов наблюдений устанавливается в зависимости от продолжительности светового дня: в вегетационный период – 4 раза в сутки, вневегетационный период – 3 раза в сутки. Время, затрачиваемое наблюдателем на объекте наблюдения, оценено на основании виртуальной оценки продолжительности каждого элементарного процесса:

- на водовыпусках снятие показаний УГВ с рейки ВБ водовыпуска, снятие показаний с рейки водомерного устройства, определение по графику величины проходящего расхода, передача данных диспетчеру и производство записи в журнале наблюдений;
- на насосных станциях визуальное определение числа работающих агрегатов, снятие со счетчика показаний о расходе электроэнергии, передача данных диспетчеру и производство записи в журнале наблюдений.

Наблюдатели обеспечены транспортом (велосипедами) и средствами радиотелефонной связи. Количество наблюдателей определено, исходя из длины участка, количества водовыделов и нормативной продолжительности рабочего дня.

## **9. Состав программного обеспечения системы автоматизации мониторинга**

Для реализации всех функций системы автоматизации и мониторинга водораспределения на пилотных каналах разработаны алгоритмы и программное обеспечение системы автоматизации и мониторинга. Программное обеспечение системы автоматизации и мониторинга реализовано на программируемых контроллерах и на компьютерах и представляет собой сложный взаимосвязанный комплекс.

Программное обеспечение системы автоматизации и мониторинга состоит из следующих комплексов:

- программный комплекс системы диспетчеризации и автоматизации для нижнего уровня МДП;
- программный комплекс системы диспетчеризации и автоматизации для верхнего уровня ЦДП;
- программный комплекс системы передачи данных между ЦДП и МДП;
- программный комплекс системы «Управление водораспределением» для нижнего уровня МДП;
- программный комплекс системы «Управление водораспределением» для нижнего уровня ЦДП.

Программный комплекс системы диспетчеризации и автоматизации для нижнего уровня МДП предназначен для оперативного управления автоматизированными гидротехническими сооружениями и решает следующие задачи в реальном масштабе времени:

- отображение на мнемосхеме гидротехнического сооружения текущих значений измеренных технологических параметров с помощью датчиков (уровни воды, открытие затворов, минерализация);

- расчет и отображение на мнемосхеме гидротехнического сооружения текущих значений расходов воды;
- реализация режима дистанционного управления затворами гидротехнических сооружений;
- расчет и реализация системы автоматического управления гидротехническими сооружениями;
- сигнализация об аварийных режимах работы затворов и указание возможных причин и др.;
- ведение архивов технологических параметров и аварийных режимов гидротехнических сооружений.

Основные части данного комплекса реализованы на программируемых контроллерах и компьютере МДП.

Программный комплекс системы диспетчеризации и автоматизации для верхнего уровня ЦДП предназначен для оперативного автоматизированного контроля всех автоматизированных гидротехнических сооружений и решает следующие задачи:

- отображение на мнемосхеме канала автоматизированных гидротехнических сооружений текущих значений основных технологических параметров (уровни и расходы воды) гидротехнических сооружений и балансовых гидропостов;
- сигнализация об аварийных режимах системы передачи данных и указание возможных причин и др.;
- ведение архивов технологических параметров и аварийных режимов гидротехнических сооружений и балансовых гидропостов всего канала.

Данный комплекс реализован на компьютере ЦДП.

Программный комплекс системы передачи данных предназначен для передачи технологической информации между компьютерами МДП и ЦДП. Решает следующие задачи:

- прием компьютером ЦДП текущей технологической информации от компьютера МДП;
- передача в компьютер ЦДП текущей технологической информации от компьютера МДП;
- передача информации в компьютеры МДП для установки заданных технологических параметров от компьютера ЦДП;
- прием информации компьютером МДП для установки заданных технологических параметров от компьютера ЦДП.

Данный комплекс реализован на компьютерах ЦДП и МДП.

Программный комплекс системы «Управление водораспределением» для нижнего уровня МДП предназначен для решения задач мониторинга водораспределения в пределах балансовых участков. Решает следующие задачи:

- ввод, хранение и обработка визуальной информации о расходах воды, наблюдаемых наблюдателями гидроучастков на компьютере МДП;
- считывание, хранение и обработка измеренных данных о расходах воды автоматизированных сооружений гидроучастка на компьютере МДП;
- подготовка к передаче в компьютер ЦДП визуальной информации о расходах воды, наблюдаемых наблюдателями гидроучастков;
- подготовка к приему данных, хранение и обработка плановой информации от компьютера ЦДП в компьютер МДП;
- решение задач «Управление водораспределением на МДП»;
- подготовка отчетов о водораспределении на гидроучастке в компьютере МДП.

Данный комплекс реализован на компьютерах ЦДП и МДП.

Программный комплекс системы «Управление водораспределением» для верхнего уровня МДП предназначен для решения задач мониторинга водораспределения в пределах балансовых участков и по всему каналу. Решает следующие задачи:

- ввод, хранение и обработка информации для решения задач «Сезонного планирования» в компьютер ЦДП;
- решение задачи «Сезонное планирование»;
- ввод, хранение и обработка информации для решения задачи «Оперативное планирование» в компьютер ЦДП;
- решение задачи «Оперативное планирование»;
- ввод, хранение и обработка информации для решения задачи «Оперативное управление» в компьютер ЦДП;
- решение задачи «Оперативное управление»;
- считывание, хранение и обработка измеренных данных о расходах воды автоматизированных сооружений гидроучастка на компьютере ЦДП;
- подготовка к передаче в компьютер МДП плановой информации об объектах гидроучастков;
- подготовка к приему, хранение и обработка фактически наблюдаемой информации наблюдателями гидроучастков от компьютера МДП в компьютер ЦДП;
- подготовка отчетов о водораспределении на гидроучастке в компьютере ЦДП.

Таким образом, решение всех функциональных задач блока «Управление водораспределением» реализовано в виде программных комплексов.

## **10. Технология автоматизированного управления водораспределением на пилотных каналах**

Система автоматизации и мониторинга пилотных каналов представляет собой сложную человеко-машинную систему. В процессе управления водораспределением взаимодействует множество технических комплексов и должностных лиц Управления канала. От слаженной и четкой работы зависит качество управления водораспределением. Учитывая, что подобная система в республиках Центральной Азии создается впервые, и качество управления водораспределением в каналах зависит от результатов их взаимодействия, разработана технология автоматизированного управления водораспределением с помощью системы автоматизации и мониторинга водораспределения.

Технология автоматизированного управления водораспределением включает в себя комплекс инструкций и руководств для должностных лиц Управления каналов и эксплуатационного персонала. В рамках технологии управления каналами разработаны:

- Принцип работы и общее руководство по работе с системой автоматизации и мониторинга ЮФК для должностных лиц и диспетчеров;
- Руководство оператора для работы с программным комплексом системы автоматизации и диспетчеризации для диспетчеров МДП;
- Руководство оператора для работы с программным комплексом системы автоматизации и диспетчеризации для диспетчеров ЦДП;
- Руководство оператора для работы с программным комплексом системы передачи данных для диспетчеров МДП;
- Руководство оператора для работы с программным комплексом системы передачи данных для диспетчеров ЦДП;
- Руководство оператора для работы с программным комплексом «Управление водораспределением» для диспетчеров МДП;
- Руководство оператора для работы с программным комплексом «Управление водораспределением» для диспетчеров ЦДП;
- Инструкции по составлению «Сезонного плана водораспределения»;
- Инструкции по составлению «Декадного плана водораспределения»;
- Инструкции для «Оперативного управления водораспределением».

Разработанные комплексы руководств и инструкций рекомендуют персоналу Управления каналов, каким образом следует действовать в процессе управления водораспределением в зависимости от сложившейся ситуации или от распоряжений руководителей вышестоящих организаций. В Управлении канала ЮФК создан отдел баланса водных ресурсов, задачей которого является организация вместе с диспетчерской службой планового распределения водных ресурсов согласно установленным лимитам для водопользователей (АВП, районы и области).

## **11. Обучение и тренинг персонала**

Учитывая сложность реализованных систем автоматизации и мониторинга пилотных каналов, а также неподготовленность должностных лиц и операторов, в рамках проектов «Автоматизация каналов Ферганской долины» и «Интегрированного управления водными ресурсами Ферганской долины» организованы серии семинаров и курсов по организации планового водораспределения на пилотных каналах и начальный курс работы на компьютере.

Занятия проводились поэтапно на разных уровнях:

- руководители Управления каналов, начальники отделов водопользования обучались организации планового водораспределения на каналах, составлению «Сезонного плана», «Оперативного плана» и организации «Оперативного управления водораспределением»;
- диспетчеры и операторы проходили начальный курс работы на компьютере;
- диспетчеры МДП обучались работе с программным обеспечением системы диспетчеризации и автоматизации для нижнего уровня МДП;
- диспетчеры ЦДП обучались работе с программным обеспечением системы диспетчеризации и автоматизации для нижнего уровня ЦДП;
- диспетчеры МДП обучались работе с программным обеспечением системы «Управление водораспределением» для нижнего уровня МДП;
- диспетчеры ЦДП обучались работе с программным обеспечением системы «Управление водораспределением» для верхнего уровня ЦДП и др.

Сегодня эксплуатационный персонал и диспетчеры БВО «Сырдарья», УААБК и УЮФК полностью самостоятельно работают с программным обеспечением всех уровней системы автоматизации и мониторинга водораспределения, а эксплуатационный персонал и дис-

петчеры УХБК обучаются работе с программным обеспечением всех уровней системы автоматизации и мониторинга водораспределения.

## **12. Результаты реализации проекта**

В результате реализации I и II фаз проекта «Автоматизация каналов Ферганской долины» на объектах БВО «Сырдарья» и пилотных каналах:

- повысились точность измерения уровней, расходов и минерализации воды, а также открытия затворов гидротехнических сооружений, за счет применения современных технических средств измерения и учета водных ресурсов (снижение погрешности измерения по расходу от 5–10 до 2–3%);
- повысилось качество голосовой связи и передачи данных, а также транспортное обеспечение на пилотных каналах;
- улучшилось информационное обеспечение за счет непрерывного сбора, хранения, передачи и обработки измеренных значений уровней и расходов воды в компьютерах;
- повысилась оперативность и точность управления водными ресурсами за счет увеличения скорости получения и обработки информации о технологическом процессе и принятия решений;
- снизились непроизводительные затраты водных ресурсов;
- своевременно обнаружались и устранялись неисправности оборудования системы управления и гидротехнических сооружений.

Необходимо отметить, что установленные системы автоматизации и диспетчеризации на объектах БВО «Сырдарья», ААБК, ХБК и ЮФК повысили уровень эксплуатации, существенно облегчив труд эксплуатационного персонала, повысили качество водораспределения на крупных каналах, таких как КДП, СФК, Большой Андижанский канал, каналы Хакулабад, Ахунбабаева, ААБК, ХБК и ЮФК. Создана настоящая система контроля со стороны БВО и его территориального управления и Управления каналов. Обеспечена достоверность, открытость и доступность информации о водных ресурсах для всех заинтересованных организаций и водопользователей.

Сегодня НИЦ МКВК совместно с НПО САНИИРИ, БВО «Сырдарья» и «Амударья» готовятся предложения по внедрению аналогичных систем на остальных объектах БВО «Сырдарья», развитию автоматизации и мониторинга на малых реках Ферганской долины и разрабатывается технико-экономическое обоснование по созданию аналогичных систем для объектов БВО «Амударья».

## **Источники информации к приложению**

1. Бегимов И. Автоматизация каналов Ферганской долины. Итоги работ по проекту. – Ташкент, 2010. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sic.icwc-aral.uz>
2. Инновации, предлагаемые к применению в мелиорации и сельскохозяйственном водоснабжении: Научно-технический обзор. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2006 (часть 1) и 2007 (часть 2). – 90 с. и 61 с.
3. Новшества межотраслевой информации, предлагаемые к применению в мелиоративном комплексе: Информационное издание. Вып. 1, 2. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2003. – 70 с. и 115 с.
4. Ресурсосбережение как важнейший фактор повышения эффективности мелиоративного сектора АПК: Научно-технический обзор. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2008 (выпуск 1) и 2009 (выпуск 2). – 68 с. и 63 с.

## **МЕЛИОРАЦИЯ ЗА РУБЕЖОМ**

### **Научно-технический обзор**

Выпуск 1

**Ответственный за выпуск: Л.Н. Картвелишвили**

Компьютерный набор и верстка:

И.Н. Яблокова

Корректор: А.Г. Белых

---

Подписано в печать \_\_\_\_ Формат 60x80x16

Усл. печ. л. \_\_\_\_ Тираж 250 экз. Заказ № \_\_\_\_

---

Отпечатано в ФГНУ ЦНТИ "Мелиоводинформ"  
109382, Москва, ул. Совхозная, 10, корп. 6