

**МАШАВ**

Министерство Иностранных Дел

Центр Международного Сотрудничества

**СИНАДКО**

Министерство Сельского Хозяйства и Развития  
Сельских Районов

Центр Международного Сотрудничества в  
Области Развития Сельского Хозяйства



Избранные лекции курса

**«Управление использованием  
водных ресурсов и  
эффективные технологии орошения»**

**4-27.09.2005**

Selected Lectures of the course

**"Agricultural Water  
Resources Management and  
Efficient Irrigation technologies."**

Учебный центр в кибуце Шфаим  
Training center in Kibbutz Shefayim

## Содержание:

- 1. Взаимоотношения структурных элементов системы водопользования в Израиле**  
Инженер Моше Снэ
- 2. Легальные аспекты управления водным хозяйством**  
Юрист Ора Тамир
- 3. Эффективное водопользование и его экологические аспекты**  
Инженер Моше Снэ
- 4. Рекомендации и мероприятия по эффективному использованию и снижению водопотребления в сельскохозяйственном секторе**  
Инженер Яков Лев
- 5. Терминология и основные понятия водоснабжения и орошения. Трубопроводы и потери напора**  
Инженер Яков Лев
- 6. Способы полива в оросительных системах**  
Инженер Яков Лев
- 7. Дождевание**  
Инженер Яков Лев
- 8. Капельное орошение**  
Инженер Яков Лев
- 9. Система подпочвенного дренажа для снижения засоления почвы**  
Доктор Владимир Мирлес

**Инженер Моше Снэ** — бывший начальник Полевой службы ирригации и почвы  
Eng. Moshe Sneh при Министерстве сельского хозяйства и развития сельской местности

**Юрист Ора Тамир** — бывший начальник юридического отдела Комитета по  
Lawyer Ora Tamir водным ресурсам Министерства инфраструктуры

**Инженер Яков Лев** — начальник отдела водосбережения Комитета по водным  
Eng. Yakov Lev ресурсам Министерства инфраструктуры

**Доктор Владимир Мирлес** — исследователь Станции по изучению наносов и  
Dr. Vladimir Mirles эрозии почв

## **ВЗАИМООТНОШЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ИЗРАИЛЕ**

У системы водопользования Израиля есть ряд существенных недостатков, осложняющих сбалансированную поставку воды потребителям.

Среднегодовое количество выпадаемых осадков очень невелико. Примерно половина территории страны получает ежегодно менее 200 мм осадков, что соответствует климату пустыни. Есть значительные различия в распределении осадков между севером и югом, западом и востоком страны.

Период дождей короток и составляет всего 5 месяцев - с ноября по март. Количество осадков существенно варьирует по годам, часто наблюдается череда из трех засушливых лет. В течение последних двадцати лет прослеживается четкая тенденция - количество осадков уменьшается, а число засушливых лет возрастает.

Объем наземных водоемов, а также подземных источников, мал и недостаточен для сбора излишков воды в годы с обильными осадками для последующего использования в засушливые периоды. В результате, значительное количество дождевой воды теряется, стекая в Средиземное и Мертвое моря.

Вследствие высокой плотности населения в непосредственной близости от основных запасов воды и избыточного выкачивания, наблюдается загрязнение и засоление водных источников.

Вместе с тем у системы водопользования Израиля есть ряд преимуществ.

Основное из них заключается в том, что практически все запасы воды располагаются не на поверхности почвы, а под землей, что предотвращает потери от испарения.

Страна расположена на побережье Средиземного моря, представляющего собой неисчерпаемый источник воды для опреснения. Поскольку население Израиля расселено по всей прибрежной полосе, расходы на доставку опресненной воды могут быть минимальны.

Так как структура водопользования страны сложилась сравнительно поздно и окончательно сформировалась после провозглашения независимости Государства Израиль в 1948 году, она не обременена бюрократическими правилами, существующими во многих других странах.

Вся вода находится в собственности государства.

Основной сетью водоснабжения является государственная, обеспечивающая подачу воды на значительные расстояния и переброс водных потоков в экстренных случаях. Поставки двух третей от объема расходуемой в стране воды обеспечиваются государственной компанией «Мекорот», что существенно облегчает контроль над распределением и доставкой воды.

Сеть водоснабжения - преимущественно закрытая и автоматизированная, что позволяет значительно сократить потери воды в процессе подачи.

Система водопользования включает в себя немало составляющих элементов и взаимосвязь между ними очень важна для определения стратегии эффективного использования воды в стране.

Естественно, что важнейшими в этой системе являются водоснабжающие компании и потребители воды.

Еще 3 года назад на долю сельского хозяйства приходилось 60-70% расходуемой воды, однако в течение трех последних, засушливых лет квота производителям сельскохозяйственной продукции резко сократилась и сейчас на долю сельского хозяйства приходится лишь 50-55%, тогда как коммунальное хозяйство населенных пунктов потребляет 30-40%, а промышленность примерно 7% от общего объема расходуемой в стране воды.

Вода, используемая для нужд сельского хозяйства, распределяется между коллективным сектором (киббуцы), кооперативным (мошавы) и частным, к которому в большинстве своем относятся и арабские производители сельскохозяйственной продукции.

Ниже будет сказано о системе взаимоотношений, связывающей различные секторы с водоснабжающими компаниями и вспомогательными структурами.

Основной расход воды в коммунально-бытовом водоснабжении приходится на бытовые нужды населения. Наряду с этим существенной статьей расхода является полив в общественных парках и скверах. Сложилась определенная система отношений между поставщиками воды и структурами, ответственными за очистку городских сточных вод для последующего вторичного использования.

Расход воды, приходящийся на долю израильской промышленности, мал - особенно по сравнению с промышленно развитыми странами.

Водоснабжающие компании составляют три группы:

- государственная компания «Мекорот», на долю которой приходится две трети всей поставляемой в Израиле воды
- региональные водоснабжающие компании, поставляющие воду потребителям на ограниченной территории, иногда в отдельно взятом поселке
- потребители, откачивающие воду для собственных нужд из источников, расположенных на принадлежащей им территории

При наличии разрешения Управления водных ресурсов владельцы скважин могут поставлять воду другим потребителям.

Еще одной реалией является введение в эксплуатацию комплексов очистки сточных вод в рамках проекта создания единой системы канализации.

Эксплуатация очистных комплексов в ряде районов страны осуществляется на паритетных началах коммунальными службами населенных пунктов, расположенных поблизости друг от друга.

Регулирующие системы водного хозяйства включают в себя:

- Управление водных ресурсов, в компетенции которого все аспекты водопотребления, устанавливает годовую квоту расхода воды, регламентируя в ряде случаев нормы сезонного и месячного расхода для каждого потребителя. Исключение при этом составляют лишь коммунально-бытовые службы населенных пунктов - квоты для них были отменены несколько лет назад.

- Министерство по охране окружающей среды ответственно за все экологические аспекты использования воды, включая выбросы вредных веществ в стоки и загрязнение водных источников
- Министерство здравоохранения несет ответственность за здоровье граждан и контролирует качество питьевой воды и осуществление мер, направленных на предотвращение загрязнения сельскохозяйственной продукции, выращиваемой на землях, орошаемых сточными водами.
- Министерство сельского хозяйства планирует и контролирует использование выделяемой квоты через отделы планирования своих региональных отделений
- Управление планирования, являющееся интегральной частью Министерства сельского хозяйства и Еврейского Агентства (Сохнут), призвано помочь Министерству сельского хозяйства и Управлению водных ресурсов в прогнозировании объемов водопотребления на ближайший период и обеспечении дифференцированного подхода при урезании квот в годы засух.

Вспомогательные структуры включают в себя научные учреждения, службу инструктажа, источники финансирования и организации, ответственные за внедрение.

Поскольку острая нехватка воды один из основных факторов, ограничивающих сельское хозяйство Израиля, изучение различных аспектов водопользования является приоритетным направлением научных исследований.

Эти работы осуществляются в основном Центром сельскохозяйственных исследований Волкани, расположенным в Бейт Дагане, и на его опытных участках, разбросанных по всему Израилю. Часть опытов закладывается в производственных масштабах на землях, принадлежащих фермерам.

Исследования в сфере эффективного водопотребления ведутся также на сельскохозяйственном факультете Еврейского университета (Реховот), факультете инженеров сельскохозяйственного производства Техниона (Хайфа), в институтах по изучению пустыни (Беер Шева) и Негева (Сде Бокер). Под эгидой Техниона существует Институт воды, где проводятся многолетние опыты и накапливаются все данные, связанные в той или иной форме с системой водопользования.

Гидрологическая служба, входящая в состав Управления водных ресурсов, также проводит исследования, цель которых сохранение водных источников.

Значительная часть работ по эффективному водопользованию проводится на региональных опытных станциях по разработке, внедрению и пропаганде передового опыта. Эти станции являются структурой, объединяющей представителей Центра Волкани, Еврейского агентства (Сохнут) и местных советов.

В рамках службы инструктажа Министерства сельского хозяйства есть отдел полевого обслуживания, в задачу которого входит оказание консультативной помощи и организация прикладных исследований в сфере полива и смежных тематик, таких как удобрение культур засоление почв.

В службе инструктора есть банк данных, в котором хранится весь опубликованный за последние 10 лет материал на иврите, посвященный использованию воды в сельском хозяйстве.

Отдел дренажа, охраны и рационального использования почв Министерства сельского хозяйства ответственен за все аспекты, связанные с сохранением почвы и воды, предотвращением эрозии и правильностью дренажа.

Объединение работников водоснабжения это профессиональный союз, членами которого являются работники, обеспечивающие эксплуатацию оборудования системы водоснабжения в населенных пунктах, и руководители региональных водоснабжающих компаний.

Эта организация отстаивает интересы потребителей перед поставщиками воды и производителями оборудования для полива, контролирует прокладку трубопроводов и организует профессиональные курсы по эффективному использованию воды и организации поливов. Объединение выпускает ежемесячный журнал, посвященный проблемам орошения и водопотребления.

Совет инженеров-работников водного хозяйства, входящий в объединение инженеров, защищает интересы своих членов, организует курсы повышения квалификации. Имеет собственный печатный орган, публикующий статьи на темы водоиспользования.

Компания «Тагал» была организована в пятидесятые годы как государственная компания по проектированию объектов водопользования в Израиле. Магистральный трубопровод и комплекс очистных сооружений сточных вод Гуш Дана - самые крупные проекты, разработанные и реализованные «Тагалом». Основные усилия компания сосредотачивает сегодня на проектах, осуществляемых за пределами Израиля, и несколько лет назад превратилась из государственной компании в частную.

Еврейское агентство (Сохнут) - организационная структура, финансируемая евреями, проживающими вне пределов Израиля. Основной задачей Сохнута является всемерная поддержка и финансовая помощь репатриантам, возвращающимся на свою историческую родину, и создание новых поселений. И до, и после провозглашения Государства Израиль средства, выделяемые Еврейским агентством, использовались для прокладки оросительных систем и закупок оборудования во вновь организованных населенных пунктах.

Еврейский Национальный Фонд («Керен каемет») также существует на средства мирового еврейства. Фонд приобретает земли и занимается лесонасаждением. В последние годы финансирует и обеспечивает создание надземных водосборников и систем дренажа.

Промышленные предприятия, выпускающие оборудование и комплектующие для оросительных систем, удовлетворяют практически полностью потребности израильских фермеров. Основная часть продукции этих предприятий предназначена для экспорта - частично в силу многолетней сложившейся репутации Израиля как страны с высокоразвитой технологией орошения, частично из-за спада на внутреннем рынке.

Несмотря на определенные противоречия между различными организационными структурами, есть в целом тесное взаимодействие, обеспечивающее успешное использование воды сельским хозяйством и промышленностью. Тесное взаимодействие между всеми составляющими системы водопользования, как на формальном, так и на неформальном уровне, позволяет высокоэффективно использовать воду и разрабатывать новые технологии полива и материальную базу для них.

Несколько примеров, подтверждающих важность сотрудничества.

В 1948 году после провозглашения Государства Израиль были сняты серьезные ограничения на использование земель, распространявшиеся на еврейские поселения в период британского мандата. За короткое время по всей стране возникли сотни сельскохозяйственных поселений для обеспечения населения продуктами питания.

Из-за короткого периода дождей успешное ведение сельского хозяйства в стране возможно только на орошении. Годовой запас воды составляет около двух миллиардов кубометров.

Этого количества (с учетом воды, расходуемой для нужд коммунального хозяйства и промышленности) достаточно для полива менее чем половины всех сельскохозяйственных земель, площадь которых равна примерно 400 тысячам гектаров. Из этого следует, что чем эффективнее будет организовано использование ограниченных запасов поливной воды, тем большую площадь сельскохозяйственных угодий можно будет оросить, увеличив, таким образом, производство продукции.

В первое десятилетие существования государства, в пятидесятые годы, научными учреждениями, службой инструктажа и самими фермерами была проделана огромная работа, целью которой являлось сравнение эффективности систем полива - орошения с принудительной подачей воды (под давлением) и поверхностного (открытого) орошения. Опыты (преимущественно производственные) были заложены на сотнях участков, расположенных во всех уголках Израиля. Многолетними исследованиями было доказано, что по сравнению со старой, традиционной системой полива, орошение под давлением дает возможность на 50% сократить расход поливной воды, не снижая для большинства культур выход продукции. На поливных землях была начата интенсивная прокладка трубопроводов для оросительных систем с подачей воды под давлением.

Среди жителей новых поселений, возникших в эти годы, большинство составляли новые репатрианты, не имевшие собственных источников финансирования. Поэтому Еврейское Агентство (Сохнут), располагавшее значительными, пожертвованными мировым еврейством средствами, оказывало поселениям большую помощь, финансируя строительство, прокладку оросительных систем и поставки оборудования для них. Именно Сохнутом совместно с Министерством сельского хозяйства была создана служба инструктажа, в задачу которой входило оказание всемерной помощи фермерам - от простейших технологических операций до тонкостей сортировки и сбыта продукции. В связи с тем, что орошение и эффективное использование поливной воды были критическим фактором, по инициативе самих фермеров в службе инструктажа при содействии местных советов было создано особое подразделение, курирующее орошение и включающее в себя сеть лабораторий.

В связи с тем, что большинство водных источников страны располагалось на севере и в центре страны, а сельское хозяйство все более и более продвигалось на юг, возникла необходимость в создании государственной сети водоснабжения, способной обеспечить подачу воды в южные районы страны. С этой целью Управление водных ресурсов рассчитало объемы перемещаемой воды, компания «Тагал» разработала проект, а компания «Мекорот» взяла на себя ответственность за его реализацию. Несмотря на сложную политическую ситуацию, к середине шестидесятых годов осуществление проекта было завершено и вода Кинерета, главного водного источника страны, пошла по магистральному трубопроводу.

Другим примером эффективного сотрудничества стало создание огромного комплекса очистки сточных вод, обрабатывающего городские стоки населенных пунктов, входящих в регион. Вода, очищенная на треть, поступает затем в подземные водосборники, проходя перед этим через особые песчаные фильтры. В конце сложной технологической цепочки очищенная вода может, без каких либо ограничений, использоваться для полива любых

сельскохозяйственных культур. Эта вода, среднегодовой объем которой чуть меньше 100 млн. кубометров, подается в районы Негева, бедного осадками и водными источниками, и обеспечивает тем самым возможность высокорентабельного сельскохозяйственного производства в регионе. Проект был осуществлен Управлением водных ресурсов, компанией «Мекорот» и объединением коммунальных хозяйств городов региона Дан.

Следующим примером взаимодействия структур стала стратегия эффективного использования поливной воды для нужд сельского хозяйства. При участии Управления водных ресурсов, службы инструктажа Министерства сельского хозяйства и отдела планирования были созданы комиссии, по результатам работы которых было принято решение о выделении капиталовложений на модернизацию оросительных систем и оборудования для них.

За последние три года засухи была резко сокращена (до 50%) квота на качественную поливную воду. Для уменьшения убытков, понесенных производителями продукции, подход к сокращению квот был дифференцированным. Расчеты прогнозируемых убытков вместе с фактическими сведениями о расходе поливной воды, собранные службой инструктажа, легли в основу рекомендаций по сокращению норм полива, подготовленных комиссией по планированию, в составе которой представители Министерства сельского хозяйства и Еврейского Агентства. Именно на этих рекомендациях базируются установленные Управлением водных ресурсов для каждой культуры урезанные квоты.

Еврейский Национальный Фонд (ЕНФ) тоже причастен к системе водопользования страны. ЕНФ субсидирует и осуществляет на практике, совместно с региональными компаниями по водоснабжению и компанией «Мекорот», создание водосборников для накопления дождевой воды и бытовых стоков. Еще одна сторона деятельности фонда - финансирование создания систем глубокого дренажа, использование которых позволяет удалять избыток солей из плохо дренированных почв. В рамках проекта, претворяемого в жизнь при участии научных учреждений и отдела дренажа, охраны и рационального использования почв Министерства сельского хозяйства, учитываются все параметры, характеризующие тот или иной участок работ.

Наиболее наглядным подтверждением эффективного взаимодействия можно считать успех промышленности, производящей оборудование и комплектующие для систем орошения. Производства, организованные в сельскохозяйственных поселениях, были призваны удовлетворить потребности региона, сократив, таким образом, импорт из за рубежа. Каждое техническое новшество в системе полива становилось предметом совместного изучения фермерами-новаторами и службой инструктажа. Последней, совместно с Институтом стандартов Израиля, создано специальное подразделение по использованию автоматизированных систем контроля над работой оросительных систем. Объединение работников водоснабжения эксплуатирует такое оборудование для определения пригодности тех или иных фильтров очистки и комплектующих оросительных систем для орошения водой стоков. Институт стандартов Израиля продолжает участвовать во всех проверках оборудования для оросительных систем. Взаимодействие промышленности, Института стандартов, службы инструктажа и Объединения работников водоснабжения способствует и сегодня созданию оборудования, хорошо известного на мировом рынке. Большая часть продукции предприятий отправляется сегодня на экспорт.

# ЛЕГАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

## Введение

Израиль всегда страдал от серьезного и постоянного дефицита воды. Природные ресурсы страны недостаточны для удовлетворения ежедневной потребности в воде.

Таким образом, с самого начала своего существования, Израилю требовались законы, регулирующие водопользование.

Сегодняшние законодательные рамки системы водопользования состоят из 4 законов:

1. Закон об измерении воды от 1995 г.
2. Закон о контроле над бурением водных скважин от 1956 г.
3. Закон о контроле над дренажно-затопительными работами от 1957 г.
4. Закон о воде от 1959 г., который является базисным и наиболее важным в системе законодательства водопользования.

## Политика законодательства водопользования

Базисной идеей, лежащей в основе законодательства водопользования, является мысль о том, что вода является средством производства, которое, в силу дефицита, должно использоваться на благо общественности самым лучшим и эффективным образом, ради развития страны. Для того, чтобы обеспечить это, необходимо отменить частную собственность на водные источники и сконцентрировать их в руках государства.

Контроль над всеми водными источниками находится в руках государства, которое действует, как доверенное лицо от имени всей общественности и которое обязано обеспечить правильное распределение воды для нужд жителей и для развития страны.

Законного пути приобретения права собственности на водные источники не существует. Можно приобрести лишь право на пользование водой.

В отношении права пользования водой, дополнительным принципом закона является то, что любой человек может получить это право, в соответствии с условиями, предусмотренными в законе.

## Организационные рамки

При существующих условиях острого дефицита воды, управление водными ресурсами находится в руках государства. Это включает развитие и эксплуатацию, сохранение и предотвращение загрязнения, условия для эффективного водопользования, измерения, контроль цен на воду, контроль дренажа и затопления.

Для выполнения этих функций закон предусматривает назначение правительством Особого Уполномоченного по воде, который единолично несет ответственность за управление водными ресурсами государства и за выполнение государственной политики в этой области.

С недавних пор Особый Уполномоченный по воде подчиняется министру национальной инфраструктуры (ранее он подчинялся министру сельского хозяйства).

Для того, чтобы Особый Уполномоченный мог использовать свои полномочия в рамках закона о водопользовании и следить за выполнением этого закона, была основана комплексная административная система, помогающая ему в этом. Эта система, являющаяся правительственной организацией, называется Комиссией по воде; Особый Уполномоченный по воде может именоваться ее генеральным директором.

#### Получение лицензий на деятельность, связанную с водопользованием

Меры принуждения, вытекающие из дефицита воды, требуют создания комплексной системы выдачи лицензий и разрешений на разные виды деятельности, связанные с водопользованием, такие, как бурение колодцев, производство воды, ее поставку и потребление, рециклизацию и т.д.

Особый Уполномоченный по воде наделен полномочиями выдавать эти лицензии, отменять их, постоянно или на время, или изменять их.

Основным документом, относящимся к распределению воды, является *«лицензия на производство»*.

#### Нормирование потребления воды

Что касается распределения воды, мы имеем уникальную систему для распределения ограниченных водных ресурсов - нормирование потребления воды.

Распределение воды для разных нужд делается Особым Уполномоченным по воде, в соответствии с особыми положениями по данному вопросу (положениями о нормировании).

#### Распределение для сельскохозяйственных и промышленных нужд

Распределение для этих нужд базируется на максимальном количестве потребления (нормах), в расчете на культуру в сельскохозяйственном использовании или на производственную единицу в промышленном использовании.

#### Распределение для нужд города и деревни

Количества воды, выделяемые муниципалитетам для городского потребления, включают использование воды в рамках юрисдикции для внутренних нужд, садоводства, вспомогательных ферм, услуг, производства и торговли. До недавнего времени это количество определялось из расчета 75 см на человека в год и зависело от числа жителей муниципалитета.

В 1995 г. мы ввели новую систему, давая муниципалитету возможность использовать любое количество воды для вышеупомянутых целей, если потери воды не превышают 15%.

#### Другие средства контроля водопользования

Измерение воды является необходимой процедурой. Производство, поставка или потребление воды невозможны без измерения.

Цены на воду растут с увеличением потребления.

Плата за воду собирается в соответствии со счетами, основанными на показаниях счетчиков воды.

Законы о водопользовании разрешают Особому Уполномоченному по воде приходить в любое время в любое место с целью проверки соблюдения закона и наличия лицензий и предпринимать любые необходимые меры.

#### Участие общественности в принятии решений

Сосредоточение полномочий, созданное законами о водопользовании, не сказывается неблагоприятно на других принципах, на которых основано законодательство водопользования, например, на использовании воды на благо общественности. Именно этот принцип продиктовал участие общественности в процедуре разработки политики в разных областях, в принятии решений, в консультировании по вопросам использования существующих полномочий и даже в участии в юридическом процессе.

Представители общественности принимают активное участие в работе Комиссии по воде, назначенной правительством, в задачи которой входит предоставление консультаций министру и Особому Уполномоченному по воде в вопросах политики водопользования, включая рекомендации перед публикацией правил и положений. Комитеты по поставкам, водный трибунал, где два представителя общественности выступают как эксперты, вместе с профессиональным судьей Особым Уполномоченным по воде.

Существуют разные виды деятельности, связанные с водопользованием, которые не могут производиться в законном порядке без участия некоторых или всех вышеперечисленных органов. В определенных обстоятельствах они, а через них и общественность в целом, получают большую степень влияния на разные процессы в управлении водопользованием.

### **Основные принципы законодательства водопользования в Израиле**

#### **Краткое содержание лекции адвоката Оры Тамир**

1. Законы о водопользовании как отправная точка любой деятельности в водном хозяйстве - организационные, оперативные, экономические, планировочные операции и т.д.
2. Базисная идея: вода является общественной собственностью, управляемой государством и предназначенной для удовлетворения нужд жителей и развития страны.
3. Дефицит воды диктует сосредоточение полномочий в одних руках - Особого Уполномоченного по воде, назначаемого правительством для управления водным хозяйством страны и реализации государственной политики в этой сфере.

Особый Уполномоченный подчиняется министру инфраструктуры. Он обладает оперативными полномочиями, может выдавать лицензии и является экспертом в данной системе.

4. Принцип выдачи лицензий - добывать, поставлять или потреблять воду можно только на основании лицензии, полученной от Особого Уполномоченного по воде, и в соответствии с ее условиями. Следует докладывать Особому Уполномоченному по воде о количестве добываемой и поставляемой воды. Полномочие обязывать поставщика поставлять воду потребителям.
5. Нормирование воды - особая идея распределения ограниченных ресурсов. Распределение воды по районам. Положения, определяющие принципы распределения, принципы распределения, рамки экспертной оценки распределения воды для разных целей и видов использования - сельского хозяйства, промышленности, домашнего потребления и услуг. Серьезные сокращения потребления воды для сельского хозяйства в последние годы. Система компенсации. Экономия воды в других секторах другими средствами.
6. Общественность обладает силой и влиянием на процесс принятия решений в управлении водным хозяйством. Участие общественности в процессе принятия решений - Водный совет, финансовая комиссия Кнессета, водный трибунал, статуторная планировочная комиссия.
7. Предотвращение загрязнения воды - важность вопроса, определение терминов «загрязнение воды» и «фактор загрязнения». Решительный запрет на загрязнение воды. Распределение обязанностей между министром инфраструктуры, министром экологии и Особым Уполномоченным по воде. Исправляющие указы, разрешающие указы. Передача полномочий разным организациям на местности. Использование уголовных процедур и штрафов. Полномочие Особого Уполномоченного по воде приходить в любое место с целью выполнения любого действия, необходимого для контроля водных источников и сохранения воды.
8. Предприятия водного хозяйства - их создание в соответствии с законом, преимущества и недостатки; региональные водные управления; национальное водное управление, его обязанности и функции.
9. Система цен на воду, тарифов компании «Мекорот» и органов местного управления, налоги на добычу воды и их уточнение.

Отмена фонда выравнивания и ее последствия - продолжение поддержки производителей, стоимость воды у которых высока, предпринимателей, создающих заводы по рециклизации сточных вод и предпринимателей, улучшающих воду с целью ее рециклизации в качестве питьевой воды.

10. Закон об измерении воды - обязанность поставлять воду с ее измерением, для каждого потребителя в отдельности. Плата за воду на основании показаний счетчика воды.
11. Закон о контроле за бурением скважин - предназначен для защиты подземных водных источников и предотвращения неконтролируемого их использования. Обязанность получения лицензии от Особого Уполномоченного по воде на бурение скважины или ее изменения. Полномочия Особого Уполномоченного по воде в области бурения скважины, установки колодца и восстановления предыдущего состояния. Закрытие колодцев - только с разрешения Особого Уполномоченного по воде.

## **ЭФФЕКТИВНОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ.**

За последние годы проблема дефицита воды обострилась во всем мире. Быстрый рост населения, а вместе с ним и необходимость в продуктах питания, увеличивают потребность в воде.

Следует отметить, что во многих случаях, говоря о нехватке воды, подразумевают воду, качество которой делает ее пригодной для питья, бытовых нужд, использования в промышленности и сельском хозяйстве. Если не принимать во внимание такой фактор как качество, мировые запасы воды во много раз превышают количества, требуемые человечеству.

В 2000 году общемировой расход воды на все вышеупомянутые нужды составил 5000 километров кубических, тогда как по расчетам общемировые запасы воды составляют примерно 1.3 млрд. километров кубических.

Из этого количества примерно 99% приходится на соленую воду морей и океанов и лишь 1 % на пресную воду, которая распределяется следующим образом: примерно 75% - айсберги южного и северного полюсов, около 24% - артезианские скважины и менее полпроцента - вода рек и озер. Даже эти запасы пресной воды на три порядка превышают общемировой расход воды в 2000 году.

Основная проблема - неравенство между странами и даже отдельными регионами внутри одной страны в потреблении питьевой воды. Переброс воды между странами сопряжен с решением межгосударственных проблем, а ее перенос на значительные расстояния требует немалых инвестиций в системы трубопроводов и энергию, необходимую для обеспечения водотока. Другими решениями проблемы могут быть опреснение морской воды и очистка сточных вод для их вторичного использования. Реализация этих проектов дорогостояща и дополнительные затраты на поливную воду, получаемую таким образом, неприемлемы для производства многих видов сельскохозяйственных культур.

Потребление воды с 1950 по 1990 годы возросло в три раза. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в 1995 году 20% населения планеты потребляло в качестве питьевой загрязненную, непригодную для питья воду. 50% населения не имели в домах канализации. По прогнозам в 2025 году 75% жителей Земли будут в той или иной форме страдать от дефицита воды.

Среднегодовое потребление воды на душу населения в Европе и Северной Америке составляет примерно 1300 кубометров, из которых 1000 кубометров приходится на производство продуктов питания, 300 на нужды промышленности, 100 на бытовые нужды и лишь 1 кубометр на собственно питьевую воду. Потребление питьевой воды составляет примерно одну тысячную часть от общемирового расхода воды.

Около двух третей используемой в мире воды идет на нужды сельского хозяйства. Общая площадь орошаемых земель достигает 250 млн. гектар, что составляет примерно 17% от общей площади пахотных земель. На долю произведенного на поливных землях приходится около 41% от общего объема сельскохозяйственной продукции. Следовательно, орошаемое земледелие дает больший выход продукции и повышает рентабельность ее производства для фермера.

Прогнозируемый рост численности населения обязывает увеличить площадь орошаемых земель, чтобы не допустить нехватки продовольствия для растущего населения планеты. Для этого необходима ускоренная разработка источников пресной воды.

Другим способом увеличения объемов орошаемого земледелия без дополнительного привлечения водных ресурсов является повышение эффективности использования поливной воды.

На 90% поливных земель орошение осуществляется открытыми способами, известными большими потерями воды. В среднем эффективность использования воды составляет для открытых способов полива около 35% - по сравнению с 75-90% при поливе с подачей воды под давлением.

Нагрузка, приходящаяся на водные ресурсы, не только количественная (связанная с увеличением численности населения), но и «качественная». Сточные воды коммунального хозяйства, промышленности и сельского хозяйства загрязнены и засолены. Такие воды, попадающие в окружающую среду, могут загрязнять и приводить к засолению почвы и источников воды в ней. Неправильное использование поливной воды способно привести к такому засолению почвы, что сделает невозможным ее последующее использование для выращивания сельскохозяйственных культур.

В продолжение лекции будут приведены примеры повышения эффективности орошения в Израиле, Иране, Италии, Индии и Китае.

#### Характерные особенности системы водопользования Израиля:

- среднегодовое количество осадков 30-800 мм, количество осадков снижается с севера к югу и с запада на восток;
- на половине территории Израиля выпадает менее 200 мм осадков;
- период дождей - с ноября по апрель;
- неравномерное распределение водных ресурсов по стране;
- квота на потребление воды, устанавливаемая для каждого потребителя;
- учет расхода вода - с момента ее подачи потребителю;
- платеж за воду осуществляется по ее фактическому расходу, тарифы дифференцированы и зависят от степени использования выделенной потребителю квоты;
- все поливы осуществляются с подачей воды под давлением;
- на 95 % орошаемых земель установлены автоматические краны;
- часть поверхностных и подземных водных резервуаров находятся в граничащих с Израилем странах (Ливан, Сирия, Иордания, Египет).

Для преодоления нехватки воды в следствие неравномерного распределения водных источников по территории страны создана единая система водопользования, частью которой является большинство систем водоснабжения. По магистральному трубопроводу вода озера Кинерет, самого крупного надземного водного источника Израиля, поступает в центр страны и Негев, а затем после очистки подается по другому трубопроводу из центра страны в Негев. На долю государственной компании «Мекорот» приходится две трети всей поставляемой воды в стране. Остальные поставки осуществляются региональными компаниями и частными лицами, использующими для этой цели местные источники водоснабжения, артезианские скважины и водосборники дождевой воды.

### Слабые стороны системы водного хозяйства Израиля:

низкое среднегодовое количество выпадаемых осадков, резко выраженная неравномерность их распределения между югом и севером, западом и востоком;  
короткий период дождей и значительные колебания в количестве выпадаемых осадков по годам, тенденция к увеличению числа засушливых лет за последние два десятилетия;  
недостаточные объемы надземных и подземных резервуаров - основная причина потерь дождевой воды в годы с обильными осадками;  
загрязнение и засоление источников воды из-за высокой интенсивности использования воды в сельском хозяйстве и промышленности.

### Сильные стороны системы водного хозяйства Израиля:

- практически все водные источники подземные, что предотвращает потери от испарения;  
неизмеримые запасы морской воды, пригодной для опреснения;
- вся вода находится в собственности государства;  
государственная сеть водоснабжения преимущественно закрытая, с подачей воды под давлением, регулируемая автоматическими системами;  
тесное взаимодействие между различными организационными структурами, входящими в систему водопользования;
  - озеро Кинерет - основной водный резервуар страны, площадь которого 170 кв. километров, объем 4 млрд. кубометров. Граница верхнего уровня 208.9 метра, нижнего - 215.50. Объем воды между границами этих уровней является оперативным объемом и составляет около 1 млрд. кубометров. Среднегодовая наполняемость Кинерета равна примерно 0.8 млрд., из которых 0.3 млрд. теряются в результате испарения.

На дне озера и в непосредственной близости от него имеются источники, соленые воды которых в прошлом повышали уровень солености воды Кинерета. Часть этих вод по специальному трубопроводу, проложенному к югу от озера, сбрасывается в реку Иордан. Таким образом был существенно снижен уровень содержания солей в воде Кинерета - он колеблется сегодня в пределах 220-235 мг хлора на литр.

Среднегодовой водный потенциал Израиля составляет примерно 2 млрд. кубометров, из которых около 350 млн. засоленная вода. В засушливые годы можно откачивать не более 1.5 млрд. кубометров. Сокращение квоты на использование воды затронуло прежде всего сельское хозяйство. На долю сельского хозяйства приходится примерно 60% общего расхода воды, на долю промышленности - около 8% и оставшиеся 32% идут на нужды коммунального хозяйства.

В систему водопользования Израиля входят 6 основных групп, непосредственно занятых в системе водного хозяйства страны:

- поставщики воды
- потребители
- регулирующие системы водного хозяйства
- вспомогательные структуры
- промышленные предприятия, выпускающие оборудование и комплектующие для оросительных систем.

### Регулирующие системы водного хозяйства включают в себя:

- Комиссию по воде израильского парламента (Кнессета), определяющую глобальную политику водопользования.  
Совет по водопользованию, в состав которого входят государственные служащие и представители общественности. Совет обсуждает и утверждает изменения в политике водопользования и цены на воду.  
Управление водных ресурсов в рамках Министерства инфраструктуры осуществляет на практике политику квот на использование воды и разработку водных источников.  
Министерство сельского хозяйства совместно с Управлением водных ресурсов и Министерством по охране окружающей среды отвечает за эффективное использование поливной воды и инструктаж в этой сфере, а также за сохранение качества воды для орошения.
- Министерство здравоохранения совместно с Управлением водных ресурсов и Министерством по охране окружающей среды несет ответственность за качество питьевой воды и осуществление мер, направленных на предотвращение загрязнения сельскохозяйственной продукции, выращиваемой на орошении водами вторичного использования.  
Министерство по охране окружающей среды отвечает за все экологические аспекты, связанные с водопользованием, включая правовые действия, направленные на предотвращение загрязнения водных источников и улучшение качества очищенных сточных вод.  
Институт стандартов Израиля несет ответственность за разработку стандартов и контроль качества оборудования, как производимого в стране, так и импортируемого в нее, для систем водопользования.

Вспомогательные структуры включают в себя научные учреждения, службу инструктажа, финансовые органы и организации, отвечающие за внедрение.

Научные учреждения, осуществляющие исследования в сфере эффективного водопотребления:

- Центр сельскохозяйственных исследований (относящийся к Министерству сельского хозяйства) - ведущее научное учреждение в области сельского хозяйства.  
Сельскохозяйственный факультет Еврейского университета (Реховот) готовит дипломированных специалистов - почвоведов и мелиораторов, ведет научную работу.  
Факультет инженеров сельскохозяйственного производства в Технионе (Хайфа) занят преимущественно разработками инженерных аспектов использования воды.  
В Беер Шеве и киббуце Сде Бокер действуют два научных института, деятельность которых сосредоточена преимущественно на основных аспектах пустынного земледелия и использования воды в условиях пустыни.  
Значительная часть прикладных исследований выполняется на региональных опытных станциях по разработке, внедрению и пропаганде передового опыта.  
В составе сотрудников станций - представители Центра сельскохозяйственных исследований, Еврейского агентства (Сохнут) и местных органов самоуправления.  
Отдел полевого обслуживания службы инструктажа Министерства сельского хозяйства также ведет прикладные исследования.

Инструктаж и оказание профессиональной консультативной помощи в сфере орошения и водопользования осуществляются преимущественно отделом полевого обслуживания службы инструктажа Министерства сельского хозяйства. В рамках последнего действует отдел дренажа и охраны почв. В компетенцию данного отдела входит также организация мер по сбору воды.

Объединение работников водоснабжения - профессиональный союз, члены которого обеспечивают эксплуатацию оборудования систем водоснабжения в сельскохозяйственных поселениях. Объединение контролирует выполнение работ по прокладке трубопроводов, проводит профессиональные курсы и издает свой ежемесячный журнал.

Союз инженеров-работников водного хозяйства объединяет специалистов, занятых в сфере водопользования, организует курсы повышения квалификации. Имеет собственный печатный орган.

Компания «Тагал» (в прошлом государственная, а ныне частная) занимается проектированием и контролем над осуществлением проектов в сфере водопользования и орошения как в Израиле так и - преимущественно - за его пределами.

Местные промышленные предприятия, производящие оборудование и комплектующие для оросительных систем, - одно из главных слагаемых эффективного использования воды. Продукция предприятий, созданных в большинстве своем в сельскохозяйственных поселениях по инициативе самих фермеров, полностью удовлетворяет современным требованиям и постоянно совершенствуется с учетом замечаний, поступающих непосредственно от производителей сельскохозяйственной продукции. Местная промышленность практически полностью удовлетворяет спрос на оборудование и комплектующие, но преимущественно работает на внешний рынок - более 80% продукции идет на экспорт.

За 54 года своего существования - с момента создания Государства Израиль и по сей день - водное хозяйство страны достигло впечатляющих успехов в деле повышения эффективности использования поливной воды.

В первое десятилетие существования государства, в 50-тые годы, основные усилия были сосредоточены на сравнительном изучении систем полива - поверхностного (открытого) орошения и полива с подачей воды под давлением, дождеванием. Опыты были заложены на сотнях опытных и модельных участков, занятых различными культурами и расположенными во всех уголках страны. Работа велась при тесном сотрудничестве фермеров, инструкторов Министерства сельского хозяйства и научных работников. Было доказано, что системы полива с подачей воды под давлением позволяют сократить ее расход в среднем на 50%, не снижая при этом выход и качество сельскохозяйственной продукции. К началу 60-тых годов на двух третях орошаемых земель использовалось дождевание.

Последующее десятилетие, 60-е годы, характеризовалось появлением водосберегающих технологий. Началось использование автоматических кранов, открывание которых осуществлялось на основе показаний водомеров. На эти годы пришлось широкое внедрение труб и комплектующих из пластмассы, что позволило обеспечить герметичность оросительных систем и тем самым предотвращать утечки. Появилось капельное орошение, обеспечивающее расход поливной воды в соответствии с объемом корневой системы растения.

В 70-е годы основные усилия были направлены на повышение эффективности поливов в индивидуальных фермерских хозяйствах, отстававших до этой поры от крупных коллективных хозяйств. Усовершенствование автоматических кранов позволило использовать их в качестве контрольных датчиков, обеспечив тем самым обратную связь и совмещение полива с подачей удобрений. Последнее существенно улучшило снабжение растений питательными веществами и обеспечило рост выхода продукции в пересчете на кубометр поливной воды.

В 80-е годы произошло дополнительное усовершенствование автоматических систем полива. Контроль стал компьютеризированным, что позволило за счет предварительного планирования, учета изменяющихся климатических условий и предотвращения поломок обеспечить орошение на значительных площадях, охватывая иногда все земли сельскохозяйственного поселения. В эти годы появились капельницы с регулируемым расходом воды, использование которых существенно улучшило равномерность полива на участках со сложной топографией. Системы полива стали действовать в соответствии с метеорологическими параметрами.

В 90-е годы началось активное использование автоматических метеорологических комплексов для дополнительного повышения эффективности использования поливной воды. Расширилось использование таких физиологических параметров как тургор растения, темпы роста плодов и стебля, для определения сроков и норм полива. Одновременно с этим в целях дополнительной экономии воды на культурах с поверхностно залегающей корневой системой началось изучение орошения малыми дозами (менее 1 мм в час).

Сейчас широкое распространение получают комбинированные системы, обеспечивающие контроль над растением, почвой и климатическими условиями, что позволяет уточнять нормы расхода воды. Вследствие изменения климата, сокращения инвестиций и увеличения частоты засушливых лет, квоты на воду для производителей сельскохозяйственной продукции урезаны. В связи с этим необходимо увеличить поставки воды, как за счет качественных очищенных бытовых стоков, так и за счет опресненной морской воды.

За 50 лет совершенствования создана эффективная система орошения, позволившая уменьшить расход поливной воды на гектар (кубометры):

хлопчатник - с 9000 до 4500

цитрусовые - с 10000 до 6000

авокадо - с 12000 до 8000

бананы - с 25000 до 12000

персики и нектарины - с 12000 до 3500-7500

столовые сорта винограда - с 6000 до 4000

арахис (земляной орех) - с 7000 до 4500.

Примером того, что может обеспечить внедрение новых технологий, является полив и внесение удобрений на посадках манго, выращиваемого на тяжелой почве с применением системы капельного орошения, проложенной в каналах, наполненных хорошо аэрированной средой. Урожай манго вырос с 10 тонн на гектар до 40 тонн, удалось предотвратить осыпание цветов в период весенних хамсинов.

В долине реки Иордан в бедуинских хозяйствах поверхностное открытое орошение было заменено поливами и подачей удобрений через систему капельного орошения. Расход воды на единицу площади уменьшился вдвое, а урожайность (тонн/га) выросла:

томаты - с 20 до 60

огурцы - с 11 до 25

баклажаны - с 20 до 70

лук - с 15 до 35

острый перец - с 10 до 15.

В 70-е годы, период правления иранского шаха, Израиль оказывал помощь в налаживании систем орошения в районе Казвина, разрушенном землетрясением. Эффективность использования поливной воды на участках, курировавшихся израильскими специалистами, выросла в 2-3 раза.

Во второй половине 80-х годов Израиль был на европейском рынке одним из главных участников передового проекта по замене поверхностного орошения поливом с подачей воды под давлением. В южной Италии, где осуществлялся проект, были созданы служба инструктажа и системы сбора климатических данных, что позволило значительно увеличить эффективность полива и обеспечить успешное выращивание сельскохозяйственных культур в трех районах, охваченных проектом, несмотря на засуху, длившуюся три года.

Израильские специалисты оказывали помощь в создании и налаживании систем капельного орошения в Индии. Достигнутые результаты были впечатляющими. Уже в первые три года с момента перехода к капельному орошению была достигнута существенная экономия поливной воды и рост урожайности многих культур. Так, например, при выращивании бананов расход воды сократился на 45%, а урожайность выросла на 48%, для столового винограда эти же показатели составили 48% и 23% соответственно, для сахарного тростника - 56 и 33, для томатов - 39 и 50, для арбузов - 36 и 68, для хлопчатника - 53 и 27.

В последние годы между Китаем и Израилем налажен обмен информацией в сфере эффективного использования поливной воды. В районе Шанхана планируется осуществление совместного проекта по развитию пустынного земледелия на основе технологии, призванной обеспечить эффективное использование воды и удобрений и предотвратить засоление почвы.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭФФЕКТИВНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И СНИЖЕНИЮ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ СЕКТОРЕ.**

Сельское хозяйство является одним из основных потребителей водных ресурсов в Израиле, поэтому мы уделяем большое значение мероприятиям и передовым технологическим методам, обеспечивающим экономное и рациональное использование воды.

В последние годы, параллельно с усугублением кризисного положения в водном балансе страны, увеличилось также давление на правительство с требованием кардинально изменить (на рыночной основе) взаимоотношения между спросом и предложением на воду в сельскохозяйственном секторе.

В 1999 и 2000 годах Комитет по водным ресурсам провел административное сокращение годовых нормативов на воду питьевого качества в среднем на 40 % по сравнению с 1989 годом, считающимся базовым с точки зрения исторических норм, а в 2001 году сокращение достигло в среднем 50 %.

Годовой баланс на воду питьевого качества в сельском хозяйстве в 1989 году составлял 980 млн. куб. метров, а в 2001 году всего 563.1 млн. куб. метров.

В основе сокращения годовых норм водопотребления лежало отраслевое (по выращиваемым культурам) сокращение.

С тем, чтобы не нанести необратимый ущерб многолетним культурам, Министерство сельского хозяйства предложило провести максимальное сокращение на однолетние культуры. К примеру, на кормовые культуры (силос) сокращение в 2001 году достигло 75 %, а на плантации (фруктовые и цитрусовые) соответственно 35 %.

Следует отметить, что правительством было также принято решение о сохранении сельскохозяйственным объединениям «железной» минимальной нормы: размером в 300 тыс. куб. метров кибуцам (коммунам), и 500 тыс. куб. метров мошавам (кооперативам).

Улучшение водного баланса страны за зиму 2002/2003 года позволило уменьшить сокращение годовых нормативов с 50 до 42 процентов и тем самым вернуть сельскохозяйственному сектору около 80 млн. куб. метров воды питьевого качества. Из них 50 млн. будут распределены немедленно, а дополнительные 30 млн. куб. метров воды останутся в резерве Председателя Комитета по Водным ресурсам для решения секторальных или же районных проблем.

В связи с ограниченностью водных ресурсов и сокращением годовых норм Министерством сельского хозяйства создана комиссия, перед которой была поставлена задача обосновать и рекомендовать такие способы и технику полива, которые обеспечат наиболее экономное и рациональное использование воды с минимальными и непроизводственными потерями.

Были предложены рекомендации в четырех сферах:

1. Внедрение передового оросительного оборудования
2. Повышение эффективности оросительных систем
3. Агротехнические усовершенствования
4. Внедрение систем контроля и управления за параметрами, обеспечивающими оптимальные условия для эффективного орошения.

Рекомендации комиссии служат основой стратегии субсидий на мероприятия по водосбережению в сельском хозяйстве.

В наибольшей степени специалисты занимаются вопросами внедрения современных эффективных методов полива дождеванием и капельным оборудованием, внедрением дозаторной арматуры, реконструкцией насосных станций и подающих трубопроводов, регулированием давления в соответствии с требованиями оросительных систем, рекомендацией по фильтрационным системам, внедрением автоматизации и повторного использования дренажных вод (содержащих частично удобрения, внесенные в процессе фертигации).

Развитие и внедрение автоматизации в сельском хозяйстве является важным дополнительным фактором в эффективном использовании воды, позволяющим сэкономить 15-20 % от поливочных норм.

На протяжении последнего десятилетия были внедрены дополнительные методы микро- и макродождевателей. К ним относятся микродождеватели подкранового орошения плантаций и фруктовых садов, сменившие надкрановое неэкономное орошение. Расходы этих дождевателей от 20 до 90 литров в час.

Широкое распространение при выращивании овощей на небольших площадях фермеров получили также макродождеватели с расходом 140 - 400 литров в час и расстановкой 10х10 метров, достигая высокого коэффициента равномерности полива.

Использование воды при капельном поливе более эффективно по сравнению с другими методами орошения. Принято считать, что эффективность капельного орошения превышает 90 % по следующим причинам:

- ниже затраты воды на единицу продукции
- меньше потери влаги за счет испарения по сравнению с потерями при дождевании или поверхностном орошении
- ветер не влияет на эффективность орошения
- легче предотвратить поверхностный отток воды даже в сложных топографических условиях.

Внедрение капельного орошения позволяет сэкономить следующие количества воды:

- 52 % при поливе бананов
- 23 % при поливе виноградников
- 50 % при поливе помидоров
- 27 % при поливе хлопка

Одновременно мы достигли увеличения урожайности на 45 %, 48 %, 39 % и 53 % для соответствующих культур.

### **Изменение тарифов на воду.**

Экономические механизмы эффективного и рационального использования воды в коммунально-бытовом, промышленном и сельскохозяйственном секторах, а также регулирование спроса в водопотреблении основывается на возмещении затрат по доставке воды, ее распределению и платежей по тарифам за использованное количество воды. Все это предусмотрено водным законодательством, однако, в условиях рыночной экономики, базирующейся на достоверном учете потребляемой воды, правовые, организационные и экономические механизмы пересматриваются и перерабатываются время от времени.

Особое внимание в последнее время в Израиле уделяется установлению справедливых тарифов на воду, считая их важным инструментом регулирования спроса на воду.

В Израиле на сегодняшний день действуют различные тарифы:

- Тариф на хозяйственно-бытовые нужды муниципального сектора
- Тариф на промышленное водопотребление
- Тариф на сельскохозяйственное водопотребление, включающий также субсидирование цен за куб. метр использованной воды.

**Муниципальные власти** приобретают воду, подаваемую чаще всего государственной системой водоснабжения, по цене 0.37 \$ за куб. метр воды.

Потребители же платят за воду по прогрессивному тарифу:

| Категория | Количество используемой<br>семьей (4 человека) воды<br>куб. метр в месяц | Тариф<br>\$ за куб. метр воды |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1         | до 8 куб. метров                                                         | 0.60                          |
| 2         | за следующие 7 куб. метров<br>(от 8 до 15 куб. метров)                   | 0.88                          |
| 3         | свыше 15 куб. метров                                                     | 1.25                          |

Разница между ценами за воду, приобретенную муниципальными органами и за цену, которую выплачивает потребитель, служит для содержания систем водоснабжения и канализации, а также покрытия расходов по водоснабжению.

Потребители выплачивают также дополнительный налог (включенный в тариф) за каждый куб. метр использованной воды в фонд реконструкции трубопроводов. Кроме того существует отдельный тариф за отвод и очистку канализационных стоков.

Закон определяет полномочия Министра внутренних дел назначать величину отраслевых тарифов на воду в муниципальном секторе, обязывая при этом получить согласие Министра финансов и Финансовой комиссии Парламента. Тарифы публикуются в постановлениях и уточняются время от времени.

#### **Тарифы на промышленное водопотребление.**

На сегодняшний день действуют следующие тарифы:

|                                                                            |                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Вода питьевого качества                                                    | - 0.36 \$ за куб. метр                           |
| Очищенные сточные воды<br>(BOD/ TSS = 20/30)                               | - на 20 % ниже тарифа за воду питьевого качества |
| Минерализованные воды:<br>с концентрацией 550 - 700 мг/литр<br>по хлоридам | - на 15 % ниже, чем тариф на питьевую воду       |
| с концентрацией выше 700 мг/литр                                           | на 25 % ниже, чем тариф на питьевую воду         |
| Вода второстепенного качества<br>(непригодная на питьевые нужды)           | на 20 % ниже тарифа на питьевую воду             |

### Тарифы на сельскохозяйственное водопотребление.

На протяжении многих лет целевая политика развития сельского хозяйства и водохозяйственная политика рассматривались во взаимосвязи, не учитывающей требования современных рыночных отношений, возрастающего спроса в городском секторе и дефицита водного баланса страны. Поэтому уже в 90-х годах было решено обязать согласование тарифов на воду с финансовой комиссией Парламента.

На сегодняшний день существуют следующие тарифы:

- Вода питьевого качества:
  - 1. 50 % от установленной годовой нормы 0.19 \$ за куб. метр
  - 2. следующие 30 % (от годовой нормы) 0.23 \$ за куб.метр
  - 3. следующие 20 % (от годовой нормы) 0.30 \$ за куб. метр
- Очищенные сточные воды  
с частичным ограничением на полив  
(BOD/ TSS = 20/30) БПК/Конц. взвеш. в-в:
  - 1. 50 % от установленной годовой нормы 0.13 \$ за куб. метр
  - 2. следующие 50 % 0.10 \$ за куб. метр
- Высокоочищенные сточные воды  
без ограничения на полив 0.15 \$ за куб. метр
- Минерализованные воды  
(существует механизм дополнительных  
скидок в зависимости от уровня минерализации): - 70 % от тарифа питьевой  
воды

В дополнение к вышеуказанным тарифам 21.02.2002 вошли в силу уточненные налоговые отношения на водозабор в размере:

- Откачка из скважин в прибрежном аквифере:
  - 1. на хозяйственно-бытовое и  
промышленное водоснабжение - 0.12 \$ за куб.метр
  - 2. на сельскохозяйственное водоснабжение -0.11 \$ за куб.метр
- Откачка из скважин вне прибрежного аквифера  
во всех сферах водоснабжения: - 0.10 \$ за куб.метр

Эти налоги распространяются на воду с минерализацией ниже 400 мг/литр по хлоридам.

ТЕРМИНОЛОГИЯ И ОСНОВНЫЕ понятия  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОРОШЕНИЯ.  
ТРУБОПРОВОДЫ И ПОТЕРИ НАПОРА.

Этот документ подготовил инженер Яков Лев, начальник отдела водосбережения Комитета по Водным ресурсам Министерства Инфраструктур Израиля

## Терминология и основные понятия водоснабжения и орошения

**Живым сечением потока** называют поперечное сечение, перпендикулярное его направлению ( $W$ ).

**Расходом потока  $Q$ ;  $q$**  называют объем жидкости, проходящей в единицу времени через живое сечение потока. Расход жидкости измеряют в  $\text{м}^3/\text{ч}$ , л/сек и л/ч.

**Средней скоростью потока  $V$**  называют частное от деления расхода потока на площадь его живого сечения:

$$V = Q / W$$

**Напорным** называется поток, у которого по всему периметру живого сечения жидкость соприкасается с твердыми стенками. Примером напорного потока может служить движение воды в водопроводных и оросительных трубах.

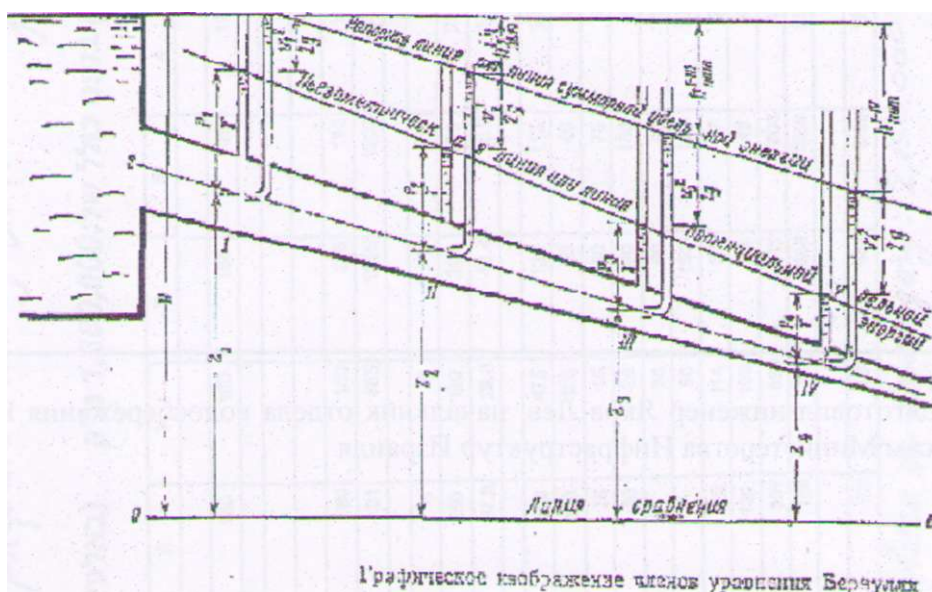
**Напор (м).**

Удельная энергия потока в любом его сечении определяется уравнением Бернулли и равно:

$$\mathcal{E} = z + P/Y + v^2/2g$$

По закону сохранения энергии, суммарная энергия, внесенная через сечение, запишется следующим образом:

$$Z + P/Y + v^2/2g + h_{\text{пот}} = \text{const.}$$



Все члены уравнения имеют линейную размерность, поэтому каждый из них может называться высотой (напором):

**$Z$  - геометрическая высота**, или высота положения, в энергетическом смысле - удельная энергия положения;

**$P/Y$  - пьезометрическая высота**, или высота, соответствующая давлению (удельная энергия давления);

$v^2/2g$  - **высота**, соответствующая скоростному напору (удельная кинетическая энергия);  
 $h_{\text{пот}}$  - **высота**, соответствующая потерям напора (потери удельной энергии).

Геометрический смысл уравнения Бернулли может быть сформулирован так: при установившемся движении жидкости сумма четырех высот остается неизменной вдоль потока.

Если соединить уровни жидкости в пьезометрах, то получим пьезометрическую линию, или линию потенциальной удельной энергии. Она находится на расстоянии  $Z + P/\gamma$  от плоскости сравнения.

Соединяя уровни жидкости в скоростных трубках, получим напорную линию или линию суммарной (потенциальной и кинетической) удельной энергии.

Падение напоров линии на единицу длины называется гидравлическим уклоном  $J$  и характеризует величину **потерь напора** на единицу длины. Потери напора вызываются сопротивлениями двух видов:

1. Сопротивлениями по длине, обусловленными силами трения.
2. Местными сопротивлениями, обусловленными изменениями скорости потока по величине и направлению.

Потери напора по длине рассчитывают по формуле:

$$J = \Delta h / L \text{ (‰, \%)}$$

и называют гидравлическим уклоном, выраженным в промилле (‰) или процентах (%) (метрах на 100 м длины). В практике существует несколько формул для расчета потерь на трение в трубах. Наиболее распространенной является формула **Хайзена-Уильямса**:

$$J = 1.131 \times 10^{12} (Q/C)^{1.852} \times D^{-4.87},$$

где:

$J$  - гидравлический уклон, ‰

$Q$  - расход воды м<sup>3</sup>/ч

$D$  - внутренний диаметр трубы в мм

$C$  - коэффициент гидравлического трения, зависящий от шероховатости внутренней стенки трубы.

Эта формула дает приемлемые результаты для стальных, бетонных, асбестоцементных и других труб с коэффициентом трения  $C = 140 \div 70$  и скоростью потока в пределах  $V = 0.5 \div 5$  м/с.

По формуле можно подсчитать также и скорость потока:

$$V = 1.096 \times 10^{-4} \times C \times J^{0.54} \times D^{0.63}$$

Для труб из пластмассы (ПВХ и полиэтилена) пользуются также формулой Дискина в зависимости от числа Рейнольдса:

$$\begin{array}{lll} J = 8.31 \times 10^7 \times Q^{1.76} \times D^{-4.76} & \text{Re} < 10^5 \\ J = 9.0 \times 10^7 \times Q^{1.81} \times D^{-4.81} & 10^5 < \text{Re} < 10^6 \\ J = 8.44 \times 10^7 \times Q^{1.85} \times D^{-4.85} & \text{Re} > 10^6 \end{array}$$

Потери напора рассчитывают, как правило, при температуре воды  $t = 20^{\circ}\text{C}$  (потери снижаются на 0.5% при повышении температуры на  $1^{\circ}\text{C}$ ).

Характерные средние значения коэффициента  $C$ :

В асбоцементных трубах:  $C = 130$

В новых стальных трубах:  $C = 120 \div 130$

В стальных трубах с внутренним бетонным покрытием:  $C = 115 \div 120$

В бетонных трубах:  $C = 100 \div 110$

В стальных трубах с коррозией:  $C = 100 \div 110$

В стальных трубах с высокой коррозией:  $C = 80 \div 90$

Потери напора в местных сопротивлениях обычно определяют по формуле Вейсбаха (местные потери):

$$h_m = K \times v^2 / 2g$$

где:

$K$  - коэффициент местного сопротивления, равный для примера:

Поворот  $45^{\circ}$  -  $K = 0.2 + 0.4$

Поворот  $90^{\circ}$  -  $K = 0.5 + 0.9$

Переход радиусов (под углом  $45^{\circ}$ ) -  $K = 1$

На практике чаще всего пользуются номограммой для определения местных сопротивлений в различных деталях трубопроводов арматуры (см. Рис 1).

### **Давление - $P$**

Определяется разницей между линией суммарной удельной энергии (напорная линия) и геометрической высотой (высотой положения) определенной точки трубопровода. Давление измеряется с помощью манометров.

**Единицы измерения: Ньютон/м<sup>2</sup>, Ньютон/см<sup>2</sup>, Паскаль, Бар**

**Па = 1 Н/м<sup>2</sup>, КПа = 0.01 Бар, Мпа = 10 Бар**

На практике пользуются следующими зависимостями:

**1 тех. атмосферы = 1 кг/см<sup>2</sup> = 0.9806 Бар = 98066.5 Па = 98.06 Кпа = 0.987841 Атм  
стандартная = 10 м Н<sub>2</sub>O.**

### **Интенсивность орошения (Application Rate)**

Определяется количеством воды, подаваемым данной оросительной системой (дождевальной или капельной) в единицу времени на единицу площади.

$$IR = Q / A \quad \text{м}^3/\text{дунам}/\text{час}$$

где:

Q - расход системы, м<sup>3</sup>/час

A - площадь участка в дунамах = 0.1 Га

$$IR = q/Da - \text{мм}/\text{час} \text{ (интенсивность орошения по слою)}$$

где:

q - расход дождевателя/ капельницы л/ч, Da - площадь между смежными разбрызгивателями (м<sup>2</sup>) (расстояние между дождевателями, капельницами мхм).

### "Мощность" орошения (Irrigation Intensity)

Индикация силового эффекта удара капель по почве зависит от расхода дождевателя, величины капель, угла полета, скорости падения и расстояния между дождевателями.

### Эффективность орошения

Создание водного режима почв в оптимальных пределах возможно при правильном соотношении величин расчетной поливной нормы, интенсивности дождя (орошения), продолжительности полива и впитывающей способности почв. Выражается как отношение между прибавкой влаги в корневом слое к оросительной норме:

$$IE = (\text{Прибавка влаги, м} / \text{дунам} \times 100) : \text{оросительная норма, м} / \text{дунам} \quad (\%)$$

где оросительная норма включает прибавку влаги в корневом слое, испарение, поверхностный сток, инфильтрацию в глубину, потери воды в трубопроводе.

Эффективность орошения выражается также соотношением:

$$IE = NR \times 100 / GR$$

Где:

NR - водопотребление нетто, мм

GR - водопотребление (оросительная норма) брутто, мм.

Принято считать, что:

Дождевание - IE да 75%

Микродождевание - IE ≈ 90%

Капельное орошение - IE да 95%

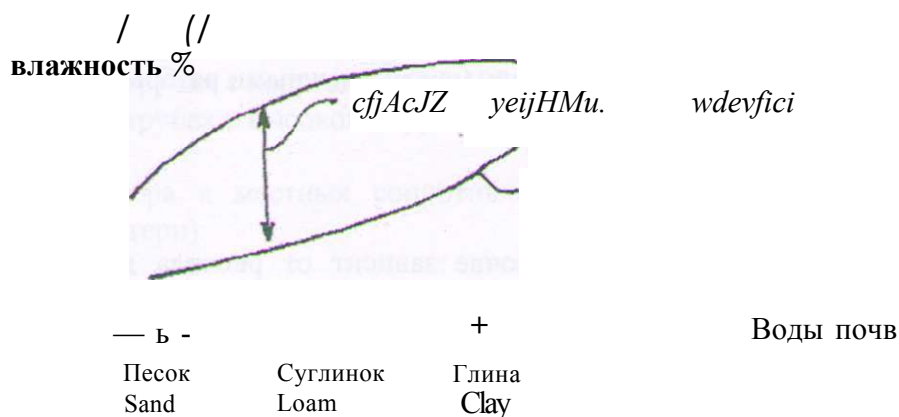
Оросительная норма (водопотребление брутто) - GR

$$GR = NR \times 100 / IE$$

NR - водопотребление нетто (оросительная норма нетто) - (мм, м / дунам) - это количество воды, подаваемое при орошении на единицу площади. Это то количество воды, которое необходимо аккумулировать в корнеобитаемом слое. Это область между критической точкой

и полевой влагоемкостью, представляемая как наиболее доступная почвенная влага (усвояемая) - оросительная норма нетто.

Критическая точка выше влажности завядания. Критическая точка определяет максимальный дефицит воды перед поливом. Обычно используется только часть доступной почвенной влаги.



Суммарное водопотребление растений (consumptive use) - дефицит влажности общий - эвапотранспирация.

Требуемое количество воды на полив брутто (норма), м<sup>3</sup>:

$$GV = A \times GR$$

где:

GR - норма полива брутто мм; м<sup>3</sup>/ дунам

A - площадь орошаемого участка (дунам).

Продолжительность полива (t - час) или продолжительность поливочного периода:

$$T_{\text{час}} = GV / Q; \quad T_{\text{час}} = GR / IR$$

Где:

GV - количество воды, м<sup>3</sup>

Q - расход системы, м<sup>3</sup>/ час

GR - норма брутто, мм

IR - интенсивность орошения, мм/ час

T - продолжительность водоподдачи в течении суток

N - количество поливочных тактов

Длительность поливочных периодов - это время, необходимое для закачивания подачи поливочной нормы на все поле (можно выражать в днях или часах).

Рассчетная длительность межполивных периодов - интервал между двумя последующими поливами.

Норма нетто (мм): дневной дефицит (мм/ день) = N

Испарение (Evaporation)

$$U = K \times E \text{ мм}$$

Где:

U - водопотребление растения

K - коэффициент растения

E - испарение, мм

### ПРИМЕРЫ:

1. Расчет: нормы нетто, брутто, поливочный период и продолжительность полива.

#### Данные:

- 1) Глубина залегания корнеобитаемого слоя при максимальном потреблении - 0. м.
- 2) Дефицит дневной - 6 мм в день.
- 3) Поливка после использования 70% доступной (усвояемой) почвенной влаги.
- 4) Полевая влагоемкость - 28% (весовая)
- 5) Влажность завядания - 16%
- 6) Объемный вес - 1.2
- 7) Эффективность орошения (ночью) - 85%
- 8) Резерв-2 дня
- 9) Интенсивность орошения (дождя) - 8 мм/ ч

#### Решение:

Норма нетто:

А)  $(28-16) \times 12 \times 10 \times 0.8 \times 0.7 = 81 \text{ м}^3/\text{дунам (мм)}$

Б) Норма брутто:  $81 / 0.85 = 95 \text{ м}^3/\text{дунам (мм)}$

В) Расчетный интервал:  $81 / 6 = 14 \text{ дней}$

Г) Поливочный период:  $14 - 2 = 12 \text{ дней}$

Д) Продолжительность полива:  $95 \text{ мм} / 8 \text{ мм/ч} = 12 \text{ часов}$

Т.е. можно поливать с 18:00 до 6:00 утра.

[illegible]

Рис 1

## **СПОСОБЫ ПОЛИВА В ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

Этот документ подготовил инженер Яков Лев, начальник отдела водосбережения Комитета по Водным ресурсам Министерства Инфраструктур Израиля

## **Способы полива в оросительных системах**

Как было упомянуто выше, в оросительных системах следует применять такие способы и технику полива, которые обеспечивали бы наиболее экономное и рациональное использование ограниченных, во многих странах, водных ресурсов с минимальными производственными потерями.

Орошение является одним из главных элементов в успехе выращивания сельскохозяйственных культур и их экономичности, поэтому оно требует особого внимания и изучения. Неправильное орошение, даже высококачественными водами, может нанести ущерб как растению, так и почве.

- Орошение с завышенными оросительными нормами может повлиять на: уплотнение почвенного покрова; вымывание удобрений из корнеобитаемого слоя; заболевание корней.
- На землях (участках) без дренажа с высоким уровнем грунтовых вод орошение с завышенными оросительными нормами может способствовать подъему уровня грунтовых вод и засолению почвы.
- С другой стороны, недостаточное орошение может привести к уменьшению деятельности корней, повлиять и способствовать помехам в водопотреблении растением и уменьшить урожай.
- В условиях же высокоминерализованной воды и малых осадков (дождей) орошение малыми нормами способствует засолению верхних слоев почвы.

### **Орошение подразделяется на две кардинальные темы:**

#### **А. Режимы орошения (когда, как часто и какими поливными нормами пользоваться).**

Поэтому на практике устанавливают сроки и продолжительность вегетации культур, суммарное водопотребление растений и естественную влагообеспеченность культуры, рассчитывают оросительную норму и определяют длительность межполивных периодов.

#### **Краткая характеристика поливов**

1. Предпосевной - с целью создания необходимого запаса влаги в почве.
2. Посадочный - для улучшения приживаемости.
3. Вегетационный - основной вид полива.
4. Удобрительный.
5. Освежительный - дождевание в жаркое время.
6. Промывной - удаление избытка солей из почвы.
7. Противозаморозковый.

#### **Б. Способы (системы) орошения.**

Во многих странах мира, несмотря на внедрение передовых методов орошения под давлением, таких, как дождевание, капельное орошение и орошение дождевальными машинами, продолжают пользоваться поверхностным способом орошения со всеми его недостатками.

Принято считать, что внедрению орошения под давлением препятствуют три основных фактора:

- капиталовложения
- энергетические затраты
- сомнения в связи со сложностью технологической стороны оросительного процесса (хотя при поверхностном орошении рабочий персонал также должен обладать высокими навыками).

В настоящее время чаще всего встречаются следующие способы орошения:

- **поверхностное** - вода поступает непосредственно на поверхность почвы и распределяется по поливному участку вертикальным сплошным слоем. Применяется при орошении большими поливными нормами. Обычно делится на три вида:
  - о полив по бороздам
  - о полив по полосам
  - о полив затоплением
- **дождевание** - механизированный способ полива, легко поддающийся полной автоматизации, при котором активный слой почвы увлажняется водой, подаваемой на ее поверхность в виде искусственного дождя. Этот способ орошения обладает рядом преимуществ.

Основным условием эффективности полива дождеванием различных сельхозкультур является создание оптимального водного режима почв, что возможно при правильном соотношении величин расчетной поливной нормы, интенсивности искусственного дождя, продолжительности полива и впитывающей способности почв.

Интенсивность искусственного дождя (мм/ч) представляет собой количество осадков, создаваемых данной дождевальной системой в единицу времени на единицу площади (на практике стремятся к проектированию таких систем, которые создают искусственный дождь одинаковой интенсивности в каждой точке орошаемой площади).

В пособии «Орошение дождеванием» (Э.Сапир и И.Снэ) интенсивность искусственного дождя фигурирует под названием «поливная норма» (мм/ч). Суммарное водопотребление растений выражается эвапотранспирацией и обозначается «U» (в мм).

- **Капельное орошение** - также высокомеханизированный способ орошения, при котором активный слой почвы увлажняется водой, подаваемой точечными источниками воды малого расхода (обычно в диапазоне от 1 до 4 литров в час), в результате чего увлажняется только малая часть общего объема почвы поливаемого участка.

Следует также отметить, что в этом ограниченном объеме (слое почвы) также нет однородности в распределении запасов влаги по профилю увлажнения.

Корневая система развивается в соответствии с распределением воды по профилю в почве, т.е. в области, близкой к капельнице, где содержание почвенной влаги высокое, развивается основная активная (не глубокая) корневая система.

С отдалением от точечного источника (капельницы) постепенно уменьшается содержание почвенной влаги, и, соответственно, корневая деятельность.

Это положение обязывает, как правило, подавать в процессе орошения удобрения, которые быстро усваиваются растениями из вышеупомянутого ограниченного активного корнеобитаемого слоя.

Дополнительным преимуществом капельного орошения является способность и возможность орошать и комплексно подавать удобрения в короткие межполивные периоды, что позволяет достичь высокой урожайности.

### **Сравнение систем орошения**

#### **А. Поверхностное орошение**

| <b>№</b> | <b>Преимущества</b>                                                  | <b>№</b> | <b>Недостатки</b>                                          |
|----------|----------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------|
| 1.       | Низкие капиталовложения                                              | 1.       | Большие потери воды.                                       |
| 2.       | Низкие затраты на энергию (напор)                                    | 2.       | Низкая эффективность полива.                               |
| 3.       | Низкие эксплуатационные затраты                                      | 3.       | Возможность распространения заболеваний растений.          |
| 4.       | Возможность полива при ветре.                                        | 4.       | Данный способ не приемлем на неблагоприятных уклонах       |
| 5.       | Подходит для полива растений, чувствительных к заболеваниям листьев. | 5.       | Не приемлем как освежительный и противозаморозковый полив. |

#### **Б. Дождевание**

| <b>№</b> | <b>Преимущества</b>                                                                                            | <b>№</b> | <b>Недостатки</b>                                                                                                |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       | Возможно на полях со сложной топографией, где невозможно применить поверхностное орошение                      | 1.       | Высокие начальные капиталовложения                                                                               |
| 2.       | Подходит для полива большинства культур                                                                        | 2.       | Дополнительные затраты на энергию, потребляемую на создание нужных напоров в оросительных системах.              |
| 3.       | Возможно экономное использование воды, высокая эффективность полива, повышение урожаев                         | 3.       | Неравномерность распределения воды в поле при ветре                                                              |
| 4.       | Обеспечивает широкую механизацию всех сельхозработ и их выполнение в сжатые сроки.                             | 4.       | Полив минерализованными водами отрицательно воздействует на лиственный покров (ожог листьев), снижая урожай      |
| 5.       | Широкий диапазон выбора размера копла дождевателей облегчает проектирование и регулировку интенсивности полива | 5.       | Проблемы уплотнения верхнего слоя почвы, связанного с образованием корки на поверхности почвы, и повышенный сток |
| 6.       | Дает возможность точного измерения расхода воды на участке.                                                    | 6.       | Потери воды на границах участка.                                                                                 |
| 7.       | Увеличивает коэффициент земельного использования.                                                              | 7.       | Усложняет проведение сельхозработ на орошаемом участке (вспашка, опрыскивание, уборка урожая).                   |

|     |                                                                                                                     |  |  |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 8.  | Высокая мобильность систем орошения                                                                                 |  |  |
| 9.  | Подходит ко всем вспомогательным поливам.                                                                           |  |  |
| 10. | Подходит для промывки полей в профиль                                                                               |  |  |
| 11. | Возможность достижения одинаковой интенсивности полива на орошаемом участке (равномерное распределение воды в поле) |  |  |
| 12. | Удобство внесения удобрений с поливной водой.                                                                       |  |  |

## **В. Капельное орошение**

| №   | Преимущества                                                                                                                                                  | №  | Недостатки                                                                                                                                                       |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Возможна более высокая урожайность, сопровождаемая экономией поливных норм, затраты воды на единицу продукции ниже                                            | 1. | Не пригодно как противозаморозковое орошение                                                                                                                     |
| 2.  | Потери влаги за счет испарения меньше, чем при дождевании или поверхностном орошении (меньше поверхность увлажняемого участка)                                | 2. | Не приемлемо для вспомогательных технических поливов                                                                                                             |
| 3.  | Ветер не влияет на распределение влаги                                                                                                                        | 3. | Проблематично для орошения молодых деревьев (посадок) в засушливых районах с песчаными почвами и сильными ветрами                                                |
| 4.  | Не требует тщательной планировки поливного участка, предотвращает поверхностный сток даже в сложных топографических условиях                                  | 4. | Кардинальный вопрос при выборе оросительной системы - оправдано ли увеличения урожая и экономия воды капиталовложением на приобретение капельных систем орошения |
| 5.  | Дает возможность проведения сельхозработ во время орошения (в садах, виноградниках и др.)                                                                     | 5. |                                                                                                                                                                  |
| 6.  | Обеспечивает подачу удобрений непосредственно в корнеобитаемый слой                                                                                           |    |                                                                                                                                                                  |
| 7.  | Нет периферийной потери воды                                                                                                                                  |    |                                                                                                                                                                  |
| 8.  | При достаточных осадках, засолении не представляет проблем. При недостаточных осадках нужна дополнительная поливная норма, чаще всего подаваемая дождеванием. |    |                                                                                                                                                                  |
| 9.  | Возможность полива малыми поливными нормами и с короткими межполивными периодами                                                                              |    |                                                                                                                                                                  |
| 10. | Количество сорняков меньше, чем при других методах орошения                                                                                                   |    |                                                                                                                                                                  |

## **ДОЖДЕВАНИЕ**

Этот документ подготовил инженер Яков Лев, начальник отдела водосбережения Комитета по Водным ресурсам Министерства Инфраструктур Израиля

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Поток воды поступает в сопло дождевателя под определенным давлением, испускается из него как силон (струя) в атмосферу, придавая при этом каплям их первоначальную скорость за счет преобразования удельной энергии давления в удельную кинетическую энергию (соответствующую скоростному напору).

При этом степень разложения струи (силона) на капли с учетом траектории зависит от диаметра сопла, давления воды, скорости вращения дождевателя и угла (траектории) «полета».

Принято считать, что:

- при одинаковых давлениях капли «расщепляются» сильнее с уменьшением диаметра сопла;
- если диаметр сопла постоянный, то капли расщепляются сильнее с увеличением давления;
- в ударных возвратно-поворотных дождевателях радиус траектории увеличивается с уменьшением скорости поворота и с увеличением угла полета;
- при проектировании дождевателей, как правило, стремятся достичь максимального увеличения радиуса траектории и тем самым максимального расстояния (шага) между смежными дождевателями с учетом наилучшего коэффициента равномерности полива.

У каждого дождевателя (с одним или двумя соплами) есть область оптимальных давлений, в которой дождеватель (при тех или иных расстояниях между смежными разбрызгивателями) может орошать в приемлемом диапазоне коэффициентов равномерности полива.

Область оптимальных давлений шире у ударных возвратно-поворотных дождевателей, однако, эта область сокращается для сопел меньшего диаметра, и, соответственно, увеличивается для сопел большего диаметра.

Следует учесть, что сопла малого диаметра при высоких давлениях значительно расщепляют капли струи (силона), а работа дождевателей с большим диаметром сопла при низких давлениях приводит к образованию чрезмерно крупных капель.

«Ударные» дождеватели имеют, как правило, одно или два сопла диаметром 2-6 мм (до 8.5 мм), а в дальнеструйных аппаратах с расстановкой, к примеру, 36 x 48 метров, соответственно 18.0 x 9.5 x 4.0 мм.

Дождеватели с двумя соплами, как правило, предназначены для больших размеров, чем дождеватели с одним соплом.

Сопло меньшего диаметра служит для разбрызгивания, а сопло большего диаметра - для создания траектории.

Для орошения надкroновым дождеванием поливных культур и садов пользуются чаще всего дождевателями с углом (траекторией) струи в пределах **20-30°** (иногда также в пределах **9-14°** для орошения овощей).

При подкroновом орошении садов и плантаций рекомендуют выбирать угол в пределах **4-7°**.

Следует отметить, что оптимально спроектированный дождеватель не всегда обеспечивает равномерное распределение воды в поле, условием этому будет правильный подбор оптимального режима давлений, расстояния (шага) между смежными дождевателями и учет направления и скорости ветра.

Рекомендуемый диапазон рабочих давлений:

- Микродождеватели с расходом **20-100 л/ч - 2.0-4.0 Бар.**
- Микродождеватели с компенсацией давления или регулированием расхода - **1.2-4.0 Бар (Атм).**
- Дождеватели надкранового (овощные позиции) орошения с расходами 150-400 л/ч - **2.0-4.0 Бар**
- Дождеватели на полевые культуры с расходом **1.3-3.5 м<sup>3</sup>/ч** и расстояниями до **18 м** - рабочее давление **3.0-5.0 Бар.**
- Дождеватели на полевые культуры с расходом **2.5-5.5 м<sup>3</sup>/ч** и расстояниями до **24 м** - рабочее давление **4.0-6.0 Бар.**

#### **Расход сопла (насадки) дождевателя**

Расход через насадку зависит от давления на входе в сопло, диаметре сопла, коэффициента трения и определяется по формуле:

$$Q = \sqrt{P} \times d^2 \times c \times 12.5$$

Где:

Q - расход сопла (насадки) в л/ч

d - диаметр сопла в мм

c - коэффициент трения

сопло малого диаметра до 5.5 мм, c = 0.95

сопло среднего диаметра до 8.5 мм, c = 0.90

сопло большого диаметра, c = 0.85

P - давление м.

Зависимость расхода конкретной насадки от давления определяется по следующей формуле:

$$Q = k \times \sqrt{P}$$

Где:

K - постоянная дождевателя,

Или:

$$Q_2 = Q_1 \sqrt{P_2 / P_1}$$

В случае конкретной насадки известен диаметр сопла и коэффициент трения.

Радиус струи сопла:

$$R = 1.4 \sqrt{d \times P}$$

Где:

R - максимальный радиус в м

P - давление на сопле в м

d - диаметр сопла в мм

Формула дает оптимальные результаты при угле струи, равном 32°. При угле в 25° результат уменьшается на 2%. При угле в 21° результат уменьшается на 4%.

Рабочее давление, требуемое для разбрызгивания, определяется по эмпирической формуле:

$$P = k\sqrt{d}$$

Где:

d - диаметр сопла в мм

k - постоянная расщепления струи (13-15)

### **Равномерность распределения воды при поливе**

Равномерность полива является одним из наиболее важных факторов, определяющих высокую урожайность сельскохозяйственных культур и успешного роста паркового и садового растительного покрова.

Наилучшие результаты достигаются при равномерном увлажнении профиля земли до уровня залегания основного корневого слоя. На практике абсолютной равномерности достичь нельзя.

Основными факторами, влияющими на равномерность полива, являются:

- Сила и направление ветра
- Давление

Ввиду того, что расход дождевателя зависит от давления, рекомендуется придерживаться требований однородности дождевателей (по типу и размеру сопла) на всем участке, а также поддерживать рабочее давление в оптимальном режиме (диапазоне).

### **Расстановка дождевателей**

Большинство дождевателей подают наибольшее количество воды непосредственно у стояка/разбрызгивателя, и это количество постепенно сокращается до нуля на кромке смоченного периметра, поэтому:

1. Рекомендуется обеспечивать максимальное совмещение смоченных профилей смежных дождевателей как на поливном трубопроводе, так и между параллельными линиями (трубопроводами).

2. Уменьшение отрицательного влияния ветра на равномерность распределения воды при дождевании достигается в случае необходимости сокращением расстояний между смежными дождевателями вдоль поливочного трубопровода и между параллельными позициями в соответствии со следующими рекомендациями:

| Расположение                 | Скорость ветра, м/с                            | Расстояния                                                                                                       |
|------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Квадратное или прямоугольное | Безветрие<br>2 м/с<br>3.5 м/с<br>более 3.5 м/с | 60% от радиуса увлажнения<br>50% от радиуса увлажнения<br>40% от радиуса увлажнения<br>30% от радиуса увлажнения |
| Треугольное                  | Безветрие<br>2 м/с<br>3.5 м/с<br>более 3.5 м/с | 65% от радиуса увлажнения<br>55% от радиуса увлажнения<br>45% от радиуса увлажнения<br>30% от радиуса увлажнения |

3. Рекомендуется проектировать расположение поливочного трубопроводов перпендикулярно направлению ветра, преобладающему в период дождевания.
4. Рекомендуется устанавливать дождеватели на 30 см выше поливаемой культуры.
5. Поливочные трубопроводы следует располагать параллельно, а расстояние между дождевателями должно быть равным.
6. Следует отметить, что наилучший профиль (форма) кривой распределения воды вокруг дождевателя в вертикальном разрезе представляется «треугольником» или «трапецией» (Distribution pattern), позволяющей достичь наилучшего совмещения профилей и равномерного распределения воды.

Методы оценки равномерности распределения воды при орошении дождеванием

Один из методов оценки был предложен в пятидесятые годы Дж. **И. Христиансен**ом.

Коэффициент равномерности полива в данном случае определяется по статистической формуле и используется в частности для определения правильной расстановки дождевательных аппаратов.

$$C_u\% = 100 \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n \cdot \bar{X}}$$

где:

$X_i$  - измеренное количество воды в экспериментальной емкости (сосудах) в см

$\bar{X}$  - среднее значение показателей количества воды в сосудах в см<sup>3</sup>

n

$\Sigma$  - общ

Минимальное, приемлемое значение коэффициента **С<sub>и</sub> = 84%**.

**Второй метод** оценки равномерности при орошении относится к коэффициенту **Du**, выражающему отношение средней величины 25% наименьших измерений к среднему значению всех показателей.

$$Du = 100 \times \frac{\text{среднее значение четверти наименьших измерений}}{\text{среднее значение всех измерений}}$$

**Третий метод** связан с использованием коэффициента режима **Sc (Scheduling Coefficient)**, применяемого чаще всего для газонных (травяных) методов орошения дождеванием. Коэффициент режима можно рассчитывать для критических участков различных размеров.

Для чувствительных культур **Sc** определяют по 5% или 10% от орошаемой площади, а для нечувствительных - по 15% или 25%.

Этот метод позволяет выявить конкретную площадь поливаемого участка, получающего минимальную норму полива. Этот коэффициент позволяет рассчитать норму полива и требуемую надбавку на базе участка, получающего минимальное количество поливной нормы.

Значение **Sc = 1.3** указывает на необходимость увеличить на **30%** количество воды для компенсации неравномерности полива (иными словами, минимальная назначенная площадь участка получила бы без поправки на **30%** меньше воды по сравнению со средней нормой).

Компьютерная программа позволяет определить соотношение между средней интенсивностью орошения по всему участку к среднему значению интенсивности на критическом участке минимальных показателей.

$$Sc = X_{total}/q_{min}$$

Где:

**Sc** - соотношение между средним и минимальным значением (коэффициент режима).

Принято считать, что при:

**Sc = 1** - достигается полная равномерность

**Sc = 1-1.5** - достигаются приемлемые результаты

**Sc > 2** - неудовлетворительные результаты

Микроорошение (подкорневое дождевание)

Способы микроорошения являются наиболее эффективными для садов, плантаций, полей по выращиванию овощей и др. культур, в особенности на землях со сложным рельефом и острым дефицитом водных ресурсов, где применение других методов полива затруднено или невозможно.

Отличительной особенностью микроорошения по сравнению с конвенциональным равномерным распределением воды в процессе дождевания является неспособность в большинстве случаев обеспечить полный охват и равномерное распределение воды по всему орошаемому участку. В данном случае ставится иная цель - достичь равномерной подачи воды к каждому дереву и стремиться к оптимальному распределению воды в соответствии с расположением основной корневой системы.

Использование систем микроорошения обеспечивает:

- повышение урожайности
- экономию поливной воды
- возможность освоения маломощных, малопродуктивных почв и склонов
- сокращение затрат труда на обслуживание систем за счет автоматизации процессов управления поливом и контроля за работой систем
- внесение удобрений с поливной водой
- отсутствие увлажнения нижнего листового покрова деревьев и предохранение тем самым от ожогового влияния поливных вод с высокой минерализацией
- уменьшение проникновения нитратов (от удобрений) в грунтовые воды
- орошение небольшими (тонкими) каплями обеспечивает легкое прорастание всходы, а также не создает уплотняющей корки на поверхности земли.

При выборе микрождевателей следует учитывать взаимосвязь между расходом ждевателя, смоченным диаметром и нормой орошения. Поэтому, если смоченный диаметр мал, а запроекированная норма полива высока, возможно просачивание влаги ниже глубины залегания основного корневого слоя. Орошение же площади с большим диаметром разбрызгивания может привести к незначительному увлажнению почвы (по глубине) и способствовать ее засолению.

Следует отметить, что интенсивность орошения (ждевания), рассчитанная на основании расстояний между смежными микрождевателями (без совмещения смоченных фронтов) дает меньше результатов, чем в действительности.

Расход поливного (распределительного по длине) трубопровода по методу Христиансена

Общий расход ждевального трубопровода изменяется в зависимости от расхода ждевателей, их числа и давления на входе ждевателя по длине заданного трубопровода.

$$Q = Nq_a = Nq_0 \times \sqrt[1 + 0.12]{P_0} \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

Где:

Q - общий расход трубопровода (м<sup>3</sup>/ч)

q<sub>a</sub> - расход ждевателя при среднем давлении (м<sup>3</sup>/ч)

N - общее число ждевателей на линии

Q<sub>0</sub> - расход последнего ждевателя (м<sup>3</sup>/ч)

P<sub>n</sub> - давление в начале трубопровода (Атм/ Бар)

P<sub>o</sub> - давление в последнем ждевателе (Атм/ Бар)

**Среднее давление по длине распределительного трубопровода**

$$P_a = P_o + 0.25 (P_n - P_o)$$

Где:

P<sub>a</sub> - среднее давление

P<sub>n</sub> - давление в начале участка (трубопровода)

P<sub>o</sub> - давление на конце трубопровода (последний ждеватель)

Иногда пользуются зависимостью **P<sub>a</sub> = 0.876 P<sub>n</sub>**

### Максимально допустимое количество дождевателей на распределительном трубопроводе

Максимальная разность давлений между первым и последним дождевателем на распределительном трубопроводе (а также на участке, поливаемом одновременно) допускается не больше 20% от среднего давления, что составляет приблизительно отклонение по расходам в размере 10%.

Предельно допустимые потери давления определяют по формуле:

$$P_{f20} = P_n - P_n / 1.21$$

$$P_n / 1.21 - P_o \text{ (Атм/ Бар)}$$

Где:

$P_{f20}$  - максимально допустимые потери давления в размере 20% от среднего давления между первым и последним дождевателем

$P_n$  - давления на первом дождевателе (Атм)

$P_o$  - давление на последнем дождевателе (Атм)

### Рекомендации по расчету по упрощенному способу Христиансена

1. Расчет ведут от последнего дождевателя к первому.
2. Общий расход (трубопровода) делится поровну на все дождеватели.
3. Поэтому в данном случае средний дождеватель подает тот же (равный) расход.
4. Средний расход - он же расход выбранного по каталогу дождевателя, работающего под данным выбранным давлением (заданным). Принято считать, что дождеватель среднего расхода работает и расположен на  $1/3$  от верхнего (первого) дождевателя, иногда принимают на  $1/2$  расстояния.
5. В итоге: выбирают по каталогу дождеватель, по давлению  $P$  соответствующий среднему расходу, равному в этом случае  $N$ .

Для выбранного диаметра трубы подсчитывают потерю напора по расходу  $Q$  и результат умножают на коэффициент  $F$  (см. таблицу).

В итоге при проектировании заинтересованы в том, чтобы разность расходов дождевателей на трубопроводе не превышала **10%** от выбранного дождевателя  $q$ . По формуле, расходы изменяются по корню от давления:

$$P_n$$

Изменение на 10% по расходу приводит к изменению на 21% по давлению (приблизительно принимают 20% )

**Коэффициент F для расчета распределительных трубопроводов (линий)**

| Число выпусков<br>N | M = 1.76      |        |        | M = 1.852         |       |        |
|---------------------|---------------|--------|--------|-------------------|-------|--------|
|                     | F1 (a)        | F2 (b) | F3 (c) | F1(a)             | F2(b) | F3 (c) |
|                     | пластмассовые |        |        | по Хайзен-Уильямс |       |        |
| 5                   | 0.469         | 0.337  | 0.410  | 0.475             | 0.321 | 0.396  |
| 10                  | 0.415         | 0.350  | 0.384  | 0.402             | 0.336 | 0,371  |
| 12                  | 0.406         | 0.352  | 0.381  | 0.393             | 0.338 | 0.367  |
| 15                  | 0.398         | 0.355  | 0.377  | 0.385             | 0.431 | 0.363  |
| 20                  | 0.389         | 0.357  | 0.373  | 0.376             | 0.343 | 0.360  |
| 25                  | 0.384         | 0.358  | 0.371  | 0.371             | 0.345 | 0.358  |
| 30                  | 0.381         | 0.359  | 0.370  | 0.368             | 0.346 | 0.357  |
| 40                  | 0.376         | 0.360  | 0.368  | 0.363             | 0.347 | 0.355  |
| 50                  | 0.374         | 0.361  | 0.367  | 0.361             | 0.348 | 0.354  |
| 100                 | 0.369         | 0.362  | 0.366  | 0.356             | 0.349 | 0.352  |
| 200                 | 0.366         | 0.363  | 0.365  | 0.353             | 0.350 | 0.352  |

- (a) F1 - Первый дождеватель на расстоянии «шага» (запроектированной расстановки) от входа
- (b) F2 - Первый дождеватель установлен в начале трубы (участка)
- (c) F3 - Первый дождеватель установлен на расстоянии  $\frac{1}{2}$  шага от входа в распределительную трубу.

## КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ

Этот документ подготовил инженер Яков Лев, начальник отдела водосбережения Комитета по Водным ресурсам Министерства Инфраструктур Израиля

## ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Израиль, являющийся пионером метода капельного орошения, вложил немало усилий и средств в его исследование и развитие. Полученные положительные результаты способствовали быстрому распространению капельного орошения как в Израиле, так и во многих других странах. В результате технологических усовершенствований, на протяжении всех этих лет были разработаны капельные увлажнители (капельницы) и другое высоконадежное оборудование капельной системы, пригодное для воды любого состава (качества) и различных полевых условий.

При капельном орошении почва увлажняется водой, подаваемой точечными источниками воды малого расхода, в результате чего увлажняется только малая часть общего объема почвы, но и в этом объеме содержание почвенной влаги неравномерно. Поэтому и корневая система растений развивается соответственно этому неравномерному содержанию влаги.

Разветвленная и относительно неглубокая корневая система развивается в объеме почвы (чаще всего выраженном конусом с формой «луковицы») с высоким содержанием влаги, приближенном к точечному источнику воды (капельнице). По мере отдаления от источника воды уменьшается содержание почвенной влаги, и соответственно уменьшается развитие корневой системы.

При переходе от других типов орошения к капельному, процесс адаптации корневой системы проходит быстро и без проблем.

Капельное орошение является наиболее эффективной системой для питания растений. Быстрое и интенсивное поглощение питательных веществ происходит вследствие большой развитости корневой системы на участке вокруг корней. Благодаря тому, что вода в почве циркулирует по капиллярному принципу, она почти не вытесняет воздух. Макропоры почвы в основном остаются сухими, с хорошей аэрацией, и уровень влажности лишь незначительно превышает полевую влагоемкость, за исключением небольшого насыщенного водой участка вблизи капельницы.

Это обеспечивает интенсивное дыхание корней на протяжении всего цикла роста, не прерывающегося во время или непосредственно после орошения.

Еще одной отличительной чертой капельного орошения является возможность и, чаще всего, необходимость полива и внесения удобрений с короткими интервалами, что дает возможность достичь высокой урожайности с более эффективным использованием воды, по сравнению с любым другим методом орошения.

Капельное орошение позволяет также использовать под полив минерализованные воды, но в данном случае следует придавать особое внимание солевому распределению в почвенном растворе.

Ввиду особенности движения и распределения влаги от точечного источника, концентрация солей на границе смоченного района («конуса») может быть выше концентрации солей в поливной воде или концентрации в районе непосредственно под капельницей.

Использование минерализованных вод создает районы повышенной солевой концентрации также на поверхности почвы вокруг капельницы и в глубине почвы под смоченным фронтом. Поэтому в случае аккумуляции солей необходимо проводить их искусственную промывку

ниже основного корневого слоя с помощью добавления воды к поливной норме в конце сезона (учитывая также естественную промывку дождем).

Необходимо также отметить повышенную чувствительность капельных систем к засорению, поэтому в этих системах особое внимание уделяется фильтрационным установкам и химической обработке поливной воды.

### **Движение воды от точечного источника**

Основными силами, действующими на движение воды в почве, являются сила гравитации и капиллярные силы, обеспечивающие движение во всех направлениях. Взаимосвязи между двумя этими силами влияют на распределение воды в почве.

Для почв с низкой гидравлической проводимостью (скоростью инфильтрации) и высокой полевой влагоемкостью (таких, как глина или пылевая глина), принято представлять конфигурацию смоченного объема воды под капельницей как «луковицу». Для почвы с высокой скоростью инфильтрации (с низкой доступной почвенной влагой) смоченный профиль представлен в форме продолговатой «морковки».

Картина распределения как содержания почвенной влаги, так и концентрации солей в почвенном растворе смоченного контура зависит от:

- 1) свойства почвы
- 2) расхода капельницы
- 3) расстояния между капельницами
- 4) концентрации солей в поливной воде
- 5) нормы полива
- 6) условий начальной влажности

В районе непосредственно под капельницей создаются условия насыщения, и скорость инфильтрации снижается. Обычно считают, что диаметр этого насыщенного района достигает определенного постоянного размера.

В легких почвах с высоким содержанием крупных частиц (песок), отличающихся высокой скоростью инфильтрации (даже в условиях насыщения), непосредственно под капельницей образуется небольшой переходный район насыщения.

В тяжелых же почвах (глина) с высоким содержанием мелких частиц и низкой скоростью впитывания воды в почву (скоростью инфильтрации) этот переходный район насыщения под капельницей может достичь относительно больших размеров.

Важно запомнить, что максимальный диаметр этого района для определенного типа почв зависит от расхода капельницы и не зависит от продолжительности поливочного периода.

Аэрация в этом районе недостаточная, и большой его размер может отрицательно влиять на развитие растений.

Фронт увлажнения (смоченный «конус») разных почв после оросительного процесса одинаковой поливной нормой различен и распространяется на большую глубину в легких почвах, по сравнению с тяжелыми. Эти положения очень важны для выбора расхода капельницы и расстояния между ними.

Поэтому чем тяжелее почва, тем самым возможно увеличить расстояния между смежными капельницами (за счет капиллярного движения воды). На легких же почвах рекомендуется сокращать эти расстояния, т.к. в этом случае на движение воды в смоченном районе доминирующее действие оказывает сила гравитации.

С помощью математических моделей можно подобрать наилучшее соотношение между расходом капельницы и расстоянием между ними, в зависимости от вида почвы и растения.

Следует отметить, что при промывке солей, аккумулирующихся в смоченном «конусе» в случае легких почв (песок), происходит их постепенное накопление на границе смоченного фронта, в случае же суглинка соли распределяются в довольно-таки широкой полосе, параллельной смоченному фронту.

### **Технические характеристики капельниц**

Как отмечалось выше, капельные системы относятся к орошению под давлением. Роль капельницы заключается в подаче воды из поливной трубы (диаметром от 12 до 25 мм и толщиной стенки от 0.25 мм до 1.2 мм) в атмосферу в форме капель без энергии.

Конструкция лабиринта потока с его малыми размерами является сердцем капельницы, и этот лабиринт соответствует контролируемому снижению давления.

Лабиринт характеризуется тремя параметрами: формой, поперечными размерами и длиной. Эти параметры определяют расход капельницы в зависимости от давления, позволяя построить соответствующие характеристики  $Q/P$ , и влияют на способность капельницы противостоять засорению. Размеры сечения лабиринта одной из распространенных капельниц расходом 2.3 л/с: глубина - 1.2 мм, ширина - 1.2 мм, длина - 15 мм.

Номинальный расход капельницы, как правило, отражает расход при давлении в 1 Атм (10 метров),

В сельском хозяйстве наиболее распространены капельницы с расходом от 1.2 л/ч до 4 л/ч.

Качество капельницы выражается способностью обеспечивать номинальный расход при определенном давлении, в однородности расхода капельниц и в меньшей чувствительности к засорению.

На протяжении многих лет конструкторы капельниц вынуждены были преодолевать два противоречивых требования: с одной стороны, проектирование лабиринта с большой длиной потока и узкими размерами сечения для получения низких расходов, а с другой - стремление увеличить размеры сечения и сократить длину потока в лабиринте с целью уменьшения чувствительности к засорению.

В последние годы создан целый ряд капельниц, обладающих вышеупомянутыми качествами - короткими лабиринтами с относительно большими сечениями и турбулентным режимом потока, обеспечивающим низкий расход и незначительную чувствительность к засорению.

Особое внимание при конструировании капельниц уделяется созданию в ней встроенного фильтровального компонента.

### **Характеристика работы капельниц**

- Капельницы конвенционального действия (без компенсации расхода) - расход капельницы изменяется с изменением давления.
- Капельницы компенсационного действия - расход капельницы остается постоянным в относительно широком диапазоне давлений (6-40 метров).

Следующей формулой можно представить связь между расходом капельницы и давлением на ее входе:

$$q = kP^e,$$

где

$q$  - расход капельницы (л/ч)

$k$  - постоянная капельницы

$P$  - давление на входе в капельницу (в метрах)

$e$  - коэффициент, зависящий от режима течения в лабиринте

Для примера представим расчет одной конкретной интегральной капельницы при давлении  $P = 10$  м и  $P = 20$  м:

$$Q = 0.911 \times P^{0.48} \text{ л/ч,}$$

|     |                    |                                                  |
|-----|--------------------|--------------------------------------------------|
| Где | $P = 10 \text{ м}$ | $Q = 0.911 \times 10^{0.48} = 2.75 \text{ л/ч,}$ |
|     | $P = 20 \text{ м}$ | $Q = 0.911 \times 20^{0.48} = 3.84 \text{ л/ч,}$ |

В капельницах с турбулентным движением потока воды расход изменяется по квадратному корню от давления и коэффициент  $e = 0.5$ . В этом случае, при проектировании капельных систем допускается отклонение по давлению между экстремально расположенными капельницами в размере 20%, обеспечивая соответственно 10%-ное отклонение по расходу.

В капельницах с ламинарным движением коэффициент  $e = 0.7-0.8$ , и допускаются соответственно максимальные отклонения только размером  $\delta P = 15\%$ ,  $\delta q = 7\%$ .

Принято считать, что чем коэффициент  $e$  меньше (приближаясь к 0.4), тем турбулентное движение более выраженное, а расход капельницы становится менее чувствительным к изменению давления.

Практическое значение этого положения заключается в возможности проектирования систем капельного орошения с большим отклонением по давлению, сохраняя при этом отклонение по расходу в требуемом режиме, но не больше 10%.

Для капельниц компенсационного действия принимают коэффициент  $e = 0.05$ , а в компенсационном диапазоне  $e = 0$  (для той же капельницы).

### **Принцип действия капельниц с компенсацией давления**

Вода в капельных трубопроводах, находящаяся под определенным давлением, проходя через лабиринт капельницы, поступает в камеру компенсации давления.

В нормальных условиях работы, когда давление воды в капельном трубопроводе выше давления, при котором начинается процесс компенсации, в самой камере будет царить давление ниже рабочего давления трубопровода. Гибкая мембрана, смонтированная в капельнице и находящаяся между двумя уровнями давления, начнет прогибаться в сторону выходного отверстия компенсационной камеры, в результате чего изменится также и размер выходного отверстия, который в свою очередь находится в обратной зависимости от давления в поливном (капельном) трубопроводе.

С увеличением давления в поливном трубопроводе уменьшается размер выходного отверстия; таким образом сохраняется постоянным расход капельницы, не зависимо от изменения давления в широком спектре давлений.

### **Типы капельных (поливных) трубопроводов**

Существует три основных способа присоединения капельниц к поливному трубопроводу, определяющие его типы:

1. Интегральные трубы капельного орошения. В этом случае капельница «приваривается» ко внутренней стенке полиэтиленового поливного трубопровода в процессе его производства.
2. Вмонтированные в линию (линейные) капельницы. Самостоятельные капельницы, соединяющиеся с полиэтиленовой поливной трубкой при помощи зазубренного ниппеля с двух сторон капельницы.
3. Установленные на линии боковые капельницы, (так называемые кнопочные капельницы с компенсацией давления и конценциональные).

### **Внутрипочвенное капельное орошение**

Одно из основных преимуществ внутрипочвенной укладки капельных (поливных) трубопроводов заключается в предохранении капельного оборудования от повреждений, связанных с ежегодной раскладкой и уборкой в конце сезона, а также повреждений механизированной техникой и животными. Кроме того, внутрипочвенная укладка значительно сокращает увлажнение поверхности почвы, тем самым значительно сокращаются потери влаги на испарение и прорастание сорняков.

Сочетание этих преимуществ с другими, присущими капельному орошению, оправдывает в некоторых случаях целесообразность внедрения внутрипочвенного капельного орошения, несмотря на его высокие первоначальные капиталовложения.

Проектирование систем внутрипочвенного капельного орошения обязано быть на самом высоком профессиональном уровне, так как после укладки и введения в действие почти отсутствует возможность каких-либо изменений и поправок.

Одной из проблем, связанных с внутрипочвенной укладкой капельных трубопроводов, является неспособность проведения предпосевного полива. В этом случае необходимо применять дополнительные дождевальные системы орошения.

Основной особенностью внутрипочвенной капельницы, по сравнению с уложенной на поверхности почвы, является характеристика распределения влаги вокруг капельницы.

В случае внутрипочвенной укладки, вода, выходя из капельницы, движется во всех направлениях, и смоченный район принимает форму эллипса, напоминающую яйцо, с расширенной стороной вверх.

В почвах с высоким содержанием мелких частиц (глина) смоченный район (объем) приобретает форму, приближающуюся к шару.

В легких почвах с высоким содержанием крупных частиц (песок) вертикальное движение воды в глубину от капельницы более значительно, по сравнению с горизонтальным.

В случае одинаковых поливных норм, содержание почвенной влаги в смоченном контуре от капельницы при поверхностной ее укладке будет больше, чем вокруг внутрипочвенной. Объясняется это тем, что в этом случае объем почвы, в котором аккумулируется влага, меньше, чем смоченный объем вокруг внутрипочвенной капельницы.

В результате радиус увлажненного контура внутрипочвенной капельницы меньше радиуса смоченного района под капельницей, уложенной на поверхности почвы.

Дополнительным отличительным явлением внутрипочвенно-проложенной капельной линии является снижение расхода капельниц, по сравнению с номинальным, ввиду противоположного давления, возникающего в процессе орошения, и направленного в сторону выпуска воды (отверстия) из капельниц.

Причиной возникновения противоположного давления является разница между расходом капельницы и скоростью впитывания воды в почву от точечного источника.

Вода, выходящая из капельницы, должна протолкнуть в уже находящуюся вокруг капельницы воду.

В начале оросительного периода скорость инфильтрации относительно высока, и вода, выходящая из капельницы, встречает незначительное сопротивление. С увлажнением смоченного контура в процессе орошения уменьшается обычно скорость впитывания.

В этих условиях вода, выходящая из капельницы, встречает значительное сопротивление, т.е. высокое противоположное давление, в результате чего уменьшаются расходы капельниц.

Уровень этого противоположного давления зависит от расхода капельницы и свойств почвы.

Чем больше расход капельницы, тем больше сопротивление. В почвах с низкой скоростью инфильтрации противоположное давление выше, чем в песчаных почвах.

Расход капельницы с компенсацией давления менее чувствителен встречному сопротивлению по сравнению с конвенциональной капельницей.

Противоположное давление может оказать значительное влияние на равномерность распределения влаги в поле, ввиду того, что этот фактор зависит от скорости впитывания воды в почву и может изменяться в большом диапазоне.

Существуют модели, позволяющие выбрать глубину укладки капельных линий соответственно расходу капельниц и расстоянию между ними.

Существует определенная зависимость между глубиной залегания, расходом капельниц и свойствами почвы.

## **СИСТЕМА ПОДПОЧВЕННОГО ДРЕНАЖА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВЫ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

В Израиле, как и во всех странах с аридным и полуаридным климатом, имеются обширные территории, страдающие от засоления. Известно, что соли в почву поступают в естественных условиях с дождевой водой, а также привносятся с пустынной пылью. При орошении источником поступления солей являются ирригационные воды. Когда существуют дополнительные источники солей, как например, отложения Мертвого моря в Иорданской долине, которые сложены из тонких слоев соли и песчано-глинисто-кремнистых осадков, состояние засоления более тяжелое и часто кромка соли покрывает поверхность почвы. В осенне-зимний период, обычно, количество осадков достаточно для промывки солей на глубину, но только тогда, когда не существует препятствия для проникновения воды. Таким препятствием чаще всего является высокий уровень подземных вод. Над высоким уровнем создается капиллярная зона приближающаяся к поверхности. Вода поднимается по капиллярам, испаряется с поверхности почвы и оставляет там соли. В аридных районах с невысоким уровнем подземных вод существует возможность промыть соли на глубину, но это эффективно только при контролируемом режиме орошения, который не является фактором пополнения ресурсов подземных вод.

### **КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ**

Большая часть сельскохозяйственных земель Израиля приурочена к областям развития тяжелых почв, представленных смектитовыми глинами (громосолями) или по международной классификации - вертисолями. В большинстве районов под этими почвами на глубине нескольких метров существуют более высокопроницаемые слои, которые образовались из разрушенных скальных пород платформы (меловые или базальтовые отложения). В некоторых местах развиты аллювиально-пролювиальные отложения, которые со временем перекрывались глинистым материалом из которого впоследствии сформировались эти почвы. В этой связи, существуют грунтовые потоки подземных вод, имеющие местный напор. Измеренные значения коэффициента фильтрации для громосольных почв составляют 0.000001-0.00000001 м/сут. В период дождей эти почвы сильно разбухают, а

летом они высыхают, образуя систему глубоких трещин, проникающих на глубину до 0.5 - 1 м. Эти трещины обрезают капиллярную кайму, препятствуя подъему грунтовых вод и их последующему испарению. На этом факторе основывается система дренажа, которая должна обеспечить поддержание уровня грунтовых вод на глубине около 1 м.

## МЕТОДЫ ДРЕНАЖА, ПРИНЯТЫЕ В ИЗРАИЛЕ

Существуют несколько систем подпочвенного дренажа, распространенных в Израиле.

- 1). Мелкий дренаж. Применяется на площадях с легким засолением почвы, при отсутствии напоров, когда уровень в верхних горизонтах возможно понизить достаточно быстро в начале лета. Мелкий дренаж закладывается на глубине 80-100 см. а расстояние между дренами составляет в среднем 30 м.
- 2). Глубокий дренаж. Применяется на площадях с незначительными напорами подземных вод и когда существует необходимость понизить уровни до глубины более 1 м. Дрены закладываются на глубину 180-200 м. с междренним расстоянием 40-60 м. Опыт эксплуатации показывает что для гомосольных почв этот тип дренажа не всегда дает хорошие результаты.
- 3). Комбинированный дренаж. За последние годы стал наиболее распространенным в стране. Метод заключается в комбинировании мелкого и глубокого дренажа при котором глубокие дренажи закладываются через 2 мелких, также через 30 м. Принцип работы заключается в том, что мелкие дренажи быстро отводят избыток влаги весной из верхнего слоя почвы, позволяя тем самым начать посевные работы раньше, а глубокие - препятствуют подъему воды по капиллярам. Метод подходит для большинства засоленных площадей и снижает соленность почвы. Однако для условий значительных напоров комбинированный дренаж не всегда успешен. Израильскими инженерами - мелиораторами (специалистами по дренажу) разработан и внедрен усовершенствованный метод комбинированного дренажа - комбинированный дренаж с трубами.
- 4). Комбинированный дренаж с трубами - это система, когда глубокая дрена проходит через линию трубчатых колодцев, заполненных гравием, глубиной до 3х м. Расстояние между колодцами от 30 до 80 м. Основное назначение этих трубчатых колодцев снять или уменьшить напор и тем самым дать возможность промыть соли водой, поступающей в дрена или в более глубокие слои почвы. Этот тип дренажа сейчас апробируется на нескольких участках в Израильской долине и по нашим данным весьма успешно противостоит развитию засоления в почве.
- 5). Откачной дренаж. Применяется для почв с достаточно высокими фильтрационными свойствами. Из одиночного колодца глубиной 10-15 м. большого диаметра вода откачивается из почвенного горизонта и через систему водоводов отводится за пределы поля. В Израиле почти не применяется.

Вода из дренажной системы выводится самотеком в дренажные каналы, кото-

рые проходят по периметру поля или откачивается из водосборных колодцев насосами. В дальнейшем она используется для заполнения водохранилищ или для орошения.

## СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ЗАСОЛЕНИЕМ И ДРЕНАЖЕМ

Мониторинг за засолением осуществляется путем отбора и анализа химического состава почвы в последовательности весна-осень в постоянных точках поля. Пробы почвы отбирались из скважин, выполняемых либо ручным, либо механическим способом до глубины 120-150 см. Образцы отбирались по слоям в 30 см. Контрольные створы скважин протягиваются от дрены до дрены, а расстояния между скважинами составляют 5-10 м. Наблюдения продолжаются до тех пор, когда выясняется, что засоление снизилось ниже "критического" уровня, либо нет видимого снижения в засолении. В этом случае наблюдения вновь возобновляются после прокладки дополнительного дренажа. В образцах почвы замеряются следующие показатели: электропроводимость экстракта жидкого насыщенного теста (ЕС); сумма катионов кальция и магния; катион натрия; анион хлора, а также рассчитываются: отношение поглощенного натрия и процентное содержание обменного натрия. В качестве "критического" уровня засоления установлено значение ЕС равное 4 ds/м., так как при значении ЕС превышающем 4 резко снижается урожайность сельскохозяйственных культур.

Мониторинг за уровнями подземных вод и местными напорами осуществляется посредством установки кустов пьезометров, состоящих обычно из: наблюдательного колодца глубиной 1 м.; пьезометра глубиной 2 м.; пьезометра глубиной 3-3.5 м. и, часто, дополняются наблюдательной скважиной глубиной 5-6 м.

Замеры уровней осуществляются 1-2 раза в месяц, а кусты располагаются непосредственно на контрольных створах. Полезно также измерить коэффициент фильтрации насыщенного слоя почвы по интервалам установки пьезометров посредством откачки и последующего замера времени подъема воды в трубе (метод восстановления).

В настоящее время в Израиле мониторинг за засолением осуществляется по 41 участку с различными типами почв, методами орошения и системами дренажа. Для этой цели используется около 90 контрольных створов и 150 кустов пьезометров. Всего же (по данным Ави Гафни, 1992) в Израиле локализовано 110000 дунамов почв, пострадавших от засоления, из которых 42000 дунамов находятся в особенно тяжелом состоянии.

Лекция составлена по материалам отчетов Научно-исследовательской станции по изучению эрозии почв Минсельхоза Израиля (Юрам Биньямини, Шлема Мариш и др.)

Площадь засоленных и потенциально опасных  
с точки зрения засоления земель в Израиле

(по данным съемки 1991 г.)

Израэлская долина

|                                                  | Площадь, га | В т.ч. обрабатываемых,<br>в % к общей площади |
|--------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------|
| Всего земель в долине                            | 30 000      |                                               |
| Засоленных и потенциально<br>опасных к засолению | 7 426       | 24.8                                          |
| Из них:                                          |             |                                               |
| оборудованных дренажом                           | 4 112       | 13.7                                          |
| подлежащих к оборудованию                        | 3 314       | 11.1                                          |

Площадь засоленных земель из-за высоких уровней грунтовых вод

| Район             | Площадь, га  |
|-------------------|--------------|
| Долина Акко       | 330          |
| Долина Звулон     | 10           |
| Долина Явнел      | 60           |
| Израэлская долина | 3 310        |
| Долина Харуд      | 300          |
| Долина Бейт-Шан   | 160          |
| Долина Иордан     | 120          |
| Болота Кабара     | 170          |
| Долина Хефер      | 130          |
| Площадь Сдом      | 70           |
| <b>ВСЕГО:</b>     | <b>4 390</b> |